



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

**“DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL  
BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA PARROQUIA  
YARUQUIES DEL CANTÓN RIOBAMBA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**ADELA PATRICIA PILATUÑA LÓPEZ**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2014**

## *AGRADECIMIENTO*

A Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar una etapa muy importante dentro de mi vida estudiantil.

A mi padre Patricio quien es mi ejemplo de superación y motivación, quien con su cariño y consejos supo guiarme hacia el camino del éxito.

A mi madre Fanny quien con su ternura y amor siempre ha estado conmigo, enseñándome lo importante de la vida.

A mis hermanas Katherine y Milena que han sido mi mejor compañía y un apoyo muy importante.

A mis amigas/os con quienes hemos compartido alegrías, tristezas y juntos superamos, diferentes obstáculos presentes a lo largo de nuestra carrera.

Al Ing. Cesar Avalos, Director de Tesis y a la Ing. Mónica Andrade Miembro de Tesis, quienes con sus sabios conocimientos supieron guiarme y fueron un aporte muy importante para la culminación de esta investigación.

A todos los miembros de la Junta Administradora de Agua Potable del Barrio San Vicente Ferrer de la parroquia de Yaruquíes, así como a todos los moradores quienes me brindaron su apoyo y colaboración durante la ejecución del presente trabajo.

## *DEDICATORIA*

A mí querida familia Patricio, Fanny, Katherine, Milena y Fausto quienes son el regalo más hermoso que Dios me hizo y las personas más importantes en mi vida, quienes siempre estuvieron brindándome todo su apoyo y amor.

**NOMBRES**

**FIRMA**

**FECHA**

**Dr. Silvio Álvarez**  
DECANO FAC. CIENCIAS

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Ing. Mario Villacrés**  
DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Ing. Cesar Avalos**  
DIRECTOR DE TESIS

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Ing. Mónica Andrade**  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Tlgo. Carlos Rodríguez**  
DIRECTOR CENTRO  
DOCUMENTACIÓN

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA DE TESIS**

\_\_\_\_\_

*Yo, Adela Patricia Pilatuña López,  
soy la responsable de las ideas,  
doctrinas y resultados expuestos en  
este informe y el patrimonio  
intelectual le pertenece a la Escuela  
Superior Politécnica de Chimborazo.*

*Adela Patricia Pilatuña López*

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I .....	22
PARTE TEORICA .....	22
1. Marco Teórico .....	23
1.1. Agua .....	23
1.2. Tipos de Agua .....	23
1.2.1. Contaminación del Agua .....	24
1.2.2. Calidad del Agua.....	25
1.3. Características de Agua Subterránea .....	25
1.3.1. La importancia de los análisis de laboratorio .....	27
1.4. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL AGUA SUBTERRANEA .....	28
1.4.1. Precipitación.....	28
1.4.2. Forma del Terreno.....	28
1.4.3. Geología .....	29
1.5. AGUA POTABLE .....	29
1.6. CONCEPTO DE DISEÑO .....	30
1.7. POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS .....	30
1.7.1. Captación .....	30
1.7.2. Aducción.....	31
1.7.3. Rejillas .....	31
1.7.4. Desarenador.....	33
1.7.5. Aireación .....	34
1.7.6. Ablandamiento.....	36
1.7.7. Filtración.....	37
1.7.8. Desinfección .....	42
1.7.9. Almacenamiento y Distribución .....	46
1.8. Caudales para el Diseño .....	46
1.8.1. Caudal de Captación.....	46
1.8.2. Población Actual.....	47

1.8.3.	Población Futura .....	47
1.8.4.	Dotación Básica .....	47
1.8.5.	Dotación Futura.....	48
1.8.6.	Gasto Diario (Qmed) .....	48
1.8.7.	Gasto máximo diario (QMd).....	48
1.8.8.	Gasto Máximo horario (QMh).....	49
1.9.	Norma utilizada para el Diseño .....	49
1.9.1	Norma INEN 1108 -2010 .....	49
CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL .....		50
2.	PARTE EXPERIMENTAL .....	50
2.1.	MUESTREO .....	50
2.1.1.	Localización de la Investigación .....	50
2.1.2.	Método de Recopilación de la Información .....	50
2.1.3.	Recolección de Muestras .....	50
2.2.	METODOLOGIA .....	51
2.2.1.	Metodología de Trabajo.....	51
2.2.2.	Tratamiento de Muestras .....	51
2.2.3.	Equipos Materiales y Reactivos.....	51
2.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	53
2.3.1.	Métodos .....	53
2.4.	DATOS EXPERIMENTALES.....	54
2.4.1.	Descripción del Sistema de Agua Potable Actual.....	54
2.5.	DATOS .....	58
2.5.1.	Caracterización Físico-Químico y Microbiológica del Sistema de Agua Potable del barrio San Vicente de Yaruquíes.....	58
2.5.2.	Caracterización Físico- Química del Agua después de Realizar las Pruebas de Tratabilidad .....	62
CAPITULO III DISEÑO .....		63
3.	DISEÑO .....	64
3.1.	CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN SAN VICENTE FERRER .....	64

3.1.2. Dotación Básica .....	65
3.1.3. Dotación Futura .....	66
3.1.4. Gasto Diario ( $Q_{med}$ ) .....	66
3.1.5. Gasto máximo diario (QMd).....	66
3.1.6. Gasto Máximo horario (QMh).....	67
3.1.7. Determinación del Caudal.....	67
3.2. PROCESOS DE POTABILIZACIÓN .....	68
3.2.1. REJILLAS.....	68
3.3. AIREACIÓN.....	71
3.3.1 Área Total .....	71
3.3.2. Altura Total.....	72
3.3.3. Área de Aireación.....	72
3.3.4. Número de unidades de aireación requerida .....	72
3.3.5. Número de bandejas y separación entre bandejas .....	72
3.3.6. Tiempo de exposición .....	72
3.4. DESARENADOR.....	73
3.4.1. Velocidad de sedimentación .....	73
3.4.2. Velocidad de Sedimentación Crítica.....	74
3.4.3. Tiempo de Caída.....	75
3.4.4. Tiempo de Retención .....	75
3.4.5. Capacidad del desarenador.....	75
3.4.6. Superficie del desarenador .....	75
3.4.7. Zona de sedimentación .....	76
3.4.8. Dimensionamiento de la pantalla deflectora.....	76
3.5. ABLANDADOR.....	77
3.5.1. Diseño del Tanque de Ablandamiento .....	77
3.5.2. Calculo de la cantidad de Zeolita .....	77
3.6. FILTRACIÓN .....	78
3.6.1. Área de filtración.....	78
3.6.2. Determinación del número de Filtros .....	79

3.6.3. Determinación del área para cada unidad.....	79
3.6.4. Determinación de las dimensiones del filtro: .....	79
3.7. DESINFECCIÓN.....	81
3.7.1. Dimensionamiento Tanque de Cloración.....	81
3.7.2. Altura del Tanque.....	81
3.7.3. Calculo del peso del Hipoclorito de Sodio.....	81
3.7.4. Calculo del Peso del Producto comercial .....	82
3.7.5. Cálculo de la demanda horaria de la solución .....	82
3.7.6. Calculo del Volumen .....	83
3.8. RESULTADOS .....	83
3.8.1. PROYECCIÓN FUTURA .....	83
3.8.2. RESULTADOS DE POTABILIZACIÓN .....	85
3.9. PROPUESTA .....	91
3.10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
3.11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	98
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	100
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
4.1 CONCLUSIONES .....	100
4.2. RECOMENDACIONES .....	101
CAPITULO V BIBLIOGRAFIA .....	104
CAPITULO V .....	104

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pp.</b>
1-1	Diseño de Rejillas de limpieza Manual	32
1-2	Carga Superficial para desarenadores	34
1-3	Cargas Superficiales según HAZME	34
1-4	Síntesis de los procesos dependiendo de la calidad la Fuente	38
1-5	Criterios para diseñar un Filtro lento	41
1-6	Lecho recomendado para Filtros de Arena	42
1-7	Sistema y métodos de desinfección químicos y físicos	44
2-1	Recolección de Muestras	50
2-2	Equipos, Materiales y Reactivos	52
2-3	Descripción de métodos de análisis- Determinaciones Físicas	53
2-4	Descripción de métodos de análisis – Determinaciones Químicas	53
2-5	Descripción de métodos de análisis – Microbiológicas	54
2-6	Descripción de la Fuente	55
2-7	Características del Tanque de Almacenamiento	56
2-8	Caracterización Físico – Química 1° Semana	58
2-9	Análisis Microbiológico 1° Semana	58
2-10	Caracterización Físico – Química 2° Semana	59
2-11	Análisis Microbiológico 2° Semana	59
2-12	Caracterización Físico – Química 3° Semana	60
2-13	Análisis Microbiológico 3° Semana	60
2-14	Caracterización Físico – Química 4° Semana	61

2-15	Análisis Microbiológico 4° Semana	61
2-16a	Pruebas de Tratabilidad, Dureza Zeolitas al 20%	62
2-16b	Pruebas de Tratabilidad, Dureza Zeolitas al 15%	62
2-16c	Pruebas de Tratabilidad, Dureza Zeolitas al 10%	62
2-17a	Pruebas de Tratabilidad, Nitritos Zeolitas al 20%	63
2-17b	Pruebas de Tratabilidad, Nitritos Zeolitas al 15%	63
2-17c	Pruebas de Tratabilidad, Nitritos Zeolitas al 10%	63
2-18a	Pruebas de Tratabilidad, Fosfatos Zeolitas al 20%	64
2-18b	Pruebas de Tratabilidad, Fosfatos Zeolitas al 15%	64
2-18c	Pruebas de Tratabilidad, Fosfatos Zeolitas al 10%	64
3-1	Proyección de la Población	66
3-2	Parámetros de Diseño Desarenador	75
3-3	Componentes del Filtro Lento de Arena	81
3-4	Resultados Proyección Futura	85
3-5	Resultados de Rejillas	86
3-6	Resultados de Aireación	87
3-7	Resultados Desarenador	88
3-8	Resultados Ablandador	89
3-9	Resultados Filtro Lento de Arena	90
3-10	Resultados Desinfección	91
3-11	Resultado Promedio de Color en las etapas de tratamiento	93
3-12	Resultado Promedio de pH en las etapas de tratamiento	94
3-13	Resultado Promedio de Cloruros en las etapas de tratamiento	95
3-14	Resultado Promedio de Dureza en las etapas de tratamiento	96

3-15	Resultado Promedio de Nitratos en las etapas de tratamiento	97
3-16	Resultado Promedio de Fosfatos en las etapas de tratamiento	98

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación</b>		<b>Pp.</b>
1.7.3.2	Cálculo de velocidad de aproximación a la rejilla	32
1.7.3.3	Cálculo de separación entre rejilla	32
1.7.3.4	Cálculo de longitud de la rejilla	33
1.7.3.5	Cálculo del área libre al paso de agua	33
1.7.3.6	Cálculo número de barras	33
1.7.7.3.1	Cálculo de área de filtración	40
1.7.7.3.2	Cálculo de número de filtros	40
1.7.7.3.3	Cálculo del área para cada unidad	40
1.7.7.3.4.a	Cálculo de la longitud de la pared por unidad	40
1.7.7.3.4.b	Cálculo del ancho de cada filtro	41
1.7.8.1.1	Dimensionamiento Tanque de Cloración	45
1.7.8.1.2	Cálculo de la Altura del Tanque	45
11.7.8.1.3	Cálculo del peso del hipoclorito de Sodio	45
1.7.8.1.4	Cálculo del peso del producto comercial	45
1.7.8.1.6	Cálculo del Volumen del Tanque de desinfección	46
1.8.3	Cálculo de la Población Futura	47
1.8.4	Cálculo de la Dotación Básica	47
1.8.5	Cálculo de la Dotación Futura	47
1.8.6	Cálculo Gasto Diario	48
1.8.7	Cálculo Gasto Máximo Diario	48

## INDICE DE FIGURAS

<b>Ecuación</b>		<b>Pp.</b>
1-1	Aireación por bandejas	35
1-2	Estructura de la zeolita	37
3-1	Proyección Futura de la Población	84
3-2	Resultados promedios de color	93
3-3	Resultados promedio de pH	94
3-4	Resultados promedio de Cloruros	95
3-5	Resultados promedio de Dureza	96
3-6	Resultados promedio de Nitritos	96
3-7	Resultados promedio de Fosfatos	98

## INDICE DE ABREVIATURAS

Coeficiente de Variación Diaria	$K_1$
Coeficiente de Variación Horaria	$K_2$
Dotación Básica (L/hab*día)	DB
Dotación de Agua	D
Factor de Mayorización	FM
Gasto Máximo Diario	QMd
Gasto Máximo Horario	QMh
Gasto Medio Horario	Qmed
Número de años que se va a proyectar la población	t
Número de Habitantes	P
Población al inicio del periodo	No
Población futura, resultado de la proyección	Nt
Tasa media anual de crecimiento	r
Total de usuarios servidos (habitantes)	Tus
Volumen de agua consumida (L/día)	Vac
Caudal de Captación	$Q_{\text{captación}}$
Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja	Va
Separación entre barras	e
Longitud de la rejilla	L
Área libre	$A_L$
Número de barras	n

Área Total de Aireador	$A_t$
Carga Hidráulica	$TA$
Número de Torres	$N_{\text{torres}}$
Gravedad	$g$
Altura	$H$
Velocidad de sedimentación	$V_s$
Diámetro de las partículas	$d$
Peso específico de la partícula	$P_s$
Densidad del líquido	$\rho$
Tiempo de caída	$t_d$
Tiempo de retención	$a$
Superficie del desarenador	$A_d$
Capacidad del desarenador	$C$
Longitud	$L$
Ancho	$B$
Área efectiva	$A_e$
Viscosidad del líquido a 15°C	$\mu$
Velocidad de filtración	$V_f$

## INTRODUCCIÓN

La pérdida constante de recursos naturales es uno de los mayores problemas que se enfrenta en la actualidad, entre los más importantes tenemos al agua ya que es vital para mantener la vida. Sin embargo con el crecimiento poblacional, la demanda diaria de este recurso y la contaminación que ha incrementado de forma acelerada, son factores que han alterado la calidad de la misma a tal punto, que cada vez para más personas se vuelve difícil el acceso a este recurso en grandes cantidades y en buenas condiciones para el consumo humano.

En la ciudad de Riobamba en la parroquia de Yaruquíes se encuentra ubicado el barrio San Vicente Ferrer, lugar donde se realizó la investigación.

La falta de tratamiento en el agua que consume el barrio San Vicente, hacen que sea necesario, realizar un análisis del agua y elaborar el Diseño de una Planta Potabilizadora de Agua, a fin de corregir las falencias actuales como la presencia de dureza, nitritos y fosfatos, los mismos que se encuentran en valores elevados.

El presente trabajo de investigación con la ayuda de la JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA DEL BARRIO SAN VICENTE FERRER, pretende tener el Diseño de la Planta Potabilizadora, con una proyección de 20 años, la misma que permita cumplir con los requerimientos de calidad de la Norma INEN 1108.

## **JUSTIFICACION**

El agua es una sustancia que posee un conjunto de propiedades que la hacen única, por lo que es necesario conservar este recurso no renovable dándole el adecuado tratamiento a fin de cumplir con los requisitos físico- químicos y microbiológicos que se exige en la Norma para Agua Potable INEN 1108.

La demanda del líquido vital se incrementa permanentemente para satisfacer las necesidades del ser humano, razón por la cual se debe disponer de fuentes de agua pura, pero generalmente en las fuentes hídricas disponibles generan agua con diferentes tipos de impurezas así como materia orgánica e inorgánica como es en el caso de sistema de agua potable actual del barrio San Vicente que se encuentran parámetros fuera de norma como son los nitritos, fosfatos además de que el agua presenta una dureza elevada, y lo más urgente a controlar es la presencia de Coliformes totales y Coliformes fecales; siendo por esto necesario realizar un tratamiento de potabilización que permita disminuir al mínimo estos valores.

Esto amerita que el análisis del agua se lo haga de una manera periódica y ordenada, determinando así el grado de calidad de la misma.

Por todo lo anteriormente mencionado y considerando que la Junta Administradora de Agua Potable del Barrio San Vicente tiene la responsabilidad de distribuir a la población agua segura para su consumo, se presenta la necesidad de realizar el presente trabajo para comprender la importancia que tienen la potabilización y el análisis de agua destinada al consumo público, para evitar enfermedades y daños de diferente tipo en sus beneficiarios y en el medio ambiente, garantizando de esta manera que mediante la implementación de una planta potabilizadora y la optimización de los procesos de purificación de la misma, se proveerá a los habitantes del barrio San Vicente de Yaruquies, agua de consumo humano que cumpla con los requisitos especificados por la normas INEN correspondientes.

El Diseño de la Planta Potabilizadora en el Barrio San Vicente Ferrer, comenzará con la caracterización físico- químico y microbiológico, tomando una muestra en las vertientes correspondientes así como en un domicilio, hasta la detección de los fallos del sistema y corrección de los mismos.

## **ANTECEDENTES**

EL Barrio San Vicente se encuentra ubicado al Sureste de la Provincia de Chimborazo, en el Cantón Riobamba, perteneciente a la parroquia de Yaruquíes.

Los habitantes de este barrio consumían por más de cuarenta años el agua de una vertiente de nombre Agua Santa que se encuentra ubicada en la Comunidad de Gatazo, debido a que el caudal de esta vertiente se iba agotando de a poco, en el año 2005 se inicia un proyecto para traer agua, de una vertiente aledaña llamada Armenia ubicada a 6Km del barrio, la misma que se la trae por medio de tubería PVC, hasta llegar al tanque de almacenamiento para su posterior distribución.

A lo largo de este tiempo las directivas han venido actuando de forma empírica, en cuanto al consumo del agua, es decir sin ningún tipo de tratamiento, solo se confió en un análisis organoléptico de las personas que en ese entonces estaban al frente del directorio.

Actualmente la administración de este recurso natural está a cargo de la Junta Administradora de Agua Potable del Barrio San Vicente de Yaruquíes, la misma que está precedida por el Sr. Marcelo Caiza, quien planteo esta necesidad de empezar con el estudio para la potabilización del agua, con mira a implementarla en un futuro, teniendo el respaldo total de los consumidores de esta agua.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Diseñar una Planta potabilizadora de agua en el Barrio San Vicente Ferrer de la parroquia de Yaruquíes del cantón Riobamba”

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Monitorear la vertientes de abastecimiento/ líneas de distribución para el barrio San Vicente Ferrer
- ✓ Caracterizar el estado actual de agua que se consume en este barrio, mediante un proceso físico-química y microbiológico
- ✓ Plantear alternativas para el tratamiento del agua existente, en base a la caracterización realizada
- ✓ Determinar las variables a utilizarse en el diseño de la planta de tratamiento
- ✓ Realizar la caracterización luego del tratamiento

**CAPITULO I**  
**PARTE TEORICA**

## **1. Marco Teórico**

### **1.1. Agua**

Según la química inorgánica del agua es el nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto hidrogeno y oxígeno, eta consiste en dos volúmenes de hidrogeno y uno de oxigeno unidos por enlaces covalentes polares que forman entre sí un ángulo de  $105^\circ$ , tal como se expresa en la fórmula actual  $H_2O$ .

Según la bioquímica, el agua tiene una importancia esencial en biología, porque es el medio en el cual se realizan procesos vitales, todos los organismos vivientes contienen el 50 al 90% de agua de la masa total de todos los microorganismos vivos, también el cuerpo humano está constituido por agua.

Entre sus propiedades tenemos:

- ✓ A temperatura ordinaria es un líquido insípido, inodoro e incoloro.
- ✓ El agua puede encontrarse en la naturaleza e tres estados, sólido, líquido y vapor, pudiendo existir en un momento dado en equilibrio entre sus tres formas.
- ✓ A condiciones normales de presión y temperatura el punto de congelación de agua es de  $0^\circ C$  y su punto de ebullición de  $100^\circ C$ .
- ✓ La estructura molecular del agua es un dipolo; su constante dieléctrica es muy alta, por lo que tiene la propiedad de disolver cualquier sustancia aunque sea en cantidades extremadamente pequeñas.
- ✓ Aproximadamente 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos terceras partes se encuentra congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas.

### **1.2. Tipos de Agua**

Según la cantidad y tipos de sales minerales presentes en las aguas, estas pueden ser:

**Aguas Duras.-** Son aquellas que poseen importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

**Aguas Blandas.-** Su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.

**Aguas Neutras.-** Compone su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tendencias ácidas o alcalinas, o sea que no alteran sensiblemente el valor de pH.

**Aguas Alcalinas.-** Son aquellas que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevado en consecuencia el valor del pH presente.

### **1.2.1. Contaminación del Agua**

Las impurezas del agua se clasifican en suspendidas, coloidales y disueltas. Las partículas suspendidas son lo suficiente grandes para depositarse o ser filtradas, las impurezas coloidales y las disueltas son más difíciles de eliminar, una forma de lograrlo consiste en hacer que estas partículas se una entre sí para formar otras más grandes, las cuales pueden tratarse como materia suspendida, otra forma es conveniente en un gas que escape en un gas a la atmosfera.

El agua también puede presentar contaminación microbiológica que depende mucho de su procedencia. Las aguas subterráneas son muchos más puras que las superficiales, ya que la filtración a través de las capas sedimentarias limita el número de microorganismos.

La contaminación microbiológica puede caracterizarse para la presencia de gérmenes de origen telúrico (bacterias esporuladas y otras pertenecientes al género *Streptomyces*), gérmenes de origen humano o animal con frecuencia patógenos y esencialmente enterobacterias de origen intestinal (*E. colí*, coliformes fecales, *Salmonellas*, *Shigella*, *Streptococcus*, fecales, *Clostridium Perfringenes*, *Vibrio Cholerae*).

### **1.2.2. Calidad del Agua**

La calidad del agua depende directamente del uso al cual se destine el agua; así en general se acepta que el agua proporciona para uso doméstico debe ser clara, agradable al gusto, no corrosiva, exenta de organismos que produzcan infección intestinal, etc. La flora del agua es muy variada, encontrándose gérmenes habituales del agua, algas microscópicas y bacterias pertenecientes a los géneros, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Achromobacter*, *Corynebacterium*.

Para especificar la calidad del agua debe hacerse en primera instancia evaluación sensorial, ya que el sabor, el olor y el color, pueden ser los primeros indicios de contaminación. En el caso del agua de consumo humano la mayoría de las quejas de los consumidores se relaciona con su color, sabor u olor, la calidad del agua potable de acuerdo con la percepción sensorial determina en gran medida la aceptabilidad de un tipo de agua particular. La coloración con o sin partículas en suspensión suele obedecer a muchas causas, aparte de reflejar deficiencia en el tratamiento, puede en el caso del agua no sometida a tratamiento indicar que la fuente no es satisfactoria, pudiendo señalar la presencia de concentraciones anormales de compuestos como hierro, aluminio o magnesio, o una deficiencia de oxígeno disuelto o un desarrollo microbiano excesivo.

### **1.3. Características de Agua Subterránea**

El agua subterránea es un agua clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión con una temperatura constante.

Este tipo de agua durante su trayectoria puede ir adquiriendo algunas sustancias y cambiando alguna de sus propiedades, esto se puede suceder por la presencia de lluvias.

La calidad del agua varía de acuerdo al tipo y cantidad de sustancias presentes en la misma así tenemos:

**Cloruros:** La concentración de iones cloruro debe ser de 200- 300 mg/l; cuando es superior proporciona sabor desagradable al agua, además corroe los metales en el sistema de

distribución, especialmente en aguas de escasa alcalinidad y el tratamiento no elimina el cloruro existente en el agua.

**Nitritos:** Cuando existen nitritos en el agua, estos pueden descomponerse en presencia de bacterias saprofitas, ya que estas actúan sobre la materia orgánica, convirtiéndola en  $\text{NO}_2$  que luego es oxidado en  $\text{NO}_3$ . En la actualidad ningún valor es permisible debido a su nocividad.

**Dureza:** La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal. La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente.

**Bicarbonatos y Carbonatos:** Estos iones constituyen los componentes alcalinos principales de casi todas las fuentes de agua, y son las que caracterizan la alcalinidad. Los tipos de alcalinidad son:

- ✓ Alcalinidad Total, que neutraliza los ácidos hasta un pH de 4.3
- ✓ Alcalinidad a la Fenolftaleína, tiene un poder de neutralización de ácidos de hasta un pH de 8.3
- ✓ Alcalinidad al OH, es la medición de la concentración de la concentración total de las sustancias que dan este carácter al agua, es decir, la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y se expresa como ppm de  $\text{CaCO}_3$ . Un alto índice de esta proporciona al agua sabor desagradable.

**Oxígeno Disuelto:** Las aguas subterráneas son generalmente pobres en oxígeno disuelto, esta ausencia no se puede considerar como contaminación, ya que el oxígeno contenido en el inicio del recorrido subterráneo ha podido tomar parte en un proceso de autodepuración natural. En estos casos se hacen necesario airear el agua antes de su utilización.

**Hierro:** El agua debe poseer máximo 0.3mg/l, cuando excede este límite se forma un precipitado color ardo rojizo y proporciona sabor desagradable.

**Fosfatos:** El mayor problema de existencia de fosfatos en el agua es que ayudan a la proliferación de organismos, especialmente algas; en los sistemas de tuberías.

**Sulfatos:** Concentraciones mayores a 400mg/l afectan el sabor de aguas, además estas aguas tiene un efecto laxante y más aún cuando está acompañado de magnesio.

**Sólidos Totales:** Comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel filtro, y los suspendidos se dividen a su vez en depositables y no depositables. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral. Las sustancias inorgánicas son fundamentales sales de calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Su principal efecto es sobre el sabor y su concentración debe ser inferior a 600mg/l.

**Orgánicas:** Su presencia produce olores desagradables en el agua, incluso el mal olor producido puede ser un indicativo de aumento en la actividad biológica.

### **1.3.1. La importancia de los análisis de laboratorio**

Los análisis del agua en el laboratorio se llevan a cabo por muchos motivos. Probablemente el más frecuente es el de ayudar a fomentar una opinión acerca de lo adecuado que sea el agua de un abastecimiento para el uso público.

Esto implica considerar diversos factores; si es de confianza para el consumo humano, según lo revela la presencia o ausencia de contaminación, si es corrosiva para la tubería metálica o es capaz de formar incrustaciones en sistemas de agua fría o caliente; si es agradable a su presencia y sabor, si es satisfactorio para usarse en el lavado doméstico de ropa y loza, o si puede usarse para fines industriales. Son esenciales los análisis rutinarios de laboratorio para controlar procesos de tratamiento de agua y garantizar un efluente satisfactorio en todo momento. Las diferentes son realmente recursos que complementan y aumentan los sentidos humanos.

Los exámenes de laboratorio pueden clasificarse en: exámenes físicos, análisis químicos, exámenes bacteriológicos y exámenes microscópicos. Las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos. Los análisis químicos determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afecte a su calidad, proporcionando datos de contaminaciones o mostrando las variaciones ocasionadas por el tratamiento, lo cual es indispensable para controlar un proceso de tratamiento de agua. Los exámenes bacteriológicos indican la presencia de bacterias características de la contaminación y consiguiente a la calidad de agua para consumo. Los exámenes microscópicos proporcionan información relativa a las proliferaciones en el agua que frecuentemente son los que causan sabores y olores desagradables u obstrucción de los filtros.

#### **1.4. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL AGUA SUBTERRANEA**

Los factores que influyen en las propiedades del agua entre estas tenemos:

##### **1.4.1. Precipitación**

Este aspecto es muy importante de considerar, ya que si tomamos en cuenta que la mayor parte del agua que se encuentra en el subsuelo proviene de la infiltración de la lluvia, es decir son la fuente de alimentación de las aguas subterráneas.

##### **1.4.2. Forma del Terreno**

Es importante de considerar la forma del terreno, ya que el relieve da lugar a la formación de las cuencas hidrográficas, indicando así la trayectoria que seguirá el agua hasta llegar a una superficie. La forma del terreno también va a influir si las precipitaciones van a tener mayor o menor oportunidad de infiltrarse, y cuando llegue a una zona de saturación el agua podrá salir en forma de una vertiente en las laderas de las montañas.

### **1.4.3. Geología**

El aspecto geológico desempeña un papel muy importante en la hidrogeología, ya que la velocidad de movimiento depende de la estructura y composición litológica de las formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo. Las diferentes formaciones poseen ciertas propiedades son la porosidad y la permeabilidad (o más estrictamente la conductividad hidráulica)

## **1.5. AGUA POTABLE**

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas, han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano<sup>1</sup>, y que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, etc.

Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas.

Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un stripping de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados.

---

<sup>1</sup>Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2010

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, estas guías son también aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano, no obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Puede ser preciso que las personas con inmunodeficiencia grave tomen precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de bebida normalmente no sería preocupante. El agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.<sup>2</sup>

## **1.6. CONCEPTO DE DISEÑO**

Se entiende como diseño, al desarrollo de una estructura o un sistema, es mismo que posea ciertas características según sea la necesidad no solo del cliente, enfocándonos principalmente en lo que tiene que ver con funciones; , también los requisitos de todo el ciclo de vida por todos los procesos intermedios por los que va a pasar el agua.

## **1.7. POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS**

### **1.7.1. Captación**

Está compuesta básicamente por la fuente y su tanque o estructura de la captación.

En ciertas ocasiones una sola vertiente no es suficiente para el abastecimiento para una comunidad o ciudad, cuando ocurre esto se busca nuevas vertientes para combinarlas y así cumplir con la demanda o necesidad de la población.

---

<sup>2</sup>Guías de Calidad de Agua Potable. OPS. Tercera Edición. 2006

## **1.7.2. Aducción**

Durante el proceso de transportar el agua desde el lugar de captación a la planta de tratamiento, se le denomina aducción. Este es un sistema que está compuesto por varios elementos como son: tuberías, canales, túneles entre otros.

Tenemos tres formas para conducir el agua, las describiremos a continuación.

### **1.7.2.1. Conducción por gravedad (Acueductos, Canales)**

Para la conducción de grandes volúmenes de agua tratada o a tratar, utilizaremos acueductos cerrados de tuberías o abiertos.

Los canales abiertos se utilizan en algunas ocasiones para conducir el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, pero nunca agua tratada, el uso de canales abiertos tiene la ventaja de que permite emplear materiales baratos y ahorrar en la obra.

### **1.7.2.2. Conducción Forzada**

Se utiliza cuando el punto se toma está situado a una cota más baja que la entrada a la planta para salvar la diferencia de alturas, se emplean grupos de bombeo. Para soportar la presión de trabajo se dimensiona con materiales resistentes bien de chapas de acero o de hormigón reforzado.

## **1.7.3. Rejillas**

Son dispositivos formados por barras metálicas, paralelas del mismo espesor e igualmente espaciadas. Con estas se retiene todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material solido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, etc.

### **1.7.3.1. Consideraciones de diseño**

La información básica para el diseño convencional de rejillas manuales o mecánicas se detalla en la siguiente.

**TABLA 1.1**  
**Diseño de Rejillas de Limpieza Manual**

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LIMPIEZA MANUAL</b>
Tamaño de la barra (Espesor)	mm	5 – 20
Espaciamiento entre barras	mm	20 – 50
Inclinación con la vertical	Grado	30 - 45
Pérdidas admisibles	Pulg.	6

Fuente: CRITES R. / TCHBONOGLOUS

**1.7.3.2. Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja**

$$v_a = \frac{Q}{A} \text{ Ecuación 1.7.3.2}$$

**1.7.3.3. Cálculo de la suma de las separaciones entre barras**

$$b = \left( \frac{b_g}{e} - 1 \right) (s + e) + e \text{ Ecuación 1.7.3.3}$$

**Dónde:**

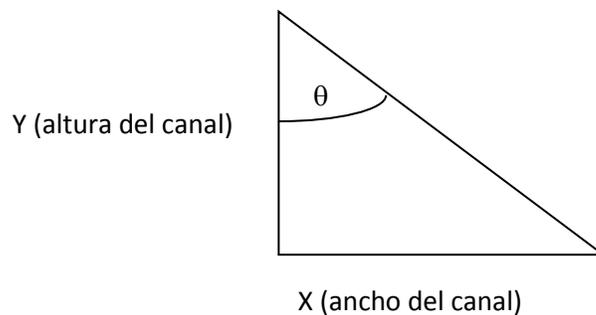
**b**= ancho del canal (mm)

**b<sub>g</sub>** = suma de las separaciones entre barras (mm)

**e** = separación entre barras (mm)

**s** = espesor de las barras (mm)

**1.7.3.4. Cálculo de la longitud de la rejilla**



$$L = \frac{\text{ancho del canal}}{\text{sen ángulo}} \quad \text{Ecuación 1.7.3.4}$$

#### 1.7.3.5. Cálculo del Área Libre al paso de agua

$$A_L = L \times b_g \quad \text{Ecuación 1.7.3.5}$$

#### 1.7.3.6. Cálculo del Número de Barras

$$2n + (n - 1)e = b \quad \text{Ecuación 1.7.3.6}$$

**Dónde:**

**b** = ancho del canal (cm)

**e**= separación entre barras (cm)

#### 1.7.4. Desarenador

Los desarenadores son estructuras hidráulicas para remover la arena del agua captada para un sistema de aprovechamiento.

Los factores a tener en cuenta en el análisis y el diseño de un desarenador son la temperatura, la viscosidad del agua, el tamaño de las partículas de arena a remover, la velocidad de sedimentación de la partícula y el porcentaje de remoción deseado.

Para el diseño deben tenerse en cuenta algunas consideraciones como son:

- ✓ Las partículas se toman como distribuidas uniformemente.
- ✓ El flujo alrededor de las partículas es laminar.
- ✓ Para un acueducto no debe pasar más del caudal máximo diario (QMD) por el desarenador
- ✓ El vertedero de excesos debe evacuar el caudal en exceso al QMD.

Los desarenadores normalmente están compuestos por cuatro zonas:

- ✓ Entrada
- ✓ Zona de sedimentación
- ✓ Salida
- ✓ Zona de depósito de lodos

En la práctica se pueden tomar como base los valores de carga superficial de a siguiente tabla.

**TABLA 1-2**  
**Carga Superficiales para desarenadores**

d(mm)	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3	5	10
Vc (mm/s)	2	7	23	40	56	72	150	270	350	470	740
Vc´(mm/s)	0	5	17	30	40	50	110	210	260	330	480
Vc´´(mm/s)	0	0	16	30	45	60	130	250	330	450	650
VI (mm/s)	150	200	270	320	380	420	600	830	1000	1300	1900

\*Fuente: Manual Técnico del Agua, Degremont 1974

**Donde:**

**Vc (mm/s)** = Velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal nula

**Vc´(mm/s)**= Velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal

**Vc´´(mm/s)**= Velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal igual a 0,30m/s

**VI (mm/s)**= Velocidad d sedimentación critica de arrastre de la partícula depositada

**TABLA 1-3**  
**Cargas Superficiales según HAZEN**

Diámetro partícula (mm)	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,10
Velocidad de sedimentación (mm/s)	100	83	63	53	42	32	21	15	8

\*Fuente: Hazen; 1980

### 1.7.5. Aireación

En el tratamiento del agua la aireación puede utilizarse para reducir los sabores y los olores, para rebajar los niveles de materia orgánica volátil, y para alterar las concentraciones de gases disueltos.

Los sistemas de aireación más utilizados por su fácil manejo y mantenimiento tenemos:

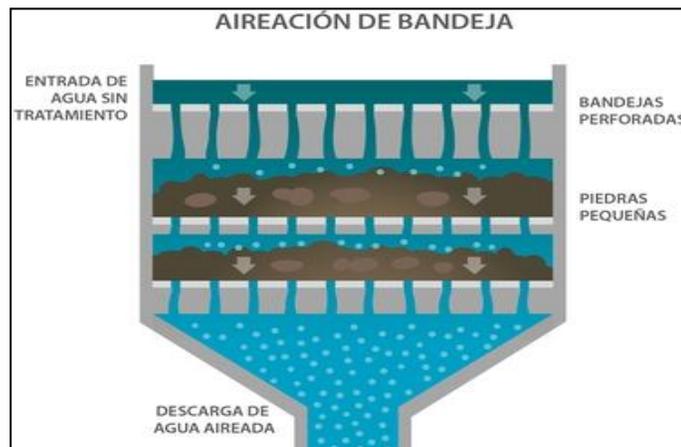
- ✓ Aireadores de bandejas
- ✓ Aireadores de cascada
- ✓ Aireadores de lecho compacto

Por cada uno de ellos una fina capa de agua circula por encima de las superficies para maximizar las transferencias al agua del oxígeno presentes en el aire inmediato.

#### 1.7.5.1. Aireadores de Bandejas Múltiples

Un aireador de bandejas múltiples se compone de una serie de bandejas formadas por capas metálicas perforadas, rejillas metálicas o tabilladas de madera, dispuestas verticalmente una encima de otra en forma de una pequeña torre. Cada bandeja contiene una capa de un grosor de 15 – 30 cm de piedra, coque o arcilla quemada en trozos de 5 – 15 cm.

El agua entra al aireador por la parte superior (mediante un pulverizador o rociador), procedente de un depósito perforado situado encima de la bandeja superior. Estos aireadores también se pueden emplear para eliminar hierro.



**Figura 1-1 AIREACIÓN POR BANDEJAS**

### **1.7.6. Ablandamiento**

El proceso de ablandamiento dentro del tratamiento de agua, tiene como objetivo eliminar los iones de calcio y magnesio quienes son los responsables de que el agua sea dura; también podemos tener caso en donde los iones de hierro causan dureza en agua, los mismos que también pueden ser eliminados con la técnica de ablandamiento de agua. El mejor camino para ablandar un agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua.

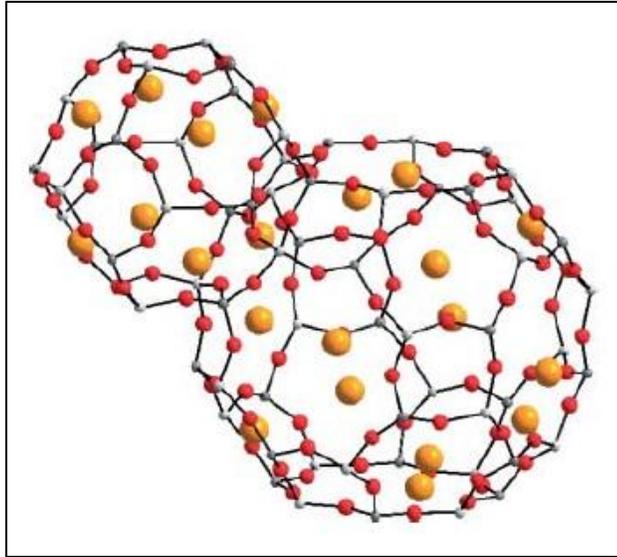
#### **1.7.6.1. Ablandamiento con Zeolitas**

##### ***1.7.6.1.1 Zeolitas***

Las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos cristalinos. La Clinoptilolita es una zeolita natural formada por la desvitrificación de ceniza volcánica en lagos o aguas marinas hace millones de años. Este tipo es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad. Las zeolitas son intercambiadores iónicos, que contienen sitios activos con carga electrostática, positiva o negativa, neutralizada por un ion de carga opuesta, se emplea entre otras aplicaciones, para el tratamiento de agua y su vida útil esperada es de 5 a 10 años.

##### ***1.7.6.1.2. Estructura de las zeolitas***

Las zeolitas es una estructura sólida tetraédrica conectada a b base de sílica. Esta posee canales y jaulas lo suficientemente grandes que contienen estructuras adicionales de cationes que permiten recibir y de sorber varias moléculas que van desde agua hasta compuestos orgánicos complejos sin alterar su estructura cristalina.



**Figura 1-2 ESTRUCTURA DE LA ZEOLITA**

Donde los puntos rojos son enlaces con oxígeno, las grises claras pertenecen al aluminio, las grises oscuras al silicio y las naranjas al sodio.

#### ***1.7.6.1.2. Proceso de Ablandamiento del Agua usando Zeolitas***

El ablandamiento con zeolitas es el proceso de intercambio iónico más antiguo y más simple. Elimina la dureza del agua, es decir elimina los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) e incluso los iones de hierro (Fe) y el manganeso (Mn). El lecho del intercambiador puede regenerarse o activarse con una salmuera de cloruro de sodio.

Durante el proceso, la dureza del agua puede variar así como la velocidad del flujo a través del sistema.

#### **1.7.7. Filtración**

Uno de los procesos más utilizados dentro del tratamiento de agua es la filtración ya que permite separar un sólido del líquido en el que está suspendido, al pasar el agua a través de un medio poroso llamado filtro, quien retiene los sólidos y el agua fluye fácilmente por el mismo.

En el proceso de tratamiento de agua la filtración se usa para obtener una mayor clarificación de la misma, por lo general este método va después de la sedimentación con la finalidad de eliminar las partículas que no salieron durante la decantación.

### 1.7.7.1. Consideraciones para elegir el tipo de filtración que se va a usar

Para elegir correctamente el tipo de filtración que se va a usar durante el tratamiento del agua, se debe hacer tomando en cuenta los manuales técnicos que sean reconocidos nacional e internacionalmente, para lo cual debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Las características del agua que se va a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo
- ✓ La calidad del filtrado que debe obtenerse y cuáles son las tolerancias admitidas
- ✓ Condiciones de instalación
- ✓ Posibilidades y medios disponibles para un fácil lavado
- ✓ Su eficiencia y economía

### 1.7.7.2. Síntesis de los Procesos Dependiendo de la Calidad de la Fuente

**TABLA 1-4 Síntesis de los Procesos Dependiendo de la Calidad de la Fuente**

ALTERNATIVAS	Límites de Calidad de Agua Cruda Aceptables		
	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
<b>Filtro Lento de Arena (FLA) solamente</b>	To < 50 UNT Co < 50 UC Cf < (10) <sup>4</sup> /100 ml	To < 20 UNT Co < 40 UC	To max < 100 UNT
<b>Filtro Lento de Arena (FLA) + Prefiltro de grava (PG)</b>	To < 100 UNT Co < 60 UC Cf < (10) <sup>4</sup> /100 ml	To < 60 UNT Co < 40 UC	To max < 150 UNT

<b>Filtro Lento de Arena (FLA) + Prefiltro de grava (PG) + Sedimentador</b>	To < 300 UNT Co < 60 UC Cf < (10) <sup>4</sup> /100 ml	To < 200 UNT Co < 40 UC	To max < 500 UNT
<b>Filtro Lento de Arena (FLA) + Prefiltro de grava (PG) + Sedimentador + Presedimentador</b>	To < 500 UNT Co < 60 UC Cf < (10) <sup>4</sup> /100 ml	To < 200 UNT Co < 40 UC	To max < 1000 UNT

\*Fuente: Manual Técnico del Agua, Degremonth

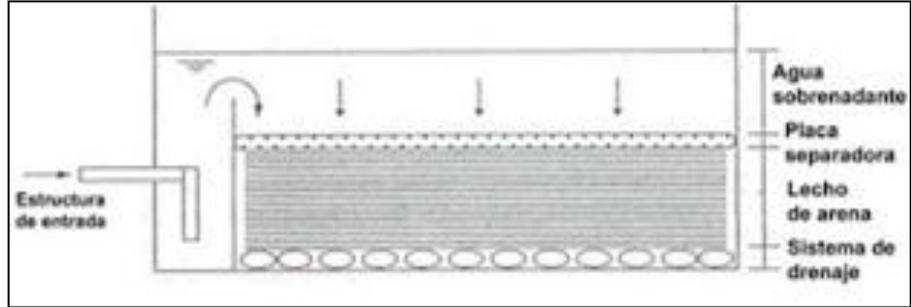
### 1.7.7.3. Filtro Lento de Arena

Son unidades de baja velocidad de filtración que no requiere ninguna sustancia química y esos filtros permiten reducir virus, bacterias, protozoarios dañinos para la salud de los consumidores.

Dichas unidades disminuyen materia fina orgánica e inorgánica, la misma que es retenida en un lecho de arena. Compuestos orgánicos disueltos son más o menos degradados, dependiendo de su naturaleza.

Estos filtros son adecuados cuando el agua que se va a tratar no es abundante, otra de las ventajas, es que no requiere de la aplicación previa de reactivos como son los coagulantes, lo que hace que sea un proceso económicamente rentable, su mantenimiento no es constante, por lo general cada 15 a 20 días se realizará un raspado en el lecho de arena y reemplazando con arena limpia; y los lavados generales del filtro cada 6 meses.

Para el diseño de un Filtro Lento de arena se toma en cuenta los siguientes parámetros.



**Figura 1-3 FILTRO LENTO DE ARENA**

**1.7.7.3.1. Área de filtración**

$$A = \frac{Q}{V_f} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.1}$$

**Donde:**

**A:** Área de unidad (m<sup>2</sup>)

**Q<sub>d</sub>:** Caudal de cada unidad (m<sup>3</sup>/s)

**V<sub>f</sub>:** Velocidad de filtración (m/h)

**1.7.7.3.2. Determinación del número de Filtros**

$$n = 0,5 * \sqrt[3]{A} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.2}$$

**1.7.7.3.3. Determinación del área para cada unidad.**

$$A_1 = \frac{A}{n} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.3}$$

**Donde:**

**A:** Área total de unidad (m<sup>2</sup>)

**n:** Número de filtros calculados

**1.7.7.3.4. Determinación de las dimensiones del filtro:**

**a) Cálculo de la longitud de 3ra pared común por unidad (m)**

$$a = \left( \frac{2 \cdot n \cdot A_i}{2 \cdot 1} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.4.a}$$

**Donde:**

**A<sub>i</sub>**: Área individual de cada unidad (m<sup>2</sup>)

**n**: Número de filtros calculados

**b) Ancho de la unidad en (m)**

$$b = \left( \frac{(n+1)A_i}{2 \cdot n} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.4.b}$$

La altura total se determina en base a las alturas parciales, indicadas en la siguiente tabla.

**TABLA 1-5**  
**Criterios para diseñar un Filtro Lento**

<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>
	<b>CINARA IRC</b> <b>1997</b>
Periodo de Diseño	8 – 12
Periodo de Operación	24
Velocidad de Filtración (m/h)	1,5
Altura de Arena	
Inicial	0,8
Mínima	0,5

Diámetro efectivo	0,15 – 0,30
Coeficiente de Uniformidad	
Aceptable	<4
Deseable	>2
Altura de Lecho de Soporte incluye drenaje (m)	0,25
Altura del Agua Sobrenadante (m)	0,8
Borde Libre (m)	0,1
Área Superficial máxima por modulo (m <sup>2</sup> )	<100

\*Fuente: CINARA IRC 1997

El lecho que se recomienda para los Filtros lentos de Arena se describe en la siguiente Tabla.

**TABLA 1-6**  
**Lecho recomendado para Filtros de Arena**

Capa de Grava	Espesor	0,12 m
	Tamaño Efectivo	14 mm
Capa de Arena Gruesa	Espesor	0,05 (m)
	Tamaño Efectivo	1,2 (m)
Capa de Arena Filtro	Espesor	0,8 m
	Tamaño Efectivo	0,22 mm

\*Fuente: CINARA IRC 1998

### 1.7.8. Desinfección

El proceso más importante y de mayor trascendencia en la potabilización del agua es la desinfección. Esta es indispensable dentro del tratamiento de aguas, ya que esta técnica se refiere a la inactivación de los microorganismos especialmente los patógenos que son causantes de enfermedades, que pueden causar daños en los consumidores de agua, y cuya intensidad y gravedad varía dependiendo de muchos factores entre ellos: edad y condición física de la persona infectada, así como del tipo de microorganismo causante de la enfermedad y de la intensidad o concentración en el agua del agente infeccioso.

El desinfectante que se vaya a utilizar en el proceso de potabilización del agua debe reunir ciertos requisitos a continuación citaremos los más importantes:

- ✓ Un alto poder germicida
- ✓ Estabilidad
- ✓ Solubilidad
- ✓ No toxico
- ✓ Fácil de dosificar
- ✓ Efecto residual
- ✓ Confiabilidad

#### **1.7.8.1. Métodos de desinfección**

La desinfección del agua puede llevarse a efecto por diferentes procesos:

- ✓ Con agentes químicos
- ✓ Con medios físicos

Cada uno de ellos tiene sus ventajas y sus desventajas y se emplean uno u otro método según sean las circunstancias.

**TABLA 1-7**  
**Sistemas y métodos de desinfección químicos y físicos**

<b>METODOS QUÍMICOS</b>	<b>COMENTARIOS</b>	<b>EJEMPLOS</b>
Cloro y sus derivados	Los más empleados, tiene efecto residual	Compuestos de cloro, cloro gaseoso, dióxido de cloro
Bromo y sus derivados	Ocasionalmente se emplea	Bromo, oxido de bromo
Yodo y sus derivados	Raras veces empleado	Yodo, hipoyodatos, yodatos
Peróxido de Hidrogeno	Es una opción a la desinfección con cloro	Peróxido de hidrógeno
Sales Metálicas	Se emplea para desinfectara alimentos, no es común para desinfección del agua	Cobre, plata
Ácidos y Álcalis	Se emplea en procesos tales como proceso cal / soda ash y en reciclado de aguas	Cal, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico
Ozono	Después de la cloración es el método de desinfección más frecuentemente empleado	Gas ozono generado in situ
<b>METODOS FISICOS</b>	<b>COMENTARIOS</b>	
Radiación ultravioleta	Producidas por lámparas que emiten radiación con una frecuencia de 254 nm	
Calor	Sistema muy empleado en proceso de pasteurización o en desinfección casera	
Radiación Gamma	Solo se emplea para esterilización de equipo, no para desinfección de aguas	

\*Fuente: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/desinfeccion5.pdf>

La dosificación de cloro que se utilizará para la desinfección del agua proveniente del filtro de arena, tiene un caudal de 2L/s, la desinfección del agua se la realiza en el tanque de cloración, mediante la aplicación de hipoclorito de calcio con una concentración de 1.5mg/L<sup>3</sup>

#### ***1.7.8.1.1. Dimensionamiento Tanque de Cloración***

$$V_{\text{tanque}} = Q * T \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.1}$$

**Donde:**

**Q:** Caudal (0.00349m<sup>3</sup>/ s)

**tr:** tiempo de retención (1200s)

#### ***1.7.8.1.2. Altura del Tanque***

$$H_{\text{tanque}} = \frac{V_{\text{tanque}}}{A} \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.2}$$

#### ***1.7.8.1.3. Calculo del peso del Hipoclorito de Sodio***

$$P = Q * d \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.3}$$

**Donde:**

**P:** Peso del cloro en (g/h)

**Q:** Caudal del agua a clorar en (m<sup>3</sup>/h)

**d:** dosificación adoptada en g/m<sup>3</sup>

#### ***1.7.8.1.4. Cálculo del Peso del Producto comercial***

$$P_c = \frac{P * 1000}{r} \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.2}$$

**Donde:**

**Pc:** Peso del producto comercial en g/h

---

<sup>3</sup> Fuente: Muñoz Balarezo, Demanda de cloro para aguas (1992)

**r:** % de cloro que contiene el producto comercial (65%)

#### **1.7.8.1.5. Cálculo de la demanda horaria de la solución**

$$q_s = \frac{P_c * 1000}{c} \quad \text{Ecuación 3.1.1.3}$$

**Donde:**

**q<sub>s</sub>**= demanda horaria de la solución en (L/h) asumiendo que la densidad de 1L de la solución pesa 1kg.

**C:** concentración de la solución (1%)

#### **1.7.8.1.6. Calculo del Volumen**

$$V_s = q_s * t \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.6}$$

### **1.7.9. Almacenamiento y Distribución**

Después que el agua ha pasado todas las etapas del tratamiento de potabilización, esta se distribuye a los domicilios a través de una red subterránea de tuberías que conectan a la red pública de distribución. Esta agua ya potable puede fluir por las tuberías por la fuerza de la gravedad o también por la presión de bombas.

El tanque de almacenamiento debe cumplir con ciertas especificaciones ya que el agua va a permanecer por horas o días dependiendo como se esté consumiendo esta agua.

## **1.8. Caudales para el Diseño**

El dimensionamiento de la red de abastecimiento debe efectuarse para garantizar un suficiente suministro en cualquier circunstancia, para ello hay que tener en cuenta el caudal de captación, de conducción los volúmenes de reserva.

### **1.8.1. Caudal de Captación**

La estructura de la captación se la diseñará con una capacidad equivalente a 1,5 veces el gasto máximo diario (QMd).

### 1.8.2. Población Actual

De acuerdo con el Censo Poblacional del Ecuador, que se realizó el 28 de noviembre de 2010, por el INEC, en barrio San Vicente Ferrer cuenta con 904 habitantes con índice intercensal de 3%.

### 1.8.3. Población Futura

Para calcular la población futura se utiliza el método de crecimiento geométrico, dado que la aplicación de este método supone que la población aumenta constantemente en una cifra proporcional a su volumen cambiante.

Para obtener la población futura se aplica el último dato poblacional, que se tenga, la fórmula del interés compuesto manteniendo constante la misma tasa anual de crecimiento de periodo anterior.

$$N_t = N_o(1 + r)^t \text{Ecuación 1.8.3}$$

**Donde:**

**N<sub>o</sub>:** Población al inicio del período

**N<sub>t</sub>:** población futura

**r:** Tasa media anual de crecimiento

**t:** Número de años que se van a proyectar la población

### 1.8.4. Dotación Básica

Esto se refiere a las cantidades de agua que diariamente va a consumir cada habitante de cierta comunidad o ciudad, esta expresado en litros/ habitantes/ día.

$$DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}} \text{Ecuación 1.8.4}$$

**Donde:**

**DB:** Dotación Básica

**V<sub>ac</sub>:** Volumen de agua consumida

**T<sub>us</sub>:** Total de usuarios servidos

### 1.8.5. Dotación Futura

Para obtener la Dotación Futura se debe multiplicar la dotación básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que incluye los consumos comerciales, institucionales e industriales.

El Factor de Mayorización recomendado por la Junta Administradora de Agua Potable del Barrio San Vicente Ferrer de la Parroquia de Yaruquies es de 1,2.

$$DF = 1,2 * DB \quad \text{Ecuación 1.8.5}$$

### 1.8.6. Gasto Diario ( $Q_{med}$ )

El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

La expresión que define el gasto medio es la siguiente:

$$Q_{med} = \frac{P \cdot D}{86400} \quad \text{Ecuación 1.8.6}$$

**Donde:**

**$Q_{med}$ :** Gasto medio diario, en L/s

**P:** Número de habitantes

**D:** Dotación, en L/hab/día

**86400:** Segundos/día, s/d

### 1.8.7. Gasto máximo diario ( $Q_{Md}$ )

Este gasto también se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento y el tanque de almacenamiento.

Este gasto se obtiene como:

$$Q_{Md} = k * Q_{med} \quad \text{Ecuación 1.8.7}$$

**Donde:**

**Q<sub>Md</sub>:** Gasto máximo diario

**k:** Coeficiente de variación diaria, adimensional

**Q<sub>med</sub>:** Gasto medio diario, en L/s

### **1.8.8. Gasto Máximo horario (Q<sub>Mh</sub>)**

El gasto máximo horario, es requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este gasto se utiliza, para calcular las redes de distribución, en algunos casos también se utiliza para las líneas de conducción, y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{Mh} = k * Q_{Md} \quad \text{Ecuación}$$

**Donde:**

**Q<sub>Mh</sub>:** Gasto máximo horario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación horaria, adimensional

**Q<sub>Md</sub>:** Gasto máximo diario, L/s

## **1.9. Norma utilizada para el Diseño**

### **1.9.1 Norma INEN 1108 -2010**

En esta norma se establece todos los requisitos que debe cumplir el agua destinada al consumo humano, la misma que se aplica al agua potable tanto a los sistemas de abastecimiento público como los privados.

Los parámetros de esta la Norma 1108 – 2010 se los puede observar en el Anexo 5.

**CAPITULO II**

**PARTE**

**EXPERIMENTAL**

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. MUESTREO

#### 2.1.1. Localización de la Investigación

El área de estudio comprende el Diseño de la Planta Potabilizadora de Agua en el Barrio San Vicente Ferrer de la Parroquia Yaruquies, del Cantón Riobamba, ubicado en la Provincia de Chimborazo.

#### 2.1.2. Método de Recopilación de la Información

El método de investigación que se utilizó para el presente trabajo es de tipo experimental y comparativo, para esto relacionamos los datos de la caracterización actual del agua, lo cual nos permitió diagnosticar que tipo de agua se está consumiendo en este barrio.

#### 2.1.3. Recolección de Muestras

La toma de muestras se realizó de acuerdo al cronograma, las mismas que inmediatamente se las llevaron a los laboratorios de Análisis de Aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para realizar la caracterización físico- químico y microbiológico.

**TABLA 2-1**  
**Recolección de Muestras**

LUGAR DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO a la semana	NUMERO DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS EN LA SEMANA	TOTAL DE MUESTRAS AL MES (4 SEMANAS)
<b>MUESTRAS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA</b>				
Vertiente	3	1	3	<b>12</b>
Tanque de almacenamiento	3	1	3	
Domicilio	3	1	3	

\*Fuente: Autor

## **2.2. METODOLOGIA**

### **2.2.1. Metodología de Trabajo**

Para el presente trabajo, se tomó una muestra diaria de agua, en la vertiente, en el tanque y en un domicilio por tres días a la semana, las mismas que inmediatamente se llevaban para su análisis físico- químico, y microbiológico para este solo utilizamos el agua de la fuente y del domicilio debido a que no hay ningún tratamiento en el agua; el muestreo total se lo realizo por un mes es decir cuatro semanas teniendo un total de 12 muestras.

### **2.2.2. Tratamiento de Muestras**

Se tomaron 3 muestras semanales durante un mes en los diferentes puntos de muestreo, a las mismas que se les realizó la caracterización físico- químico del agua los mismos que constan de 18 parámetros, los mismos que especificamos a continuación.

También se hicieron los análisis microbiológicos, los cuales nos indican la presencia o ausencia de Coliformes fecales y totales.

### **2.2.3. Equipos Materiales y Reactivos**

**TABLA 2-2**

**Equipos, Materiales y Reactivos**

<b>RECURSOS</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
<b>Equipos y materiales de laboratorio</b>	Frascos para muestras Frascos estériles Termómetro de 10 a 100°C Indicador de pH Conductímetro Espectrofotómetro Balanza analítica capacidad de 0- 400g Vasos de precipitación de 100, 500, y 1000ml Probetas 100ml Espátulas Reverbero Tubos de ensayo Papel Filtro Cajas Petri Embudos de vidrio Pipetas volumétricas Autoclave
<b>REACTIVOS</b>	Reactivos HACH Indicadores PAN Solución EDTA Soluciones Buffer Agua destilada Soluciones amortiguadoras de pH 4, pH7 Colorante negro de Eriocromo T (indicador) Ampollas m-ColiBlue 24® Broth Ampollas m- Endo®Broth

\*Fuente: Autor

## 2.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 2.3.1. Métodos

Experimental, este método aplicado a nuestro tema lo vamos a definir como el planteamiento del problema con sus posibles soluciones, empezando por un diagnóstico actual del Sistema de Agua potable en el barrio San Vicente Ferrer de la Parroquia de Yaruquíes del Cantón Riobamba, plantear una metodología para reducir la dureza del agua, Coliformes fecales y totales, para conseguir mejorar la calidad del agua que consumen en este barrio.

**TABLA 2-3**  
**Descripción de métodos de análisis- Determinaciones Físicas**

<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>MÉTODOS</b>
pH	—	Potenciométrico
Turbiedad	NTU	Turbidímetro
Color	Pt- Co	Fotómetro Hach
Temperatura	°C	Termómetro
Conductividad	us/cm	Conductímetro
Caudal	m <sup>3</sup> /s	Volumétrico
Sólidos disueltos	mg/L	

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-4**  
**Descripción de métodos de análisis- Determinaciones Químicas**

<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>MÉTODOS</b>
Nitritos	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Nitratos	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Sulfatos	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Fosfatos	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Hierro	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Magnesio	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Amonio	mg/L	Espectrofotómetro Hach DR/ 2010
Calcio	mg/L	Volumétricos o Espectrofotómetro Hach DR/2010
Alcalinidad total	mg/L	Volumétricos o Espectrofotómetro Hach DR/2010
Dureza Total	mg/L	Volumétricos o Espectrofotómetro Hach DR/2010

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-5**  
**Descripción de métodos de análisis- Determinaciones Microbiológicas**

<b>TÉCNICA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>MÉTODOS</b>
Coliformes Totales	UFC/100ml	Método por filtro de membrana
Coliformes fecales	UFC/100ml	Método por filtro de membrana

\*Fuente: Autor

## **2.4. DATOS EXPERIMENTALES**

### **2.4.1. Descripción del Sistema de Agua Potable Actual**

El sistema de abastecimiento de agua de la población del barrio San Vicente Ferrer, es alimentado actualmente por la vertiente llamada la Armenia, la misma que está ubicada a 6Km.

El agua es transportada desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento por tubos PVC, como no existe ningún tipo de tratamiento de esta agua; solo llega al tanque para su posterior distribución.

#### **2.4.1.1 Fuente**

En la siguiente tabla se describe la fuente que abastece de agua al barrio San Vicente Ferrer.

**TABLA 2-6**  
**Descripción de la Fuente**

<b>TIPO Y NOMBRE DE LA FUENTE</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
La captación superficial proviene de vertiente La Armenia	Aproximadamente a 6Km del tanque de almacenamiento	3.49	El agua va directamente desde la captación hasta el tanque de almacenamiento para su distribución

\*Fuente: Autor



No existe ningún registro como análisis de laboratorio realizados al agua, que permita evaluar la calidad de agua que más de cuarenta años que se ha venido consumiendo.

#### **2.4.1.2. Conducción**

El transporte del agua de la fuente al tanque de almacenamiento se lo hace con tubería PVC y manguera negra en algunos tramos, la distancia que debe recorrer el agua desde la vertiente es de 6Km.

Para la distribución a los domicilios también se lo hace con tubo PVC, y para las conexiones se utiliza sus respectivos accesorios.

**TABLA 2-7**  
**Características del Tanque de Almacenamiento**

<b>MATERIAL UTILIZADO</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>CAPACIDAD</b>
Tanque rectangular, construido de hormigón armado	7,80m x 11,40m x 7,82 m	695,35 m <sup>3</sup>

\*Fuente: Autor

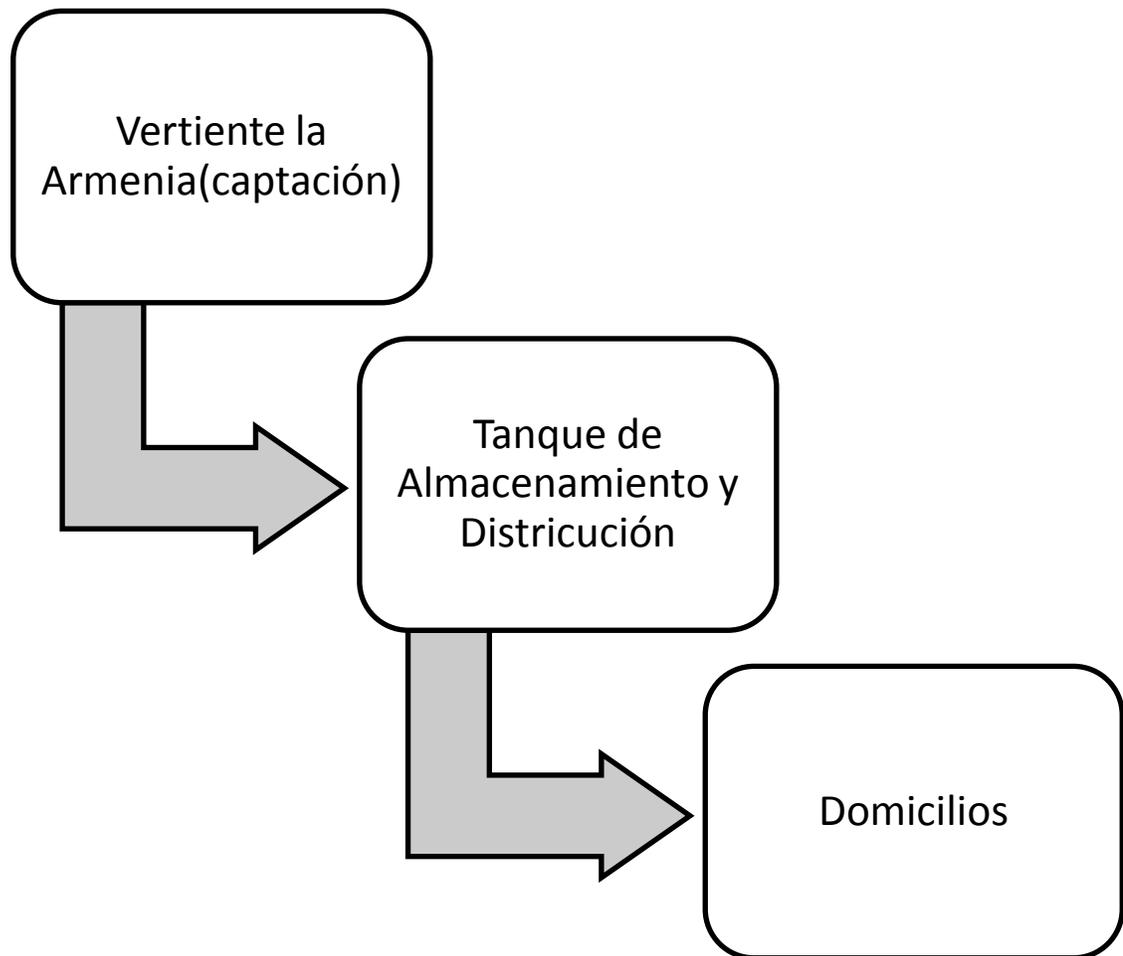


### 2.4.1.3. Tanque de Almacenamiento y Distribución

El tanque a donde llega el agua para su distribución, posee ciertas características las mismas que se detallan en la siguiente tabla.



**2.4.1.4. Diagrama del Sistema Actual de Agua Potable del Barrio San Vicente Ferrer de la parroquia de Yaruquíes**



## 2.5. DATOS

### 2.5.1. Caracterización Físico-Químico y Microbiológica del Sistema de Agua Potable del barrio San Vicente de Yaruquies

**TABLA 2-8**  
**Caracterización Físico- Química (1º Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMIIBLE	MUESTRA 1 (Fuente)	MUESTRA 2 (Tanque)	MUESTRA 3 (Domicilio)	PROMEDIO SEMANA 1
Color	Unid Co/Pt	5	4	5	4	4,3
pH	Unid	6,5 – 8,5	7,06	6,98	7,45	7,2
Conductividad	µsiems/cm	<1250	486	490	521	499
Turbiedad	NTU	1	0,3	0,1	0,1	0,16
Cloruros	mg/L	250	21,3	21,3	22,7	21,7
Dureza	mg/L	300	320	308	318	315,3
Calcio	mg/L	70	54,4	56,0	60,2	56,9
Magnesio	mg/L	30 – 50	39,9	40,8	41,7	40,8
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	340,0	360,0	354,0	351,3
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	200	215	217	210,67
Sulfatos	mg/L	200	122,1	108,0	109,4	113,2
Amonio	mg/L	<0,50	0,036	0,018	0,004	0,02
Nitritos	mg/L	0,01	0,03	0,05	0,02	0,03
Nitratos	mg/L	<40	1,800	1,200	1,500	1,5
Hierro	mg/L	0,3	0,045	0,045	0,025	0,038
Fosfatos	mg/L	<0,30	0,51	0,48	0,46	0,48
Sólidos Totales	mg/L	1000	420,0	440,0	432,0	430,7
Sólidos Disueltos	mg/L	500	301,3	303,8	310,2	305,1

\*Fuente: Laboratorio de Aguas de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-9**  
**Análisis microbiológico (1ºSemana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100ml	<1	9,8
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1	6,3

Fuente: Laboratorio de Microbiología de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-10**  
**Caracterización Físico- Química (2° Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMIIBLE	MUESTRA 1 (Fuente)	MUESTRA 2 (Tanque)	MUESTRA 3 (Domicilio)	PROMEDIO SEMANA 1
Color	Unid Co/Pt	5	5	5	4	4,7
pH	Unid	6,5 – 8,5	7,00	7,14	6,88	7,01
Conductividad	µsiems/cm	<1250	454	460	432	448,7
Turbiedad	NTU	1	0,3	0,3	0,2	0,26
Cloruros	mg/L	250	22,6	24,8	23,2	23,5
Dureza	mg/L	300	300	304	306	303,3
Calcio	mg/L	70	63,7	63,0	62,9	63,2
Magnesio	mg/L	30 – 50	41,3	42,6	41,9	41,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	322,5	310,7	315,0	316,1
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	230,7	235,4	237	234,37
Sulfatos	mg/L	200	100,6	101,3	101,4	101,1
Amonio	mg/L	<0,50	0,036	0,002	0,003	0,01
Nitritos	mg/L	0,01	0,03	0,03	0,02	0,026
Nitratos	mg/L	<40	1,700	1,400	1,400	1,5
Hiero	mg/L	0,3	0,05	0,045	0,04	0,045
Fosfatos	mg/L	<0,30	0,383	0,35	0,317	0,35
Sólidos Totales	mg/L	1000	430,0	440,0	441,0	437
Sólidos Disueltos	mg/L	500	300,3	301,8	300,9	301

\*Fuente: Laboratorio de Aguas de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-11**  
**Análisis microbiológico (2°Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100ml	<1	9,7
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1	5.2

\*Fuente: Laboratorio Microbiológico de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-12**  
**Caracterización Físico- Química (3° Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMIIBLE	MUESTRA 1 (Fuente)	MUESTRA 2 (Tanque)	MUESTRA 3 (Domicilio)	PROMEDIO SEMANA 1
Color	Unid Co/Pt	5	4	4	4	4
pH	Unid	6,5 – 8,5	7,06	7,05	7,05	7,05
Conductividad	µsiems/cm	<1250	488	490	489	489
Turbiedad	NTU	1	0,3	0,2	0,3	0,26
Cloruros	mg/L	250	20,9	21,2	20,7	20,93
Dureza	mg/L	300	300	300	300,9	300,3
Calcio	mg/L	70	58,7	60,1	60,2	59,7
Magnesio	mg/L	30 – 50	40,9	40,8	41,1	40,9
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	358,0	360,0	360,0	359,3
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	200	210,8	212	207,6
Sulfatos	mg/L	200	122,1	118,0	119,1	119,7
Amonio	mg/L	<0,50	0,030	0,028	0,02	0,026
Nitritos	mg/L	0,01	0,04	0,02	0,01	0,03
Nitratos	mg/L	<40	1,800	1,200	1,500	1,5
Hiero	mg/L	0,3	0,045	0,045	0,025	0,023
Fosfatos	mg/L	<0,30	0,31	0,30	0,281	0,28
Sólidos Totales	mg/L	1000	442,0	441,6	441,0	441,5
Sólidos Disueltos	mg/L	500	300,0	297,6	300,1	299,2

\*Fuente: Laboratorio de Aguas de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-13**  
**Análisis microbiológico (3°Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100ml	<1	9,1
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1	6,0

\*Fuente: Laboratorio Microbiológico de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-14**  
**Caracterización Físico- Química (4° Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMIIBLE	MUESTRA 1 (Fuente)	MUESTRA 2 (Tanque)	MUESTRA 3 (Domicilio)	PROMEDIO SEMANA 1
Color	Unid Co/Pt	5	4	4	4	4
pH	Unid	6,5 – 8,5	7,00	7,00	7,1	7,03
Conductividad	µsiems/cm	<1250	500,1	490	490,6	493,6
Turbiedad	NTU	1	0,31	0,29	0,28	0,29
Cloruros	mg/L	250	20,9	21,1	21,0	21
Dureza	mg/L	300	315	309	312	312
Calcio	mg/L	70	59,5	56,0	56,4	57,3
Magnesio	mg/L	30 – 50	41,7	40,8	39,9	40,8
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	309,0	312,0	310,0	310,3
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	295,8	300,2	302,6	299,5
Sulfatos	mg/L	200	110,1	108,0	108,4	108,8
Amonio	mg/L	<0,50	0,03	0,03	0,03	0,03
Nitritos	mg/L	0,01	0,029	0,03	0,03	0,0296
Nitratos	mg/L	<40	1,200	1,200	1,300	1,230
Hiero	mg/L	0,3	0,035	0,035	0,025	0,032
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,30	0,31	0,31	0,283
Sólidos Totales	mg/L	1000	390,0	420,0	420,0	410,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	303,0	303,1	300,0	302,03

\*Fuente: Laboratorio de Aguas de la ESPOCH- Autor

**TABLA 2-15**

**Análisis microbiológico (4°Semana)**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100ml	<1	8,9
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1	5,4

\*Fuente: Laboratorio Microbiológico de la ESPOCH- Autor

## 2.5.2. Caracterización Físico- Química del Agua después de Realizar las Pruebas de Tratabilidad

### 2.5.2.1. Dureza

Este es uno de parámetros que se encontraba fuera de los límites permisibles de la Norma INEN 1108.

Para reducir la dureza presente en el agua, a nivel de laboratorio se realizaron pruebas de Tratabilidad, en un proceso de ablandamiento utilizando Zeolitas las mismas que se activaron con una solución de NaCl (tiempo de activación 10min) con diferentes concentraciones, obteniendo los siguientes resultados.

**TABLA 2-27a**  
**Pruebas de Tratabilidad, DUREZA (Zeolitas Activadas al 20%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	DUREZA (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 20% GRAMOS	DUREZA (AGUA TRATADA)
1	0,1	320	50	560
2	0,1	310	50	384
3	0,1	316	50	416
4	0,1	320	50	560

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-27b**  
**Pruebas de Tratabilidad, prueba de DUREZA (Zeolitas Activadas al 15%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	DUREZA (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 15% GRAMOS	DUREZA (AGUA TRATADA)
1	0,1	320	50	512
2	0,1	310	50	320
3	0,1	316	50	472
4	0,1	320	50	512

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-27c**  
**Pruebas de Tratabilidad, prueba de DUREZA (Zeolitas Activadas al 10%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	DUREZA (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 10% GRAMOS	DUREZA (AGUA TRATADA)
1	0,1	320	50	104
2	0,1	316	50	72
3	0,1	320	50	104
4	0,1	310	50	48

\*Fuente: Autor

### 2.5.2.2. Nitritos

Al realizar las pruebas de Tratabilidad en el laboratorio, durante el proceso de ablandamiento (con Zeolitas), también disminuyeron los nitritos, a continuación se detalla los resultados.

**TABLA 2-28a**  
**Pruebas de Tratabilidad, NITRITOS (Zeolitas Activadas al 20%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	NITRATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 20% GRAMOS	NITRATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.029	50	0.031
2	0,1	0,03	50	0.034
3	0,1	0,03	50	0.034
4	0,1	0,02	50	0.03

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-28b**  
**Pruebas de Tratabilidad, NITRITOS (Zeolitas Activadas al 15%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	NITRATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 15% GRAMOS	NITRATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.029	50	0.02
2	0,1	0,03	50	0.029
3	0,1	0,03	50	0.029
4	0,1	0,02	50	0.019

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-28c**  
**Pruebas de Tratabilidad, NITRITOS (Zeolitas Activadas al 10%)**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	NITRATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 10% GRAMOS	NITRATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.029	50	0.006
2	0,1	0,03	50	0.008
3	0,1	0,03	50	0.000
4	0,1	0,02	50	0.0001

\*Fuente: Autor

### 2.5.2.3. Fosfatos

Los fosfatos presentes en el agua, un parámetro que también estaba fuera de la normativa disminuyeron considerablemente con la utilización de Zeolitas. Obteniendo los siguientes resultados:

**TABLA 2-28a**  
**Pruebas de Tratabilidad, FOSFATOS (Zeolitas Activadas al 20%)**

N° DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	FOSFATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 20% GRAMOS	FOSFATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.51	50	0.49
2	0,1	0,40	50	0.38
3	0,1	0.46	50	0.45
4	0,1	0,34	50	0.33

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-28b**  
**Pruebas de Tratabilidad, FOSFATOS (Zeolitas Activadas al 15%)**

N° DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	FOSFATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 15% GRAMOS	FOSFATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.51	50	0.43
2	0,1	0,40	50	0.31
3	0,1	0.46	50	0.37
4	0,1	0,34	50	0.25

\*Fuente: Autor

**TABLA 2-28c**  
**Pruebas de Tratabilidad, FOSFATOS (Zeolitas Activadas al 10%)**

N° DE PRUEBA	VOLUMEN LITROS	FOSFATOS (AGUA CRUDA)	ZEOLITA 10% GRAMOS	FOSFATOS (AGUA TRATADA)
1	0,1	0.51	50	0.35
2	0,1	0,40	50	0.22
3	0,1	0.46	50	0.29
4	0,1	0,34	50	0.13

\*Fuente:

Autor

# **CAPITULO III**

## **DISEÑO**

### **3. DISEÑO**

#### **3.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN SAN VICENTE FERRER**

En base a las caracterizaciones físico- químicas y microbiológicas realizadas al agua, se determinó que el tratamiento necesario para que el agua sea apta para los consumidores, consiste en la reducción de la dureza, fosfatos, nitratos, Coliformes totales y fecales, parámetros que se encuentran fuera de la norma.

Para el diseño se consideró el número de personas del barrio San Vicente de Yaruquies, realizando una proyección de 20 años.

##### **3.1.1. Población Futura**

$$N_t = N_o(1 + r)^t \text{ Ecuación 3.2.1}$$

$$N_t = 904(1 + 0,03)^{20}$$

$$N_t = 1633$$

**Donde:**

**N<sub>o</sub>:** Población al inicio del período

**N<sub>t</sub>:** población futura

**r:** Tasa media anual de crecimiento (3%)

\*Fuente: INEC

**t:** Número de años que se van a proyectar la población

**TABLA 3-1**  
**PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN**

Nº	AÑO	POBLACIÓN
0	2010	904
1	2011	931
2	2012	959
3	2013	988
4	2014	1017
5	2015	1048
6	2016	1079
7	2017	1112
8	2018	1145
9	2019	1179
10	2020	1215
11	2021	1251
12	2022	1289
13	2023	1327
14	2024	1367
15	2025	1408
16	2026	1451
17	2027	1494
18	2028	1539
19	2029	1585
20	2030	1633

\*Fuente: Autor

### 3.1.2. Dotación Básica

$$DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}} \quad \text{Ecuación 3.2.1.1}$$

$$DB = \frac{3720 \text{ m}^3/\text{mes}}{186 \text{ socios}} \times \frac{1000L}{1\text{m}^3} \times \frac{1\text{mes}}{30 \text{ dias}} \times \frac{1 \text{ socio}}{5 \text{ habitantes}}$$

$$DB = 133,3 \text{ L/hab} * \text{ dia}$$

**Donde:**

**DB:** Dotación Básica (L/hab\*día)

**V<sub>ac</sub>:** Volumen de agua consumida (L/día)

**T<sub>us</sub>:** Total de socios servidos (habitantes)

**Datos:**

**Vac:** 3720 m<sup>3</sup>/mes (JAAP BARRIO SAN VICENTE)

**Tus:** 186 socios

\*Estimación JAAP- SAN VICENTE: cada socio representa 5 habitantes.

**3.1.3. Dotación Futura**

$$DF = 1,2 * DB \quad \text{Ecuación 3.2.2}$$

$$DF = 1,2 * 133,3 L/hab * dia$$

$$DF = 159,96 L/hab * dia$$

**3.1.4. Gasto Diario ( $Q_{med}$ )**

$$Q_{med} = \frac{P.DF}{86400} \quad \text{Ecuación 1.8.6}$$

$$Q_{med} = \frac{1683hab * 159,96 L/hab * dia}{86400 s/dia}$$

$$Q_{med} = 3,11 L/s$$

**Donde:**

**$Q_{med}$ :** Gasto medio diario, en L/s

**P:** Número de habitantes

**DF:** Dotación, en L/hab/día

**86400:** Segundos/día, s/d

**3.1.5. Gasto máximo diario ( $Q_{Md}$ )**

$$Q_{Md} = k * Q_{med} \quad \text{Ecuación 3.2.4}$$

$$Q_{Md} = 1,3 * 3,11L/s$$

$$Q_{Md} = 4,04L/s$$

**Donde:**

**QMd:** Gasto máximo diario, (L/s)

**k:** Coeficiente de variación diaria, adimensional (1,3 JAAP- SAN VICENTE)

**Qmed:** Gasto medio diario, en L/s

### 3.1.6. Gasto Máximo horario (QMh)

$$QMh = k * QMd \quad \text{Ecuación 3.2.5}$$

$$QMh = 1,3 * 4,04 \text{ L/s}$$

$$QMh = 5,25 \text{ L/s}$$

**Donde:**

**QMh:** Gasto máximo horario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación horaria, adimensional

**QMd:** Gasto máximo diario, L/s

### 3.1.7. Determinación del Caudal

Para realizar el diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, se realiza la medición de caudal directamente en la capacitación, ya que la tubería que va desde la captación al tanque de almacenamiento puede tener alguna fuga y esto puede alterar la medida del caudal.

#### 3.1.7.1. Cálculo del caudal del agua captada

<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>
7,5	2,15

\*Fuente: Autor

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$

$$Q = \frac{7,5L}{2,15s}$$

$$Q = 3,49L/s$$

## 3.2. PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

### 3.2.1. REJILLAS

Es considerado un procedimiento de separación de material grueso y muy grueso que se encuentra presente en el agua, lo cual es muy común en las aguas de vertientes; por esta razón es un pre tratamiento que se coloca en el lugar de la captación.

Se toma los datos de la tabla 1-1, para rejillas de limpieza manual:

DATOS PARA EL CALCULO	
Barras cuadradas, espesor (s)	18 mm
Inclinación con la vertical	33°
Separación entre barras	30 mm

\*Fuente: CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G.

#### 3.2.1.1. Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja

$$v_a = \frac{Q}{A} \text{Ecuación 1.7.3.2}$$

$$A = X * Y$$

$$A = 0,50m * 0,30m$$

$$A = 0,15 m^2$$

#### Datos para el cálculo del Área:

Estos datos se obtuvieron midiendo el canal que hay en la captación.

X = 0,50 m (ancho del canal)

$Y = 0,30$  m (altura del canal)

$$v_a = \frac{0,0049 \text{ m}^3/\text{s}}{0,15 \text{ m}^2}$$

$$v_a = 0,033 \text{ m/s}$$

### 3.2.1.2. Calculo de la suma de las separaciones entre barras

$$b = \left( \frac{b_g}{e} - 1 \right) (s + e) + e \text{ Ecuación 1.7.3.3}$$

$$500 = \left( \frac{b_g}{30} - 1 \right) (18 + 30) + 30$$

$$500 - 30 = \left( \frac{b_g}{30} - 1 \right) (48)$$

$$470 = \left( \frac{b_g - 30}{30} \right) (48)$$

$$470 = \left( \frac{48b_g - 1440}{30} \right)$$

$$470(30) = 48b_g - 1440$$

$$14100 + 1440 = 48b_g$$

$$b_g = 323,75 \text{ mm}$$

$$b_g = 0,32 \text{ m}$$

#### Donde:

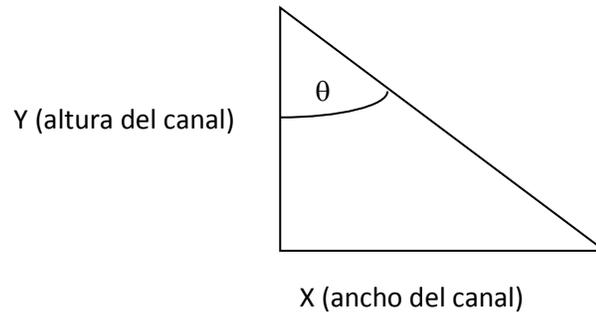
$b$  = ancho del canal (mm)

$b_g$  = suma de las separaciones entre barras (mm)

$e$  = separación entre barras (mm)

$s$  = espesor de las barras (mm)

### 3.2.1.3. Cálculo de la longitud de la rejilla



$$L = \frac{\text{ancho del canal}}{\text{sen ángulo}} \text{Ecuación 1.7.3.4}$$

$$L = \frac{0,50}{\text{sen } 33}$$

$$L = 0,50m$$

#### 3.2.1.4. Cálculo del Área Libre al paso de agua

$$A_L = L \times b_g \text{ Ecuación 1.7.3.5}$$

$$A_L = 0,50m \times 0,32m$$

$$A_L = 0,16m^2$$

**Donde:**

**L:** Longitud de la rejilla

**b<sub>g</sub>:** suma de la separaciones entre barras

#### 3.2.1.5. Cálculo del Número de Barras

$$2n + (n - 1)e = b \text{ Ecuación 1.7.3.6}$$

$$2n + (n - 1)3 = 50$$

$$2n + 3n - 3 = 50$$

$$5n = 53$$

$$n = 11$$

**Donde:**

**b** = ancho del canal (cm)

**e**= separación entre barras (cm)

### 3.3. AIREACIÓN

El aireador será diseñado para un caudal de 3,49 L/s, el mismo se utilizara para incorporar el oxígeno al agua y que se oxiden los compuestos ferrosos.

#### 3.3.1 Área Total

La carga hidráulica del aireador T.A. es de 6 L/s\*m<sup>2</sup>, valor recomendado para remover hierro con una eficiencia del 70 al 80% y con una efectividad del 80 al 90%.<sup>4</sup>

**Datos:**

$$T.A = 6 \frac{L}{s * m^2} * \frac{m^3}{1000L} * \frac{86400s}{dia} = 518,40 m^3/m^2 * dia$$

$$At = \frac{Q}{T.A} \quad \text{Ecuación 3.3.2.1}$$

$$At = \frac{3,49 \frac{L}{s} * \frac{86400s}{dia} * \frac{m^3}{1000L}}{518,40 \frac{m^3}{m^2 * dia}}$$

$$At = 1m^2$$

**Donde:**

**At:** Área total del aireador (m<sup>2</sup>)

---

<sup>4</sup> Tomado de la Tesis TESO19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de Hierro por medio de Aireación a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.1

**Q:** Caudal (L/s)

**TA:** Carga Hidráulica (3,5L/sm<sup>2</sup>)

### 3.3.2. Altura Total

La altura total recomendada para la remoción de hierro se encuentra entre 2 y 2,5m, recomendado para una eficiencia del 90% que se adopte una altura de 2m.<sup>5</sup>

### 3.3.3. Área de Aireación

Asumiendo bandejas cuadradas de aireación de 0,80m de lado.

$$A_i = 0,80m * 0,80m$$

$$A_i = 0,64m^2$$

### 3.3.4. Número de unidades de aireación requerida

$$N = \frac{A_t}{A_i} \quad \text{Ecuación 3.3.2.3}$$

$$N = \frac{1 m}{0,64 m}$$

$$N = 2$$

**Donde:**

**A<sub>t</sub>:** Caudal de Diseño

**A<sub>i</sub>:** Caudal que ingresa a cada torre

### 3.3.5. Número de bandejas y separación entre bandejas

El número de bandejas recomendado para el caudal que tenemos es de 2 unidades a una separación de 0,50 m<sup>6</sup>.

### 3.3.6. Tiempo de exposición

$$t = \sqrt{\frac{2xHxn}{g}} \quad \text{Ecuación 3.3.2.5}$$

<sup>5</sup> Tomado de la Tesis TESO19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de Hierro por medio de Aireación a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.1

<sup>6</sup> Tesis TESO 19P del Ing. Jorge Montero Oxidación de Hierro por medio de Aireación a gravedad de bandejas múltiples capítulo 5.2.1

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 2}{9.8}}$$
$$t = 0,82 \text{ s}$$

**Donde:**

**t:** tiempo de exposición (s)

**H:** Altura total de bandejas (2m)

**N:** Número de bandejas (2)

**g:** gravedad (9,8m/s<sup>2</sup>)

### **3.4. DESARENADOR**

Este elemento tiene por objetivo separar del agua cruda la arena y sólidos que están en suspensión en el agua, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en la obra de conducción. El Desarenador se refiere normalmente a la remoción de partículas superiores a 0.2 mm.

#### **3.4.1. Velocidad de sedimentación**

Para determinar la velocidad de sedimentación utilizamos la siguiente ecuación de Stokes.

$$\text{Ecuación 3.2.2.1.} \quad V_s = \frac{g(P_s - \rho)}{18\mu} d^2$$

**Datos:**

Para escoger el diámetro de la partícula utilizaremos el anexo 3 literal a.

**TABLA 3-2**  
**Parámetros de Diseño**

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR</b>
Diámetro de la partícula	0.150mm
Peso específico de la partícula	1525 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del líquido a 15°C	999,19 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad del líquido a 15°C	0,00114 Kg/ms

\*Fuente: [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/viscoh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf)

$$V_s = \frac{9.8m/s^2(1525 - 999,19) kg/m^3}{18(0,00114)kg/ms} (1,5 * 10^{-4}m)^2$$

$$V_s = \frac{9.8m/s^2(525,81) kg/m^3}{0,02592kg/ms} 2,25 * 10^{-8}m^2$$

$$V_s = 0,0045 m/s$$

$$V_s = 0,45 cm/s$$

**Donde:**

$V_s$ = Velocidad de sedimentación

$g$ = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$d$ = diámetro de las partículas (mm)

$P_s$ = peso específico de la partícula (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$ =densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$ = viscosidad del líquido a 15°C (kg/m.s)

### **3.4.2. Velocidad de Sedimentación Crítica**

Para determinar la velocidad crítica se utilizara la tabla de la relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación, expuesta en el Anexo 3 literal b.

$$V_{sc} = \frac{V_s + V_{s2}}{2} \quad \text{Ecuación 3.2.2.1.}$$

$$V_{sc} = 0,68 \text{ cm/s}$$

### 3.4.3. Tiempo de Caída

Asumiendo un valor de altura útil del desarenador de 6m, tenemos:

$$td = \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_{sc}} \quad \text{Ecuación 3.2.3.3.}$$

$$td = \frac{6m}{0,0068m/s}$$

$$td = 882,353 \text{ s}$$

### 3.4.4. Tiempo de Retención

Utilizando los valores del Anexo 4 en la que se muestra la relación de a/t para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87,5%, por tanto:

$$a = K_t * t \quad \text{Ecuación 3.2.3.4}$$

$$a = 2,37 * 882,353 \text{ s}$$

$$a = 2091,18s$$

### 3.4.5. Capacidad del desarenador

$$C = Q * a \quad \text{Ecuación 3.2.3.5}$$

$$C = 0,00349 \frac{m^3}{s} * 2091,18 \text{ s}$$

$$C = 7,30 \text{ m}^3$$

### 3.4.6. Superficie del desarenador

$$Ad = \frac{C}{H}$$

$$Ad = \frac{7,30m^3}{6m}$$

$$Ad = 1,22m^2$$

### 3.4.7. Zona de sedimentación

$$L = 4b$$

$$A = L \cdot b = 4b \cdot b = 4b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$b = \sqrt{\frac{1,22 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b = 0,60\text{m}$$

$$L = 4(0,60\text{m})$$

$$L = 2,4\text{m}$$

Por lo tanto:

$L = 2,4\text{m}$  (Largo de la zona de sedimentación)

$b = 0,60\text{m}$  (Ancho de la zona de sedimentación)

### 3.4.8. Dimensionamiento de la pantalla defleitora

Considerando que la  $a$  a través de los orificios es de:  $0,068\text{m/s}$ :

**Área efectiva:**  $Ae = \frac{Q}{Vs}$  Ecuación 3.2.3.9-a

$$Ae = \frac{0,00349 \text{ m}^3/\text{s}}{0,008 \text{ m/s}}$$

$$Ae = 0,44 \text{ m}^2$$

**Área de cada orificio**

$$a_o = 0,10 * 0,10 \text{ Ecuación 3.2.3.9-b}$$

$$a_o = 0,01\text{m}$$

**Número de orificios:**

$$A_e = \frac{A_e}{a_o} \quad \text{Ecuación 3.2.3.9-c}$$

$$A_e = \frac{0,44 \text{ m}^2}{0,01}$$

$$A_e = 44 \text{ orificios}$$

### 3.5. ABLANDADOR

Para el tanque de ablandamiento se consideró las características del tanque de almacenamiento y el volumen que se va a tratar.

#### 3.5.1. Diseño del Tanque de Ablandamiento

**Datos:**

**Altura del tanque=** 4,30m

**Ancho del tanque=** 11,40m

**Largo del tanque=** 7,96m

**Volumen=** 314,73m<sup>3</sup>

\*Fuente: Autor

En esta etapa de ablandamiento se va a colocar una malla con agujeros que tengan un diámetro < 3mm. Sobre esta malla se coloca la zeolita. Calculamos usando la siguiente formula:

$$h_{malla} = \frac{altura_{tanque}}{2}$$

$$h_{malla} = \frac{4,30m}{2}$$

$$h_{malla} = 2,15m$$

#### 3.5.2. Calculo de la cantidad de Zeolita

En durante las pruebas de Tratabilidad del agua se utilizó 50gramos de Zeolitas en 100ml de aguas; mediante un factor de conversión vamos a determinar la cantidad de necesaria de zeolita para nuestro volumen de agua.

$$Cantidad_{zeolitas} = \frac{\text{gramos de zeolita}_{laboratorio} * \text{volumen agua a tratar}}{\text{volumen de agua}_{laboratorio}}$$

$$Cantidad_{zeolitas} = \frac{50g * 3,49 m^3}{0,0001m^3}$$

$$Cantidad_{zeolitas} = 1745000 g$$

$$Cantidad_{zeolitas} = 1745 kg$$

### 3.6. FILTRACIÓN

#### 3.6.1. Área de filtración

$$A = \frac{Q}{V_f} \text{Ecuación 3.2.5.a}$$

$$A = \frac{12,56 m^3/h}{1,5m/h}$$

$$A = 8,37m^2$$

**Donde:**

**A:** Área de unidad (m<sup>2</sup>)

**Q<sub>d</sub>**: Caudal de cada unidad (m<sup>3</sup>/h)

**V<sub>f</sub>**: Velocidad de filtración (m/h) – Tabla 1.6.7.3

### 3.6.2. Determinación del número de Filtros

$$n = 0,5 * \sqrt[3]{A} \text{ Ecuación 3.2.5.b}$$

$$n = 0,5 * \sqrt[3]{8,37}$$

$$n = 1$$

### 3.6.3. Determinación del área para cada unidad.

$$A_i = \frac{A}{n} \text{ Ecuación 3.2.5.c}$$

$$A_i = \frac{8,37 \text{ m}^2}{1}$$

$$A_i = 8,37 \text{ m}^2$$

**Donde:**

**A:** Área total de unidad (m<sup>2</sup>)

**n:** Número de filtros calculados

### 3.6.4. Determinación de las dimensiones del filtro:

c) **Calculo de la longitud dela pared común por unidad (m)**

$$a = \left( \frac{2 * n * A_i}{2 * 1} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 3.2.5.d}_1$$

$$a = \left( \frac{2 * 1 * 8,37}{2 * 1} \right)^{0.5}$$

$$a = 2,89 \text{ m}$$

**Donde:**

**A<sub>i</sub>:** Área individual de cada unidad (m<sup>2</sup>)

**n:** Número de filtros calculados

d) **Ancho de la unidad en (m)**

$$b = \left( \frac{(n+1)A_i}{2 * n} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 1.7.7.3.d}_2$$

$$b = \left( \frac{(1 + 2)8,37}{2 * 1} \right)^{0.5}$$

$$b = 3,54 \text{ m}$$

La altura total se determinara basándonos en las alturas parciales, indicadas en la Tabla 1.6.7.3.

**TABLA 3-3**

**Componentes del Filtro Lento de Arena**

<b>Componente</b>	<b>Valores (m)</b>
Altura del lecho (soporte incluye drenaje)	0,25
Altura del sobrenadante	0,8
Borde Limite	0,10

\*Fuente: Autor

### 3.7. DESINFECCIÓN

#### 3.7.1. Dimensionamiento Tanque de Cloración

$$V_{\text{tanque}} = Q * T \quad \text{Ecuación 3.2.6.1}$$

$$V_{\text{tanque}} = 0,00349 \text{ m}^3/\text{s} * 1800\text{s}$$

$$V_{\text{tanque}} = 6,28\text{m}^3$$

**Donde:**

**Q:** Caudal ( $0.00349\text{m}^3/\text{s}$ )

**tr:** tiempo de retención (1200)

#### 3.7.2. Altura del Tanque

$$H_{\text{tanque}} = \frac{V_{\text{tanque}}}{A} \quad \text{Ecuación 3.2.6.2}$$

$$H_{\text{tanque}} = \frac{6,28\text{m}^3}{10,23 \text{ m}^2}$$

$$H_{\text{tanque}} = 0,61 \text{ m}$$

**Donde:**

**Área** =  $3,54 * 2,89 \text{ m}^2$  (área de la filtración)

#### 3.7.3. Calculo del peso del Hipoclorito de Sodio

$$P = Q * d \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.3}$$

$$P = 12,56 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$P = 18,84 \text{ g/h}$$

**Donde:**

**P:** Peso del cloro en (g/h)

**Q:** Caudal del agua a clorar en (m<sup>3</sup>/h)

**d:** dosificación adoptada en g/m<sup>3</sup>

### 3.7.4. Cálculo del Peso del Producto comercial

$$P_c = \frac{P * 1000}{r} \quad \text{Ecuación 1.7.8.1.3}$$

$$P_c = \frac{18,84 \text{ g/h} * 100}{65}$$

$$P_c = 29 \text{ g/h}$$

**Donde:**

**P<sub>c</sub>:** Peso del producto comercial en g/h

**r:** % de cloro que contiene el producto comercial (65%)

### 3.7.5. Cálculo de la demanda horaria de la solución

$$q_s = \frac{P_c * 1000}{C}$$

$$q_s = \frac{29 \text{ g/h} * 100}{1}$$

$$q_s = 2900 \frac{\text{g}}{\text{h}} * 1 \frac{\text{L}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{kg}}{1000 \text{g}}$$

$$q_s = 2,9 \text{ L/h}$$

**Donde:**

**q<sub>s</sub>**= demanda horaria de la solución en (L/h) asumiendo que la densidad de 1L de la solución pesa 1kg.

C: concentración de la solución (1%)

### 3.7.6. Calculo del Volumen

$$V_s = q_s * t$$

$$V_s = 2,9 L/h * 8h$$

$$V_s = 23,2 L$$

## 3.8. RESULTADOS

### 3.8.1. PROYECCIÓN FUTURA

A continuación se representa gráficamente la tabla 3-1.

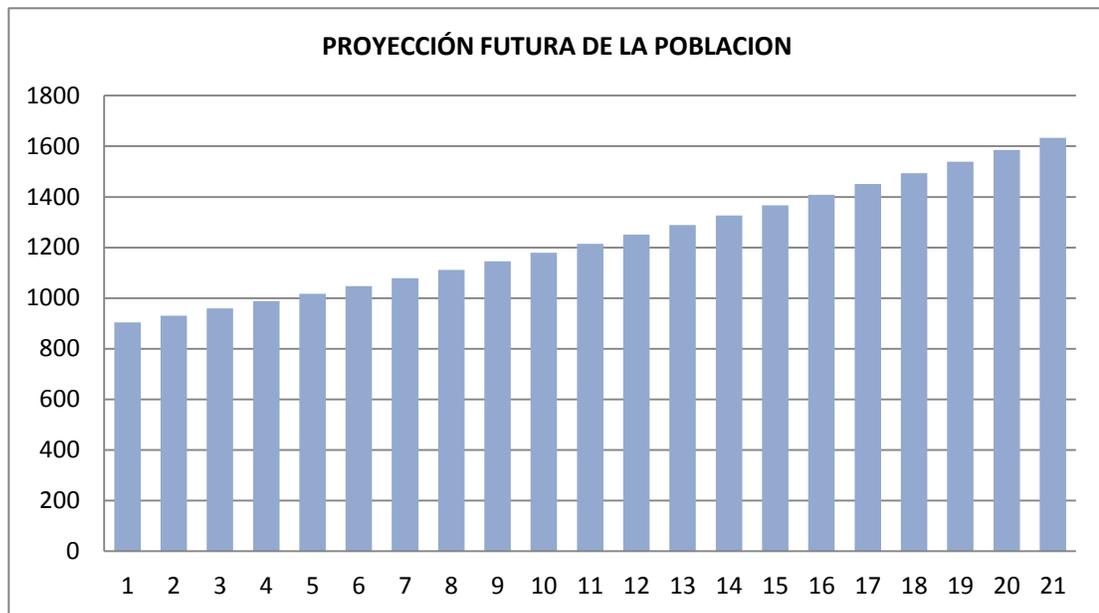


FIGURA 3-1 PROYECCIÓN FUTURA

### 3.8.1. RESULTADOS DE PROYECCION FUTURA

**TABLA 3-4**  
**RESULTADOS PROYECCIÓN FUTURA**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Población Futura	Nt	1683	Habitantes
Dotación Básica	DB	133,3	L/hab*dia
Dotación Futura	DF	159,96	L/hab*dia
Gasto Medio Diario	$Q_{med}$	3,11	L/s
Gasto Máximo Diario	$Q_{MD}$	4,04	L/s
Gasto Máximo Horario	$Q_{Mh}$	5,25	L/s
Caudal de Captación	$Q_{caotación}$	3,49	L/s

\*Fuente: Autor

**3.8.2. RESULTADOS DE POTABILIZACIÓN**

**TABLA 3-5**

**RESULTADOS DE REJILLAS**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Velocidad de aproximación	Va	0,033	m/s
Separación entre barras	E	30	Mm
Longitud de la rejilla	L	0,50	M
Numero de barras	N	11	Barras
Ancho de rejilla	Bg	0,32	M
Área libre de paso de Agua	A <sub>L</sub>	0,16	m <sup>2</sup>

\*Fuente: Autor

**TABLA 3-6**  
**RESULTADOS DE AIREACIÓN**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Área total del aireador	At	1	m <sup>2</sup>
Altura Total	H	2	M
Área de aireación	A <sub>i</sub>	0,64	m <sup>2</sup>
Número de bandejas	N	2	Bandejas
Separación entre bandejas	Sb	0,50	M
Tiempo de exposición	t	0,82	S

\*Fuente: Autor

**TABLA 3-7**  
**RESULTADOS DESARENADOR**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Velocidad de sedimentación	$V_s$	0,45	cm/s
Velocidad de sedimentación Crítica	$V_{sc}$	0,68	cm/s
Tiempo de Caída	td	882,353	s
Tiempo de retención	a	2091,18	s
Capacidad del desarenador	C	7,30	m <sup>3</sup>
Superficie del desarenador	Ad	1,22	m
Zona de Sedimentación Longitud Ancho	L b	2,4 0,60	m m
Pantalla deflectora Área efectiva	Ae	0,44	m <sup>2</sup>
Espacio entre orificios Número de orificios	a <sub>o</sub> A <sub>e</sub>	0,10*0,10 44	m orificios

\*Fuente: Autor

**TABLA 3-8**  
**RESULTADOS ABLANDADOR**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Altura del Tanque	H	4,30	m
Ancho del Tanque	B	11,40	m
Largo del Tanque	L	7,96	m
Capacidad del Tanque	V	314,73	m <sup>3</sup>
Altura malla galvanizada	$h_{\text{malla}}$	2,15	m
Cantidad Zeolitas	Cantidad <sub>zeolitas</sub>	1745	kg

\*Fuente: Autor

**TABLA 3-9**  
**RESULTADOS FILTRO LENTO DE ARENA**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Área de Filtración	A	8,37	m <sup>2</sup>
Número de Filtros	N	1	Filtros
Área para cada unidad	A <sub>i</sub>	8,37	m <sup>2</sup>
Dimensiones del Filtros Longitud Ancho	a b	2,89 3,54	m m

\*Fuente: Autor

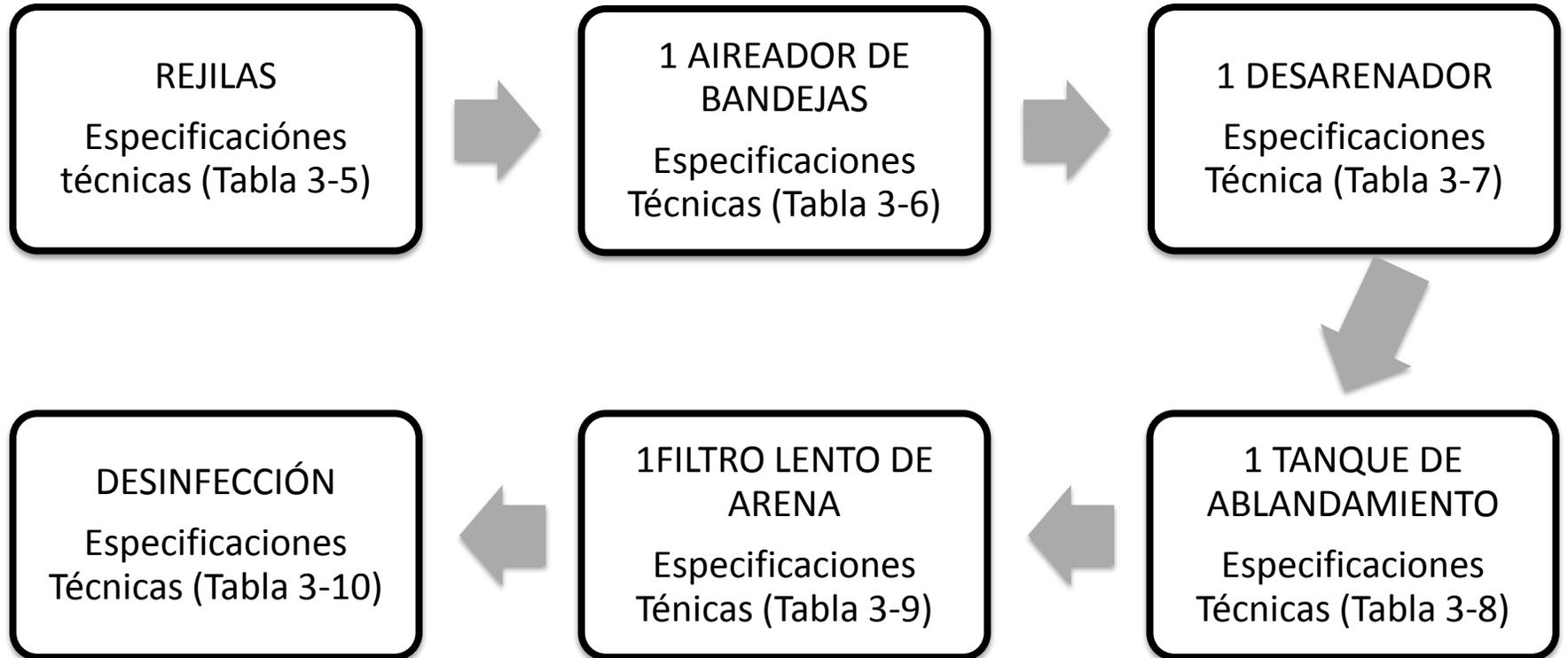
**TABLA 3-10**  
**RESULTADOS DESINFECCIÓN**

<b>PARAMETROS</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Volumen del Tanque de Cloración	$V_{\text{tanque}}$	6,28	$\text{m}^3$
Altura del Tanque	$H_{\text{tanque}}$	0,61	m
Peso del hipoclorito de sodio	P	18,84	g/h
Peso Producto Comercial	$P_c$	29	g/L
Demanda Horaria de la solución	$q_s$	2,9	L/h
Volumen solución	$V_s$	23,2	L

\*Fuente: Autor

### 3.9. PROPUESTA

La propuesta que se realiza para el Diseño de la Planta Potabilizadora de Agua para el barrio San Vicente Ferrer de la parroquia de Yaruquíes, se fundamenta en los resultados obtenidos en los análisis realizados tanto al agua cruda como al agua tratada.



### 3.10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

TABLA 3-11

Resultado promedio de Color en las etapas de tratamiento

PROCESO	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
CAPTACIÓN	4	5	4	4
TANQUE	5	5	4	4
DOMICILIO	4	4	4	4
AGUA TRATADA	4	5	4	4

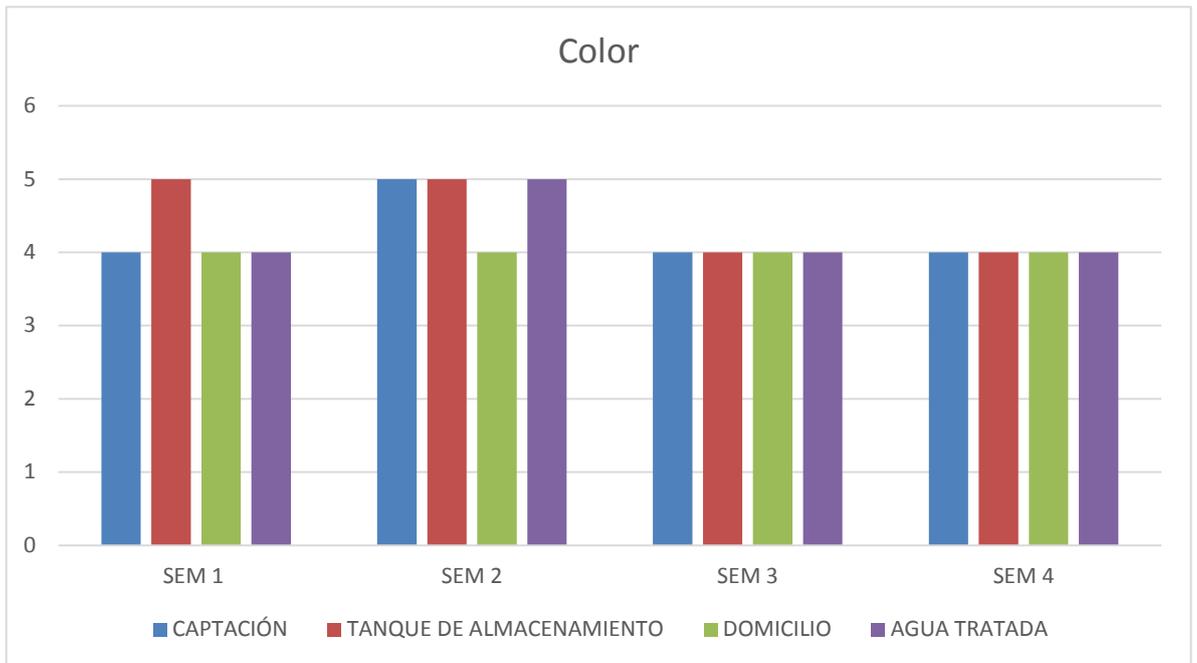


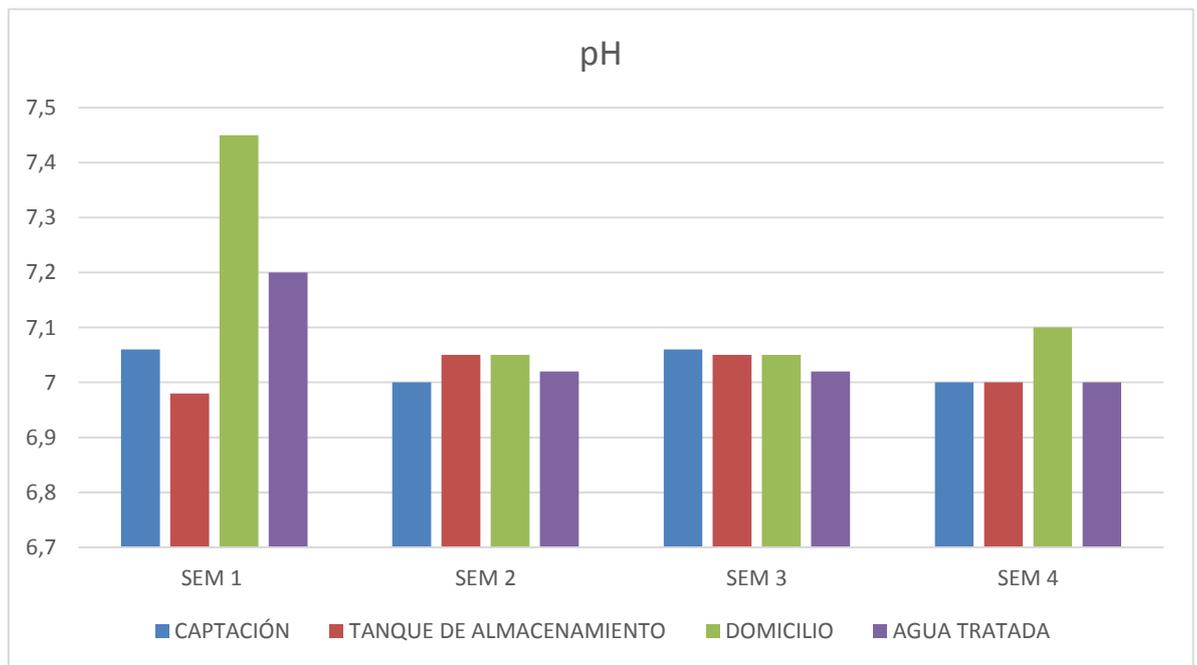
Fig. 3-2 Resultados promedios de color en las etapas de tratamiento

Como podemos observar en la figura no existe mayor variación en el color durante el proceso de tratamiento del agua, estos valores obtenidos en cuatro semanas se encuentran dentro del rango de aceptación de la Norma INEN 1108 para Agua Potable.

**TABLA 3-12**

**Resultado promedio de pH en las etapas de tratamiento**

<b>PROCESO</b>	<b>SEM 1</b>	<b>SEM 2</b>	<b>SEM 3</b>	<b>SEM 4</b>
<b>CAPTACIÓN</b>	7,06	7,00	7,06	7,00
<b>TANQUE</b>	6,98	7,05	7,05	7,00
<b>DOMICILIO</b>	7,45	7,05	7,05	7,1
<b>AGUA TRATADA</b>	7,2	7,02	7,02	7,00



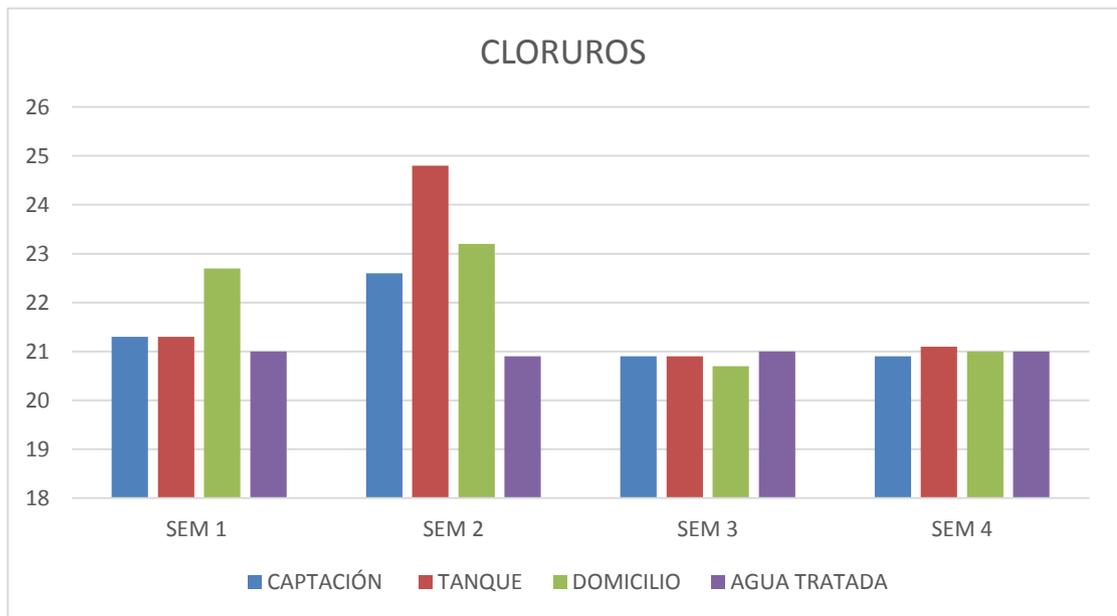
**Fig. 3-3 Resultados promedio de pH en las etapas de tratamiento**

El análisis de pH en las cuatro etapas del tratamiento de agua durante las cuatro semanas, se encuentra dentro de los límites permisibles de la Norma 1108 para Agua Potable.

**TABLA 3-13**

**Resultado promedio de Cloruros en las etapas de tratamiento**

<b>PROCESO</b>	<b>SEM 1</b>	<b>SEM 2</b>	<b>SEM 3</b>	<b>SEM 4</b>
<b>CAPTACIÓN</b>	21.3	22.6	20.9	20.9
<b>TANQUE</b>	21.3	24.8	20.9	21.1
<b>DOMICILIO</b>	22.7	23.2	20.7	21.0
<b>AGUA TRATADA</b>	21	20.9	21	21



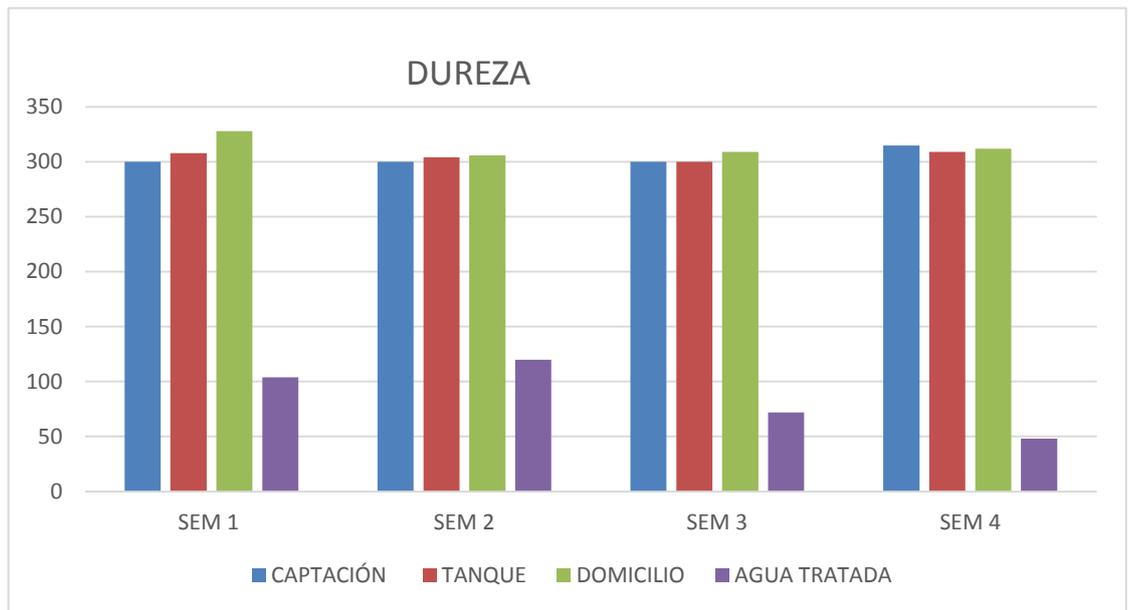
**Fig. 3-4 Resultados promedio de Cloruros en las etapas de tratamiento**

Los resultados a los análisis realizados tanto en agua cruda como tratada uno de los parámetros de importancia para el agua potable son los cloruros los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles de la Norma 1108 de Agua Potable.

**TABLA 3-13**

**Resultado promedio de Dureza en las etapas de tratamiento**

<b>PROCESO</b>	<b>SEM 1</b>	<b>SEM 2</b>	<b>SEM 3</b>	<b>SEM 4</b>
<b>CAPTACIÓN</b>	300	300	300	315
<b>TANQUE</b>	308	304	300	309
<b>DOMICILIO</b>	328	306	309	312
<b>AGUA TRATADA</b>	104	120	72	48



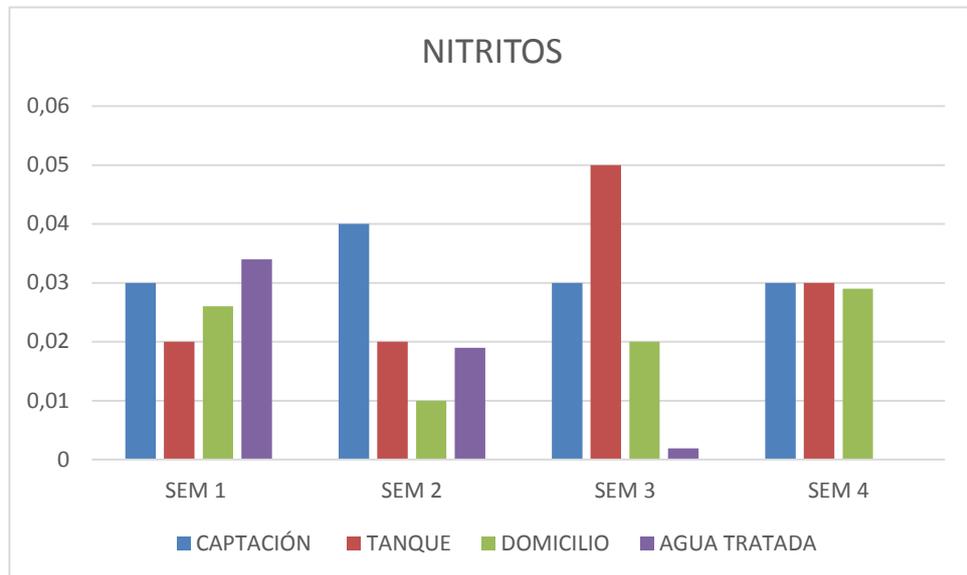
**Fig. 3-5 Resultados promedio de Dureza en las etapas de tratamiento**

Los resultados a los análisis realizados tanto en agua cruda como agua tratada uno de los parámetros de importancia en el análisis de agua es la dureza, estos valores al realizar las pruebas de laboratorio se encontraban fuera de Norma, pero al darles la Tratabilidad se consiguió reducir estos valores; los mismos que ya cumplen con la Norma 1108 de Agua Potable.

**TABLA 3-14**

**Resultado promedio de Nitratos en las etapas de tratamiento**

PROCESO	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
CAPTACIÓN	0.03	0.04	0.03	0.03
TANQUE	0.02	0.02	0.05	0.03
DOMICILIO	0.026	0.01	0.02	0.029
AGUA TRATADA	0.034	0.019	0.0019	0.0001



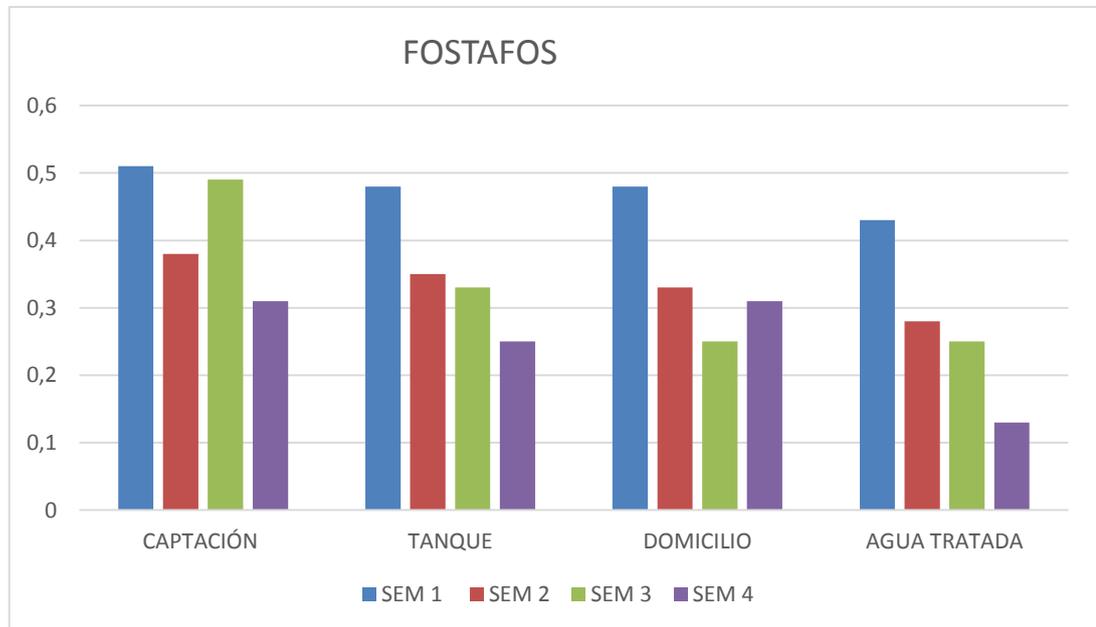
**Fig. 3-6 Resultados promedio de Nitritos en las etapas de tratamiento**

En la figura podemos observar los resultados de los análisis realizados tanto al agua cruda, como al agua tratada, estos datos revelan que los nitritos no estaban dentro de los límites permisibles de la Norma 1108, antes de la tratabilidad, después de la misma estos ya cumplen con las especificaciones de la Norma.

**TABLA 3-15**

**Resultado promedio de Fosfatos en las etapas de tratamiento**

<b>PROCESO</b>	<b>SEM 1</b>	<b>SEM 2</b>	<b>SEM 3</b>	<b>SEM 4</b>
<b>CAPTACIÓN</b>	0.51	0.38	0.49	0.31
<b>TANQUE</b>	0.48	0.35	0.33	0.25
<b>DOMICILIO</b>	0.48	0.33	0.25	0.31
<b>AGUA TRATADA</b>	0.43	0.28	0.25	0.13



**Fig. 3-7 Resultados promedio de Fosfatos en las etapas de tratamiento**

Los fosfatos fueron no de los parámetros que tenía sus valores fuera de Norma, esto luego de realizar las pruebas de laboratorio al agua crudo en sus diferentes etapas. Luego de darle el tratamiento estos disminuyeron y se encuentran dentro de los límites permisibles que exige la Norma INEN 1108 de Agua Potable.

### 3.11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Durante las semanas de recolección de muestras no se presentaron precipitaciones al momento de realizarlas por lo los valores de color y turbiedad y STD se encuentran dentro de los valores aceptables de la Norma 1108.
- ✓ Los resultados de los análisis realizados al agua cruda, en la captación, en el tanque de almacenamiento, y el domicilio; parámetros como dureza, nitritos, fosfatos y Coliformes fecales se encontraron siempre fuera de Norma. El incremento de la concentración de Fosfatos en el agua superficial aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fosforo, como son las algas, provocando la disminución considerable de la calidad del agua que va hacer distribuida a los habitantes del barrio San Vicente Ferrer. Así como el elevado valor en la dureza del agua puede ser causa del deterioro de las tuberías que conducen el agua a sus diferentes puntos de distribución.
- ✓ Con los datos obtenidos en los análisis realizados al agua podemos darnos cuenta que se necesita implementar una planta potabilizadora de agua, que permita el mejoramiento de la calidad de agua que están consumiendo; para el dimensionamiento se tomó en cuenta el número de habitantes del barrio y son 932 habitantes, se midió el caudal de tratamiento en la Vertiente donde se realiza la captación el mismo que fue de 3,49L/s; otro factor importante fue ver cuáles son las necesidades que presenta el agua para mejorar su calidad.
- ✓ Tomando en cuenta todos los aspectos antes mencionados se propone implementar, una rejilla en el lugar de la captación con el fin de evitar que el agua venga con partículas sólidas grandes las mismas que pueden tapar las tuberías, un aireador de bandejas el mismo que ayudar a eliminar la presencia de olores o sabores ajenos al agua, esto considerando que hay la presencia de Coliformes fecales y totales; un desarenador ya que como es agua de vertiente este tiene la presencia de partículas más pequeñas que son arrastradas con el agua, un tanque de ablandamiento utilizando Zeolitas efectuar un intercambio iónico en agua y reducir la dureza presente en la misma, un filtro lento de arena

para las partículas que pudieran pasar del proceso de ablandamiento; por último la desinfección que es muy importante dentro del proceso de potabilización ya que con esto se puede prevenir o controlar algún tipo de infección intestinal en los habitantes.

# **CAPITULO IV**

# **CONCLUSIONES Y**

# **RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se propone un diseño de una Planta Potabilizadora de agua en el barrio San Vicente Ferre perteneciente a la parroquia de Yaruquíes, considerando la necesidad tanto económica como de calidad.
- ✓ Se realizó el monitoreo tanto en la vertiente, el tanque de almacenamiento y un domicilio así como la tubería q transporta el agua de la vertiente hacia el tanque y del tanque a los domicilios; durante cuatro semanas tomando muestras en cada etapa para su posterior análisis.
- ✓ Mediante la caracterización del agua, se tuvo el diagnóstico del estado actual del agua, permitió identificar que se presentaban problemas de dureza, presencia de nitritos, fosfatos; además Coliformes fecales y totales, los mismos que tenían sus valores fuera de los límites permisibles que exige la Norma INEN 1108 de Agua Potable.
- ✓ En consideración al resultado de la caracterización se plantea un diseño para una planta de tratamiento, la misma que controlará los parámetros que se encuentran fuera de la Norma, este consta de seis etapas: rejillas, aireación por bandejas, desarenador, ablandamiento, filtración lenta con arena y desinfección.
- ✓ Se efectuaron las pruebas de tratabilidad en el laboratorio en donde se verifico que los parámetros que se encontraban fuera de Norma como son la dureza, nitritos, fosfatos, se redujeron mediante la utilización de zeolitas activadas al 10% con NaCl, dándonos como resultado la reducción de la dureza de un valor de 320mg/L (inicial) a uno de 48 mg/L (agua tratada); en fosfatos disminuyeron de 0,51 mg/L (iniciales) a 0,13mg/L (después del tratamiento); de igual manera los nitritos se redujeron de 0.05 mg/L (inicio) a 0,0001 mg/L (agua tratada), cumpliendo estos valores con la Norma 1108 para Agua Potable.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Aplicar el estudio realizado, para garantizar a los usuarios del barrio San Vicente Ferrer que se consumirá agua de calidad, cumpliendo con los requerimientos de la NORMA INEN PARA AGUA POTABLE 1108, ya que esto ayudara a prevenir enfermedades gastrointestinales por la presencia de agentes patógenos en el agua.
  
- ✓ Realizar la caracterización físico- química y microbiológica periódicamente, tanto en la fuente de captación, en el tanque de almacenamiento y en los domicilios, con la objetivo de obtener una base de datos, los mismos que nos ayudaran a identificar algún tipo de alteración en la composición del agua y evitar problemas con los habitantes del barrio.
  
- ✓ Dar el mantenimiento adecuado al tanque de almacenamiento, y la tubería que conduce el agua de la fuente al tanque, como del tanque a los domicilios, ya que se pudo apreciar que están deterioradas, para evitar algún tipo de contaminación en el agua.

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo proporcionar el Diseño de una Planta Potabilizadora de Agua en el Barrio San Vicente Ferrer de la Parroquia de Yaruquíes del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, a fin de controlar y mejorar la calidad del agua.

Las muestras de agua se tomaron en forma sistemática durante cuatro semanas en: la vertiente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y domicilio. Se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos utilizando métodos y técnicas basadas en el Estándar Methods, Métodos de Hach y Filtro por Membrana para Coliformes Fecales y Totales en el Laboratorio de Aguas y Microbiología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando equipos y materiales dependiendo el parámetro a determinar; se obtuvieron valores altos en nitritos (0,005mg/L), fosfatos (0,51mg/L) y dureza (320mg/L).

El diseño se basó en los cálculos de ingeniería, con proyección de 20 años de vida útil, el sistema constará de seis etapas en el proceso de potabilización estos son: rejillas, aireación de bandejas, desarenador, ablandamiento, filtración lenta con arena y desinfección.

De los resultados obtenidos en la caracterización físico-química se encontraron parámetros fuera de los límites permisibles, el diseño de la Planta potabilizadora permite corregir los problemas presentes, disminuyendo los valores altos de nitritos, fosfatos y dureza, obteniendo agua potable que cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2010.

Se recomienda a la Junta Administradora de Agua del Barrio San Vicente Ferrer ubicado en la Parroquia de Yaruquíes, aplicar el estudio realizado, para abastecer a los moradores agua potable de calidad.

## **SUMMARY**

The main objective of this research paper is to Design of a Potable Water Treatment Plant for San Vicente Ferrer Neighborhood, which belongs to Yaruquies, Riobamba – Chimborazo Province, in order to improve their water quality.

The water samples were taken in a systematic way during four weeks from the following places: the source of supply, storing tank, and community members'home. The physical chemical and micro-biological analyses were done by using methods and techniques based on the Standard Method, Hach Methods, and the Membrane Filter for Fecal and Total Coliform Bacteria search. The job was done in the Water and Microbiology Laboratory from the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo by using equipment and materials that depended on the parameters to be determined. The results showed high amounts of nitrites (0.005 mg/L), phosphates (0.51mg/L) and hardness (320mg/L).

The designed was bases on the engineering calculations with a 20 year projection of life span. The System will have six steps in the process of water treatment: mesh screens, aeration trays, sand trap, softening, slow filtration with sand, and disinfection.

From the results obtained during the physical – chemical characterization some parameters which are out of the permissible limits were found. The design of the Potable Water Treatment Plant allows correcting the present problems, lowering the nitrites, phosphates, and hardness of the water and obtaining the potable water that has the **INEN** Ecuadorian Technical Norm 1108:2011.

It is recommended that the Water Administration Board of San Vicente Ferrer Neighborhood, Yaruquies, apply the study done so that they supply quality potable water to all their community members.

# **CAPITULO V**

# **BIBLIOGRAFIA**

## **CAPITULO V**

### **BIBLIOGRAFIA**

- 1. ARBOLEDA., J.,** Teoría y Práctica de la Purificación de Agua., 3ra ed., Bogotá - Colombia., Editorial Mc Graw Hill., 2000., Pp.166 – 170.
- 2. CORCHO., F.,** Acueductos: Teoría y Diseño., 3ra ed., Medellín – Colombia., Editorial Universidad de Medellín., 2005., Pp. 181- 210.
- 3. BURRIEL., F, Y OTROS.,** Química Analítica Cualitativa., 10ma ed., Madrid-España., Editorial Thomson Paraninfo, S.A., 2001., Pp. 300 – 330.
- 4. KEMMER., F.,** Manual del Agua su Naturaleza Tratamiento y Aplicaciones., 3ra ed., México D.F- México., Editorial Mc Graw- Hill., 1990., Pp. 84
- 5. PERRY., R.,** Manual del Ingeniero Químico., 3ra ed., México D.F- México., Editorial Mc Graw- Hill., 1992., Pp. 500 – 515.

**6. ROMERO., J.,** Calidad del Agua., 3era ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 213 – 302.

**7. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).,** Norma Técnica - Ecuatoriana-Requisitos para el agua Potable INEN 1108:2011., 2da. Ed., Quito – Ecuador., 2011.

## **INTERNET**

### **8. AGUA POTABLE**

[http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarcil14/agua\\_potable.htm](http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarcil14/agua_potable.htm)

2013-10-24

### **9. CALIDAD DEL AGUA**

<http://www.bvsc.ops-oms.org/tecapro/documentosAS.pdf>

2013-11-15

### **10.METODOS DE DESINFECCIÓN**

<http://www.ocities.org/edrochac/sanitarias/desinfeccion.pdf>

2013-12-20

# ANEXOS

ANEXO 1

TECNICAS DE LABORATORIO

Determinación del Potencial de Hidrogeno pH

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinamos procesos químico, solamente pueden tener lugar a un determinado pH.</p> <p>El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrogeno (<math>H^+</math>) en una sustancia.</p>	<p>Vaso de precipitación de 50ml</p>	<p>Soluciones buffer pH 4, 7, 10</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calibramos el pH metro con las soluciones buffer respectivos (pH: 4,7,10)</li><li>✓ Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electrodo.</li><li>✓ Realizamos la lectura</li></ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Color**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>No tiene color, si aparece color es debido a sustancias en suspensión o en solución. El color verde se debe a presencia de algas, el color amarillo a pardo puede ser por la presencia de hierro y magnesio, también desechos de cromato.</p> <p>Siempre que hay color la calidad varía.</p>	<p>✓ Colorímetro HACH</p> <p>✓ 2 Celdas</p>	<p>Agua destilada</p>	<p>✓ Tomamos dos celdas, en la una colocamos agua destilada y en la otra colocamos la muestra.</p> <p>✓ Ubicamos en el equipo, la celda con agua destilada en el lado derecho y la muestra en el lado izquierdo.</p> <p>✓ Observamos y vamos comparando el color y verificamos el valor que se obtiene.</p>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de la Turbiedad**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuanto más sólidos en suspensión hay en el agua, más sucia parece está y mayor será la turbidez.</p> <p>La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.</p>	<p>Vaso de precipitación de 50ml</p>	<p>Agua destilada</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Encendemos el equipo</li><li>✓ Calibramos el equipo con el patrón primario de turbiedad</li><li>✓ Calibramos con el patrón o solución estándar secundaria</li><li>✓ Tomamos una celda y colocamos 10ml de la muestra.</li><li>✓ Nos aseguramos que este bien seca la celda y realizamos la lectura</li></ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

### Determinación de la Conductividad

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
La medida de la conductividad depende de la actividad y los tipos de iones del agua. Por medio de la conductividad conocemos de forma global el grado de mineralización de agua, y podemos detectar infiltraciones de aguas superficiales contaminadas.	Vaso de precipitación de 50ml	Solución Patrón (100us/cm, 1000us/cm)	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calibramos el equipo con las respectivas soluciones patrones (100us/cm, 1000us/cm)</li> <li>✓ Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electrodo</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li></ul>	Lectura directa

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de sólidos totales disueltos**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Está relacionada con la conductividad eléctrica.	Vaso de precipitación de 50ml	Agua destilada	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calibramos el equipo con las respectivas soluciones patrones (100us/cm, 1000us/cm)</li> <li>✓ Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electrodo</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li></ul>	Lectura directa

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Fosfatos**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.</p> <p>El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos, y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ 2 pipetas de 10ml</li> <li>✓ Celda de 10ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Dos sobres de fosfato reactivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programamos el espectrofotómetro para analizar fosfatos</li> <li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra</li> <li>✓ Añadimos el sobre respectivo de fosfato reactivo tanto al blanco como a la muestra y agitamos.</li> <li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 2 minutos</li> <li>✓ Colocamos el blanco en una celda de 10ml y procedemos a encerrar el equipo</li> <li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Hierro**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>Es un constituyente de tipo inorgánico que está presente en las aguas de formación por lo tanto en las aguas que provienen de estas.</p> <p>El óxido de los tubos de hierro o acero aumentan considerablemente la cantidad de hierro.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li><li>✓ 2 pipetas de 10ml</li><li>✓ Celda de 10ml</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Agua destilada</li><li>✓ Dos sobres de FerroverIron</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Programamos el equipo para hierro que es 290 Enter y 510nm</li><li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra</li><li>✓ Añadimos dos sobres de Ferrover tanto el blanco como la muestra y agitamos.</li><li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 3 minutos</li><li>✓ Colocamos el blanco en una celda y encerramos el equipo</li><li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li><li>✓ Realizamos la lectura</li></ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Manganeso**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>El magnesio junto al calcio sirve para calibrar la dureza del agua. La cantidad de magnesio depende de los terrenos que el agua atraviesa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ 2 pipetas de 10ml</li> <li>✓ Celda de 10ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Pan Indicador solución 10%</li> <li>✓ Solución de cianuro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programamos el equipo para manganeso que es 290 Enter y 510nm</li> <li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra</li> <li>✓ Añadimos 15 gotas de Pan Indicador solución al 10% y agitamos</li> <li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 2 minutos</li> <li>✓ Colocamos el blanco en una celda</li> <li>✓ Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos</li> <li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Nitritos**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
Los nitritos son indeseables en aguas potables de consumo público, algunas aguas debido a terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento, pobre en oxígeno, puede presentar cierto contenido en nitritos. La presencia de nitritos es indicador de contaminación	✓ 2 Erlenmeyer de 250ml ✓ 2 pipetas de 10ml ✓ Celda de 10ml	✓ Agua destilada ✓ Dos sobres de solución de Nitriver 3	✓ Programamos el equipo para nitritos que es 371Enter y 507nm ✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra ✓ Añadimos los sobres de la solución Nitriver 3 tanto en el blanco como en la muestra y agitamos ✓ Programamos el tiempo de reacción por 20 minutos ✓ Colocamos el blanco en una celda ✓ Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos ✓ Colocamos la muestra problema en la celda ✓ Realizamos la lectura	Lectura directa

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Nitratos**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>La OSM incluye a los nitratos entre los componentes del agua nociva para la salud, si su concentración es superior a 45 mg/L. Los nitratos pasan a nitritos en el estómago, luego a la sangre y forman metahemoglobina, con lo cual la absorción del oxígeno por la sangre disminuye, produciendo asfixia interna.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ 2 pipetas de 10ml</li> <li>✓ Celda de 10ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Dos sobres de solución de Nitriver 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programamos el equipo para nitratos que es 353 Enter y 400nm</li> <li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra</li> <li>✓ Añadimos los sobres de la solución Nitriver 5 tanto en el blanco como en la muestra y agitamos</li> <li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 1 minuto</li> <li>✓ Colocamos el blanco en una celda</li> <li>✓ Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos</li> <li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Nitrógeno- Amoniaca**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.</p> <p>Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoniaco libre o ion amoniaco se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ 2 pipetas de 25ml</li> <li>✓ Celda de 25ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Mineral Estabilizador</li> <li>✓ Alcohol</li> <li>✓ Solución de Nessler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programamos el equipo para Nitrógeno Amoniaca que es 380 Enter y 425nm</li> <li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10ml de blanco y 10ml de muestra</li> <li>✓ Añadimos al blanco y la muestra, 3 gotas de Mineral Estabilizador</li> <li>✓ A la solución que tenemos con el estabilizador le añadimos 2 gotas de alcohol y posteriormente 1ml de reactivo Nessler</li> <li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 1 minuto</li> <li>✓ Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos</li> <li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Sulfatos**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El sulfato (SO<sub>4</sub>) se encuentra en casi todas las aguas naturales. Lamayor parte de los compuestos sulfatos se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales.</p> <p>El sulfato es unos de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ 2 pipetas de 10ml</li> <li>✓ Celda de 10ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Agua destilada</li> <li>✓ Dos sobres de Sulfaver 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programamos el equipo para Sulfatos que es 680 Enter y 450nm</li> <li>✓ En dos Erlenmeyer colocamos 10m de blanco y 10ml de muestra</li> <li>✓ Añadimos los sobres de Sulfaver 4 tanto al blanco como a la muestra y agitamos</li> <li>✓ Programamos el tiempo de reacción por 5 minuto</li> <li>✓ Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos</li> <li>✓ Colocamos la muestra problema en la celda</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Calcio**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El calcio es el quinto elemento de orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra, caliza, yeso.</p> <p>La cantidad de calcio puede variar desde 0 hasta varios cientos de mg/L, dependiendo de la fuente y tratamiento de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bureta</li> <li>✓ Erlenmeyer de 250ml</li> <li>✓ pipeta de 1ml</li> <li>✓ Vaso de precipitación 250ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cianuro de potasio</li> <li>✓ Hidróxido de sodio 1N</li> <li>✓ Murexida</li> <li>✓ EDTA 0.02M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocamos 25ml de muestra</li> <li>✓ Adicionamos 1ml de KCN + 1ml de Na(OH) + Indicador Murexida</li> <li>✓ Titular con EDTA 0.02M</li> </ul>	<p>Multiplicar por el factor correspondiente</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Alcalinidad Total**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar los ácidos y los constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH.</p> <p>Depende del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxido por lo que se puede tomar con una medida directa de la concentración de estos.</p>	<p>✓ Probeta de 50ml</p> <p>✓ Pipeta de 1ml</p> <p>✓ Vaso de precipitación 250ml</p> <p>✓ Agitador magnético</p> <p>✓ Magnetor</p>	<p>✓ Muestra problema</p> <p>✓ Anaranjado de metilo</p> <p>✓ Ácido sulfúrico 0.02N</p>	<p>✓ Tomar 50ml de muestra</p> <p>✓ Agregar 4 gotas de anaranjado de metilo</p> <p>✓ Valorar con ácido sulfúrico 0.02N</p> <p>✓ Leer el valor de la titulación</p>	<p>Multiplicar los ml valorados por 20</p>

ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Dureza Total**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente corrosivas que las blandas. Contienen sales de calcio y magnesio y están disueltas generalmente en forma de carbonatos que por calentamiento pueden formar bicarbonatos que son la causa de incrustaciones en los sistemas de transporte del agua</p>	<p>✓ Probeta de 100ml</p> <p>✓ Pipeta de 1ml</p> <p>✓ Vaso de precipitación 250ml</p>	<p>✓ Muestra problema</p> <p>✓ Cianuro de potasio</p> <p>✓ Buffer pH10</p> <p>✓ Negro de Eriocromo T</p> <p>✓ Solución de EDTA</p>	<p>✓ Tomar 50ml de muestra</p> <p>✓ Agregar 1ml de KCN + 2ml Buffer pH10 + pisca de negro de Eriocromo T</p> <p>✓ Titular con EDTA</p> <p>✓ Leer el valor de la titulación</p>	<p>Multiplicar los ml de la titulación por 80</p>

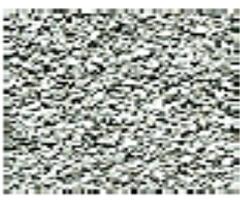
ESTÁNDAR METHODS

**Determinación de Cloro residual**

<b>CONCEPTO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>Cloro libre residual: es la cantidad de cloro en forma activa y permanece en el agua el cloro se añade para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desinfección</li> <li>b) Prevenir la formación de limo y crecimiento de algas</li> <li>c) Control de sabor y olor</li> <li>d) Oxidación de hierro y magnesio</li> <li>e) Eliminación de sulfuro de hidrogeno</li> <li>f) Eliminación de color</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pipeta de 10ml</li> <li>✓ Celda de 10ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un sobre de DPD cloro libre</li> <li>✓ Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programar el equipo para Cl<sub>2</sub> que es 80 Enter.</li> <li>✓ Tomamos una celda y colocamos el blanco que es agua destilada y ponemos en el equipo respectivamente y enceramos</li> <li>✓ Votamos el agua del blanco y lavamos la celda con agua destilada</li> <li>✓ Colocamos 10ml de la muestra</li> <li>✓ Colocamos el reactivo DPD cloro libre</li> <li>✓ Colocamos la celda en el espectrofotómetro y dejamos pasar 3 min</li> <li>✓ Realizamos la lectura</li> </ul>	<p>Lectura directa</p>

ESTÁNDAR METHODS

ANEXO 2

	<p>Ficha Técnica</p> <p><b>Zeolita Natural AQUA®</b></p>	
---	--	---

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	
<b>Nombre del Producto</b>	Zeolita Natural AQUA
<b>Descripción del producto</b>	Zeolita natural tipo clinoptilolita, secado a 350 °C, triturado y clasificado.
<b>Granulometrías disponibles</b>	0,5-1mm, 1-2mm, 2-5mm, 4-8mm, 8-16mm y 16-32mm.
<b>Nombre químico</b>	Aluminosilicato potásico cálcico sódico hidratado.
<b>Numero CAS</b>	12173-10-3

CARACTERÍSTICAS MINERALOGICAS	
<b>Componente principal</b>	Clinoptilolita, 82-86% (Análisis DRX)
<b>Otros componentes</b>	Feldespato, Illita, Cristabalita, y rastros de Cuarzo.
<b>Color</b>	Gris verdoso
<b>Densidad de la roca</b>	2200 – 2440 kg/m <sup>3</sup>
<b>Dureza MOHS</b>	3 – 3.5

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	
<b>Composición química</b>	SiO <sub>2</sub> : 68,15 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 12,30 % K <sub>2</sub> O : 2,80 % CaO : 3,95 % Na <sub>2</sub> O : 0,75 % MgO : 0,90% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 1,30 % TiO <sub>2</sub> : 0,20 %
<b>Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)</b>	Ca <sup>2+</sup> : 1,20 a 1,96 meq/g      NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> : 1,2 a 1,5 meq/g
<b>Porosidad</b>	24 – 32 %
<b>Superficie Específica (Método BET)</b>	30 – 50 m <sup>2</sup> /g
<b>Estabilidad Térmica</b>	< 450 °C
<b>Estabilidad Química (pH)</b>	3 < pH < 11
<b>Densidad Aparente</b>	0,58 – 0,84 g/cm <sup>3</sup> (según granulometría)

Presentación del Producto	
<b>Tipos de Envase</b>	Sacos PP de 20kgs y Sacos de papel de 25 kgs. Paletizados de 1000 kgs, Bigbags de 1000kgs

Aplicaciones Recomendados	
Filtración de aguas de piscinas, estanques, acuarios, piscifactorías, aguas recicladas	
Tratamiento de aguas municipales e industriales, eliminación de amonio y metales pesados.	

Zeocat Soluciones Ecológicas S.L.U. C/Mossen Cinto Verdaguier, 40 08460 Santa Maria de Palautordera Barcelona, España.	Tel: (0034) 93 848 2594 Fax: (0034) 93 848 3838 <a href="http://www.zeolitanatural.com">www.zeolitanatural.com</a> <a href="http://www.zeocat.es">www.zeocat.es</a>
---	--

### ANEXO 3

**a) Clasificación de los Materiales en suspensión según su tamaño**

<b>MATERIAL</b>	<b>DIAMETRO(mm)</b>
Arcilla Coloidal	< 0,0001
Arcilla Fina	0,0001
Arena Fina	0,1 – 0,25

**b) Relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación**

<b>MATERIAL</b>	<b>DIAMETRO (mm)</b>	<b>REYNOLDS</b>	<b>V<sub>s</sub> (cm/s)</b>	<b>REGIMEN</b>	<b>LEY APLICADA</b>
Arena Fina	0,1	0,8	0,8	Laminar	Stokes
Arena Gruesa	0,15	2	15	Transición	Hagen
Grava		>10000	100	Turbulento	Newton

**ANEXO 4**

**RELACIÓN A/T – PORCENTAJES DE REMOCIÓN**

<b>CONDICIONES</b>	<b>REMOCIÓN 50%</b>	<b>REMOCIÓN 75%</b>	<b>REMOCIÓN 87 1/2%</b>
MAXIMO TEORICO	0,500	0,750	0,875
DEPOSITOS CON MUY BUENOS DEFLECTORES	0,730	1,550	2,370
DEPOSITOS CON BUENOS DEFLECTORES	0,760	1,660	2,750
DEPOSITORES DEFIENTES DEFLECTORES O SIN ELLOS	1,000	3,000	7,000

ANEXO 5



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1 108:2011**  
**Cuarta revisión**

---

**AGUA POTABLE. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

---

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.  
AL 01.06-401  
CDU: 628.1.033  
CIIU: 4200  
ICS: 13.060.20

**Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria**

**AGUA POTABLE.  
REQUISITOS**

**NTE INEN  
1 108:2011**  
Cuarta revisión  
2011-06

**1. OBJETO**

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

**2. ALCANCE**

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

**3. DEFINICIONES**

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Agua potable.* Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.1.2 *Agua cruda.* Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

3.1.3 *Límite máximo permitido.* Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

3.1.4 *UFC/ml.* Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.1.5 *NMP.* Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

3.1.6 *mg/l.* (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.1.7 *Microorganismo patógeno.* Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.1.8 *Plaguicidas.* Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.1.9 *Desinfección.* Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos; constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.1.10 *Subproductos de desinfección.* Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.1.11 *Cloro residual.* Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.1.12 *Sistema de abastecimiento de agua potable.* El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

3.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

#### 4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicas</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,005
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>11</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,008
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitrosos, NO <sub>2</sub>	mg/l	50
Nitrosos, NO <sub>3</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

<sup>11</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.  
<sup>\*</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>214</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Th, <sup>214</sup>U, <sup>214</sup>U, <sup>210</sup>Pu.  
<sup>\*\*</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>85</sup>Kr, <sup>85</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>135</sup>Xe, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi.

#### Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP<sup>12</sup></b>		
Benzo (a)pireno	ng/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b>		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2-dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
D(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0008
1,2-Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrotetracético	mg/l	0,2

(Continúa)

**Plaguicidas**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,008
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,008
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbotunan	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabólicos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropano	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,005
Endrin	mg/l	0,0008
Terbutiadina	mg/l	0,007
Ciordano	mg/l	0,0002

**Residuos de desinfectantes**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

**Subproductos de desinfección**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
• Bromodiclorometano	mg/l	0,08
• Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

**Cianotoxinas**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

**Requisitos microbiológicos**

	Máximo
Coliformos fecales <sup>(1)</sup> :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 <sup>(2)</sup>
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia

\* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm<sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm<sup>3</sup> ninguno es positivo  
 \*\* < 1 significa que no se observan colonias  
 (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

(Continúa)

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

**APENDICE Y  
(Informativo)**

**Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida**

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO</b>
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MAS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	180 MAS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (Incluido el 1er. Adendum) 2008; Capítulo 4 numeral 4.3.4 cuadro 4.5

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

*Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation).

Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados. Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality First Addendum to Third Edition Volume 1 Recommendations*. World Health Organization, 2006.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> <b>NTE INEN 1 108</b> <b>Cuarta revisión</b>	<b>TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS</b>	<b>Código:</b> <b>AL 01.06-401</b>
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo: 2009-08-28 Oficialización con el Caracter de Obligatoria por Resolución No. 111-2009 de 2009-11-27 publicado en el Registro Oficial No. 111 de 2010-01-19  Fecha de iniciación del estudio: 2010-04	

Fechas de consulta pública: de

a

**Subcomité Técnico: Agua potable**

Fecha de iniciación: 2010-07-05

Fecha de aprobación: 2010-12-10

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Dec. Jenny Murillo (Presidenta del SCT)

Dec. Zeila Novillo

Dec. Mónica Garza

Ing. Fabián Monge

Ing. Marcelo Carpio

Dr. Carlos Espinosa

Dr. Edgar Pacañito

Ing. Yolanda Lara

Quim. Farm. Geomara Quijpe

Ing. Trajano Ramírez

Ing. Laura Ramírez

Ing. Viviana Guzmán

Ing. Adriana Jacome

Ing. Verónica Morales

Ing. Benito Mendoza

Dr. Luis Cacer

Ing. Marco Yépez

Ing. Patricio Viquez

Ing. Carlos Paredes

Dr. Hugo Yola

Ing. Carlos Velarde

Ing. Alexander Hildebrand

Dr. Hernán Riolfo

Dec. Jacqueline Arroyo

Ing. Eduardo Espín

Dec. Julieta Astudillo

Dec. Sofia Luzziaga

Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnica)

UNIVERSIDAD CENTRAL, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

MEDUVE – SUBSECRETARÍA DE SERVICIOS DOMICILIARIOS

DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS

MINISTERIO DE SALUD – CONTROL Y MEJORAMIENTO DE

LA SALUD PÚBLICA, SALUD AMBIENTAL

DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD, Pichincha

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y

SANEAMIENTO

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y

SANEAMIENTO

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y

SANEAMIENTO

MINISTERIO DE SALUD – SISTEMA DE ALIMENTOS

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil

ANEMAPA – ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

OPS / OMS ECUADOR

SENAQUA

SENAQUA

SENAQUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

INTERAQUA

MEDUVE – SUBSECRETARÍA DE SERVICIOS DOMICILIARIOS

DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS

ETAPA - CUENCA

ECAPAG- GUAYAQUIL

INTERAQUA

EP – EMAPAR

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Quito

SECRETARÍA DE SALUD MUNICIPIO QUITO

CONSULTOR – PARTICULAR

MINISTERIO DEL AMBIENTE

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ECUADOR

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: \* La NTE INEN 1 108:2010 (Tercera Revisión), sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

Esta NTE INEN 1 108:2011 (Cuarta Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1 108:2010 (Tercera Revisión)

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 11 135 de 2011-05-20

Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30

ANEXO 6



(1)



(2)



(3)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ING. QUÍMICA	DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA		
			Lámina	Escala	Fecha
(1) Pesar la Zeolita	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	Nombre: ADELA PATRICIA PILATUÑA LÓPEZ	1		28/02/2014
(2) Activación de la Zeolita	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
(3) Zeolitas a diferentes concentraciones	<input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

ANEXO 7



(1)



(2)



(3)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ING. QUÍMICA Nombre: ADELA PATRICIA PILATUÑA LÓPEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER		
			Lámina	Escala	Fecha
(1) Lavado de Zeolitas	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar		2		28/02/2014
(2) Muestra de Agua con Zeolitas	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar				
(3) Agua Tratada	<input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información				

ANEXO 8



(1)



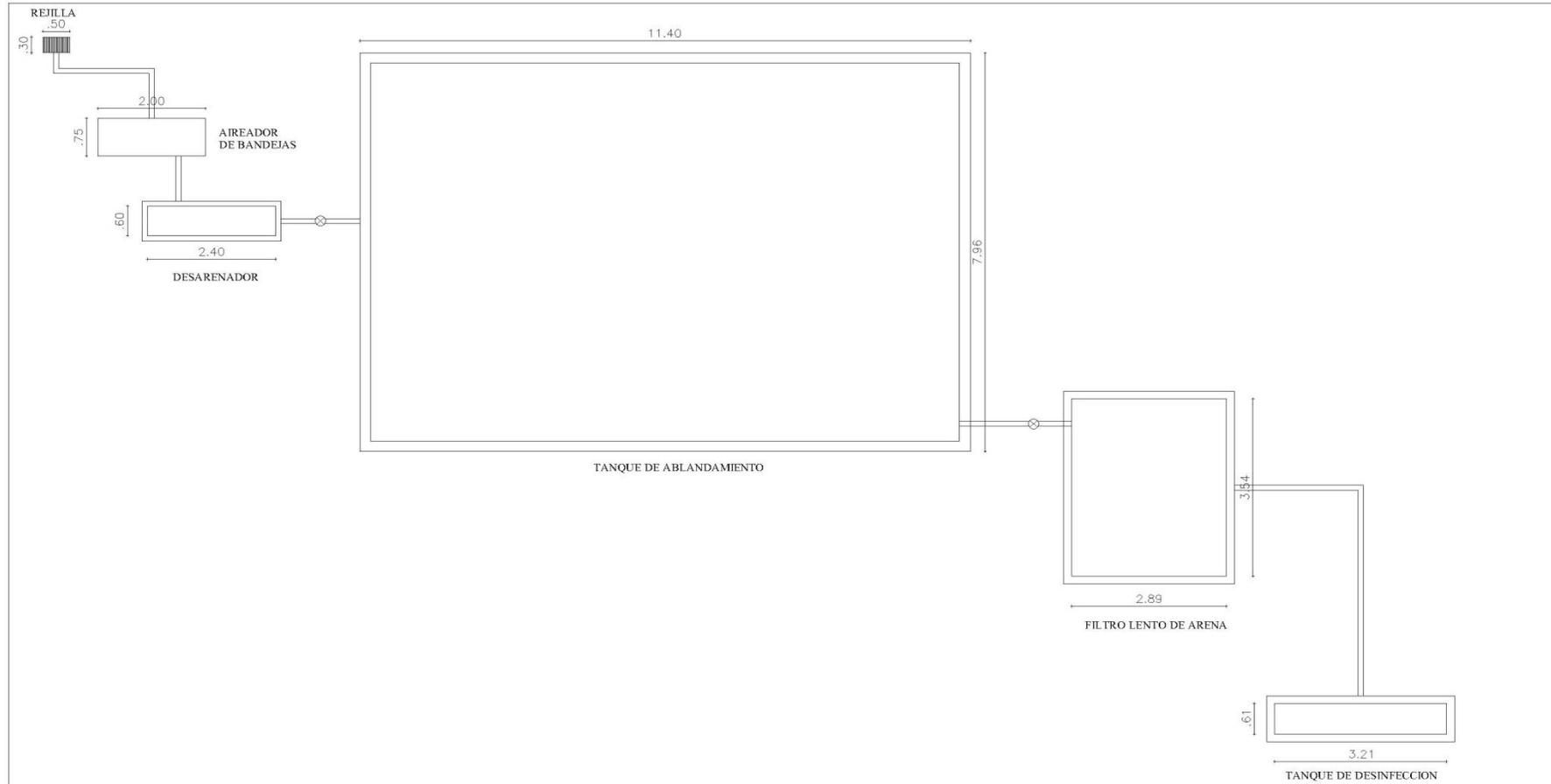
(2)



(3)

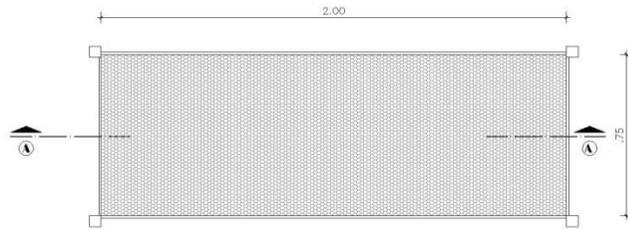
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ING. QUÍMICA Nombre: ADELA PATRICIA PILATUÑA LÓPEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER		
(1) Lavado de Zeolitas (2) Muestra de Agua con Zeolitas (3) Agua Tratada	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información			Lámina	Escala
			3		28/02/2014

### ANEXO 9



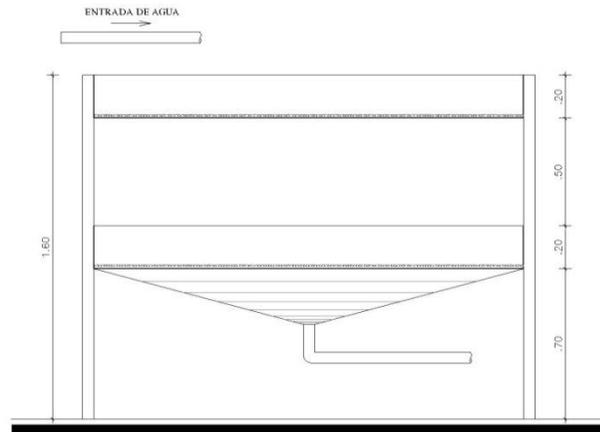
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>		
	TITULO: DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA PARROQUIA DE YARUQUES, CANTON RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO	
	RESPONSABLE: ADELA PATRICIA PILATUNA LOPEZ	PARTE DEL: CIENCIAS
	RIOBAMBA - ECUADOR	ESCUELA: INGENIERIA QUIMICA
	OBJETO: PROPUESTA DE LA PLANTA POTABILIZADORA	
		ESCALA: <b>1:100</b>

### ANEXO 10



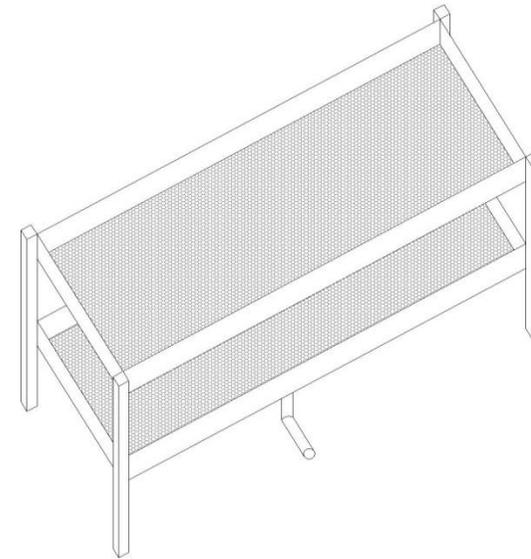
**PLANTA**

ESCALA : 1 : 25



**CORTE A - A**

ESCALA : 1 : 25



**ISOMETRIA**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**



TÍTULO: DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA PARROQUIA DE YARUQUES, CANTON RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

RESPONSABLE: ADELA PATRICIA PILATUNA LOPEZ

CARRERA: CIENCIAS

RIOBAMBA - ECUADOR

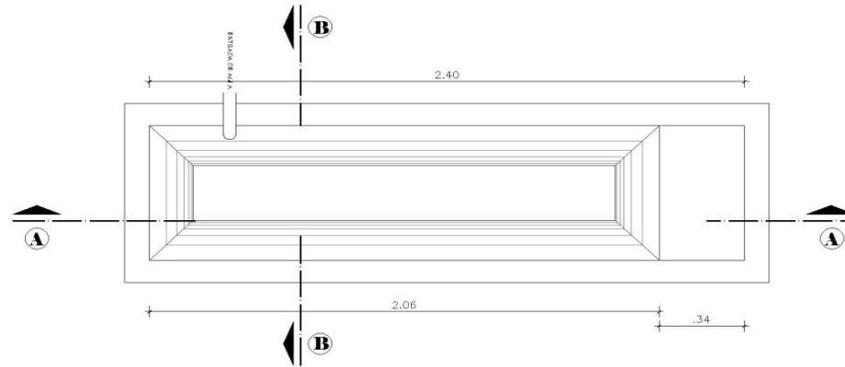
ESCUELA: INGENIERIA QUIMICA

PROFESOR: AIREADOR DE BANDEJAS

AIREADOR DE BANDEJAS

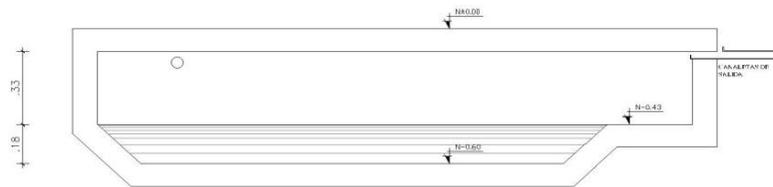
ESCALA: 1:25

### ANEXO 11



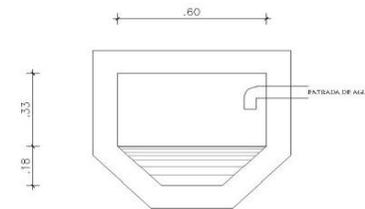
**PLANTA**

ESCALA : 1 : 25



**CORTE A - A**

ESCALA : 1 : 25



**CORTE B - B**

ESCALA : 1 : 25

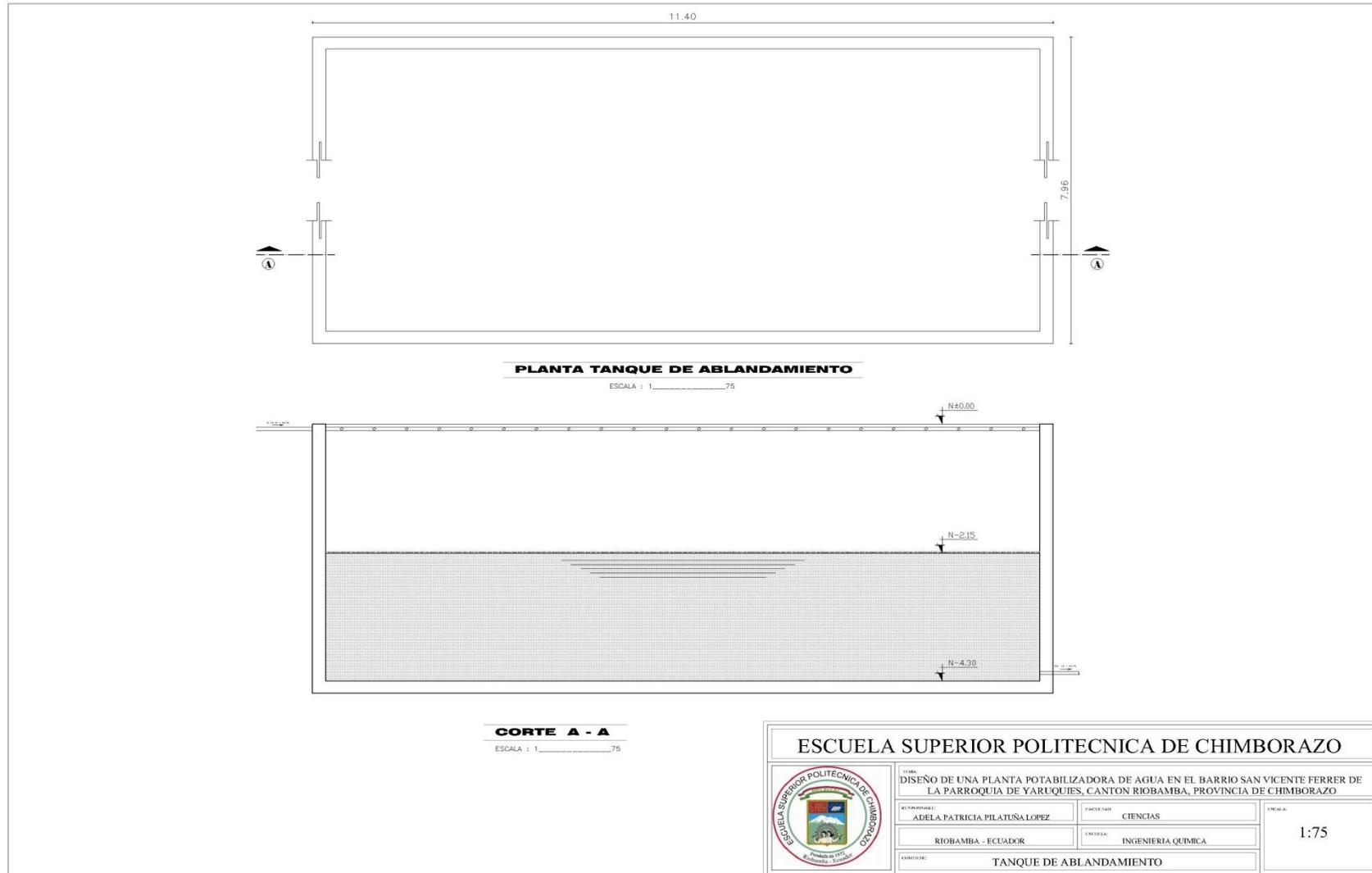
#### ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO



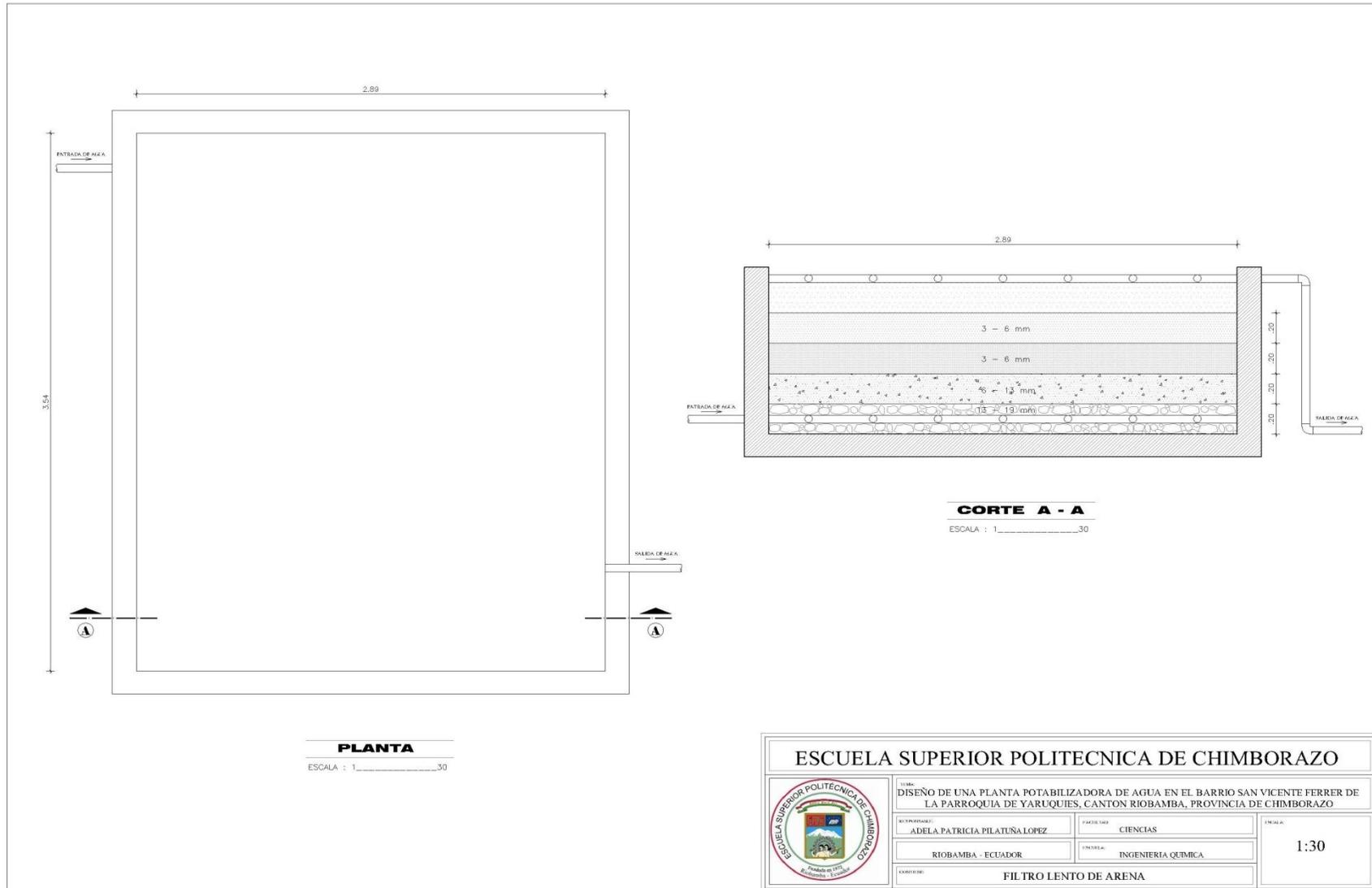
TÍTULO: DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA PARROQUIA DE YARUQUIES, CANTON RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

RESPONSABLE: ADELA PATRICIA PILATUNA LOPEZ	PASADO: CIENCIAS	FORMA: 1:25
RIOBAMBA - ECUADOR	ESCUELA: INGENIERIA QUIMICA	
AUTOR: DESARENADOR		

## ANEXO 12



### ANEXO 13



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>		
TITULO: DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EN EL BARRIO SAN VICENTE FERRER DE LA PARROQUIA DE YARUQUES, CANTON RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
RESPONSABLE: ADELA PATRICIA PILATUNA LOPEZ	PARQUE TITULACION: CIENCIAS	UNIVERSIDAD: 1:30
RIOBAMBA - ECUADOR	ESCUELA: INGENIERIA QUIMICA	
CONTENIDO: FILTRO LENTO DE ARENA		