



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA SAN
ANDRÉS DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

PABLO SERAFÍN VALDIVIEZO SÁNCHEZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2013

Agradecimiento

A Dios que ha iluminado y bendecido cada paso de mi existencia y me ha permitido terminar con éxito una etapa más de mi vida´

A mis Padres Ángel y Carmen pilares fundamentales de mi vida que con su esfuerzo, sacrificio y una gran dedicación han permitido que se cumplan cada una de mis metas.

A mis hermanos y hermanas, que me han brindado su apoyo incondicional durante toda mi vida.

En general a mis amigos y todas las personas que formaron parte de mi vida, quienes con sus alientos y consejos me ayudaron a ser una mejor persona.

A la J.A.A.A. de la Parroquia de San Andrés por permitir el desarrollo de esta investigación al Lic. Washington Pazmiño presidente del departamento de Agua Potable de la parroquia de San Andrés por brindarme todas la facilidades para la culminación de este trabajo

Al Ing. Gonzalo Sánchez en calidad de Director de tesis y al Ing. Cesar Avalos miembro de tesis, quienes aportador con sus amplios conocimientos para la culminación de esta investigación.

DEDICATORIA

A las personas que más admiro, mis padres Carmen y Ángel quienes me sacaron adelante, dándome dignos ejemplos de fuerza y superación en las adversidades, enseñándome y formándome como una buena persona.

A mis hermanos que siempre me brindaron su cariño y amor durante todas las etapas de mi vida.

A mis sobrinos, motivos de alegría e inspiración para culminar mis sueños.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Dr. Silvia Alvares L.

.....

.....

*“Yo, **PABLO SERAFÍN VALDIVIEZO SÁNCHEZ** soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y en patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”*

.....
Pablo Serafín Valdiviezo Sánchez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	I
ANTECEDENTES.....	III

JUSTIFICACIÓN.....	v
--------------------	---

OBJETIVOS.....	VII
----------------	-----

CAPITULO I

PARTE TEÓRICA

1. MARCO TEORICO.....	1
1.1 AGUA.....	1
1.2 AGUA POTABLE.....	2
1.2.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS O FREÁTICOS.....	4
1.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	14
1.3.1 GENERALIDADES.....	14
1.3.2 PARAMETROS DEL DISEÑO	14
1.3.3 PEFIL DE POTABILIZACION	14
1.4 PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA	15
1.4.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN	15
1.4.2 ADUCCION	16
1.4.3 AIREACION	17
1.4.4 DESARENACIÓN.....	18
1.4.5 DESARENADORES.....	19
1.4.6 MEDIDORES DE CAUDALES.....	20
1.4.7 SEDIMENTACION	25
1.4.8 FILTRACION.....	37
1.4.9 DESINFECCION.....	45
1.4.10 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION	47

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL	49
2.1 MUESTREO	49
2.1.1 AREA DE MUESTREO.....	49
2.1.2 METODO DE RECOLECCION DE INFORMACION.....	49
2.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION.....	49
2.1.4 PLAN DE TABULACION Y ANALISIS	51
2.2 METODOLOGIA	51
2.2.1 METODOLOGIA DE TRABAJO	51
2.2.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS.....	51
2.3 MÉTODOS Y TECNICAS	51
2.3.1 MÉTODOS.....	51
2.4 DATOS EXPERIMENTALES.....	53

2.4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTE.....	53
2.4.2 POBLACIÓN DE DISEÑO.....	58
2.5 DATOS.....	59
2.5.1 CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DEL AGUA EN CADA ETAPA DEL TRATAMIENTO DE AGUA ACTUAL.....	59
2.5.2 CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DEL AGUA DESPUES DE REALIZAR LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD (FILTRACION CON ZEOLITAS) A NIVEL DE LABORATORIO.....	63

CAPITULO III

DISEÑO

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	69
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO.....	69
3.2 CALCULOS DE INGENIERIA.....	69
3.2.1 DISEÑO DEL CAUDALIMETRO PARSHALL.....	69
3.2.2 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR CLASICO.....	71
3.2.3 DISEÑO DEL FILTRO LENTO DE ZEOLITAS.....	82
3.2.4 DESINFECCION.....	84
3.3 RESULTADOS.....	86
3.3.1 MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL.....	86
3.3.2 SEDIMENTADORES CLÁSICOS.....	86
3.3.3 FILTRO LENTOS CON ZEOLITA.....	87
3.3.4 CÁMARA DE CLORACIÓN.....	88
3.4 PROPUESTA.....	88
3.5 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	90
3.5.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.....	90
3.5.2 PRUEBAS DE FILTRACIÓN CON ZEOLITAS.....	92
3.5.3 Caracterización fisicoquímica del agua antes y después del tratamiento de potabilización	98

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
4.1 CONCLUSIONES.....	101
4.2 RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla

Pg.

1-1	Perfil de tratamiento.....	16
1-2	Sumergencia de la garganta (S).....	23
1-3	Valores de K y m según el tamaño de la garganta W.....	24
1-4	Tasas de sedimentación para algunas partículas.....	26
1-5	Parámetros para el diseño de Sedimentadores.....	30
1-6	Parámetros del lecho Filtrante.....	39
1-7	Lecho Recomendado para filtros lentos.....	40
1-8	Numero de filtros en función del Área.....	41
1-9	Criterios de Diseños de Filtros Lentos.....	42
2-1	Recolección de muestras.....	50
2-2	Descripción de Métodos de Análisis.....	53
2-3	Descripción de la fuente que abaste la red de distribución de San Andrés.....	55
2-4	Conducción que alimenta la red de distribución de San Andrés.....	57
2-5	Unidad de tratamiento población de San Andrés.....	58
2-6	Unidad de Almacenamiento de agua potable de la Parroquia de San Andrés.....	58
2-7	Caracterización Físico Química del agua cruda.....	61
2-8	Análisis Microbiológico.....	61
2-9	Caracterización Físico Química del agua del tanque de almacenamiento.....	62
2-10	Análisis Microbiológico.....	62
2-11	Caracterización Físico Q del agua a la salida del Tanque de Almacenamiento..	63
2-12	Análisis Microbiológico.....	63
2-13	Caracterización Físico Química del agua muestra domiciliaria.....	64
2-14	Análisis Microbiológico.....	64
2-15	Análisis de Dureza, fosfatos en los procesos de tratamiento.....	65
2-16	Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza (Zeolitas Activadas al 5%).....	66
2-17	Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza (Zeolitas Activadas al 10%).....	66
2-18	Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza (Zeolitas Activadas al 15%).....	67

2-19	Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos.(Zeolitas Activadas al 5%).....	67
2-20	Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos.(Zeolitas Activadas al 10%).....	68
2-21	Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos.(Zeolitas Activadas al 15%).....	68
2-22	Determinación del caudal en la captación del agua.....	69
3-1	Resultados del medidor Parshall.....	86
3-2	Resultados de Sedimentadores clásicos.....	87
3-3	Resultados de los filtros lentos con Zeolita.....	87
3-4	Lecho para Filtros Lentos con Zeolita.....	88
3-5	Resultados cámara de cloración.....	88
3-6	Resultados Promedios de la dureza en las etapas de tratamiento.....	90
3-7	Resultados Promedios de los Fosfatos en las etapas de tratamiento.....	91
3-8	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 5% Parámetro dureza.....	92
3-9	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 5% Parámetro fosfatos.....	93
3-10	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 10% Parámetro dureza.....	94
3-11	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 10% Parámetro fosfatos.....	95
3-12	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 15% Parámetro dureza.....	96
3-13	Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 15% Parámetro fosfatos.....	97
3-14	Caracterización Muestra 1.....	98
3-15	Caracterización Muestra 5.....	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación

Pg.

1-a	Para	calcular	la	Sumergencia	
Máxima					23
1-b	Para	calcular	la	altura del flujo	22
1-c	Para	calcular	la	altura de la cresta	24
1-d	Para	calcular	la	Sumergencia máxima	25
1-e	Para	calcular	la	perdida por carga	25
1-f	Para	calcular	la	velocidad de sedimentación	29
1-g	Para	calcular	la	velocidad de sedimentación crítica	29
1-h	Para	calcular	el	área del Sedimentador	30
1-i	Para	calcular	el	área de cada Sedimentador	30
1-j	Para	calcular	la	velocidad de escurrimiento horizontal	30
1-k	Para	calcular	la	velocidad de arrastres de partículas	31
1-l	Para	calcular	el	volumen de lodos producidos	31
1-m	Para	calcular	el	volumen de la cámara de lodos	32
1-n	Para	calcular	las	dimensiones de la cámara de lodos	32
1-o	Para	calcular	la	velocidad de paso a través del deflector	33

1-p	Para calcular el área de cada orificio.....	34
1-q	Para calcular el radio hidráulico.....	34
1-r	Para calcular el diámetro hidráulico.....	34
1-s	Para calcular el caudal de cada orificio.....	34
1-t	Para calcular el nivel Piezométrico.....	34
1-u	Para calcular la variación del nivel Piezométrico.....	35
1-v	Para calcular la variación del caudal de los orificios.....	35
1-w	Para calcular la carga del vertedero.....	36
1-x	Para calcular el caudal de cada vertedero.....	36
1-y	Para calcular la altura de salida del Sedimentador.....	36
1-z	Para calcular la altura del agua por encima de la cresta del vertedero rectangular.....	37
1-ab	Para calcular el área de filtración.....	40
1-ac	Para calcular el número de filtros.....	40
1-ad	Para calcular el área de cada unidad.....	40
1-ae	Para calcular la longitud de la pared por unidad.....	41
1-af	Para calcular el ancho de la unidad.....	41
1-ag	Para calcular el volumen del tanque de cloración.....	46
1-ah	Para calcular la altura del tanque.....	46

1-ai Para determinar el peso del cloro necesario.....	46
1-aj Para calcular el volumen del hipoclorador.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1-1 Caudalimetro	
Parshall.....	22
2-1 Ubicación de la fuente.....	56
2-2 Proyección de la población para el periodo 2008-2043.....	60
3-1 Resultados promedio semanal de la dureza.....	90
3-2 Resultados Promedios Semanal de fosfatos.....	91
3-3 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza.....	92
3-4 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos.....	93
3-5 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza.....	94
3-6 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos.....	95
3-7 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza.....	96
3-8 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos.....	97

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

UFC	Unidades Formadoras de Colonias
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
Q	Caudal de Diseño
S	Sumergencia Máxima
Ha	altura del agua de la cresta
Hb	altura del agua de la garganta
W	Ancho de la Garganta
Ho	Altura del flujo de agua
V_s	Velocidad de sedimentación
n	Viscosidad Cinemática
ρ_s	Densidad del solido
ρ_{H_2O}	Densidad del Agua
g	Gravedad
d	Diámetro de la Partícula
V_{sc}	Velocidad de Sedimentación Crítica

V_h	Velocidad de escurrimiento
V_a	Velocidad de arrastre
R_H	Radio Hidráulico
D_H	Diámetro Hidráulico
V_{cl}	Volumen de la Cámara de Lodos
Q_i	Caudal por cada Orificio
Z	nivel Piezométrico
E	Eficiencia Remocional
D	Separación entre la pared y la pantalla deflectora
V_c	Velocidad de paso por la pantalla deflectora
F_i	Área de cada orificio
u	Coefficientes de descarga
γ	Coefficiente de Fricción
Δq	Variación del Caudal de Orificios
W_1	Carga del vertedero
Q_w	Caudal del Vertedero
H_w	Altura del agua por encima de la cresta del vertedero
Q_d	Caudal por unidad de filtrado

V_f

Velocidad de Filtración

N

Número de filtros

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de diseñar un sistema de tratamiento para la potabilización del agua de la parroquia de San Andrés del Cantón Guano, provincia de Chimborazo.

Conforme a las caracterizaciones físicas- químicas y microbiológicas del agua se pudo determinar la necesidad de diseñar un sistema de tratamiento convencional para potabilización del fluido capaz de eliminar dureza fosfatos y coliformes totales. Con el uso de un caudalímetro Parshall se efectuó la medición del caudal total que ingresaría al sistema siendo este de $0,0159 \text{ m}^3/\text{s}$, posteriormente el fluido pasó a 2 sedimentadores clásicos donde se eliminarían los sólidos en suspensión arrastrados por la aducción de este, desde la captación hasta el tanque de almacenamiento, posteriormente pasaría a los filtros lentos con zeolitas en donde se producirá un intercambio iónico entre los iones libres del medio poroso y los cationes Ca^+ y Mg^+ disminuyendo la dureza, de 392 mg/L a 48 mg/L y de igual forma el contenido de Fosfatos de $0,714 \text{ mg/L}$ a $0,234 \text{ mg/L}$, finalizado esta etapa el fluido será transportado al tanque de desinfección de 10 m^3 el volumen del hipoclorador será de $0,04 \text{ m}^3$ donde se diluirá $1,5 \text{ g/L}$ de Hipoclorito de Calcio, para eliminar agentes patógenos y coliformes totales encontrados en esta agua, finalizado este proceso se enviara a un tanque cuyo volumen será de 500 m^3 donde el agua pasara hasta obtener una homogenización adecuada del desinfectante y finalmente se procederá a su distribución. Este sistema se lo realizó con una proyección de 25 años, tiempo en el cual funcionara con una alta eficiencia. Con estos procesos realizados se

logró controlar los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de la Norma INEN 1108 de Agua Potable.

Los resultados de la investigación que se realizó, nos permitió establecer un Diseño que nos permitirá contar con un agua de calidad.

SUMMARY

This research was done with the aim to design a drinking water treatment system in San Andrés, Guano Cantón, Chimborazo Province.

According to physical-chemical and microbiological characteristics of water, we could determine the necessity to design a conventional drinking water treatment system, able to eliminate hardness, phosphates and total coliforms.

With the use of a flow meter regulator Parshall, was performed the total flow rate measurement, which enters into the system, it is $0,0159 \text{ m}^3/\text{s}$, later the fluid went to 2 classic settling tanks where hardness was eliminated through flocculation, from uptake to storage tank, to later would pass to the slow sand filters with zeolites, where will be produced an ionic interchange between free ions porous medium and cations Ca^+ and Mg^+ reducing hardness of 392 mg/L to 48 mg/L and in the same form the contents of phosphates of $0,714 \text{ mg/L}$ to $0,234 \text{ mg/L}$, ending this stage the flow will be transported to the disinfection tank of 10 m^3 the volume of hydrochlorides will be of $0,04 \text{ m}^3$ where will be diluted $1,5 \text{ g/L}$ of Calcium hypochlorite, for eliminating pathogen agents or total coliforms found in this water, ending this process it will be sent to a tank which volume will be 500 m^3 where water will stay until getting an appropriate homogenization of the disinfectant and carry out the distribution.

This system was done with a projection of 25 years, time in which will work efficiently.

With this process we reached to control the parameters out of the permissible limit of INEN standard 1108 of drinking water.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural de la más alta importancia para el sostenimiento de la vida humana y el desarrollo social y cultural de una comunidad; esto depende principalmente de un suministro de aguas dulces adecuadas y de calidad.

Se define como agua para consumo humano, aquella que se utiliza como bebida directa

y/o en la preparación de alimentos y que se encuentra libre de agentes patógenos o de sustancias tóxicas que puedan constituir un factor de riesgo para el individuo. La calidad del agua es un excelente indicador de las condiciones de vida de una población.

La necesidad de cantidad y calidad de agua es uno de los temas de mayor interés e importancia que se presentan actualmente en todas las municipalidades del Ecuador.

La presente investigación expone información sobre el diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la parroquia San Andrés del cantón Guano, provincia de Chimborazo, cuya principal fuente es proveniente de vertientes de la comunidad Chuquipogio.

Con la ayuda del método cuantitativo y experimental, se estableció la caracterización primaria correspondiente a los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua de estudio, utilizando técnicas gravimétricas, volumétricas e instrumentales.

En base a la caracterización físico-química y microbiológica de la fuente de captación, se seleccionó el sistema más apropiado de potabilización.

El diseño y dimensionamiento hidráulico de las unidades que constituyen el sistema propuesto está basado fundamentalmente en las necesidades que presentara la población dentro de un período futuro de veinte y tres años.

El Proceso de tratamiento conlleva cinco etapas importantes: desbaste, sedimentación, filtración, desinfección, almacenamiento y distribución. El agua que atravesara la secuencia de unidades presentara condiciones aptas para el consumo humano, cumpliendo así los requisitos exigidos por la Norma INEN 1108-2010, para Agua Potable.

El presente trabajo de tesis aporta información valiosa para las autoridades de turno, en cuya gestión estará el beneficio de la población, que es la de tener agua de excelente calidad y cantidad.

ANTECEDENTES

El cantón Guano está ubicado al norte de la Provincia de Chimborazo. Tiene una superficie de 473 km², y su rango de altitud va desde los 2.000 hasta los 6.310 msnm, en el nevado Chimborazo.

La cabecera cantonal está situada a diez minutos de Riobamba. Guano tiene dos parroquias urbanas divididas por el río Guano: La Matriz y El Rosario, Y nueve parroquias rurales siendo la más extensa la parroquia de San Andrés.

La construcción actual del sistema de distribución de agua fue concluida hace 30 años por estudios realizados por técnicos del municipio del cantón Guano, en el cual el sistema posee 3 tanques; 1 de captación de agua, 1 de almacenamiento y uno de distribución, desde entonces no se ha realizado un diseño de un sistema de tratamiento del agua para su potabilización óptimo y adecuado que garantice el consumo de esta agua.

En el tanque 2 de almacenamiento tan solo sufre la adición de Hipoclorito de calcio en pastillas, no recibiendo así otro tratamiento adicional. Por esto cabe señalar que el sistema de tratamiento actual no está en buenas condiciones ni cumple los parámetros de calidad necesarios.

El sistema de abastecimiento de agua de la parroquia San Andrés es generado en dos puntos u ojos llamados Lalanshi en la comunidad "chuquipojio" que es transportado por gravedad a un primer tanque de captación que posteriormente es transportado a los tanques de almacenamiento y distribución ubicados en la parte norte de la parroquia a través de tubería de PVC con una longitud de 3630 m, durante este trayecto existen 8 aireadores.

El tanque de distribución más grande posee una capacidad de 500m³.

El total captado normalmente en las vertientes de lanlashi 1 y 2 aproximadamente contabilizan alrededor de 60 L/s, actualmente la Parroquia cuenta con 800 medidores de agua en donde a cada casa le corresponde 20 m³ de agua.

El departamento de Agua Potable es una entidad autónoma constituido específicamente para realizar el mejoramiento continuo del servicio que presta a la parroquia.

JUSTIFICACIÓN

Los efectos del cambio climático en la actualidad ya son palpados en todo el planeta así como en nuestro territorio que se evidencia un deterioro de la calidad de agua que se utiliza en diferentes actividades, mucho más en sectores dedicados a la producción agrícola y ganadera como en la parroquia de San Andrés especialmente en las comunidades.

Este líquido de vital importancia para la vida y correcto desarrollo de cualquier organismo vivo debe ser sometido a una serie de procesos para su potabilización con los cuales se llega a eliminar todas las impurezas físicas así como posiblemente químicas y microbiológicas que pueden atentar contra la vida del consumidor y así asegurar la calidad e idoneidad de su uso.

Al extraer agua de vertientes o aguas subterráneas para el proceso de potabilización se debe realizar ciertos análisis para el tratamiento de las mismas, con el fin de lograr la máxima eficiencia de los procesos de tratamiento de agua y por ende lograr una calidad de agua apta para el consumo humano, libre de elementos dañinos para la salud humana.

La captación de agua para la parroquia de San Andrés proviene de vertientes ubicadas en la comunidad Chuquipogio en las 2 vertientes llamados Lalanshi 1 y 2 los cuales son transportados a los tanques de almacenamiento ubicados en el barrio el calvario de la parroquia de San Andrés, en los cuales el transporte provoca el arrastre de sólidos en suspensión. Y considerando que esta agua es subterránea presenta una

gran cantidad de minerales, los cuales provocan problemas en la salud de los pobladores especialmente la presencia de hierro.

El departamento de Agua potable y Alcantarillado de la Parroquia de San Andrés (J.A.A.P.A.S.A) perteneciente al cantón Guano como una entidad autónoma y comprometida con el bienestar de la población es la encargada de realizar el tratamiento del agua para que esta sea considerada potable y así apta para el consumo, sin embargo no se ha logrado obtener una alta calidad del agua debido a que estos procesos de tratamiento no cumplen con los parámetros mínimos necesarios para la potabilización del agua por lo cual se han visto en la necesidad de realizar el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA EN LA PARROQUIA SAN ANDRES DEL CANTON GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” cuyo objetivo es transformar el agua cruda en agua de calidad garantizada a través de procesos y operaciones unitarias que implica desde el punto de vista organoléptico sea agradable a los sentidos, químicamente que no contenga sustancias tóxicas y bacteriológicamente que no contenga microorganismos que afecten a la salud cumpliendo con los requerimientos de la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 (Agua potable)

Finalmente vale considerar que las acciones relacionadas al tratamiento y preservación del agua no son un gasto, son medidas que debemos tomar con gran responsabilidad y perseverancia con el objetivo siempre de procurar un medio sano para el desarrollo de todos los sistemas que nos rodean, para de esta manera alcanzar y mantener una buena calidad de vida.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- ✓ “Diseñar un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la Parroquia San Andrés del cantón Guano, provincia de Chimborazo”

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- ✓ Elaborar un plan de muestreo de las aguas de alimentación de la planta
- ✓ Caracterizar el agua de vertiente que abastecen el sistema de distribución de agua potable de la parroquia de San Andrés.
- ✓ Establecer el sistema tratamiento más adecuado a nivel de proceso u operacional.
- ✓ Plantear alternativas de viabilidad técnica, para el sistema de tratamiento, basado en los datos de caracterización.
- ✓ Caracterización del agua físico-química y microbiológica después de su tratamiento.

CAPITULO I

PARTE TEÓRICA

1. MARCO TEORICO

1.1 AGUA

El agua es un componente esencial de la estructura y el metabolismo de los seres vivos. Además, es el compuesto más abundante en nuestro planeta.

Necesitamos el agua dulce para numerosas actividades (beber, preparar las comidas, lavar, irrigar cultivos). También hay agua almacenada como hielo en los polos. Sin agua, no existiría la vida como la conocemos.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación.

De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada.

No es usual encontrar el agua pura en forma natural, aunque en el laboratorio puede llegar a obtenerse o separarse en sus elementos constituyentes, que son el hidrógeno (H) y el oxígeno (O).

Cada molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, unidos fuertemente en la forma H-O-H.

En nuestro planeta las aguas ocupan una alta proporción en relación con las tierras emergidas, y se presentan en diferentes formas:

Como se indica:

✓ **mares y océanos**, que contienen una alta concentración de sales y que llegan a cubrir un 71% de la superficie terrestre;

✓ **aguas superficiales**, que comprenden ríos, lagunas y lagos;

✓ **aguas del subsuelo**, también llamadas aguas subterráneas, por fluir por debajo de la superficie terrestre.

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 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 humano¹, 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.

¹Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2010

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.

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.²

²Guías de Calidad de Agua Potable. OPS. Tercera Edición. 2006

Para que el agua que captamos en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable.

1.2.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS O FREÁTICAS

Las aguas subterráneas o freáticas son aquellas que se acumulan bajo la tierra, almacenadas en los poros que existen en sedimentos como la arena y la grava, y en las fisuras que se encuentran en rocas.

Constituyen el 97 por ciento de toda el agua dulce del planeta, excluyendo el agua contenida en los casquetes polares.

Por lo menos 1.500 millones de habitantes en todo el mundo dependen de ella para su abastecimiento de agua potable, por lo que resulta un recurso fundamental para la vida humana y para el desarrollo económico.

Las aguas subterráneas se han convertido en un elemento de enorme importancia para la provisión de agua para uso humano en las zonas urbanas y rurales, tanto en países desarrollados como en desarrollo.

Innumerables ciudades obtienen su suministro para uso doméstico e industrial de acuíferos a través de pozos municipales y privados. Casi el 60 por ciento de las ciudades europeas de más de cien mil habitantes consume agua procedente de acuíferos sobreexplotados.

La calidad (química) del agua subterránea refleja los aportes desde la atmósfera, el suelo y las reacciones agua-roca (meteorización), así como también desde fuentes de contaminación tales como minas, áreas despejadas, agricultura, lluvias ácidas, residuos domésticos e industriales.

El movimiento relativamente lento del agua a través del terreno indica que los tiempos de permanencia de las aguas subterráneas están generalmente dentro de órdenes de

magnitud mayores que los de las aguas superficiales.

Como en el caso de la calidad de las aguas superficiales, es difícil simplificarla a unos pocos parámetros. Sin embargo, en el contexto de geo-indicadores, se ha realizado una selección de unos cuantos parámetros importantes de *primer orden* y de *segundo orden* que pueden usarse en la mayoría de los casos para evaluar procesos o tendencias significativos en una escala de tiempo de 50 a 100 años. Se están extrayendo cantidades de agua a ritmos insostenibles en muchas zonas, disminuyendo seriamente las reservas. Además, hay una evidencia creciente de que el agua freática está cada vez más contaminada. Los contaminantes más comunes son el nitrato, la sal, los compuestos orgánicos solubles y, en ciertas condiciones, algunos patógenos fecales.

1.2.1.1 CALIDAD DEL AGUA

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares.

En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad

científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.³El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Los lagos y los pantanos son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje. Las concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua a menudo indican una contaminación procedente de residuos humanos o animales o provenientes de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas. Cabe apuntar que es cada vez mayor la preocupación acerca del impacto en los ecosistemas acuáticos de los productos cosméticos y farmacéuticos como las píldoras anticonceptivas, analgésicos y antibióticos. Poco se sabe de sus efectos a largo plazo sobre los humanos y los ecosistemas, aunque se cree que algunos pueden suplantar las hormonas naturales en los humanos y otras especies.

La baja calidad del agua afecta directamente sobre la cantidad de agua de diversas maneras.

³<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

1.2.1.2 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Debido a que el agua subterránea se mueve a través de las rocas y la tierra del subsuelo, puede fácilmente disolver sustancias durante este movimiento. Por dicha razón, el agua subterránea muy frecuentemente puede contener más sustancias que las halladas en el agua superficial.

La contaminación del agua puede definirse como la modificación de las propiedades físicas, químicas o biológicas que restringen su uso.

Las sustancias que modifican la calidad del agua de los acuíferos se dividen en: las presentes en la naturaleza y en aquellas producidas por las actividades del hombre (antropogénicas).

Dentro de las primeras se encuentran: arsénico, flúor y elementos radiactivos, entre otros (Nielsen, 1991); mientras que en las segundas se incluyen bacterias, virus, nitratos, orgánicos sintéticos e hidrocarburos (solventes, pesticidas, etc.) y materiales pesados.

Las fuentes de contaminación se pueden originar en la superficie del terreno, por ejemplo, la agricultura; en el subsuelo por arriba del nivel freático, por ejemplo, basureros a cielo abierto; y en el subsuelo por debajo del nivel freático, como es el caso de pozos abandonados.

Los acuíferos costeros pueden contaminarse por intrusión salina y las fosas sépticas son, quizá, las fuentes de aguas residuales que más contribuyen a la contaminación del agua subterránea.

1.2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua en su camino hacia el acuífero viene de la lluvia con ciertas características adquiere otras en su trayecto de escorrentía y sigue transformándose en la infiltración, al llegar al acuífero tiene contacto con minerales de las rocas y seguirá transformándose lentamente.

Los mecanismos que intervienen en la composición y evolución del agua son: la Disolución (de gases y sales) y el ataque químico (carbo disolución, hidrólisis, oxidación reducción, cambios de bases y reacciones bioquímicas).

Por esta razón el agua subterránea presenta una mineralización elevada. En aguas subterráneas contaminadas pueden cambiar las características y concentración de los elementos presentes, también puede suceder en aguas no contaminadas que existan elementos presentes en mayores concentraciones a las aquí descritas

1.2.1.2.2 COMPONENTES QUÍMICOS

Sólidos totales Disueltos: Si contiene menos de 500ppm de sólidos disueltos se puede emplear en uso doméstico, aguas con más de 1000ppm de sólidos disueltos poseen sabor desagradable y no se utiliza para uso doméstico, su presencia se debe a minerales y metales pesados.

Calcio: Su presencia en el agua subterránea es debida a la disolución de los carbonatos y sulfatos de calcio (calizas, dolomías y yesos). La concentración de calcio en el agua subterránea potable puede llegar hasta unos 1000 ppm sin que tenga efectos perjudiciales en la salud huma

Magnesio: Su concentración en el agua subterránea es debida a la disolución de dolomías y numerosos silicatos que lo contienen, aguas del mar, intercambio catiónicos, etc. Por lo general se encuentra en menor proporción que el calcio, aunque en las aguas marinas puede ser hasta 5 veces más abundante.

Sodio: Su contenido suele deberse a la disolución de sulfatos, nitratos y cloruros sódicos o simplemente a intrusión marina.

Potasio: Se debe a la hidrólisis de los feldspatos, a disolución de sulfatos, nitratos y cloruros. Se suele encontrar en una proporción diez veces inferior al sodio debido a que las arcillas intercambian selectivamente potasio (K^+) por sodio (Na^+)

Cloruro: Su presencia en el agua subterránea se debe a la aguamarina atrapada en los sedimentos, a la disolución de evaporitas cloruradas o a la intrusión marina. Cuando predomina este anión también lo hacen el sodio o el calcio.

Sulfato: Es debido a la disolución de sulfatos como el yeso y la oxidación de sulfuros como el yeso y a la oxidación de sulfuros.

Bicarbonato y carbonato: Procede fundamentalmente de la disolución del CO_2 atmosférico, del suelo y de los carbonatos, esencialmente calizas y dolomías. La alcalinidad de las aguas se debe en la mayoría de las ocasiones a la presencia de CO

Fluoruros: Pueden proceder de algunos minerales que son típicos de rocas magmáticas. Las concentraciones mayores a los 1.5 mg/d pueden provocar fluorosis (enfermedad dental).

Boro: En las aguas naturales se encuentra esencialmente en la forma de ácido bórico no disociado. Concentraciones superiores a 1 ó 2 mg/l en el agua de riego resultan nocivas para las plantas.

Hierro: Su determinación incluye sus dos estados de oxidación, precipita como óxido o hidróxido, también puede encontrarse formando parte de compuestos orgánicos.

Manganeso: Su determinación incluye sus estados de oxidación +2 y +3. Su valencia +4 sólo aparece en el óxido insoluble. Tiene un comportamiento similar al hierro aunque tiene un potencial REDOX mayor.

Nitrato: Su presencia en el agua subterránea se debe a la descomposición de la materia orgánica, a contaminación por aplicación de fertilizantes agrícolas, efluentes urbanos e industriales, lixiviados de vertederos de residuos sólidos, etc.

Nitrito: Su presencia se debe a la reducción de los nitratos por actividad bacteriana. No debe existir en el agua porque es nocivo para la salud, siendo su presencia síntoma indudable de contaminación.

Amonio (NH₄⁺) y amoníaco disuelto (NH₃): Su presencia es evidencia de contaminación y actividad bacteriana.

Litio: Aparece en cantidades de pocos microgramos por litro. Procede de algunos minerales muy escasos y característicos de rocas magmáticas. Contenidos más elevados deben ser estudiados por posibles daños a la salud

Bario: Es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias. Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. Los alimentos son la fuente principal de consumo para la población que no está expuesta por motivos laborales, aunque si la concentración de bario del agua es elevada, el agua de consumo puede contribuir significativamente a la ingesta total.

Anhídrido Fosfórico: Se encuentra formando fosfatos o tripolifosfatos, y formando parte de complejos orgánicos. Puede proceder de ciertos minerales, de lavados de suelos, lixiviados de basuras, del uso de tripolifosfatos para el desarrollo de sondeos, etc. En concentraciones de 0.01 mg/l entorpecen la floculación y favorecen la eutrofización.

Dureza: Es producida principalmente por el calcio y el magnesio y en menor cantidad por sales de hierro y manganeso.

1.2.1.2.3 MICROORGANISMOS

Se pueden distinguir 2 tipos de microorganismos que pueden desarrollarse tanto en los suelos como en acuíferos, en ausencia de luz: Los organismos quimiolitotrofos: bacteria autótrofa, la energía que necesitan la obtienen a través de reacciones químicas de óxido reducción, requieren de oxígeno, entre ellas se destacan: Nitro bacterias, ferrobacterias, thiobacterias (bacterias del azufre. Los microorganismos quimiorganotrofos: bacterias heterótrofas, son anaerobias, se destacan las bacterias sulfato reductoras.

1.2.1.2.4 COMPONENTES FÍSICOS

Temperatura: Las aguas subterráneas por lo general poseen temperaturas muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas, incrementando

su temperatura a medida que se profundiza en valor aproximado de 1° C cada 33 metros a excepción de zonas tectónicas y volcánicas, donde es mayor y en zonas sedimentarias donde es menor. La temperatura afecta entre otras características del agua la viscosidad del agua y la capacidad de absorción de gas. Color y Sabor: El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, en general en el agua subterránea está originado por materiales orgánicos de formaciones carbonosas. El agua pura en gran espesor es azulada y con presencia de Fe puede tomar color rojizo y negro con Mn.

El color puede indicar contaminación orgánica y es desagradable en el agua de bebida.

El sabor del agua es una determinación organoléptica subjetiva, de interés en el agua potable.

Las aguas con más de 300ppm de Cl⁻ tienen gusto salado, las que tienen mucho CO₂ libre tienen gusto picante y con más de 400 ppm de sulfatos tienen gusto salado y amargo.

Olores y sabores: Los olores y sabores desagradables en el agua están asociadas a microorganismos vivos, residuos vegetales, sustancias orgánicas y sustancias minerales.

Turbidez: Se atribuyen a material en suspensión y en estado coloidal que impide la penetración de la luz, la turbidez puede ser ocasionada por microorganismos o por sustancias minerales que incluyen compuestos de zinc, hierro o manganeso.

Conductividad: La conductividad eléctrica es la capacidad de una disolución acuosa de conducir la electricidad. La resistividad eléctrica se define análogamente y es el inverso de la conductividad.

Generalmente se considera esta última ya que aumenta paralelamente a la salinidad. La conductividad crece con el contenido de electrolitos disueltos, en las aguas subterráneas dulces varía entre 100 y 2000µS/cm, el agua de mar tiene aproximadamente 45000µS/cm a 18° C.

Dureza: La dureza del agua se debe a los cationes polivalentes que contiene y en especial a los cationes Ca²⁺ y Mg²⁺.

En cantidades abundantes pueden causar lo siguiente: impiden que se forme espuma en el jabón, pueden originar manchas en ciertos tejidos cuando se lavan con esta agua, originan costras de carbonato de calcio en las calderas.

1.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Para realizar el diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua se deberá contemplar estudios y selección de procesos para con estos lograr producir un agua de alta calidad y que sea apta para el consumo humano cumpliendo los parámetros de calidad establecidos en las normas INEN sobre la calidad de agua potable.

1.3.1 GENERALIDADES

Es necesario lograr la unificación de todos y cada uno de los procesos sobre el tratamiento de agua que logre obtener una alta calidad del agua a un costo rentable. Se debe tener en cuenta el sistema de distribución y el tipo de tratamiento depende de la calidad del agua de la fuente, por lo tanto una información adecuada es pre-requisito del diseño.

En fuentes subterráneas la captación debe localizarse en tal forma que provea una adecuada protección contra cualquier fuente de contaminación.

1.3.2 PARAMETROS DEL DISEÑO

Dentro de los parámetros se definirán todas las actividades durante el desarrollo del diseño de la planta de tratamiento.

1.3.3 PEFIL DE POTABILIZACION

Para la definición de las unidades de tratamiento requeridas para transformar el agua cruda en agua potable, primeramente debe analizarse las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

En vista que esta agua no sufre un tratamiento previo a la distribución se considera que esta agua no cumple con los parámetros necesarios de calidad para lo cual se ha desarrollado el perfil de tratamiento siguiente:

TABLA 1-1

Perfil de tratamiento.

ELEMENTO	META A CUMPLIRSE
Repartidor de caudales	Recolectar el caudal total del pozo Distribuir el caudal recolectado proporcionalmente a los filtros.
Sedimentador	Reducción del color Remoción de partículas de material suspendido transportado
Filtro lento	Reducción del color a límites tolerables Reducción de minerales a límites considerables Reducción de Gérmenes
Post-Cloración	Eliminación de Gérmenes patógenos residuales y protección del agua potable mediante la dosificación de un cloro residual
Tanque de reserva	Obtener un tiempo de detención que haga que el cloro actúe sobre los gérmenes.

1.4 PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

1.4.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua está formado esencialmente por: la fuente de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación.

En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas acuíferos).

1.4.1.1 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El Acuífero es una formación geológica que permite almacenar y transportar agua y adicionalmente permite al hombre aprovechar el agua para cubrir sus necesidades.

Una de las clasificaciones más importantes para los acuíferos es la que lo agrupa de acuerdo a la presión hidrostática del agua contenida en los mismos. Acuíferos Libres, no confinados o freáticos: aquellos acuíferos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos que está en contacto directo con el aire y por lo tanto a presión atmosférica más la presión hidrostática a medida que se profundiza en él. Debido a que la densidad del agua es de 1g/cm^3 la presión de fluidos aumentará 1 Kg/cm^2 por cada 10 metros de profundidad.

1.4.2 ADUCCION

Al proceso de conducir el agua desde su captación a la planta de tratamiento, se le denomina aducción.

Un sistema de aducción se caracteriza por contener un conjunto de elementos que pueden ser tuberías, canales, túneles y otros dispositivos que permitan el transporte de agua desde el punto de captación hasta un tanque de almacenamiento o planta de

tratamiento o si las condiciones son buenas hasta el primer punto antes de la distribución de agua en la red.

- **Conducción por gravedad (acueductos, canales)**

El agua circula por la propia pendiente de la conducción desde el punto de toma, que tendrá más cota o altura, hasta el punto de entrada.

- **Conducción forzada (tuberías)**

Se utilizan cuando el punto de toma está situado a una cota más baja que la entrada en 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 con camisas de chapa.

1.4.3 AIREACION

Se la practica en el tratamiento de agua por tres razones:

- ❖ Para introducir oxígeno del aire
- ❖ Para dejar que escapen los gases disueltos como el dióxido de carbono y el ácido sulfúrico.
- ❖ Eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor.
- ❖ Remover el metano (CH_4).
- ❖ Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella.

Las bandejas de carbón coque consisten en una serie de superficies de 0.5 x 0.4 m con un lecho de coque de espesor de 0.15 m. conformado por partículas de 0.05 a 0.15 m. sobre las cuales se vierte el agua cruda. Tal que se genere una capa de aproximadamente 0.15 m. Lo que allí se genera es una caída del agua de bandeja a bandeja y por ende una aireación con la añadida capacidad del carbón para absorber y adsorber metales pesados como el hierro y el manganeso.

1.4.4 DESARENACIÓN

La desarenación tiene por objeto la retención, en corto tiempo, los sólidos más pesados que se encuentran en el agua, como arena, grava, lodo y adicionalmente los sólidos flotantes (basuras).

El desarenado tiene como objetivo eliminar partículas más pesadas que el agua, que no se hayan quedado retenidas en el desbaste, y que tienen un tamaño superior a 200 micras, sobre todo arenas pero también otras sustancias como cascaras, semillas, etc. El propósito es reducir el volumen de sólidos que ingresan a la planta, eliminar interferencias en los procesos y operaciones siguientes y evitar daños u obstrucciones en tuberías y equipos.

Con la desarenación baja la turbiedad del agua y así empieza la clarificación del agua. Son muchos los factores que influyen en este proceso pero las principales son los que se exponer a continuación:

- Tamaño y peso de las partículas.
- Resistencia a la fricción del agua.

- Profundidad del estanque.
- Sistema de entrada y de salida del agua.
- Métodos de operación en el decantador.
- Tiempo de retención.

1.4.5 DESARENADORES

La desarenación se lleva a cabo en una estructura de la planta de tratamiento denominado desarenador que se encuentra a la entrada de la planta o cerca de la bocatoma. El desarenador es un tanque construido en concreto o ladrillo, de forma alargada o rectangular, en el cual se puede decantar la arena, grava y otras partículas finas que pueda tener el agua.

El decantador tiene cuatro zonas que son:

- ❖ Una cámara de aquietamiento, en ella se reduce la velocidad que trae el agua a través de la conducción.
- ❖ Una zona de decantación o sedimentación, en donde las partículas pueden llegar al fondo del desarenador y sedimentarse allí.
- ❖ Una zona de salida.
- ❖ Una zona de depósito que consiste en una tubería y un canal por el cual se evacua o purga material sedimentado.

Actividades de operación. La rutina de operación comprende las siguientes actividades:

- ❖ Regulación del caudal de entrada.
- ❖ Purga de lodos.
- ❖ Retiro de material flotante.

Existen 3 tipos de desarenadores principales:

- ✓ De flujo vertical
- ✓ De flujo Horizontal
- ✓ De flujo inducido

En plantas de pequeño tamaño la separación de arenas se lo puede realizar por hidrocución o manualmente. En plantas de mayores dimensiones la separación de arena se puede realizar mediante tornillos de Arquímedes o por clasificadores de rastrillos.

Para realizar el diseño del desarenador debemos basarnos al análisis de los fenómenos de sedimentación de partículas granuladas no floculantes las cuales sedimentan independientemente unas de las otras.

Para determinar las velocidades de sedimentación podemos utilizar las fórmulas de Stokes (En régimen Laminar), de Newton (En régimen Turbulento), de Allen (En régimen Transitorio)

1.4.6 MEDIDORES DE CAUDALES

Permiten conocer con precisión el caudal ingresado a la planta, también se los conoce como aforador de caudales, podemos utilizar varios sistemas, pero los sistemas más usados son aquellos basados en canales abiertos. La medición de caudales en plantas cuya capacidad nominal sea menor a $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ podrá realizarse a través de dispositivos hidráulicos, los cuales pueden ser:

- Medidores Parshall
- Vertederos calibrados
- Dispositivos Venturi

1.4.6.1 Medidores Parshall

Permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal, posee una estructura hidráulica además este aforador está constituido por una transición de entrada

una sección de convergencia con un piso nivelado, una garganta con un piso en pendiente hacia aguas abajo y una sección de divergencia con un piso en pendiente hacia aguas arriba. Gracias a ello el caudal avanza a una velocidad crítica a través de la garganta y con una onda estacionaria en la sección de divergencia.

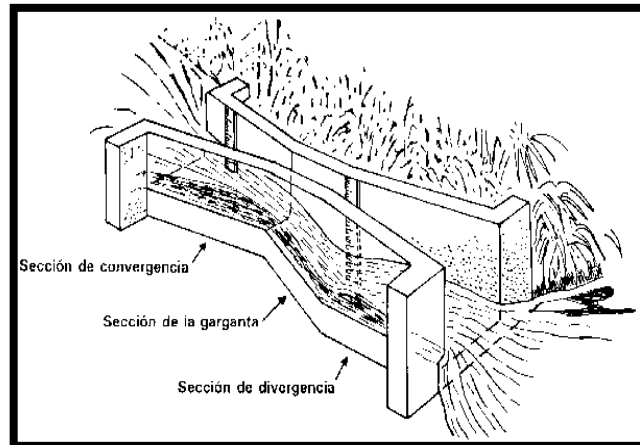


Fig.1-1 Aforador de Caudal Parshall

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

En la transición de entrada, el piso se eleva sobre el fondo original del caudal, con pendiente suave y las paredes se van cerrando ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente el fondo es horizontal y el ancho va disminuyendo. En la garganta el piso vuelve a bajar para terminar con otra pendiente ascendente en la sección divergente.

El aforador tiene una sección rectangular en cualquier parte del canal desde el comienzo de la transición hasta la salida. Junto a la estructura del aforador se tienen dos pozos laterales o tanques con la misma profundidad, o mayor, que la parte más baja del aforador.

“El agua que escurre por el aforador pasa a estos tanques por medio de unas perforaciones colocadas en la pared de la sección convergente y en la garganta”⁴

Las ventajas que presentan los aforadores Parshall es que las pérdidas de carga son menores, tienen la capacidad de medir tanto con flujo libre como moderadamente sumergido, el agua adquiere velocidad suficiente para para limpiar los sedimentos y además opera en un amplio rango de flujos.

Para el diseño de un medidor Parshall se debe tomar en consideración los siguientes parámetros:

a) **Grados de Sumergencia (m/m):** Para que la unidad no trabaje ahogada debe cumplir la condición de la tabla 1-2

$$S = \frac{H_b}{H_a} \quad (\text{Ec. 1-a})$$

Dónde:

S: Sumergencia Máxima (m/m)

H_a: Altura de agua de la cresta (m)

H_b: Altura de agua de la garganta (m)

Tabla 1-2

Sumergencia de la garganta (S)

ANCHO DE LA GARGANTA(W)	Máxima Sumergencia
--------------------------------	---------------------------

⁴ http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

Pulgada-Pie	Cm	(Hb/Ha)
3 a 9 pulgadas	7,5-22,9	0,6
1-8 pies	30,5-244	0,7
10-50 pies	305-1525	0,8

Fuente: Arboleda J. (2000). Teoría y Purificación de las aguas.

La relación H_a/W deberá permanecer dentro del intervalo de 0,4 y 0,8 para que la turbulencia del resalto no penetre en la profundidad dentro de la masa del agua, permitiendo la formación de una capa bajo el resalto en que el flujo se transporta con una pequeña agitación.

$$H_a/W \approx 0,4 \text{ y } 0,8$$

b) Cálculo del Canal Parshall

$$H_0 = K * Q^m \quad (\text{Ec. 1-b})$$

Dónde:

H₀: Altura del flujo de Agua (m)

Q: Caudal en m³/s.

K y m: Constantes Adimensionales se encontraran en la Tabla 1-3.

Tabla: 1-3

Valores de K y m según el tamaño de la garganta W

Ancho de la garganta W		K	M
Pulgada-Pie	Metros		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,15	1,842	0,636

9"	0,229	1,486	0,633
1`	0,305	1,276	0,657
1,5`	0,46	0,966	0,65
2`	0,61	0,795	0,645
3`	0,915	0,608	0,639
4`	1,22	0,505	0,634
5`	1,525	0,436	0,63
6`	1,83	0,389	0,627
8`	2,44	0,324	0,623

Fuente: CEPIS, 1992; Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de agua, Tomo V.

c) **Calculo de la altura de la cresta.**

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1,57} * W^{0,026}}}{(0,3716 W)^{\frac{1}{1,57 W^{0,026}}} * 3,281} \text{ (Ec. 1-c)}$$

Dónde:

Ha: Altura de la cresta (m)

Q: Caudal de agua (m³/s)

W: Ancho de la Garganta (m)

d) **Calculo de la altura del agua sobre la garganta**

$$S = \frac{H_b}{H_a} \text{ (Ec. 1-d)}$$

Dónde:

S: Sumergencia Máxima

Ha: Altura de cresta (m)

Hb: Altura de garganta (m)

e) Cálculo de la pérdida de carga

$$P = \frac{5,072}{(W+4,57)^{1,46}} (1 - S)^{0,72} * Q^{0,67} \text{ (Ec. 1-e)}$$

Dónde:

P: Pérdida de carga (m)

Q: Caudal de Agua (m³/s)

W: Ancho de la garganta (m)

1.4.7 SEDIMENTACION

Se conoce por sedimentación a la operación por la cual se remueve las partículas sólidas de una suspensión por medio de la fuerza de gravedad. Para la purificación del agua existen dos formas de sedimentación comúnmente usadas estas son:

- ✓ Sedimentación clásica o simple
- ✓ Sedimentación después de la coagulación y floculación

TABLA 1-4

Tasas de sedimentación para algunas partículas

Diámetro Partículas	Partícula Representativa	Tiempo requerido para una profundidad de asentamiento de 0,3 m
---------------------	--------------------------	--

(mm)		
		Sedimentables
10	Grava	0,3 s
1	Arena gruesa	3 s
0,1	Arena Fina	38 s
0,01	Limo	33 min
		No Sedimentables
0,001	Bacterias	55 horas
0,0001	Color	230 días
0,00001	Coloides	6,3 anos
0,000001	Coloides	63 anos

Fuente: Arboleda J. (2000). Teoría y Práctica de purificación de Agua

✓ **Sedimentadores clásicos**

Son unidades de tratamiento que tienen por objeto separar las partículas sólidas de un líquido, las cuales no deben ser de tipo coloidal. Sus diámetros se encuentran comprendidos entre 0,01 mm y 0,20 mm.

Además estos sedimentadores poseen una sección rectangular compuesta por:

- Zona de entrada
- Zona de sedimentación
- Zona de lodos
- Zona de salida

Criterios de diseño⁵

⁵ <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

- ✓ El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.
- ✓ El número de unidades mínimas en paralelo es de dos (2) para efectos de mantenimiento.
- ✓ El periodo de operación es de 24 horas por día.
- ✓ El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- ✓ La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día.
- ✓ La profundidad del Sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.
- ✓ La relación de dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3-6.
- ✓ La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 - 20.
- ✓ El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- ✓ La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- ✓ Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.
- ✓ La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.
- ✓ Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.
- ✓ El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.
- ✓ Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$L/H = V_s / V$$

- ✓ La sección de la compuerta de la evacuación de lodos (A2) debe mantener la relación. Donde t es el tiempo de vaciado.
- ✓ La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.
- ✓ Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 ó 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo.

Los parámetros a considerarse para el adecuado diseño de un Sedimentador son:

- a) **Velocidad de Sedimentación:** La ley de Stokes determina el cálculo teórico de este parámetro para lo cual procedemos a utilizar la fórmula siguiente:

$$V_s = \left[\frac{g(\rho_s - \rho_{H_2O})}{18 n} d^2 \right] \quad (\text{Ec. 1-f})$$

Dónde:

V_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

d: Diámetro de la partícula (cm)

n: Viscosidad del líquido (g/cm.s)

ρ_s : Densidad del Sólido (g/cm³)

ρ_{H_2O} : Densidad del agua (g/cm³)

- b) **Velocidad de Sedimentación Crítica**

$$V_{sc} = \frac{V_s}{f} \text{ (Ec.1-g)}$$

Dónde:

V_{sc} : Velocidad de sedimentación crítica (m/s)

f: Factor de seguridad que contempla aspectos climáticos (gradientes de temperatura, oleaje, etc.) Factores a considerarse según observaciones de campo.

La tabla 1-5 contempla algunos parámetros para el diseño de Sedimentadores.

Tabla 1-5

Parámetros para el diseño de Sedimentadores

Parámetro de Diseño	Valores	Unidades
Tiempo de Retención	1,5-3,0	Horas
Carga Superficial	0,28-0,70(24,2-60,5)	m ³ /m ² d
Velocidad Horizontal	<10	mm/s
Carga Lineal	<10	L/ms

Fuente: Sedimentación y Filtros lentos; Huisman 1992

c) **Calculo de las dimensiones del Sedimentador:**

✓ **Calculo del Área del Sedimentador:**

$$A = \frac{V}{H} \text{ (Ec.1-h)}$$

Considerando el saneamiento y mantenimiento de los Sedimentadores se diseñaran dos tanques para esta etapa por lo que:

$$A_i = \frac{A}{2} \text{ (Ec. 1-i)}$$

Dimensión Constructiva: Considerando la relación: $L/B=4$

✓ **Ancho del Tanque :**

$$B = \sqrt{\frac{A_i}{4}}$$

✓ **Longitud del Tanque:**

$$L = 4 * B$$

d) **Velocidad de escurrimiento horizontal:**

$$V_h = \frac{Q}{B*H} \text{ (Ec. 1-j)}$$

Dónde:

V_h : Velocidad de escurrimiento horizontal (m/s)

Q : Caudal de diseño (m³/s)

B : Ancho del Sedimentador (m)

H : Profundidad del Sedimentador (m)

e) **Velocidad de arrastre de partículas:**

$$V_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * d / (3 * \rho_w)} \text{ (Ec.1-k)}$$

Dónde:

V_a : Velocidad de arrastre de partículas (m/s)

g : gravedad (m²/s)

ρ_s : Densidad de partículas (Kg/m³)

ρ_w : Densidad del agua (Kg/m^3)

d : Diámetro de las partículas (m)

La velocidad de arrastre de las partículas debe ser mayor que la velocidad de escurrimiento horizontal.

f) **Producción de Lodos:**

Para la determinación de lodos se deberá determinar los valores obtenidos en el laboratorio que indiquen la concentración volumétrica C de las partículas por litro de agua (mL/L).

$$V_1 = E * C * Q \text{ (Ec. 1-1)}$$

Dónde:

V_1 : Volumen de lodos producidos (m^3).

E : eficiencia remocional de Lodos. (%)

C : Concentración Volumétrica de Partículas ml/L medidas en un cono de sedimentación en el transcurso de una hora.

Q : Caudal de Diseño (m^3/s)

El proyectista asumirá los valores de la eficiencia óptimos y adecuados en función a la calidad de obra y rutinas de operación del sistema de tratamiento.

El valor adecuado para tener buenas condiciones de operación puede ser del 80 %.

g) **Volumen de la cámara de lodos:** se obtendrán en función al tiempo de retención entre cada purga, conforme a la producción de lodos.

$$V_{cl} = V_1 * t \quad (\text{Ec. 1-m})$$

Dónde:

V_{cl} : Volumen de la cámara de lodos (m^3)

V_1 : Volumen de los lodos producidos (m^3)

t: tiempo de retención (s)

- **Dimensiones de la cámara de Lodos**

La cámara de lodos será dimensionada con una estructura rectangular, el tiempo de purga no debe exceder las 24 horas.

$$V = B * L * h \quad (\text{Ec. 1-n})$$

Dónde:

B: Ancho de cámaras (m)

L: Longitud de cámara (m)

h: Altura de la cámara (m)

h) **Estructura de Entrada:** esto nos ayuda a la distribución del flujo de una manera uniforme en el área transversal de la zona de sedimentación.

Además permitirá regular el régimen hidráulico, obteniéndose bajas velocidades de escurrimiento a partir de la pérdida de energía como consecuencia de la pérdida de carga que se ocasiona en sus dispositivos.

Consiste en un canal donde la longitud será igual al ancho del Sedimentador y que tendrá en su base orificios de sección circular que permitirán el ingreso del flujo de forma vertical y de manera sumergida con velocidades de 0,2 a 0,3 m/s.

La estructura de entrada consiste en una pantalla deflectora colocada a 1 m de la pared, que poseerá orificios distribuidos sobre el 90% de su altura.

La velocidad de paso a través del deflector estará dada por:

$$V_c = \frac{Q}{n*d*0.9*H} \quad (\text{Ec. 1-0})$$

Dónde:

Q: Caudal de Diseño (m³/s)

n: número de sedimentadores

d: Separación entre la pared y la pantalla deflectora (m)

H: Altura del Sedimentador en la zona de entrada (m)

✓ **Orificios para pantalla deflectora:** se asumirá un valor de 0.3 m para la distancia horizontal y vertical de los orificios.

Numero de orificios horizontales: $\frac{B}{0.3}$

Numero de Orificios verticales: $\frac{H}{0.3}$

Número total de Orificios=Numero de orificios horizontales* Numero de orificios verticales

- **Área de cada orificio**

$$F_i = \pi * r^2 \quad (\text{Ec. 1-p})$$

- **Determinación del radio Hidráulico:**

$$R_H = \frac{d * h}{d * 2 * h} \quad (\text{Ec. 1-q})$$

- **Determinación del diámetro hidráulico:**

$$D_H = \frac{4 * R_H}{4 * 0.2} \quad (\text{Ec. 1-r})$$

- **Determinación del caudal por cada orificio:**

$$Q_i = \frac{Q}{2 * \text{Numero total de orificios}} \quad (\text{Ec. 1-s})$$

- **Determinación de nivel Piezométrico:**

$$Z = \left(\frac{Q_i}{u * F_i} \right) * \frac{1}{2 * g} \quad (\text{Ec. 1-t})$$

Dónde:

Q_i: Caudal por orificio (m³/s)

u: Coeficientes de descarga.

F_i: Área de cada orificio (m²)

Z: Nivel Piezométrico (m)

- **Determinación de Variación de Nivel Piezométrico**

$$\Delta Z = \frac{V_c^2}{2g} \left(1 - \frac{\gamma_B}{3 * \Delta H} - \frac{1}{n} \right) \quad (\text{Ec. 1-u})$$

Dónde:

ΔZ : Variación del nivel Piezométrico (m)

V_c : Velocidad el paso del agua por la pantalla reflectora (m/s)

γ : Coeficiente de fricción

B: Dimensión constructiva (m)

D_H : Diámetro Hidráulico (m)

n: Número total de orificios

• **Determinación de Variación del caudal de los orificios:**

$$\Delta q = \sqrt{\frac{Z+(\Delta Z/2)}{Z-(\Delta Z/2)}} - 1 \quad (\text{Ec. 1-v})$$

Dónde:

ΔZ : Variación del nivel Piezométrico (m)

Z: Nivel Piezométrico (m)

Para el cálculo de la variación del caudal de los orificios hay que considerar que la variación debe ser menor al 5% ósea que:

$$\Delta q \leq 5\%$$

i) **Estructuras de Salida:** Estas recolectan el agua de una manera uniforme, se utilizaran canaletas de rebose a las cuales se les practicara vertederos rectangulares en número tal que evacuen el caudal de diseño, que presenten crestas de no más de 0.02 m para evitar la re suspensión de los sólidos en las zonas de salida.

Se tomara la longitud y número de canaletas provistas de vertederos en número también asumido considerando que en cada canaleta se recolecta el agua a través de los vertederos por ambos lados.

La carga del vertedero viene dado por:

$$W_1 < 5H'V_{sc}$$

$$W_1 = \frac{Q}{N_c * a * 1} \quad (\text{Ec. 1-w})$$

Dónde:

W_1 : Carga del vertedero (m^3/ms)

N_c : Numero de canaletas

- **Determinación del caudal de cada vertedero**

$$Q_w = \frac{Q}{N_c * N_w} \quad (\text{Ec. 1-x})$$

Dónde:

N_w : Numero de vertederos por canaleta

H' Es la altura a la salida del Sedimentador para una pendiente de fondo del 2 %:

$$H' = (H - 0.02 * L) \quad (\text{Ec. 1-y})$$

La carga del vertedero debe ser menor a $5H'V_{sc}$ así demostraremos que el número de canaletas así como el número y dimensiones del vertedero es el correcto.

- **Determinación de la altura del agua por encima de la cresta del vertedero rectangular:**

$$H_w = \left(\frac{Q_w}{1.83 * b} \right)^{2/3} \quad (\text{Ec.1-z})$$

1.4.8 FILTRACION

La filtración del agua es el proceso mediante el cual el agua es separada de las materias en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa

Una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de las aguas fue la de filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, es posible eliminar impurezas existentes.

De esta forma, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, podrán ser pasadas por materiales filtrantes y lograr mediante ese proceso mejores condiciones. En estos filtros, se desarrollan bacterias colaboradoras útiles para la eliminación de parásitos causantes de enfermedades que podrían tener las aguas turbias a filtrar. Los elementos que intervienen en la filtración son:

- ❖ Un medio filtrante
- ❖ Un fluido con sólidos en suspensión
- ❖ Una fuerza, una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar
- ❖ Un dispositivo mecánico, llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza

1.4.8.1 Elección del tipo de filtración

La elección entre los diversos tipos de filtración sobre soporte y la filtración sobre lecho filtrante, depende de diversos criterios:

- ❖ Características del líquido a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo;
- ❖ Calidad del filtrado que debe obtenerse y tolerancias admitidas;
- ❖ Calidad del aglomerado de las materias retenidas, si se tiene como fin su recuperación;

- ❖ Condiciones de instalación;
- ❖ Posibilidades y medios disponibles para el lavado.

Las diversas soluciones se diferenciarán en los gastos de instalación y en los gastos de explotación, estando éstos, además, relacionados con las condiciones del líquido a filtrar, la forma de lavado, el grado de automatismo y de control, etc.

En la elección de un filtro es tan importante la posibilidad de un lavado fácil, eficaz y económico, como la obtención de la mejor calidad de agua filtrada, ya que esta última sólo se obtendrá, de forma constante, si el lavado mantiene siempre intacto el material filtrante.

1.4.8.2 Filtración lenta Con Zeolitas

El Filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua.

Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades, teniendo en cuenta además que los costos por área de terreno son comparativamente menores en estas zonas.

La filtración lenta, como se ha mencionado, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica. En

este caso reemplazamos los lechos tanto de grava como de arena por la zeolita con una granulometría específica.

Ahora nuestro lecho filtrante estará compuesto de zeolitas naturales con las especificaciones siguientes:

Tabla 1-6
Parámetros del lecho Filtrante

Parámetros de Diseño	Dimensión
Profundidad del medio filtrante (Zeolita)	1.40 m
Profundidad del sistema drenaje(Zeolitas)	0,35 m
Altura del agua sobrenadante	1,0 m
Granulometría del medio filtrante	0,25 mm

Fuente: Autor

El lecho que se recomienda para los Filtros Lentos se observa en la tabla siguiente:

Tabla 1-7
Lecho Recomendado para filtros lentos

Capa de Zeolita	Tamaño Efectivo	14 mm
-----------------	-----------------	-------

Capa de zeolita gruesa	Tamaño Efectivo	3 mm
Capa de zeolita fina de filtro	Tamaño Efectivo	0,22 mm

Fuente: CINARA 1999

Para el diseño de un Filtro lento tomaremos en cuenta los siguientes parámetros:

a. Área de Filtración:

$$A = \frac{Q}{V_f} \text{ (Ec. 1-ab)}$$

Dónde:

A: Área de la unidad (m²)

Q_d: Caudal de cada unidad (m³/s)

V_f: Velocidad de Filtración (m/h)

b. Determinación del número de Filtros

$$n = 0,5 * \sqrt[3]{A} \text{ (Ec. 1-ac)}$$

c. Determinación del Área para cada unidad

$$A_i = \frac{A}{n} \text{ (Ec. 1-ad)}$$

Dónde:

A: Área total de unidad

n: número de filtros calculados

d. **Determinación de las dimensiones del filtro**

Calculo de La longitud de la pared por unidad (m):

$$a = \left(\frac{2 \cdot n \cdot A_i}{2 \cdot 1} \right)^{0.5} \text{ (Ec. 1-ae)}$$

Dónde:

A_i: Área individual de cada Unidad (m²)

n: Numero de Filtros calculados

Ancho de la unidad en (m)

$$b = \left(\frac{(n+1)A_i}{2 \cdot n} \right)^{0.5} \text{ (Ec.1-af)}$$

De igual manera podemos determinar el número de unidades dependiendo del área de filtración, como también el ancho y longitud de cada unidad usando los datos de la tabla siguiente:

Tabla 1-8
Numero de filtros en función del Área

Área m ²	Numero de filtros	Dimensiones	
		Longitud	Ancho
300	2	12,24	8,10
400	3	14,14	8,34
500	3	15,88	11,65

600	3	17,31	11,43
700	3	18,70	12,34
800	3	20,00	13,20
900	3	21,21	14,00
1000	3	22,36	14,75

Fuente: Agua su calidad y su tratamiento. The American Water Works Association

El instituto Cinara ⁶en la Tabla 1-9 plantea algunos criterios para el diseño de Filtros lentos:

Tabla 1-9
Criterios de Diseños de Filtros Lentos

Criterios de Diseño	Recomendación
Velocidad de Filtración (m/h)	0.1-0.3
Periodo de Diseño (años)	8-12
Periodo de Operación(h/d)	24
Altura de Zeolita(m)	
Inicial	0.8
Mínima	0.5
Diámetro Efectivo (mm)	0.15-0.30
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 4
Deseable	< 2
Altura del Lecho de Soporte Incluye drenaje (m)	0.25

⁶ <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/040065/tema2-2.pdf>

Borde Libre (m)	0.1
Altura de agua sobrenadante(m)	0.17
Área superficial Máxima por modulo(m ²)	<100

Fuente: CINARA IRC 1999

1.4.8.3 Intercambio Iónico

El intercambio iónico es un proceso en el cual iones retenidos, por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales con carga eléctrica, sobre la superficie de un sólido, son intercambiados por iones de carga similar en solución.⁷

El intercambio iónico es el desplazamiento de un ion por otro; tal como se aplica en tratamientos de aguas, es el intercambio reversible de iones entre un líquido y un sólido, sin ningún cambio radical en la estructura física del sólido.

1.4.8.4 Zeolitas

Las zeolitas naturales son un medio filtrante nuevo y muy bueno disponible para la filtración del agua⁸. Ofrece un funcionamiento superior a los filtros de arena y carbón, con una calidad más pura y mayores tasas de rendimiento sin necesidad de altos requisitos de mantenimiento. Tiene muchas ventajas sobre la arena y puede ser directamente reemplazado por la arena en un filtro normal de arena

Existen algunos usos de zeolitas en la industria: catálisis, separación de gas e intercambiador de iones.

⁷ Purificación del Agua. Jairo Alberto Romero Rojas.

⁸ <http://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm#ixzz2a0NeEe1p>

- **Absorción:** Las zeolitas se usan para la absorción de una gran variedad de materiales. Esto incluye aplicaciones en secado, purificación y separación. Pueden remover agua a presiones parciales muy bajas y son unos desinfectantes muy efectivos, con capacidad de más de un 25% en peso con agua. Pueden extraer químicos orgánicos volátiles de las corrientes de aire, separar isómeros y mezclar gases. Una propiedad de las zeolitas es su capacidad para la separación de gases.

La estructura porosa de las zeolitas puede utilizarse como "tamiz" para moléculas con un cierto tamaño permitiendo su entrada en los poros.

Esta propiedad puede cambiarse variando la estructura y así cambiando el tamaño y el número de cationes alrededor de los poros. Otras aplicaciones que pueden tener lugar dentro del poro incluyen la polimerización de materiales semi conductores y polímetros conductores para producir materiales con propiedades físicas y eléctricas extraordinarias.

- **Intercambio de iones:** Cationes hidratados dentro de los poros de la zeolita están unidos débilmente y preparados para intercambiarse con otros cationes cuando se encuentran en un medio acuoso. Esta propiedad permiten su aplicación como ablandadores de agua, y el uso de zeolitas en detergentes y jabones. Los mayores volúmenes de uso de zeolitas es en la formulación de detergentes donde se reemplazan fosfatos como agentes ablandadores del agua. Esto se realiza mediante el intercambio de sodio en la zeolita por Calcio y Magnesio presente en el agua. Es incluso posible remover iones reactivos del agua contaminada.

1.4.9 DESINFECCION

La calidad microbiológica del agua potable se puede mejorar considerablemente protegiendo la fuente y tratando el agua cruda, en particular si se emplea el filtrado lento de arena. Sin embargo en los casos en los que las aguas crudas no son de buena calidad, es indispensable aplicar alguna forma de desinfección para poder tener la seguridad de que el agua es inocua desde el punto de vista microbiológico.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos.

Entre los métodos químicos figura:

- ❖ La adición de ozono y más comúnmente,
- ❖ El cloro y sus derivados

El Ozono constituye la tercera alternativa tras el cloro y el dióxido de cloro. La aplicación de ozono también requiere de aplicación in situ debido a su inestabilidad.

El cloro es un agente oxidante que reacciona rápidamente con la materia orgánica e inorgánica.⁹ La acción microbicida del cloro como algicida, bactericida y en menor medida virucida, y la capacidad de mejorar los procesos de coagulación y floculación, ya que favorece la formación de floculos.

El cloro (Cl₂) es un gas tóxico, más denso que el aire, de color verde amarillento. Es un producto muy oxidante que reacciona con muchísimos compuestos. En presencia de humedad es extremadamente corrosivo y por ello los conductos y los materiales en contacto con él han de ser de aleaciones especiales.

⁹ Guía Para La Vigilancia De La Calidad Del Agua Para Su Consumo Humano. Ricardo Rojas/CEPIS. 2002. Pp 54-55

El hipoclorito cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) es un sólido blanco con contenido entre el 20 y el 70% de cloro activo.

Es muy corrosivo y que puede inflamarse al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.

Sin embargo, presenta dos ventajas respecto al hipoclorito sódico: su mayor contenido en cloro y su mayor estabilidad.

Para ser utilizado, se diluye con agua para obtener una solución de concentración más manejable, por ejemplo, 2%.

1.4.9.1 Dimensionamiento del Tanque de cloración

- **Volumen del tanque**

$$V_{\text{Tanque}} = Q \times T \quad (\text{Ec. ag})$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

T: Tiempo de retención (s)

- **Altura del tanque**

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{Tanque}}}{A} \quad (\text{Ec. ah})$$

Donde:

V_{Tanque} : Volumen del Tanque (m^3)

A: Área del Tanque (m^2)

1.4.9.2 Dosificación en el hipoclorador

- **Peso del cloro Necesario**

$$P = \frac{Q \cdot D \cdot T}{1000 I} \quad (\text{Ec. ai})$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

D: Dosis cloro necesario (mg/L)

T: Periodo de Almacenamiento de la solución (s)

I: Porcentaje de cloro

1.4.9.3 Volumen del Hipoclorador

$$V = \frac{P}{5 \cdot C} \quad (\text{Ec. aj})$$

Donde:

P: Peso de cloro necesario (Kg)

C: Concentración del hipoclorito de calcio similar al cloro doméstico (Kg/m^3)

1.4.10 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION

El agua tratada sale de la planta hacia los tanques de almacenamiento y luego a los de distribución, entonces el agua potable se distribuye a los domicilios a través de una red subterránea de tuberías que conectan a la red pública con la red domiciliaria de distribución.

Esta agua ya potable puede fluir por las tuberías por la fuerza de la gravedad o también por la fuerza de las bombas impelentes.

CAPITULO II

PARTE

EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

2.1.1 AREA DE MUESTREO

El diseño del Sistema de Tratamiento para la Potabilización del agua se va a realizar en la Parroquia de San Andrés perteneciente al Cantón Guano, Provincia de Chimborazo.

2.1.2 METODO DE RECOLECCION DE INFORMACION

El método de Investigación que se utilizara para el desarrollo del trabajo será de tipo comparativo utilizando datos estadísticos los mismos que al relacionarlos con los datos obtenidos durante la elaboración del proyecto nos permitirá dimensionar y diseñar el sistema de tratamiento del agua.

2.1.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION

Toma de varias muestras de tipo sistemático simple, las muestras fueron tomadas de la captación de las aguas Subterráneas, del tanque de captación, del tanque de almacenamiento y de un grifo domiciliario durante 4 semanas.

TABLA 2-1
RECOLECCION DE MUESTRAS

LUGAR DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO SEMANALES	NUMERO DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS EN LA SEMANA	TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES
Captación	3	1	3	3
Entrada Tanque de Recepción	3	1	3	3
Salida Tanque de Recepción	3	1	3	3
Domiciliaria	3	1	3	3
			TOTAL	12

Fuente:

Autor

2.1.4 PLAN DE TABULACION Y ANALISIS

Con los datos totales recolectados se realizara el análisis correspondiente a los diferentes parámetros que se encuentren fuera del límite permisible en las etapas muestreadas para su posterior dimensionamiento y diseño del sistema de potabilización adecuado.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 METODOLOGIA DE TRABAJO

Se tomó diariamente muestras de agua en el tanque de captación, en el tanque de recepción, en el tanque de almacenamiento y en una casa en la Parroquia de San Andrés, obteniendo tres muestras diarias, se realizó el muestreo por cuatro semanas consecutivas.

Se trasladaron las especímenes el mismo día de su muestreo al Laboratorio de Análisis Técnicos y Microbiológicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH para su posterior análisis físico-químicos y microbiológicos.

2.2.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS

Se tomó una muestra diaria a la que se realizó la caracterización físico-química del agua que consta de los siguientes parámetros: pH, color, turbiedad, conductividad, STD, temperatura, fosfatos, hierro. Manganeso, nitritos, nitratos, n-amoniacal, sulfatos alcalinidad, dureza total, Calcio, cloro residual. Además se realizó el análisis microbiológico a cada una de las muestras.

2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.3.1 MÉTODOS

Método Experimental: El método Experimental Aplicado al Tema. Lo podemos definir por:

El planteamiento del problema y las posibles soluciones del mismo, observar el estado en que se encuentra todo el sistema de distribución del agua en la parroquia San Andrés, Cantón Guano, planear la metodología adecuada para la reducción y/o eliminación de los agentes minerales y sólidos suspendidos del agua.

TABLA 2-2
Descripción de Métodos de Análisis

DETERMINACIONES	TECNICA	UNIDAD MEDIDA	MÉTODOS
FISICAS	Ph Temperatura Turbiedad Conductividad STD Color Caudal Tiempo	----- °C NTU us/cm mg/L Pt-Co m ³ /s s	Potenciómetro Termómetro Turbidímetro Conductímetro Conductímetro Fotómetro Hach Volumétrico Cronómetro
QUIMICAS	Fosfatos Hierro Amonio Nitritos Nitratos Sulfatos Calcio Alcalinidad Total Dureza Total	mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	E. Hach E. Hach E. Hach E. Hach E. Hach E. Hach Volumétricos Volumétricos Volumétricos
MICROBIOLOGICAS	Coliformes totales Coliformes Fecales	UFC/100mL UFC/100mL	Método por filtro de Membrana Método por filtro de Membrana

FUENTE: Autor

Los métodos utilizados están adaptados al Manual “ Standar Methods for Examination of Water “, la descripción de los métodos y técnicas utilizadas se los vera en el Anexo 1.

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTE

El sistema de abastecimiento de agua de la parroquia de San Andrés es alimentado por agua proveniente de la vertiente llamada lalanshi ubicada a 4 Km de la parroquia.

El agua llega al tanque de almacenamiento donde es sometido únicamente a una desinfección con HTH (Hipoclorito de Calcio), posteriormente es enviado a otro tanque, el cual es el tanque de distribución.

2.4.1.1 FUENTE

En la tabla siguiente describiremos la fuente que abastece al sistema de distribución de la población de San Andrés.

TABLA 2-3

Descripción de la fuente que abastece la red de distribución de la población de San Andrés.

N_o	Tipo de Fuente	Ubicación	Caudal (L/s)	Observaciones
1	Captación de ojo de la vertiente Lanlashi	Aproximadamente a 4 Km de la Parroquia	16	El agua cruda es transportada al tanque de almacenamiento ubicado en la parte norte de la parroquia.

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Figura 2-1 la fuente está ubicada a 4 km al norte de la zona urbana de la parroquia de San Andrés.

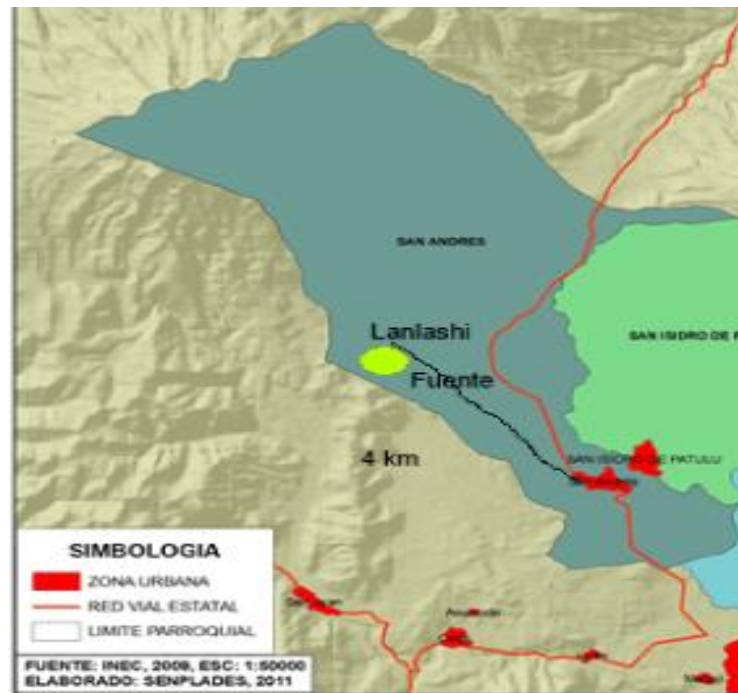


Figura 2-1 Ubicación de la fuente Lanlashi

En la Junta Administrativa de Agua Potable de la parroquia de San Andrés no existe un registro histórico que demuestre el estado de la calidad de agua que ingresa al tanque de almacenamiento para su posterior desinfección. Las cuales podrían demostrar la disminución o aumento de la dureza y alcalinidad de esta agua.

2.4.1.2 SISTEMA DE MACROMEDICION

No se cuenta con un sistema de macro medición que nos pueda ayudar a determinar la cantidad de agua generada y distribuida.

Por no presentar este sistema tampoco se realizan aforos periódicos para el cómputo mensual de volumen producido.

Considerando que la población tiene más de 3000 habitantes se dice que el consumo de agua es 115 L/d/hab.¹⁰

Fundamentados en una población de 5210 habitantes se tiene que el agua requerida sería de 599.159 Litros por día.

2.4.1.3 CONDUCCION

Debido a problemas como roturas en las tuberías por sobrepresiones, la tubería de asbesto inicialmente instalada fue reemplazada en su totalidad por tuberías de PVC la que actualmente alimenta el tanque de almacenamiento en la parroquia.

En la tabla siguiente detallamos el diámetro y el material de la tubería de conducción.

TABLA 2-4

Conducción que alimenta la red de distribución de la población de San Andrés

Denominación	Año de Construcción	Material	Diámetro	Observaciones
Línea Actual	1998	PVC	160 mm 110 mm	Diámetros variables en la conducción, el mayor al inicio

¹⁰

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/flujoentuberias/dotacionagua/determinaciondeladotaciondeagua.html>

Es necesario señalar que la conducción reemplazada, la de asbesto fue construida en el año de 1978 y que por los problemas de roturas y como el fin de la vida útil fue sustituida quedando en funcionamiento una sola línea de conducción.

2.4.1.4 PLANTA DE TRATAMIENTO

El método de tratamiento empleado consiste en añadir al tanque de recepción del agua cruda gotas de una solución de agua-hipoclorito de calcio la cual se encuentra en un tanque de 600 litros de capacidad.

En la tabla siguiente presentamos el resumen de la unidad de tratamiento que presenta esta planta

TABLA 2-5

Unidad de tratamiento población de San Andrés

Unidad	Cantidad	Dimensiones	Volumen	Observaciones
Tanque recepción	1	5x3x2.5	37.5 m ³	Agua cruda
Sistema de cloración	1	1.5x2x.5	1.5 m ³	HTH en pastillas

Fuente: Autor

Después de que el agua sufre la desinfección pasa a un tanque de almacenamiento de 500 m³ cuyas características le detallamos a continuación:

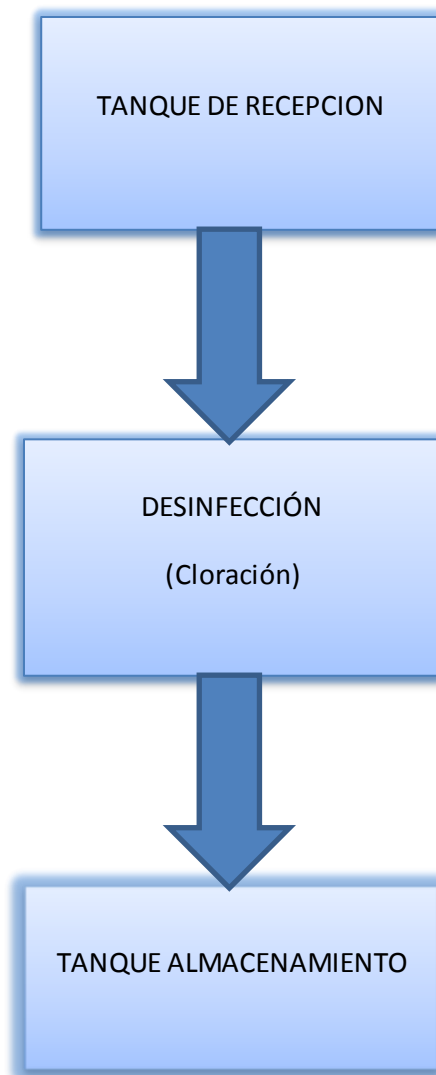
TABLA 2-6

Unidad de Almacenamiento de agua potable de la Parroquia de San Andrés

Tanque	Material	Dimensiones	Volumen
Rectangular	Hormigón Armado	7x6x12	500 m ³

Fuente: Autor

DIAGRAMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACTUAL



2.4.1.5 CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE

El agua utilizada por los habitantes de la Parroquia de San Andrés se encuentra en condiciones medias de calidad esto resultado del estado, manejo y uso de la vertiente hasta el sitio de la captación esto debido a la presencia de unidades formadoras de colonias totales en mínimas cantidades como así también la presencia de calcio y magnesio que provocan la dureza del agua.

Considerando en este punto que el agua sufre únicamente un tratamiento de desinfección con HTH (Hipoclorito de Calcio) lo cual no elimina todos los parámetros que se encuentran fuera de la Normas 1108, lo cual ya en su distribución no garantiza un la calidad del agua.

2.4.2 POBLACIÓN DE DISEÑO

Para realizar el diseño del sistema de tratamiento de agua realizaremos la proyección de la población de la parroquia de San Andrés de acuerdo al último censo poblacional resumiéndole en la Figura 2-1

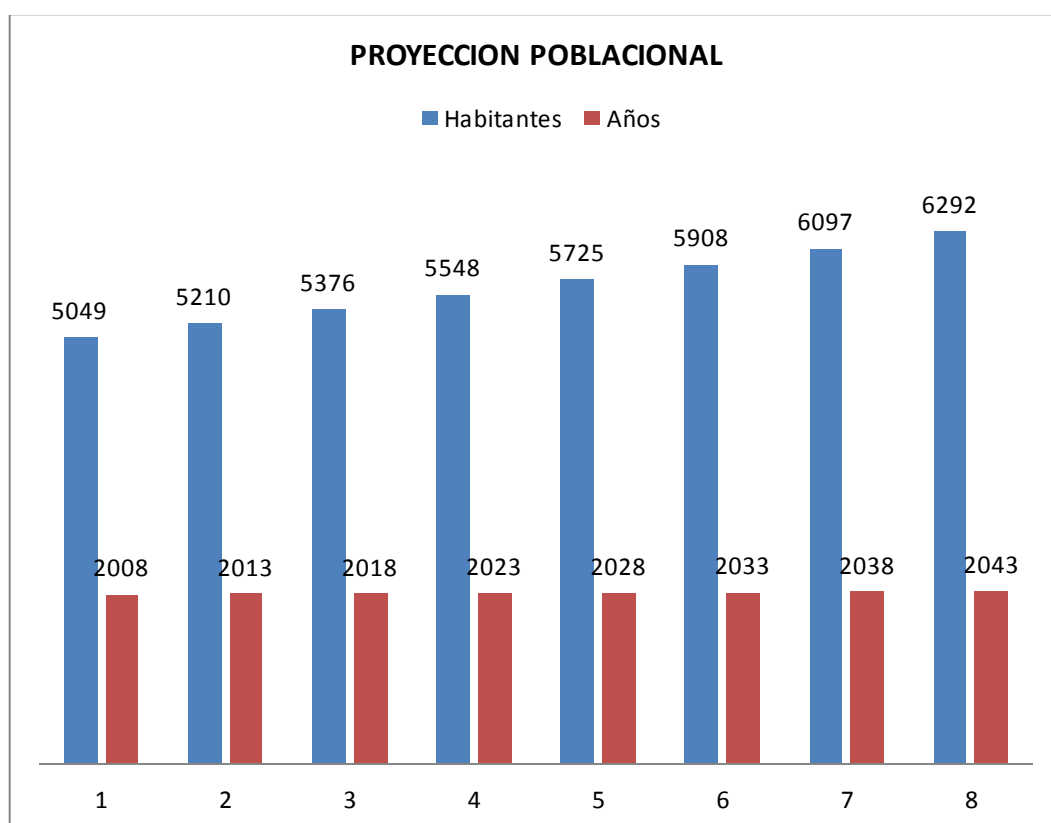


Figura 2-2 Proyección de la población para el periodo 2008-2043

Fuente: INEC

2.5 DATOS

2.5.1 CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DEL AGUA EN CADA ETAPA DEL TRATAMIENTO DE AGUA ACTUAL

TABLA 2-7

Caracterización Físico Química del agua cruda

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			03/04/13	04/04/13	05/04/13	PROMEDIO
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6.69	6,87	6,7	6,75
Conductividad	uSiems/cm	<1250	466	543	488	499
Turbiedad	UNT	1	0.2	0,22	0,25	0,22
Cloruros	mg/L	250	17.0	15,6	18,4	17
Dureza	mg/L	200	392	391	389	390,67
Calcio	mg/L	70	56	53	54	54,33
Magnesio	mg/L	30-50	36.9	35,5	35,9	23,8
Alcalinidad	mg/L	250-300	260	296	295	293,67
Bicarbonatos	mg/L	250-300	346.8	267,6	257,9	257,43
Sulfatos	mg/L	200	151.3	149,6	159,4	153,43
Amonios	mg/L	<0.50	0.025	0,022	0,023	0,02
Nitritos	mg/L	0.01	0.01	0,012	0,012	0,011
Nitratos	mg/L	<40	2.400	2	2,5	2,3
Hierro	mg/L	0.30	0.045	0,043	0,046	0,044
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.714	0,67	0,69	0,69
Solidos Totales	mg/L	1000	564	563	564	563,66
Solidos Disueltos	mg/L	500	288.9	287,9	287,9	288,2

Fuente: Autor

TABLA 2-8

Análisis Microbiológico

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			03/04/13	04/04/13	05/04/13	PROMEDIO
CT	UFC/100mL	<1	180	192	189	187
CF	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Autor

TABLA 2-9

Caracterización Físico Química del agua del tanque de almacenamiento

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			10/04/13	11/04/13	12/04/13	PROMEDIO
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6,65	6,77	6,7	6,70
Conductividad	uSiems/cm	<1250	462	498	495	485
Turbiedad	UNT	1	0,5	0,46	0,49	0,48
Cloruros	mg/L	250	14,2	14,6	14,4	14,4
Dureza	mg/L	200	390	392	389	390,33
Calcio	mg/L	70	41,6	43	44	42,86
Magnesio	mg/L	30-50	40,8	45,5	45,9	30,46
Alcalinidad	mg/L	250-300	220	236	235	230,33
Bicarbonatos	mg/L	250-300	224,4	227,6	227,9	226,63
Sulfatos	mg/L	200	136,6	139,6	139,4	138,53
Amonios	mg/L	<0.50	0,022	0,02	0,023	0,02
Nitritos	mg/L	0.01	0,01	0,02	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	<40	3,000	2,6	2,5	2,7
Hierro	mg/L	0.30	0,053	0,053	0,056	0,054
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,449	0,57	0,59	0,53
Solidos Totales	mg/L	1000	616	593	614	607,66
Solidos Disueltos	mg/L	500	286,4	289,8	288,9	288,36

Fuente: Autor

TABLA 2-10

Análisis Microbiológico

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			03/04/13	04/04/13	05/04/13	PROMEDIO
CT	UFC/100mL	<1	220	239	256	238
CF	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Autor

TABLA 2-11

Caracterización Físico Química del agua a la salida del Tanque de Almacenamiento

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			17/04/13	18/04/13	19/04/13	PROMEDIO
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6,53	6,57	6,57	6,55
Conductividad	uSiems/cm	<1250	448	458	455	453,66
Turbiedad	UNT	1	0,2	0,2	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	22,0	23,6	23,4	23
Dureza	mg/L	200	280	287	289	285,33
Calcio	mg/L	70	60,4	61,2	60	60,5
Magnesio	mg/L	30-50	30,1	31,5	31,9	31,16
Alcalinidad	mg/L	250-300	39	40	40	39,6
Bicarbonatos	mg/L	250-300	38,8	39,6	38,9	39,1
Sulfatos	mg/L	200	141,3	143,6	143,4	142,76
Amonios	mg/L	<0.50	0,03	0,03	0,03	0,03
Nitritos	mg/L	0.01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	<40	1,000	1,4	1,2	1,2
Hierro	mg/L	0.30	0,02	0,019	0,018	0,019
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,69	0,6	0,67	0,65
Solidos Totales	mg/L	1000	516	513	514	514,33
Solidos Disueltos	mg/L	500	245	249,8	248,9	247,9

Fuente: Autor

TABLA 2-12

Análisis Microbiológico

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			03/04/13	04/04/13	05/04/13	PROMEDIO
CT	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
CF	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Autor

TABLA 2-13

Caracterización Físico Química del agua muestra domiciliaria

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			24/04/13	25/04/13	26/04/13	PROMEDIO
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6,63	6,67	6,7	6,66
Conductividad	uSiems/cm	<1250	458	478	465	467
Turbiedad	UNT	1	0,2	0,23	0,2	0,21
Cloruros	mg/L	250	17,0	16,6	16,4	16,66
Dureza	mg/L	200	288	292	290	290
Calcio	mg/L	70	62,4	61,2	62	61,86
Magnesio	mg/L	30-50	32,1	32,5	32,9	32,5
Alcalinidad	mg/L	250-300	40	41	40	40,33
Bicarbonatos	mg/L	250-300	40,8	39,6	39,9	40,1
Sulfatos	mg/L	200	151,3	149,6	149,4	150,1
Amonios	mg/L	<0.50	0,032	0,03	0,031	0,031
Nitritos	mg/L	0.01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	<40	1,000	1,45	1,5	1,31
Hierro	mg/L	0.30	0,022	0,023	0,026	0,023
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,663	0,67	0,69	0,67
Solidos Totales	mg/L	1000	616	613	614	614,33
Solidos Disueltos	mg/L	500	284	289,8	288,9	287,56

Fuente: Autor

TABLA 2-14

Análisis Microbiológico

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			
			03/04/13	04/04/13	05/04/13	PROMEDIO
CT	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
CF	UFC/100mL	<1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Autor

2.5.1.1 Análisis de la Dureza, fosfatos: Estos parámetros fueron analizados en cada una de las etapas actuales que posee el sistema de distribución de Agua de la parroquia de San Andrés encontrándose valores fuera de la norma, por lo cual nos enfocaremos directamente en estas determinaciones.

TABLA 2-15

Análisis de Dureza, fosfatos en los procesos de tratamiento

Determinaciones	Unidades	Limites	Agua Cruda	Entrada Tanque almacenamiento	Salida Tanque almacenamiento	Agua Domiciliar
Dureza	mg/L	200	390,67	390,33	285,33	290
Fosfatos	mg/L	<0,30	0,69	0,53	0,65	0,67

2.5.2 CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DEL AGUA DESPUES DE REALIZAR LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD (FILTRACION CON ZEOLITAS) A NIVEL DE LABORATORIO.

A nivel de laboratorio se realizó pruebas de filtración utilizando Zeolita la misma que fue activada con una solución de cloruro de sodio (NaCl) a diferentes concentraciones, con un tiempo de permanencia de 10 minutos.

Los parámetros de dureza, y fosfatos se encontraban fuera de la NORMA INEN 1108 por lo cual se realizó el análisis respectivo.

✓ **DUREZA:** Se realizó pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio, el parámetro a medirse fue la dureza, ya que este parámetro se encontraba fuera del límite permisible de la NORMA INEN 1108.

En la cual se utilizó las zeolitas activadas a diferentes concentraciones 5, 10 y 15 % de NaCl en el proceso de filtración, teniendo como resultado los siguientes valores:

TABLA 2-16

Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza. (Zeolitas Activadas al 5%)

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 5%)	DUREZA (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	320	5	340
2	0,050	322	5	346
3	0,050	319	5	345
4	0,050	320	5	340
5	0,050	315	5	342

Fuente: Autor

TABLA 2-17

Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza. (Zeolitas Activadas al 10%)

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 10%)	DUREZA (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	320	10	180
2	0,050	322	10	181
3	0,050	319	10	179
4	0,050	320	10	178
5	0,050	315	10	180

Fuente: Autor

TABLA 2-18**Pruebas de Tratabilidad, prueba de dureza. (Zeolitas Activadas al 15%)**

N° DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 15%)	DUREZA (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	320	15	72
2	0,050	322	15	80
3	0,050	319	15	64
4	0,050	320	15	68
5	0,050	315	15	48

Fuente: Autor

✓ **FOSFATOS:** De igual manera se realizó las pruebas en el laboratorio para reducir los nitritos que existían en el agua cruda, ya que se encontraban fuera de los límites permisibles de la Norma INEN 1108 en el proceso de filtración con zeolitas obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 2-19
Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos. (Zeolitas Activadas al 5%)

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	FOSFATOS (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 5%)	FOSFATOS (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	0,714	5	0,667
2	0,050	0,714	5	0,66
3	0,050	0,714	5	0,67
4	00,50	0,714	5	0,67
5	0,050	0,714	5	0,67

Fuente: Autor

TABLA 2-20
Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos. (Zeolitas Activadas al 10%)

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	FOSFATOS (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 10%)	FOSFATOS (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	0,714	10	0,456
2	0,050	0,714	10	0,455
3	0,050	0,714	10	0,454
4	0,050	0,714	10	0,45
5	0,050	0,714	10	0,45

Fuente: Autor

TABLA 2-21**Pruebas de Tratabilidad, prueba de fosfatos. (Zeolitas Activadas al 15%)**

N° DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua Cruda) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 15%)	DUREZA (Agua Tratada) mg/L
1	0,050	0,714	15	0,243
2	0,050	0,714	15	0,242
3	0,050	0,714	15	0,24
4	0,050	0,714	15	0,235
5	0,050	0,714	15	0,129

Fuente: Autor

Tomando como referencia la tabla 2-18 y 2. 21 podemos observar que los parámetros de dureza y fosfatos ya se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo a las Normas INEN 1108.

En el caso de la dureza se obtuvo una eficiencia del 87.7 % y en los fosfatos del 82.6% porcentajes considerables para que el agua alcance una buena calidad.

2.5.4 Determinación del Caudal: Para realizar el diseño del sistema de tratamiento de agua potable realizamos la medición del caudal directamente del tanque de captación.

TABLA 2-22**Determinación del caudal en la captación del agua**

Volumen (mL)	Tiempo (s)
5000	0,31
4700	0,29
5000	0,32
4700	0,28
4900	0,30
Promedio:4780	Promedio:0,30

Calculo del caudal de agua captada

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \quad (\text{Ec. 2-a})$$

$$Q = \frac{4.78 \text{ L}}{0,30 \text{ s}}$$

$$Q = 15.93 \text{ L/s}$$

Se tiene un caudal de **15,93 L/s**

CAPITULO III

DISEÑO

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO

Conforme a las caracterizaciones físicas- químicas y microbiológicas del agua se pudo determinar la necesidad de un tratamiento convencional del agua, para que esta sea apta para el consumo humano, por lo cual nuestro sistema de tratamiento para la potabilización del agua debe ser capaz de eliminar: Dureza, Fosfatos y Coliformes totales.

En este diseño se considerara el número de personas que habitan la población de la parroquia de San Andrés tomando en cuenta el crecimiento poblacional, con una proyección de 30 años.

3.2 CALCULOS DE INGENIERIA

3.2.1 DISEÑO DEL CAUDALIMETRO PARSHALL

3.2.1.1 Cálculo de la altura de la cresta (H_a):

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1,57*W^{0,026}}}}{(0,3716 W)^{\frac{1}{1,57W^{0,026}}} * 3,281}$$

Asumimos que $W=0,229$ m y $Q=0,015$ m³/s

$$H_a = \frac{0,015 \frac{1}{(1,57*0,229)^{0,026}}}{(0,3716 * 0,229)^{\frac{1}{(1,57*0,229)^{0,026}}} * 3,281}$$

$$H_a = 0,051 \text{ m}$$

3.2.1.2 Calculo de la Altura de la Garganta (Hb):

De acuerdo a la Tabla 1-2 $S = 0,6$ y $W = 0,229$

$$H_b = S \times H_a$$

$$H_b = 0,6 * 0,051$$

$$H_b = 0,031 \text{ m}$$

Comprobando la condición: $H_a/W \approx 0,4$ y $0,8$

$$\frac{0,051}{0,229} = 0,22 \text{ Se cumple la condición}$$

3.2.1.3 Calculo de perdida de Carga

$$P = \frac{5,072}{(W + 4,57)^{1,46}} (1 - S)^{0,72} * Q^{0,67}$$

$$P = \frac{5,072}{(0,229 + 4,57)^{1,46}} (1 - 0,6)^{0,72} * 0,015^{0,67}$$

$$P = 0,015 \text{ m}$$

Para el Ancho de la garganta igual a 22,9 cm tenemos dimensiones estandarizadas para el canal Parshall. Ver Anexo 4

3.2.2 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR CLASICO

3.2.2.1 Calculo del Volumen del Sedimentador

Nuestro Sedimentador a diseñarse tendrá una figura rectangular.

$$V = Q * t$$

Se asume un tiempo de retención de 2 horas según el rango establecido en la tabla 1-5

$$t=1,5 \text{ h}=9000 \text{ s}$$

$$V = 0,0159 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 5400 \text{ s}$$

$$V=85,86 \text{ m}^3$$

3.2.2.2 Cálculo de la velocidad de Sedimentación: Para el diseño de tanques de sedimentación y el posterior cálculo de la velocidad de sedimentación procedemos a realizar la adaptación de la ley de Stokes¹¹

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - \rho_{H_2O}}{n} \right) d^2$$

$$\rho_s = 2,65 \frac{g}{cm^3}^{12}$$

¹¹ http://prezi.com/iwo_1vi0sxoil/ley-de-stokes/?utm_source=website&utm_medium

¹² <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3438/12/55861-12.pdf>

Ahora a una temperatura de 17 grados centígrados que normal mente alcanza el agua al llegar al tanque de recepción tenemos que la densidad del agua es igual a 0,9988 gr/cm³ y una viscosidad cinemática de 1,0888 gr/cm s como se ve en la tabla del Anexo 5

$$V_s = \left[\frac{g(\rho_s - \rho_{H_2O})}{18 n} d^2 \right]$$

$$V_s = \left[\frac{980 \frac{cm}{s^2} (2,65 \text{ gr/cm}^3 - 0,9988 \text{ gr/cm}^3)}{18 * 1,0888 \text{ cm}^2/s} 0,02 \text{ cm}^2 \right]$$

$$V_s = 0,033 \text{ cm/s}$$

3.2.2.3 Determinación de la velocidad de sedimentación crítica: Tomando en cuenta los factores adversos de campo que pudieran alterar el flujo tanto en la entrada como a la salida de la unidad de tratamiento se asume un factor de seguridad de 1,6.

$$V_{sc} = \frac{V_s}{f}$$

$$V_{sc} = \frac{0,33}{1,6}$$

$$V_{sc} = 0,02 \text{ cm/s}$$

3.2.2.4 Calculo de las dimensiones del Sedimentador:

✓ **Calculo de la altura de la unidad:**

$$H = V_{sc} * t$$

$$H = 0,02 \frac{cm}{s} * \frac{1m}{100 cm} * 9000$$

$$H = 1,85 \text{ m}$$

✓ **Calculo del Área:**

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{143 \text{ m}^3}{1,8}$$

$$A = 79,44 \text{ m}^2$$

Por motivos de mantenimiento procederemos a diseñar dos tanques:

$$A_i = \frac{A}{2}$$

$$A_i = \frac{79,44 \text{ m}^2}{2}$$

$$A_i = 39,72 \text{ m}^2$$

3.2.2.5 Dimensionamiento: Consideremos la relación: $\frac{L}{B} = 4$ que nos ayudara a determinar el ancho del tanque. Entonces:

$$B = \sqrt{\frac{A_i}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{39,72}{4}}$$

$$B = 3,15 \text{ m}$$

Y su longitud es:

$$L = 4 * B$$

$$L = 4 * 3.15$$

$$L = 12,60$$

3.2.2.6 Calculo de la Velocidad de escurrimiento horizontal:

$$V_h = \frac{Q}{B * H}$$

$$V_h = \frac{0,0159 \frac{m^3}{s}}{3,15m * 1,85 m}$$

$$V_h = 0,0027m/s$$

3.2.2.7 Calculo de la Velocidad de arrastre de partículas:

$$V_a = \sqrt{40 * (\rho_s - \rho_w) * g * d / (3 * \rho_w)}$$

$$V_a =$$

$$\sqrt{40 * (2,65 \frac{gr}{cm^3} - 0,9988 \frac{gr}{cm^3}) * 980 \frac{cm}{s^2} * 0,02 cm^2 / (3 * 0,9988 \frac{gr}{cm^3})}$$

$$V_a = \sqrt{129454 / (3 * 0,9988 \frac{gr}{cm^3})}$$

$$V_a = 20,78 cm/s$$

$$V_a = 0,2078 \text{ m/s}$$

La velocidad de arrastre de las partículas es mayor que la velocidad de escurrimiento horizontal por lo que cumple la condición. $V_a > V_h$

3.2.2.8 Determinación del Volumen de lodos del Sedimentador

$$V_1 = E * C * Q$$

La eficiencia E asumiremos con un valor del 80 % como un valor razonable para buenas condiciones de operación del sistema de tratamiento a construirse.

De igual manera la Concentración Volumétrica de Partículas será igual a 2 mL/L esto obtenido en un cono de sedimentación en el transcurso de una hora.

$$V_1 = 0,8 * \frac{2 \text{ ml}}{\text{L}} * 15.9 \text{ L/s}$$

$$V_1 = 25,44 \text{ ml/s}$$

$$V_1 = 0,025 \text{ L/s}$$

✓ **Volumen de la cámara de lodos:** se obtendrán en función al tiempo de retención entre cada purga, conforme a la producción de lodos.

$$V_{1-24} = V_1 * t$$

$$V_{1-24} = 0,25 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 24 \text{ h} * 3600 \text{ s}$$

$$V_{1-24} = 21,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo tanto el volumen de la cámara de lodos será de 2,16 m³/s que se deberá purgar cada 24 horas.

✓ **Dimensiones de la cámara de Lodos**

$$V = B * L * h$$

Asumiendo una altura de 1 m tenemos:

$$L = \frac{21,6}{3.15}$$

$$L = 6,86 \text{ m}$$

3.2.2.9 Dimensionamiento de la Estructura de Entrada:

La estructura de entrada consiste en una pantalla deflectora colocada a 1 m de la pared, que poseerá orificios distribuidos sobre el 90% de su altura:

$$0.90 * 1,85 = 1,67 \text{ m} = H_f$$

▪ **Calculo de la velocidad de paso de Agua (V_c) por la pantalla deflectora:**

$$V_c = \frac{Q}{n*d*0.9*H}$$

$$0,0159 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_c = \frac{0,0159 \text{ m}^3/\text{s}}{2 * 1 \text{ m} * 0.9 * 1,85 \text{ m}}$$

$$V_c = 0,0048 \text{ m/s}$$

▪ **Calculo de los Orificios para pantalla deflectora:** se asumirá un valor de 0.3 m para la distancia horizontal y vertical de los orificios.

Numero de orificios horizontales:

$$\frac{B}{0.3}$$

$$\frac{3.15}{0.3} = 10 \text{ orificios}$$

Numero de Orificios verticales:

$$\frac{H_f}{0.3}$$

$$\frac{1,67}{0.3} = 5 \text{ orificio}$$

Número total de Orificios=Numero de orificios horizontales* Numero de orificios
verticales

$$\text{Número total de Orificios}=10*5= 50$$

Área de cada orificio

Asumiendo un diámetro de 0,05 m tendremos un radio de 0,025 m

$$F_i = \pi * r^2$$

$$F_i = \pi * 0,025^2$$

$$F_i = 0,00196 \text{ m}^2$$

▪ **Determinación del radio y del diámetro Hidráulico:**

Radio Hidráulico

$$R_H = \frac{d * H_f}{d * 2 * H_f}$$

$$R_H = \frac{1 * 1,67}{1 * 2 * 1,67}$$

$$R_H = 0,5 \text{ m}$$

Diámetro hidráulico:

$$D_H = \frac{4 \cdot R_H}{4 \cdot 0.2}$$

$$D_H = \frac{4 \cdot 0,5}{4 \cdot 0.2}$$

$$D_H = 2,5 \text{ m}$$

Determinación del caudal por cada orificio:

$$Q_i = \frac{Q}{2 \cdot \text{Numero total de orificios}}$$

$$Q_i = \frac{0,0159 \text{ m}^3/s}{2 \cdot 50}$$

$$Q_i = 0,000159 \text{ m}^3/s$$

Determinación de nivel Piezométrico:

$$Z = \left(\frac{Q_i}{u \cdot F_i} \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot g}$$

Coeficiente de descarga = 0,50¹³

$$Z = \left(\frac{0,000159 \text{ m}^3/s}{0,5 \cdot 0,00196 \text{ m}} \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$Z = 0,0083 \text{ m}$$

Determinación de Variación de Nivel Piezométrico

El coeficiente de fricción será = 0,04¹⁴

¹³ http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/pdfs_libros/PDF_Practicas_Minis.pdf

¹⁴ http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/pdfs_libros/PDF_Practicas_Minis.pdf

$$\Delta Z = \frac{V_c^2}{2g} \left(1 - \frac{\gamma B}{3 * D_H} - \frac{1}{n} \right)$$

$$\Delta Z = \frac{0,0048^2}{2 * 9,8} \left(1 - \frac{0,04 * 3,15}{3 * 2} - \frac{1}{50} \right)$$

$$\Delta Z = 1,17 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Determinación de Variación del caudal de los orificios:

$$\Delta q = \sqrt{\frac{Z + (\Delta Z/2)}{Z - (\Delta Z/2)}} - 1$$

$$\Delta q = \sqrt{\frac{0,0083 + (1,17 \times 10^{-6}/2)}{0,0083 - (1,17 \times 10^{-6}/2)}} - 1$$

$$\Delta q = 0.008 = 0.8 \%$$

Para el cálculo de la variación del caudal de los orificios hay que considerar que la variación debe ser menor al 5% ó sea que:

$$\Delta q \leq 5\%$$

Por lo cual el diámetro y el número de orificios asumidos es el adecuado así como la separación entre la pared y la pantalla deflectora¹⁵

3.2.2.10 Dimensionamiento de la Estructura de Salida:

Para comprobar si el número de canaletas de recolección es correcto para la dimensión del Sedimentador, nos guiaremos por la siguiente condición:

$$W_1 < 5H'V_{sc}^{16}$$

Mediante esta condición asumimos los siguientes datos:

Numero de canaletas: 2

Longitud: 2 m

Numero de Lados por canaleta: a=2

Numero de vertederos/ por canaleta: $N_w=2*7=14$ (7 por lado)

Para el vertedero rectangular consideramos un ancho de: $b=0.15$ m

$$W_1 = \frac{Q}{N_c * a * l}$$

$$W_1 = \frac{0.0159/2}{2 * 2 * 2}$$

$$W_1 = 0,99 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ms}$$

- Calculo de la altura a la salida del Sedimentador para una pendiente de fondo del 2 %

¹⁵ <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

¹⁶ Manual Técnico del Agua ,Cuarta Edición ,Ed. Degremont, Madrid-España 1979

$$H' = (H - 0.02 * L)$$

$$H' = (1,85 - 0.02 * 6,86)$$

$$H' = 1,71 \text{ m}$$

Calculo de $5H'V_{sc}$:

$$5H'V_{sc} = 5 * 1,71 \left(\frac{0,0159/2}{3,15 * 12,6} \right)$$

$$5H'V_{sc} = 1,71 \times 10^{-3}$$

Según la condición tenemos que:

$$W_1 < 5H'V_{sc}^{17}$$

$$0,99 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ms} < 1,71 \times 10^{-3}$$

Por lo tanto el número de canaletas y vertederos son los adecuados.

Determinación del caudal de cada vertedero

$$Q_w = \frac{Q}{N_c * N_w}$$

$$Q_w = \frac{0,0159/2}{2 * 14}$$

$$Q_w = 0,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

¹⁷ Manual Técnico del Agua ,Cuarta Edición ,Ed. Degremont, Madrid-España 1979

Determinación de la altura del agua por encima de la cresta del vertedero rectangular:

$$H_w = \left(\frac{Q_w}{1.83 * b} \right)^{2/3}$$

$$H_w = \left(\frac{0,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{1.83 * 0,15} \right)^{2/3}$$

$$H_w = 0,010 \text{ m}$$

3.2.3 DISEÑO DEL FILTRO LENTO DE ZEOLITAS

3.2.3.1 Calculo del Área de Filtración

De la Tabla 1-9 asumimos el valor de $V_f = 0,25 \text{ m/h}$

$$A = \frac{Q}{V_f}$$

$$A = \frac{0,0159 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.069 * 10^{-3} \text{ m/s}}$$

$$A = 228 \text{ m}^2$$

3.2.3.2 Calculo n del número de Filtros

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

$$n = 0,5 * \sqrt[3]{228}$$

$$n = 2$$

3.2.3.3 Cálculo del Área para cada unidad

$$A_i = \frac{A}{n}$$

$$A_i = \frac{288}{3}$$

$$A_i = 76\text{m}^2$$

3.2.3.4 Calculo de las dimensiones del filtro

Calculo de La longitud de la pared por unidad (m):

$$a = \left(\frac{2 \cdot n \cdot A_i}{2 \cdot 1} \right)^{0.5}$$

$$a = \left(\frac{2 \cdot 3 \cdot 76}{2 \cdot 1} \right)^{0.5}$$

$$a = 15\text{m}$$

Ancho de la unidad en (m)

$$b = \left(\frac{(n+1)A_i}{2 \cdot n} \right)^{0.5}$$

$$b = \left(\frac{(3 + 1)76}{2 \cdot 3} \right)^{0.5}$$

$$b = 7,11 \text{ m}$$

En Base a las alturas parciales determinaremos la altura total en la Tabla 1-9

3.2.4 DESINFECCION

La dosificación de cloro que se utilizara para la desinfección del Agua que saldrá del filtro lento con un caudal de $0.0159 \text{ m}^3/\text{s}$ se lo desinfectara en el tanque de cloración mediante la aplicación de Hipoclorito de calcio con una concentración de $1,5 \text{ g/L}$ ¹⁸ para lo cual se requiere una caseta con un tanque para el hipoclorador que estará construido sobre el tanque clorador.

De este tanque se desprenderá una tubería de PVC con una válvula manual donde la solución agua-cloro caerá al tanque clorador mediante un sistema de goteo, teniendo un tiempo de retención de 10 minutos antes de su almacenamiento y distribución.

3.2.4.1 Calculo del Tanque de cloración

- **Volumen del tanque**

$$V_{\text{Tanque}} = Q \times T$$

$$V_{\text{Tanque}} = 0,0159 \text{ m}^3/\text{s} \times 600 \text{ s}$$

$$V_{\text{Tanque}} = 9,54 \text{ m}^3$$

- **Altura del tanque**

¹⁸ Demanda de Cloro para Aguas potables y Residuales. Muñoz Balarezo

Consideremos un área de 6m^2

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{Tanque}}}{A}$$

$$H_{\text{Tanque}} = \frac{9,54 \text{ m}^3}{6\text{m}^2}$$

$$H_{\text{Tanque}} = 1.54\text{m}$$

- **Peso del cloro Necesario**

Aquí se considerara un periodo de almacenamiento de la solución de 8 horas y 65% como el porcentaje de cloro

$$P = \frac{Q * D * T}{1000 I}$$

$$P = \frac{15,9 \text{ L/s} * 1.5 \text{ mg/L} * 28800 \text{ s}}{1000 (0.65)}$$

$$P = 1.06 \text{ Kg}$$

- **Calculo del volumen del hipoclorador**

$$V = \frac{P}{5 * C}$$

$$V = \frac{1.06}{5 * 5}$$

$$V = 0.04 \text{ m}^3$$

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Medidor de Caudal Parshall

TABLA 3-1
Resultados del medidor Parshall

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Sumergencia Máxima	S	0,6	m
Ancho de la Garganta	W	0,229	m
Altura de la Cresta	Ha	0,051	m
Altura del agua sobre la garganta	Hb	0,031	m
Perdida de carga	P	0,015	m
Dimensiones estandarizadas secciones de canal de acuerdo con Anexo 1		Para W =0,229	

Fuente: Autor

3.3.2 Sedimentadores clásicos

TABLA 3-2
Resultados de Sedimentadores clásicos

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Numero de Sedimentadores	N	2	
Volumen del Sedimentador	V	143	m ³
Tiempo de sedimentación	T	2,5	h
Velocidad de sedimentación	V _s	0,033	cm/s

Velocidad de sedimentación crítica	V_{sc}	0,02	cm/s
Altura del Sedimentador	H	1,85	m
Longitud del Sedimentador	L	12,60	m
Ancho del Sedimentador	B	3,15	m
Velocidad de escurrimiento	V_h	0,0027	m/s
Velocidad de arrastre de las partículas	V_a	0,2078	m/s
Volumen diario de lodos	V_{1-24h}	21,6	m ³ /s
Altura de la pantalla deflectora	H_f	1,67	m
Velocidad de paso de agua por el deflector	V_c	0,0048	m/s
Numero de orificios para deflector		50	
Diámetro de cada orificio de deflector	φ	0,05	m
Numero de canaletas de salida		2	
Longitud de la canaleta		2	m
Numero de vertederos por canaleta	N_w	14	
Caudal de cada vertedero	Q_w	$0,28 \times 10^{-3}$	m ³ /s

Fuente: Autor

3.3.3 Filtro Lentos con Zeolita

TABLA 3-3
Resultados de los filtros lentos con Zeolita

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Números de Filtros totales	N	2	
Velocidad de Filtración	V_f	0,25	m/h
Longitud	L	15	m
Ancho	B	7,11	m
Altura total	H	1,9	m

Fuente: Autor

TABLA 3-4
Lecho para Filtros Lentos con Zeolita

LECHO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (m)
Zeolita gruesa	3	0,35
Capa de zeolita fina de filtro	0,22	1,40

Fuente: Autor

3.3.4 Cámara de Cloración

TABLA 3-5

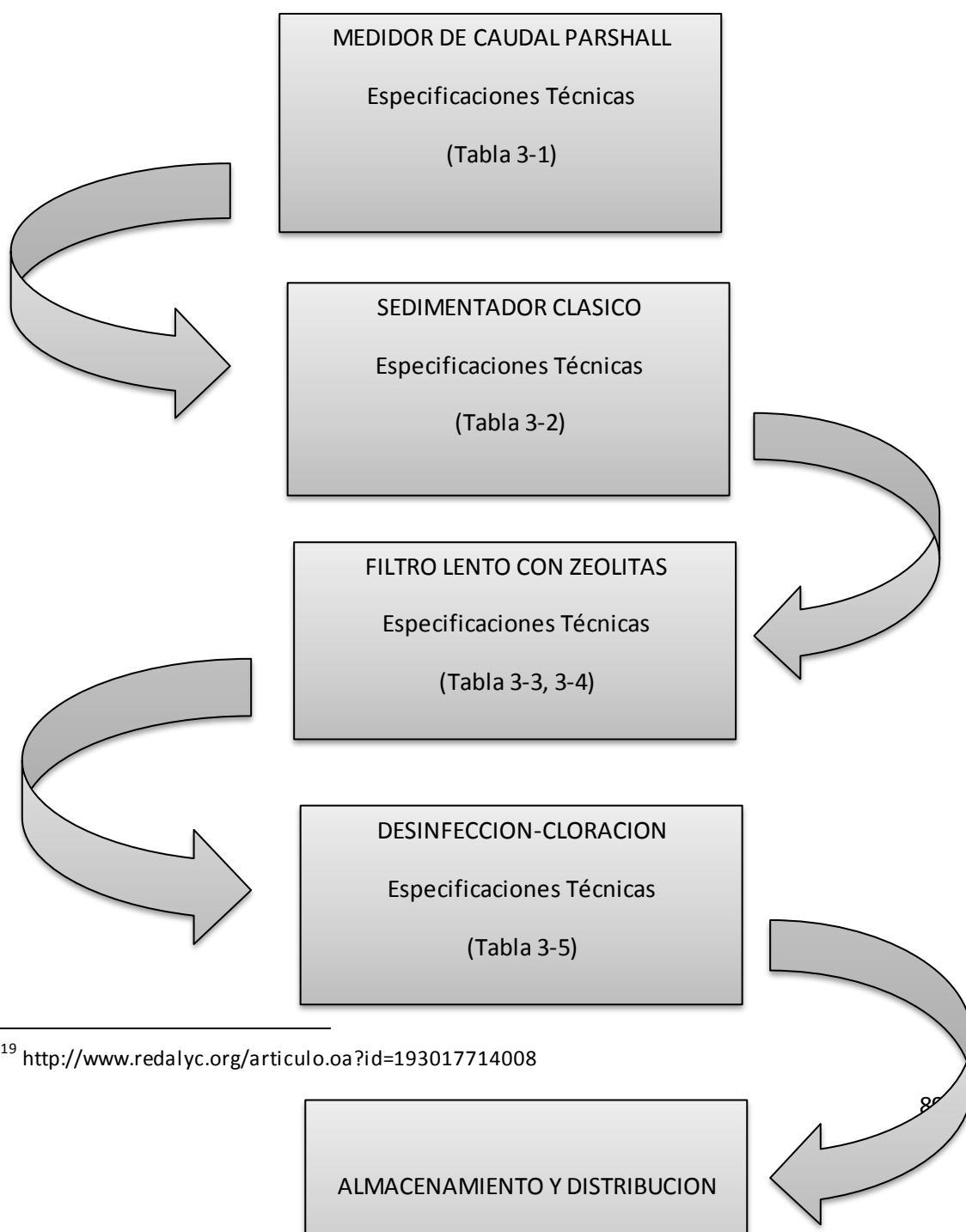
Resultados cámara de cloración

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Volumen del Tanque	V tanque	9,54	m ³
Área	A tanque	6	m ²
Altura	H tanque	1,54	m
Volumen Hipoclorador	V hipoclorado	0,04	m ³

3.4 PROPUESTA

Fundamentados en las caracterizaciones físicas y químicas desarrolladas al agua, proponemos el siguiente diseño de un sistema de tratamiento que puede implementarse en la Parroquia de San Andrés para la potabilización de su Agua.

Se utilizó la zeolita basándonos en estudio realizados principalmente por Odilia Gutiérrez, Idania Scull y A. Oramas Instituto de Ciencia de Cuba. Como lo publica la Revista Cubana de Ciencia Agrícola¹⁹



¹⁹ <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017714008>

3.5 ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.5.1 Caracterización Físicoquímica y Microbiológica

Fundamentados en la caracterización físicoquímica y microbiológica del agua captada tres veces a la semana en un periodo de 1 mes, se encontró parámetros fuera de los límites permisibles según la Norma NET INEN 1108 como se puede observar en la Tabla 2-32, como lo son la dureza, fosfatos y coliformes totales que son característicos de las vertientes naturales.

Mediante esta caracterización consideramos y establecemos que los otros parámetros analizados se encuentran dentro de la normativa para agua potable en todas las etapas analizadas.

Tabla 3-6

Resultados Promedios de la dureza en las etapas de tratamiento

SEMANA	PROMEDIO
1	390,67
2	390,33
3	285,33
4	290

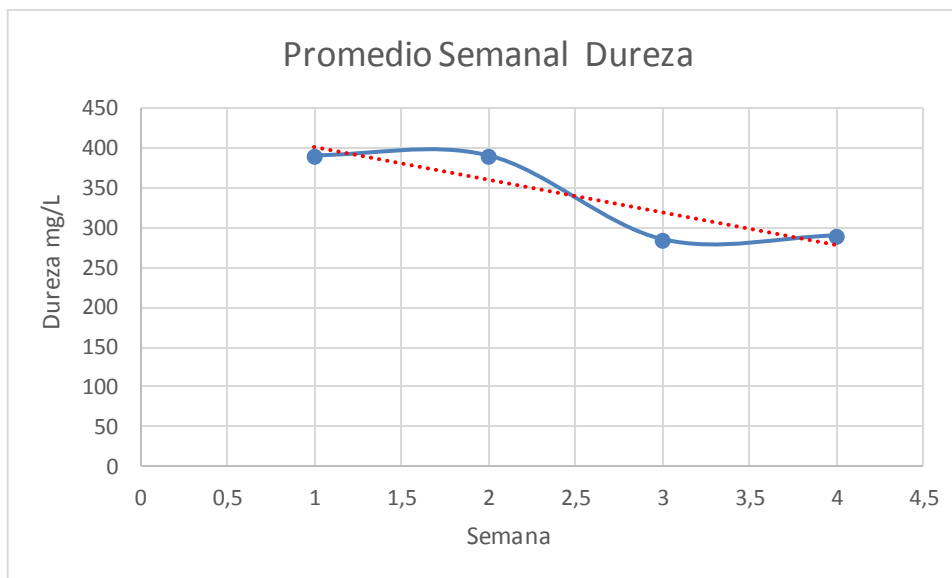


Figura 3-1 Resultados promedio semanal de la dureza

Como podemos Observar en la figura 3-1 el valor de la dureza se encuentra fuera de los límites permisibles (< 200) durante las 4 semanas que se realizó el análisis, además podemos observar que tiende a disminuir su valor comparado con la semana 1 y semana 4 esto se debe a que las muestras fueron tomadas en cada una de las etapas actuales de tratamiento.

Conforme a estos resultados realizaremos pruebas de filtración lenta con zeolitas en el cual se producirá un intercambio iónico disminuyendo estos valores altos de dureza.

Cabe señalar que la zeolita fue activada con cloruro de sodio a diferentes concentraciones hasta encontrar la concentración adecuada.

Tabla 3-7

Resultados Promedios de los Fosfatos en las etapas de tratamiento

SEMANA	PROMEDIO
1	0,69
2	0,53
3	0,65
4	0,67

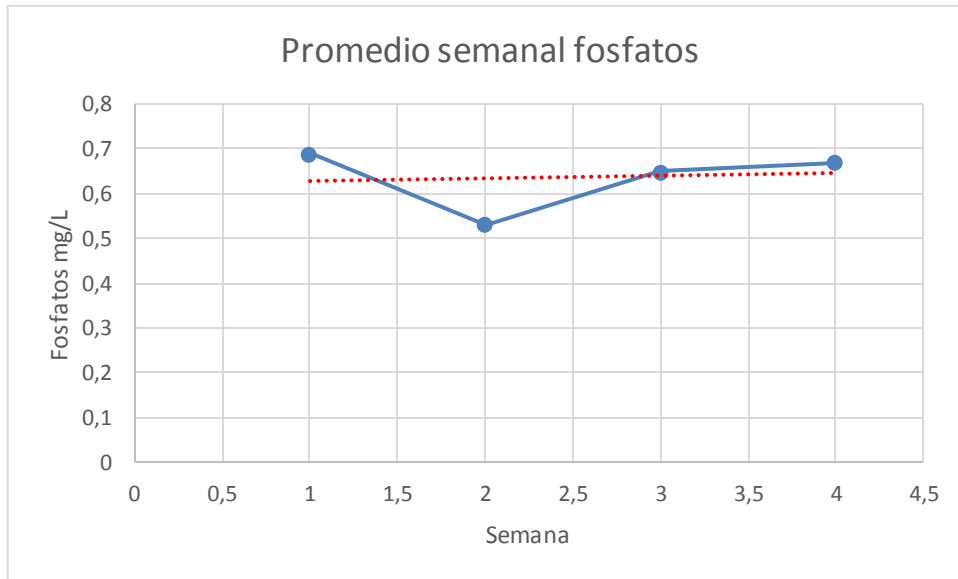


Figura 3-2 Resultados Promedios Semanal de fosfatos

Como podemos observar en la figura 3-2 los parámetros de fosfatos de igual manera se encuentran fuera de los parámetros de la normativa ya que esta establece que la cantidad de fosfatos debe ser menor a 0,30 miligramos por cada litro, la gráfica indica que en las cuatro semanas de análisis realizadas los valores casi son constante únicamente variando en la semana dos ya que en esta podemos decir que se debe a la aireación que existe en el transcurso de la transportación del agua al tanque de almacenamiento.

Como se dijo anteriormente se realizara pruebas de filtración con zeolita la cual bajara de igual forma la dosificación de fosfatos en el agua.

3.5.2 Pruebas de filtración con Zeolitas

TABLA 3-8
Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 5%
Parámetro dureza

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua sin Filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 5%)	DUREZA (Agua Filtrada) mg/L
1	0,050	320	5	340

2	0,050	322	5	346
3	0,050	319	5	345
4	0,050	320	5	340
5	0,050	315	5	342

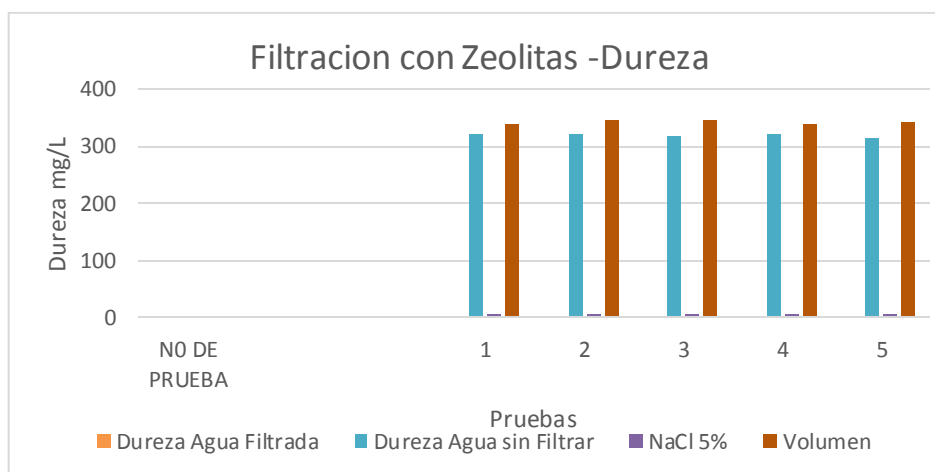


Figura 3-3 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza

Como podemos observar en la Figura 3-3 que el agua tratada a un volumen constante de 0,05 L con zeolita activada al 5 % con NaCl se obtuvieron valores de dureza más altos a comparación del agua sin tratar siendo el valor más alto en la prueba dos que alcanzó una dureza de 346 mg/L, estos resultados aún no son considerables dentro de la norma, lo cual quiere decir que la zeolita no fue activada correctamente ósea la concentración de la solución de NaCl es muy baja.

TABLA 3-9

**Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 5%
Parámetro fosfatos**

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	FOSFATOS (Agua sin filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 5%)	FOSFATOS (Agua Filtrada) mg/L
1	0,050	0,714	5	0,667
2	0,050	0,714	5	0,66
3	0,050	0,714	5	0,67

4	00,50	0,714	5	0,67
5	0,050	0,714	5	0,67

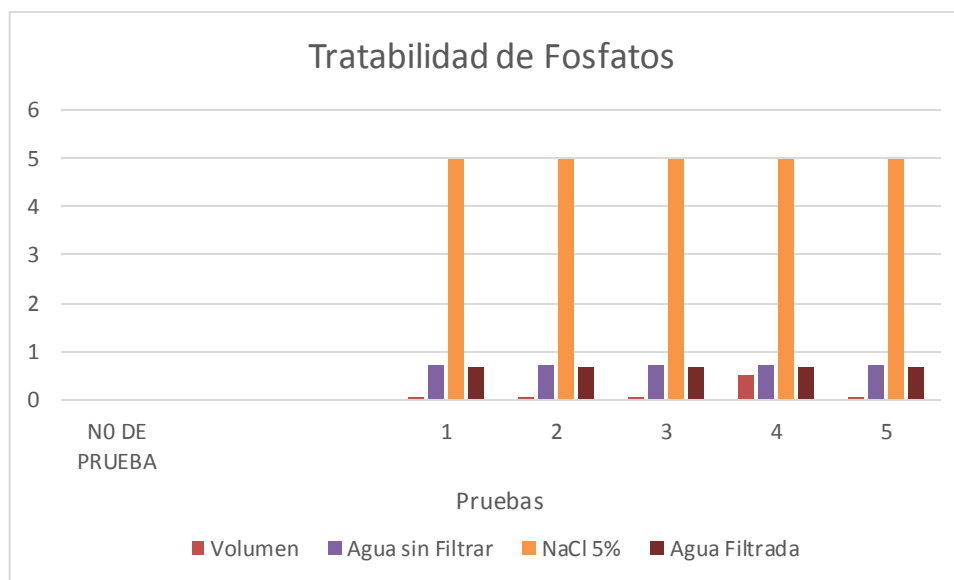


Figura 3-4 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos

En la figura 3-4 podemos observar que el nivel de fosfatos en el agua cruda es constante teniendo un valor de 0,714 mg/L, al momento de filtrar con zeolita activada con NaCl al 5% sus valores tienden a bajar especialmente en la prueba 2 alcanzando un valor de 0,66 mg/L. considerándose aun fuera de los límites de la Norma INEN 1108.

TABLA 3-10
Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 10%

Parámetro dureza

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua Sin filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 10%)	DUREZA (Agua Filtrada) mg/L
1	0,050	320	10	180
2	0,050	322	10	181
3	0,050	319	10	179
4	0,050	320	10	178
5	0,050	315	10	180

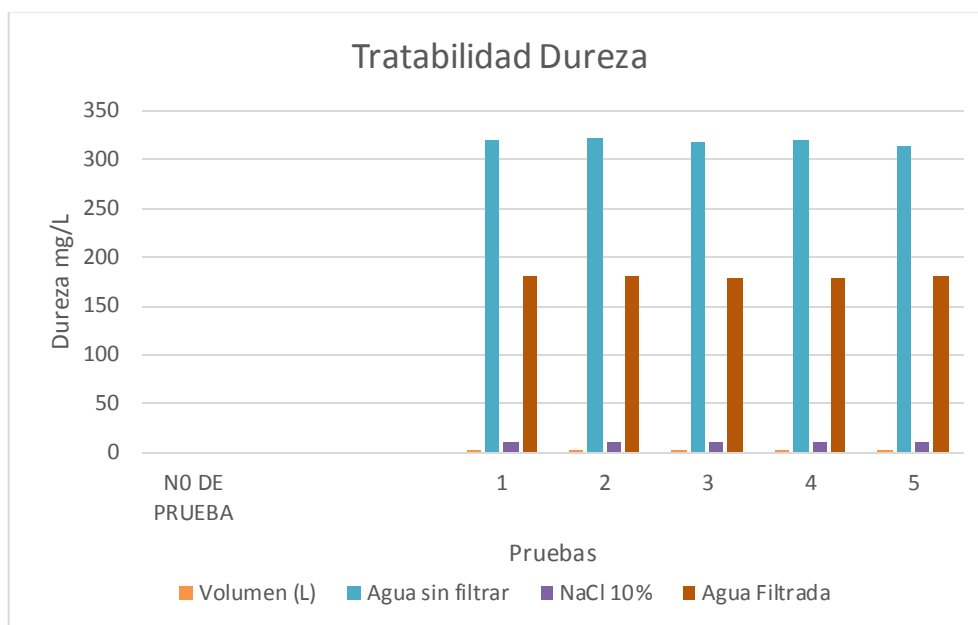


Figura 3-5 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza

Como se puede observar el agua filtrada alcanza un rendimiento considerable al filtrar el agua con zeolita activada con un solución de NaCl a una concentración del 10 % como se establece en el grafico en la prueba 4 que la dureza tiene un valor de 178 mg/L manteniendo el volumen constante, es así que los resultados que presenta la figura 3-5 del agua tratada están ya dentro de los parámetros establecidos de en la Norma INEN 1108, pero para tener un mejor rendimiento realizaremos otra prueba con una solución de NaCl más concentrada.

TABLA 3-11
Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 10%
Parámetro fosfatos

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	FOSFATOS (Agua sin filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 10%)	FOSFATOS (Agua Filtrada) mg/L
1	0,025	0,714	10	0,456
2	0,025	0,714	10	0,455

3	0,025	0,714	10	0,454
4	0,025	0,714	10	0,45
5	0,025	0,714	10	0,45

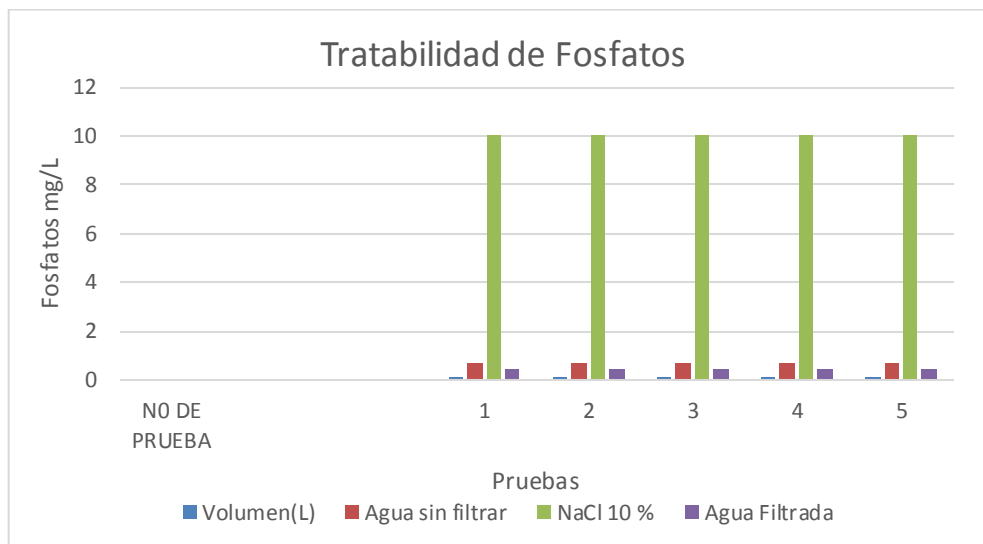


Figura 3-6 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos

En el análisis de los fosfatos podemos darnos cuenta en el gráfico 3-6 que los valores más bajos obtenidos en las pruebas 4 y 5 son de 0,45 mg/L siendo así todavía inadecuados según la Norma INEN 1108, por lo cual se deberá seguir variando la activación de las zeolitas con una concentración mayor en la solución de NaCl.

**TABLA 3-12
Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 15%**

Parámetro dureza

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	DUREZA (Agua sin filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 15%)	DUREZA (Agua Filtrada) mg/L
1	0,050	320	15	72
2	0,050	322	15	80
3	0,050	319	15	64
4	0,050	320	15	68

5	0,050	315	15	48
---	-------	-----	----	----

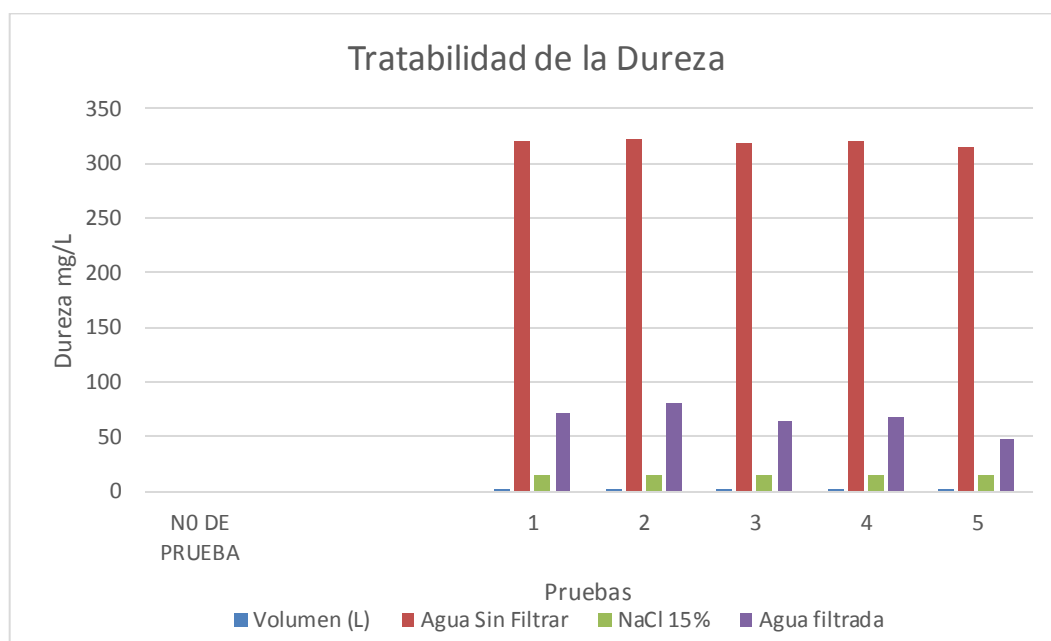


Figura 3-7 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro dureza

En la Figura 3-7 podemos distinguir que con una solución de NaCl al 15% se obtiene un agua filtrada con un valor de 48 mg/L de Dureza que es un valor óptimo y adecuado para el agua potable ya que ese encuentra de las normas establecidas anteriormente.

En general todos los resultados realizados en cada una de las pruebas se pueden considerar para decir que es una agua libre de dureza, esto es libre de calcio y magnesio que son los elementos principales y característicos de la dureza en las aguas.

TABLA 3-13
Pruebas de filtración con zeolitas activadas al 15%
Parámetro fosfatos

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN Litros	FOSFATOS (Agua sin filtrar) mg/L	ZEOLITA (Solución de NaCl 15%)	FOSFATOS (Agua Filtrad) mg/L
1	0,025	0,714	15	0,243

2	0,025	0,714	15	0,242
3	0,025	0,714	15	0,24
4	0,025	0,714	15	0,235
5	0,025	0,714	15	0,234

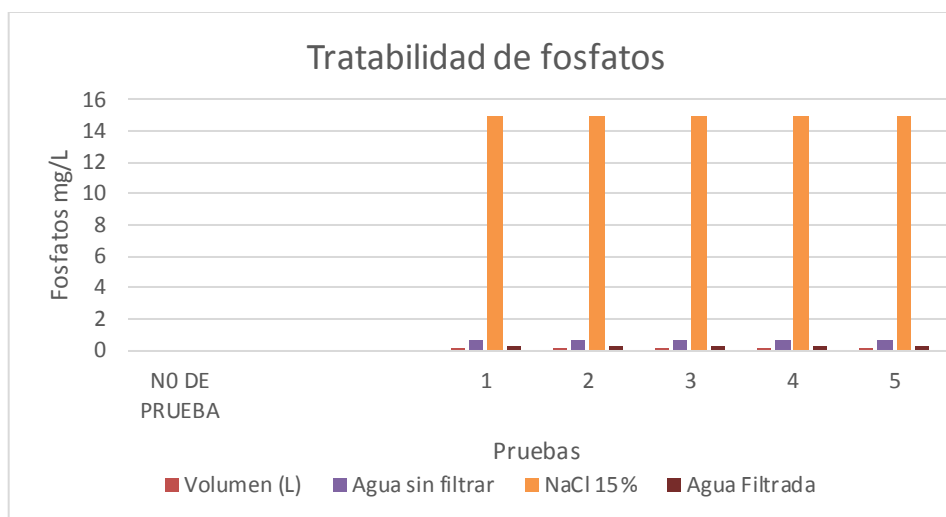


Figura 3-8 Resultados de la Filtración con zeolitas parámetro Fosfatos

De igual manera se nota en la figura 3-8 que el agua ya filtrada alcanza un valor de Fosfatos igual a 0,234 mg/L siendo este en la prueba 5 la más baja, en las demás pruebas los valores también son considerables dentro de los límites, por lo cual se a lo grado bajar el grado de Fosfatos de 0,714 a 0,234 mg/L.

3.5.3 Caracterización fisicoquímica del agua antes y después del tratamiento de potabilización

TABLA 3-14

Caracterización Muestra 1

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1

pH	Unid	6.5-8.5	6.69	6.69
Conductividad	uSiems/cm	<1250	466	466
Turbiedad	UNT	1	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	17.0	17.0
Dureza	mg/L	200	392	48
Calcio	mg/L	70	56	56
Magnesio	mg/L	30-50	36.9	36.9
Alcalinidad	mg/L	250-300	260	260
Bicarbonatos	mg/L	250-300	346.8	346.8
Sulfatos	mg/L	200	151.3	151.3
Amonios	mg/L	<0.50	0.025	0.025
Nitritos	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	<40	2.400	2.400
Hierro	mg/L	0.30	0.045	0.045
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.714	0,234
Solidos Totales	mg/L	1000	564	564
Solidos Disueltos	mg/L	500	288.9	288.9

TABLA 3-15
Caracterización Muestra 5

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADO	
			INICIAL	FINAL
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1

pH	Unid	6.5-8.5	6.69	6.59
Conductividad	uSiems/cm	<1250	466	465
Turbiedad	UNT	1	0.2	0.34
Cloruros	mg/L	250	17.0	21
Dureza	mg/L	200	48	46
Calcio	mg/L	70	56	53
Magnesio	mg/L	30-50	36.9	38.43
Alcalinidad	mg/L	250-300	260	278,4
Bicarbonatos	mg/L	250-300	346.8	298
Sulfatos	mg/L	200	151.3	148,3
Amonios	mg/L	<0.50	0.025	0,023
Nitritos	mg/L	0.01	0.01	0,01
Nitratos	mg/L	<40	2.400	2.23
Hierro	mg/L	0.30	0.045	0,035
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,234	0,211
Solidos Totales	mg/L	1000	564	563
Solidos Disueltos	mg/L	500	288.9	199,35

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Considerando que el sistema de distribución de agua en la parroquia de San Andrés se encuentra en pésimas condiciones se propone un diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua que constara de una infraestructura totalmente nueva que tendrá a su haber 4 etapas principales como es un caudalímetro Parshall a la entrada del sistema de potabilización, 2 sedimentadores clásicos 2 filtros lentos con Zeolita activada que posteriormente pasaran a la desinfección con HTH en pastillas.
- Se planten un plan de muestreo de tipo sistemático simple, las muestras fueron tomadas de la captación de las aguas Subterráneas, del tanque de captación, del tanque de almacenamiento y de un grifo domiciliario durante 4 semanas.
- Mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de vertiente que abastecen el sistema de distribución de agua potable de la parroquia de San Andrés se pudo identificar que el agua presenta problemas de Dureza, Fosfatos y coliformes totales ya que se obtuvieron valores fuera de la Norma INEN 1108, que indica que debe tener un valor de 200mg/L para dureza y 0,3mg/L de Fosfatos para considerarla potable.
- Se realizó pruebas de tratabilidad en el laboratorio, donde se logró reducir la dureza del agua de un valor de 390 mg/L a 48 mg/L de igual manera la cantidad de fosfatos se redujo de 0,69 mg/L a 0,23 mg/L, esto se consiguió filtrando el flujo de agua que sale del Sedimentador con Zeolitas activadas con una solución de NaCl al 15 %,

estos valores ya se encuentran dentro de los límites permisibles que establece la Norma INEN 1108.

➤ Se diseñó un sistema óptimo y adecuado para el tratamiento del agua de vertiente implementando el caudalímetro Parshall que nos permitirá registrar el caudal real a la entrada de la planta de tratamiento como así se implementó un Sedimentador clásico que no ayudara a eliminar en su mayor parte las partículas sólidas y además se planteó un filtro de zeolitas para que se produzca un intercambio iónico reduciendo así la dureza y la presencia de fosfatos en esta agua, después de haber realizado las pruebas de tratabilidad se puede concluir que el sistema de tratamiento que se propone es el adecuado y que se debe implementar.

➤ Con el tratamiento propuesto se espera lograr valores de dureza y fosfatos como se muestran en las tablas 3-14 y 3-15, cumpliendo con los requisitos especificados en la Norma INEN 1108.

Caracterización fisicoquímica del agua antes y después del tratamiento de potabilización

TABLA 3-14

Caracterización Muestra 1

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6.69	6.69
Conductividad	uSiems/cm	<1250	466	466
Turbiedad	UNT	1	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	17.0	17.0
Dureza	mg/L	200	392	48
Calcio	mg/L	70	56	56
Magnesio	mg/L	30-50	36.9	36.9
Alcalinidad	mg/L	250-300	260	260
Bicarbonatos	mg/L	250-300	346.8	346.8
Sulfatos	mg/L	200	151.3	151.3
Amonios	mg/L	<0.50	0.025	0.025
Nitritos	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	<40	2.400	2.400
Hierro	mg/L	0.30	0.045	0.045
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.714	0.234
Solidos Totales	mg/L	1000	564	564

Solidos Disueltos	mg/L	500	288.9	288.9
-------------------	------	-----	-------	-------

TABLA 3-15
Caracterización Muestra 5

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Color	Unid. Co/Pt	<5	1	1
pH	Unid	6.5-8.5	6.69	6.59
Conductividad	uSiems/cm	<1250	466	465
Turbiedad	UNT	1	0.2	0.34
Cloruros	mg/L	250	17.0	21
Dureza	mg/L	200	48	46
Calcio	mg/L	70	56	53
Magnesio	mg/L	30-50	36.9	38.43
Alcalinidad	mg/L	250-300	260	278,4
Bicarbonatos	mg/L	250-300	346.8	298
Sulfatos	mg/L	200	151.3	148,3
Amonios	mg/L	<0.50	0.025	0,023
Nitritos	mg/L	0.01	0.01	0,01
Nitratos	mg/L	<40	2.400	2.23
Hierro	mg/L	0.30	0.045	0,035
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,234	0,211
Solidos Totales	mg/L	1000	564	563

Solidos Disueltos	mg/L	500	288.9	199,35
-------------------	------	-----	-------	--------

4.2 RECOMENDACIONES

Finalizado el estudio se recomienda:

- Aplicar el estudio realizado para mejorar el sistema de tratamiento implementando los procesos de sedimentación y filtración para mejorar la calidad del agua y brindar un mejor servicio a la población de San Andrés.
- Se recomienda además para la activación de las zeolitas hacerlo en un tanque fuera del proceso y con la concentración establecida en el estudio de la solución de NaCl para evitar pérdidas de tiempo y postergaciones en el tratamiento.
- Clasificar adecuadamente la granulometría de las zeolitas naturales.
- Finalmente se recomienda realizar los análisis físicos químicos y microbiológicos periódicamente de las fuentes de captación con la finalidad de obtener una base de datos que nos permita identificar con facilidad la calidad de las aguas.

BIBLIOGRAFÍA:

1. **ARBOLEDA J.,** Teoría y Práctica de Purificación de Agua.,
3ra. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Mc. Graw Hill., 2000., Pp. 163-166
2. **HERNÁNDEZ, A.,** Calidad y Tratamiento del Agua., 5.a. ed., México-
México., Editorial Mc. Graw Hill., 2002., Pp. 325-328
3. **ROJAS, R.,** Guía para la vigilancia de la calidad del Agua para su
Consumo Humano., 1ra. ed., México - México., Editorial CEPIS., 2002.,
Pp. 54-55
4. **ROMERO, J.,** Calidad del Agua., 3ra. Ed., Bogotá- Colombia., Editorial
Escuela Colombia de Ingeniería., 2009., Pp. 273-302.
5. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN),,**
Requisitos para el agua potable, 2da.ed., Quito INEN 2011.(Norma
Técnica Ecuatoriana 108;2011)
6. **CALIDAD DEL AGUA**
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
2013-03-25
7. **CALCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN**
http://prezi.com/iwo_1vi0sxo/ley-de-stokes/?utm_source=website&utm_medium
2013-06-26

8. CRITERIOS DE DISEÑO DE SEDIMENTADORES

<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

2013-05-12

9. CRITERIOS DE DISEÑO DE FILTROS

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/040065/tema2-2.pdf>

2013-06-11

10. DESINFECCIÓN

<http://www.guiambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-desinfeccion-aguas-residuales.html>

2013-07-10

11. MEDIDOR PARSHALL

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

2013- 04-18

12. SISTEMA DE MACROMEDICION

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/dotacionagua/determinaciondeladotaciondeagua.html>

2013-06-15

13. ZEOLITAS

<http://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm#ixzz2a0NeEe1p>

2013-05-22

ANEXOS

ANEXO 1

Determinación del Potencial de Hidrogeno

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La calidad del agua y del pH es a menudo mencionada en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos 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 (H^+) en una sustancia.</p>	<p>Vaso de precipitación de 50 mL.</p>	<p>Soluciones buffer pH 4,7,10</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calibramos pH metro con las soluciones buffer respectivos (pH: 4,7,10) ▪ Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electro. ▪ Realizamos la lectura 	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación del 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 algas, el color amarillo pardo puede ser por presencia de hierro y manganeso, también desechos de cromato dan un color amarillo.</p> <p>Siempre cuando es notable un color significa que el agua es de menor calidad.</p>	<p>-Colorímetro HACH</p> <p>- 2 celdas</p>	<p>Agua destilada</p>	<p>-En una de las celdas colocamos un blanco este caso el agua destilada y en la otra celda colocamos la muestra.</p> <p>-en el equipo colocamos la celda con agua destilada a lado derecho y la muestra en el lado izquierdo.</p> <p>-observamos y vamos comparando el color y verificando el valor que se obtiene.</p>	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de la Turbiedad

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuando mayor es la cantidad de sólidos en suspensión en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez,</p> <p>La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.</p>	<p>-Vaso de precipitación de 50 mL.</p>	<p>Agua destilada</p>	<p>-Encendemos el equipo</p> <p>-calibramos el equipo con el patrón primario de turbiedad.</p> <p>-calibramos con el patrón o solución estándar secundaria.</p> <p>Tomamos una celda y colocamos 10mL de muestra.</p> <p>-nos aseguramos que este bien seca y realizamos la lectura.</p>	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Conductividad

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La medida de la conductividad depende de la actividad y tipos de iones de agua. Por medio de la conductividad conocemos de forma global el grado de mineralización del agua, y podemos detectar infiltraciones de aguas superficiales de mineralización diferente, o detectar la infiltración de aguas contaminadas.</p>	<p>-Vaso de precipitación de 50 mL.</p>	<p>Solución Patrón (100 us/cm, 1000 us/cm).</p>	<p>-Calibramos el equipo con las soluciones patrones respectivos (100 us/cm, 1000 us/cm). -Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electrodo. -Realizamos la lectura.</p>	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de sólidos totales disueltos

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Esta relaciona con la conductividad eléctrica.</p>	<p>-Vaso de precipitación de 50 mL.</p>	<p>Agua destilada</p>	<p>-Calibramos el equipo con las soluciones patrones respectivos (100 us/cm, 1000 us/cm).</p> <p>-Colocamos la muestra de agua problema en un vaso de precipitación y colocamos el electrodo.</p> <p>-Realizamos la lectura.</p>	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Fosfatos

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

STANDARD METHODS

Determinación de Hierro

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

STANDARD METHODS

Determinación de Manganeso

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El magnesio junto al calcio sirven para calibrar la dureza del agua.</p> <p>La cantidad de magnesio depende de los terrenos que el agua atraviesa.</p>	<p>-Dos Erlenmeyer de 250 mL.</p> <p>-Dos pipetas de 10 mL.</p> <p>- Celda de 10 mL.</p>	<p>-Agua destilada</p> <p>-Pan indicador</p> <p>-Solución 0.1%</p> <p>-Solución de Cianuro</p>	<p>-Programamos el equipo para Manganeso que es 290 enter y 560 nm.</p> <p>- En dos Erlenmeyer colocamos 10 mL de blanco y 10 mL de muestra.</p> <p>-Añadimos 15 gotas de solución cianuro y 21 gotas de pan indicador solución al 10 % y agitamos.</p> <p>-Programamos el tiempo de reacción por 2 minutos.</p> <p>- Colocamos el blanco en una celda de 10 mL y procedemos a encerrar el equipo.</p> <p>- Colocamos la muestra problema en la celda.</p> <p>-Realizamos la lectura</p>	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Nitritos

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Son indeseables en aguas potables, algunas aguas debido a terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento, pobres en oxígeno, pueden presentar cierto contenido de nitritos. La presencia de estos puede dar una referencia de contaminación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Dos Erlenmeyer de 250 mL. -Dos pipetas de 10 mL. - Celda de 10 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua destilada - Dos sobres de solución de Nitriver 3 	<ul style="list-style-type: none"> -Programamos el equipo para nitrito que es 371 Enter y 507 nm. - En dos Erlenmeyer colocamos 10 mL de blanco y 10 mL de muestra. -Añadimos los dos sobres de la solución de Nitriver 3 tanto al blanco como a la muestra y agitamos. -Programamos el tiempo de reacción por 20 minutos. - Colocamos el blanco en una celda de 10 mL y procedemos a encerrar el equipo. - Colocamos la muestra problema en la celda. -Realizamos la lectura 	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Nitratos

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Según la Organización Mundial para la Salud considera a los nitratos como uno de los componentes del agua nocivos para la salud, cuando su concentraciones superior a 45 mg/L.</p> <p>Estos pasan de Nitratos a Nitritos en el estómago, luego a la sangre y forman metahemoglobina, disminuyendo la absorción del oxígeno por la sangre llegando producir asfixia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Dos Erlenmeyer de 250 mL. -Dos pipetas de 10 mL. - Celda de 10 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua destilada - Dos sobres de solución de Nitraver 	<ul style="list-style-type: none"> -Programamos el equipo para Nitratos que es 353 Enter y 400 nm. - En dos Erlenmeyer colocamos 10 mL de blanco y 10 mL de muestra. -Añadimos los dos sobres de Nitraver 5 tanto al blanco como a la muestra y agitamos. -Programamos el tiempo de reacción por 1 minutos. - Colocamos el blanco en una celda de 10 mL y procedemos a encerar el equipo. - Colocamos la muestra problema en la celda. -Realizamos la lectura 	<p>Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Nitrógeno- amoniacal

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.</p> <p>En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH.</p> <p>Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado 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"> -Dos Erlenmeyer de 250 mL. -Dos pipetas de 10 mL. - Celda de 25 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua destilada - Mineral Estabilizador -Alcohol -Solución de Nessler 	<ul style="list-style-type: none"> -Programamos el equipo para Nitrogeno Amoniacal que es 380 Enter y 425 nm. - En dos Erlenmeyer colocamos 10 mL de blanco y 10 mL de muestra. -Añadimos al blanco como a la muestra, 3 gotas de mineral estabilizador. - A la solución que tenemos con el estabilizador le añadimos 2 gotas de alcohol y posteriormente 1 mL de la solución de Nessler. -Programamos el tiempo de reacción por 1 minutos. - Ponemos la celda con el blanco en el equipo y encerramos. - Colocamos la muestra problema en la celda. -Realizamos la lectura 	<p style="text-align: center;">Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Fosfatos

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El sulfato (SO₄) se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.</p> <p>Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua.</p> <p>Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H₂S).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Dos Erlenmeyer de 250 mL. -Dos pipetas de 10 mL. - Celda de 10 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua destilada - Dos sobres de Sulfaver 4. 	<ul style="list-style-type: none"> -Programamos el equipo para Sulfatos que es 680 Enter y 450 nm. - En dos Erlenmeyer colocamos 10 mL de blanco y 10 mL de muestra. -Añadimos los sobres de Sulfaver 4 tanto al blanco como a la muestra y agitamos. -Programamos el tiempo de reacción por 5 minutos. - Colocamos el blanco en una celda de 10 mL y procedemos a encerrar el equipo. - Colocamos la muestra problema en la celda. -Realizamos la lectura 	<p style="text-align: center;">Lectura Directa</p>

STANDARD METHODS

Determinación de Calcio

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Normalmente el calcio forma sales generalmente solubles, con aniones como hidrogeno carbonato, sulfato, cloruro y fluoruro. En general, suele ser el catión mayoritario en las aguas. es el quinto elemento y el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Su presencia en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra, caliza, yeso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Bureta -Pipeta de 1mL. -Vaso de precipitación de 250 mL. -Erlenmeyer 	<ul style="list-style-type: none"> -Cianuro de Potasio -Hidróxido de sodio 1 N. -Murexida -EDTA 0.02 M. 	<ul style="list-style-type: none"> -Colocar 25 mL de la Muestra. -Adicionar 1 mL de KCN + 1mL de Na (OH)+ indicador de Murexida. - Titular con EDTA (0.02 M) 	<p>Multiplicar por el factor correspondiente.</p>

STANDARD METHODS

Determinación de la Alcalinidad Total

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos. También se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos, y representa la suma de las bases que pueden ser valoradas. Esta alcalinidad de las agua naturales de debe principalmente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también puede contribuir.</p> <p>Los bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad, puesto que se forman en cantidades considerables por la acción del CO₂ sobre la materia básica del suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Probeta de 50 mL. - Pipeta de 1 mL. - Vaso de precipitación de 250 mL. - Agitador Magnético. -Magnetor 	<ul style="list-style-type: none"> -Muestra Problema. -Anaranjado de Metilo -ácido Sulfúrico 0.02 N. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tomar 50 mL de la muestra. -Agregar 4 gotas de anaranjado de metilo. -Valorar con Ácido Sulfúrico 0,02 N. - Leer el valor de Titulación. 	<p>Militros valorados por 20.</p>

STANDARD METHODS

Determinación de la Dureza Total.

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Probeta de 100 mL. - Pipeta de 1 mL. - Vaso de precipitación de 250 mL. - Agitador Magnético. -Magnetor 	<ul style="list-style-type: none"> -Muestra Problema. -Buffer de dureza -Negro de eriocromo T. - Solución de EDTA. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tomar 50 mL de la muestra. -Adicionar 1 mL de buffer de dureza. -Agregar una pequeña porción de negro de eriocromo T. -Valorar con la solución de EDTA. - Leer el valor de la titulación. 	<p>Militros valorados por 20.</p>

STANDARD METHODS

Determinación del Cloro Residual.

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>es la cantidad de cloro en forma activa que permanece en el agua. El cloro se añade para :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Desinfección ✓ Prevenir la formación de limo y crecimiento de algas. ✓ Control de sabor y olor. ✓ Oxidación de hierro y manganeso ✓ Eliminación de sulfuro de Hidrogeno ✓ Eliminación del color. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipeta de 1 mL. - Celda de 10 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> -Un sobre de DPD cloro libre. -Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> -Programamos el Equipo para Cl₂ que es 80 Enter. - Tomamos una celda y colocamos el blanco que es agua destilada y ponemos en el equipo respectivamente y encerramos. - Votamos el agua del blanco y lavamos la celda con agua destilada. - Colocamos la primera muestra recolectada en la celda respectiva 10 mL. -Colocamos el reactivo DPD CLORO LIBRE. - Colocamos la celda en el espectrofotómetro y dejamos pasar 3 minutos. -Realizamos la lectura. 	<p>Lectura Directa.</p>

STANDARD METHODS

ANEXO 2

Captación y Conducción del agua

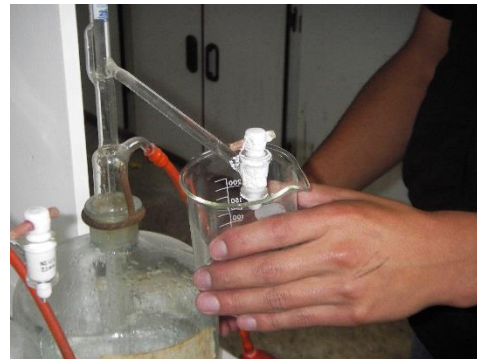


Tanque Recepción, Desinfección y Distribución que existe actualmente



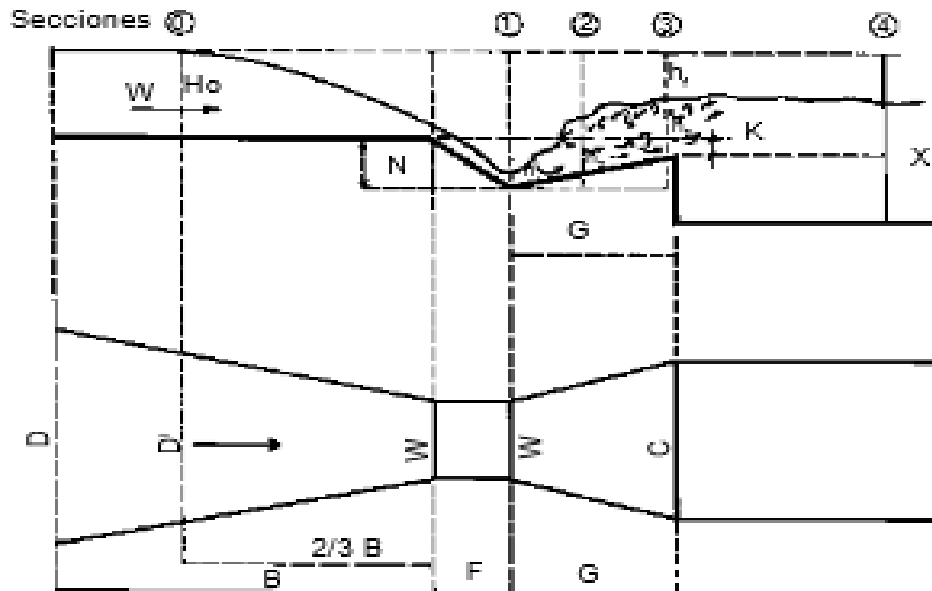
ANEXO 3

Pruebas de tratabilidad



ANEXO 4

Dimensiones Estandarizadas de los medidores Parshall



	W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulgadas	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3

Fuente: CEPIS (1992); Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua.

ANEXO 5

DENSIDAD Y VISCOSIDAD DEL AGUA Calculadas de las tablas "International Critical"

Temperatura °C	Densidad (gr/cm ³)	Viscosidad Cinematica
0	0.99987	1.7923
1	0.99993	1.7321
2	0.99997	1.6741
3	0.99999	1.6193
4	1.00000	1.5676
5	0.99999	1.5188
6	0.99997	1.4726
7	0.99993	1.4288
8	0.99988	1.3874
9	0.99981	1.3479
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.2740
12	0.99952	1.2396
13	0.99940	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457
16	0.99897	1.1168
17	0.99880	1.0888
18	0.99862	1.0618
19	0.99843	1.0356
20	0.99823	1.0105
21	0.99802	0.9863
22	0.99780	0.9629
23	0.99757	0.9403
24	0.99733	0.9186
25	0.99707	0.8975
26	0.99681	0.8774
27	0.99654	0.8581
28	0.99626	0.8394
29	0.99597	0.8214
30	0.99568	0.8039
31	0.99537	0.7870
32	0.99505	0.7708
33	0.99473	0.7551
34	0.99440	0.7398
35	0.99406	0.7251
36	0.99371	0.7109
37	0.99336	0.6971
38	0.99299	0.6839
39	0.99262	0.6711

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978

ANEXO 6

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
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE. REQUISITOS	NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-05
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Agua potable.</i> Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p>3.1.2 <i>Agua cruda.</i> Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p>3.1.3 <i>Límite máximo permitido.</i> 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).</p> <p>3.1.4 <i>UFC/ml.</i> Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p>3.1.5 <i>NMP.</i> Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.</p> <p>3.1.6 <i>mg/l.</i> (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p>3.1.7 <i>Microorganismo patógeno.</i> Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p>3.1.8 <i>Plaguicidas.</i> 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.</p> <p>3.1.9 <i>Desinfección.</i> 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.</p> <p>3.1.10 <i>Subproductos de desinfección.</i> Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p>3.1.11 <i>Cloro residual.</i> Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p> <p>3.1.12 <i>Sistema de abastecimiento de agua potable.</i> El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.</p>		

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
Características físicas		
Color	Unidades de color apurite (PC-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
Inorgánicas		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Artenico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cloruro, Cl ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹¹
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruro	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,005
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitrito, NO ₂	mg/l	50
Nitrato, NO ₃	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

¹¹ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
 * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²¹⁴Pa, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Th, ²¹⁴U, ²¹⁴U, ²¹⁴Pu.
 ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁶Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁴La, ¹³⁷La, ¹³⁷Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Bi.

Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo (a)pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Etileno	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
Di(2-etilhexil) Sebacato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0005
1,2-Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrofluorotico	mg/l	0,2

(Continúa)

Pesticidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,005
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,005
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacoro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00002
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifos	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,2-Dicloropropano	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,005
Endrin	mg/l	0,0005
Terbufosfatina	mg/l	0,007
Clordano	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	0,05
• Cloroforno	mg/l	0,3
Ácido tricloroacético	mg/l	0,2

Clasocistinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR1	mg/l	0,001

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

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales **:	
- Tubos múltiples NMP/100 ml &	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de oocistos/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 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ 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**

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

Guías para la calidad del agua potable 2da. Ed. (Incluido el 1er. Adendum) 2009; 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 Works 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, 2005.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 108 <i>Cuarta revisión</i>	TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS	Código: AL 01.06-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo: 2009-08-28 Oficialización con el Carácter 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:

Dr. Jony Marfillo (Presidencia del SCT)
Dra. Zoila Novillo

UNIVERSIDAD-CENTRAL, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
MIDUVI – 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

Dra. Mónica García

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Ing. Fabián Monge
Ing. Marcelo Carpio

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Carlos Espinosa

MINISTERIO DE SALUD – SISTEMA DE ALIMENTOS

Dr. Edgar Pazmiño

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil

Ing. Yolanda Lam

Quím. Fern. Glomara Quipe

ANIMAPA – ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Ing. Trujano Ramírez

Ing. Laura Ramírez

OPS / OMS ECUADOR

Ing. Viviana Guzmán

SENAGUA

Ing. Adriana Neome

SENAGUA

Ing. Verónica Morales

SENAGUA

Ing. Ramón Morales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Dr. Luis Cacer

INTERAGUA

Ing. Marco Yápez

MIDUVI – SUBSECRETARÍA DE SERVICIOS DOMICILIARIOS DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO Y RESIDUOS SÓLIDOS

Ing. Patricio Viquez

ETAPA - CUENCA

Ing. Carlos Paredes

ECAPAG- GUAYAQUIL

Dr. Hugo Yala

INTERAGUA

Ing. Carlos Valente

EP – EMAPAR

Ing. Alexander Hildebrand

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Quito

Dr. Hernán Roldán

SECRETARÍA DE SALUD MUNICIPIO QUITO

Dra. Jacqueline Arroyo

CONSULTOR – PARTICULAR

Ing. Eduardo Espín

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Dra. Julieta Acuña

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil

Dra. Sofia Laceriaga

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA ECUADOR

Ing. María E. Divalco (Secretaría Técnica)

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

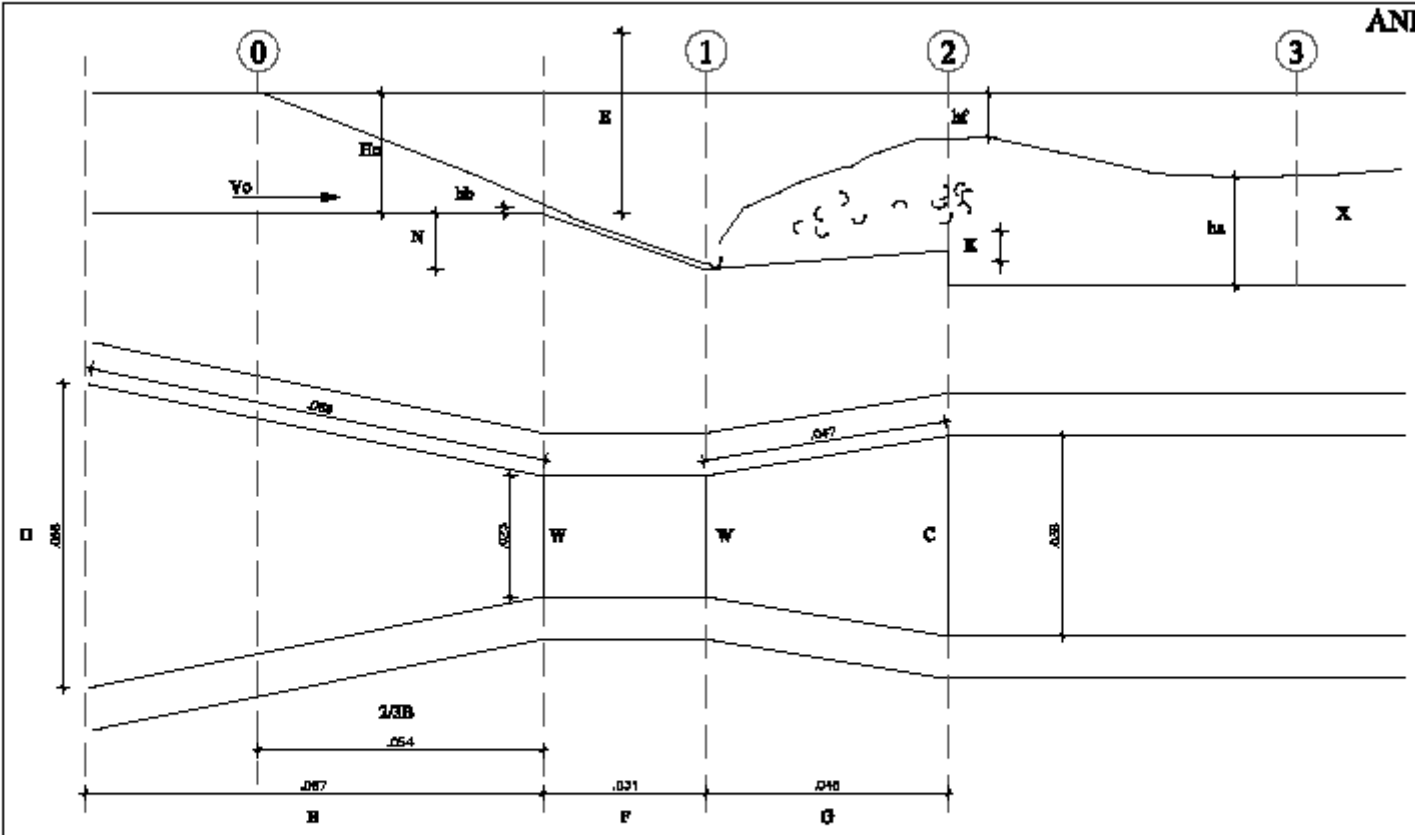
Otros trámites: * La NTE INEN 1 108-2010 (Tercera Revisión), sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

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

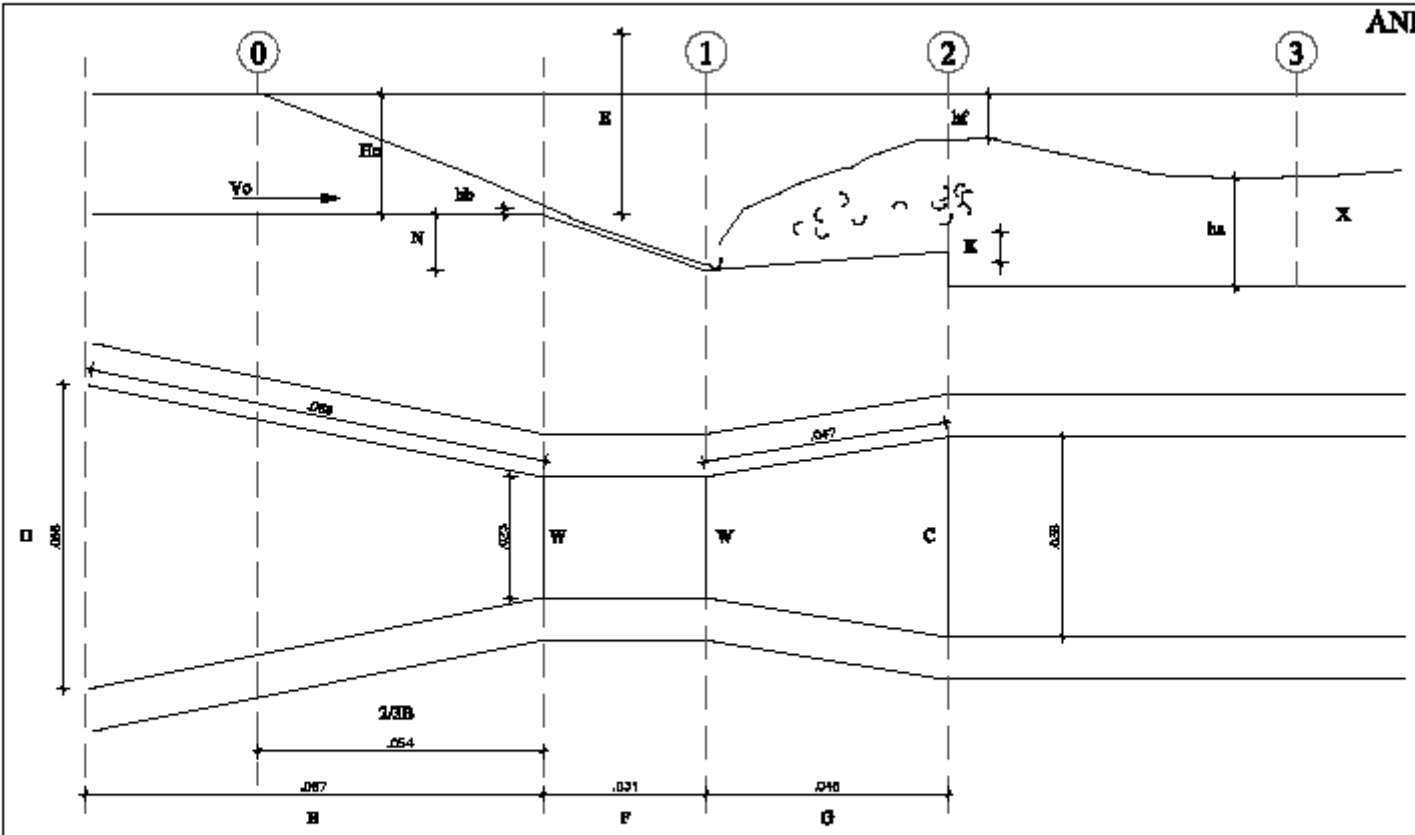
Oficializada como: Voluntaria Per Resolución No. 11 135 de 2011-05-20
Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30

ANEXO B

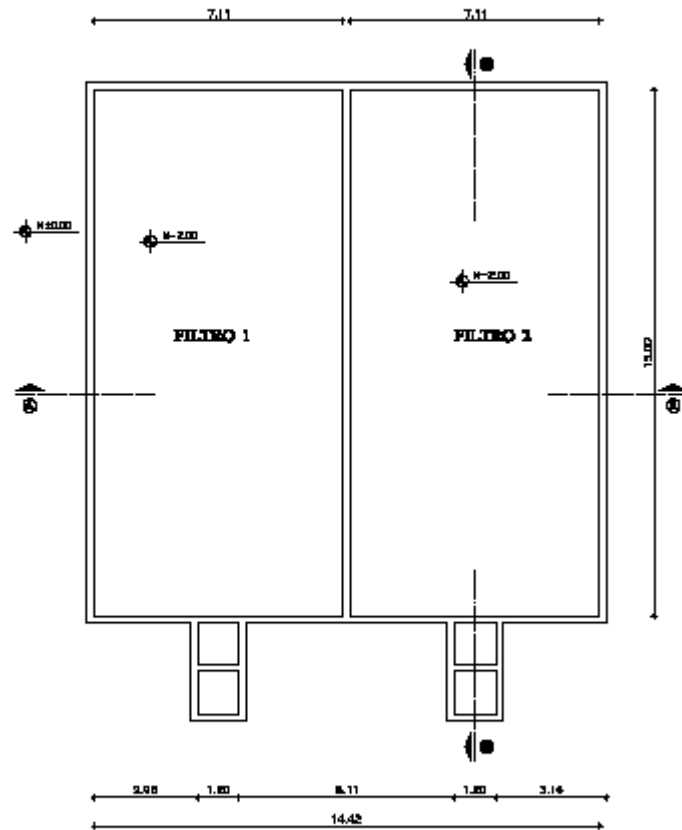


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DEL CANTÓN GUANO		
	NOMBRE: _____ CARRERA: _____ SEMESTRE: _____ INSTITUCIÓN: _____	FECHA: _____ ESCALA: 1:10 INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR: _____

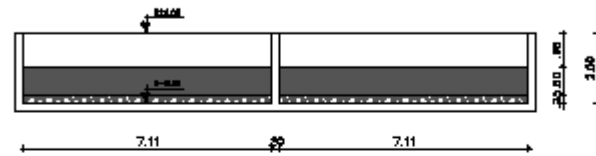
ANEXO B



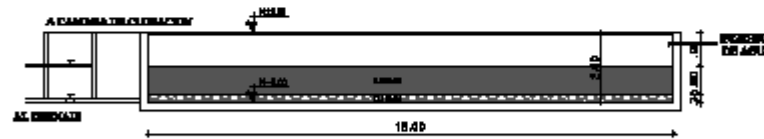
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA DE SAN ANDRÉS DEL CANTÓN OJAIBO		
	NOMBRE: _____ CARRERA: _____ SEMESTRE: _____ FECHA: _____	ESCUELA: _____ CARRERA: _____ SEMESTRE: _____ FECHA: _____
BOULEVARD DE CACERES, PARAGUATA		1:10



PLANTA
ESCALA : 1 : 100



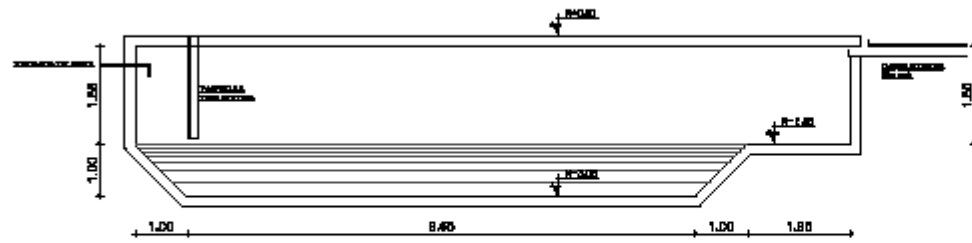
CORTE A - A
ESCALA : 1 : 150



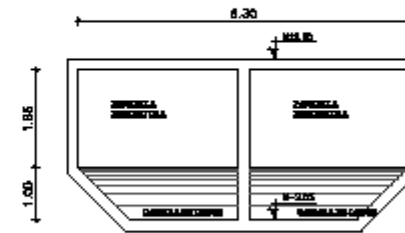
CORTE B - B
ESCALA : 1 : 150

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO			
			
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DEL CANTON SIMON BOLIVAR			
NOMBRE: YANILYERIS YACOVINO BARRERA	CARRERA: INGENIERIA CIVIL	1:150	
TITULO: PROYECTO DE DISEÑO	INSTITUCION: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO		
FECHA DE ENTREGA: _____			

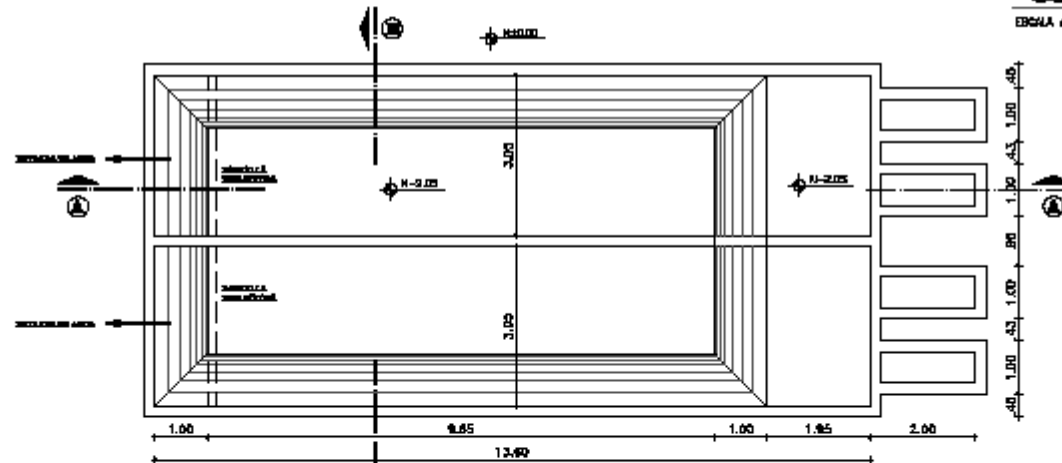
ANEXO C



CORTE A - A
ESCALA : 1 : 100

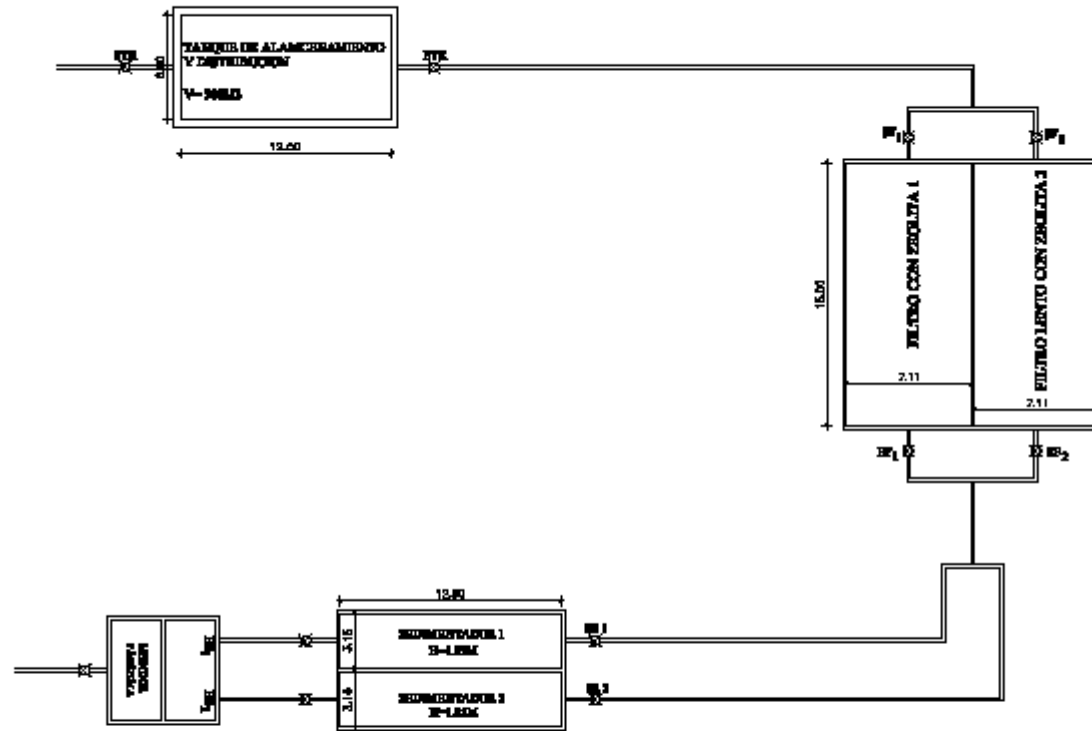


CORTE B - B
ESCALA : 1 : 100



PLANTA
ESCALA : 1 : 100

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO			
ORDEN DE DISEÑO DE TRATAMIENTO PARA LA REESTRUCTURACION DEL AGUAS EN LA FERIA DE LA PAISAJERIA DE SAN ANTONIO DEL CANTON GUAPO			
	PROYECTO	FECHA	1:100
	PROYECTANTE	REVISOR	
AUTOR		REVISOR	
RECOMENDACIONES			



PLANTA DE TRATAMIENTO

ESCALA : 1 : 300

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO		
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE TRATAMIENTO PARA LA PURIFICACION DEL AGUA EN LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DEL CANTON GUAPO		
	FECHA: _____ TITULO: _____ AUTORIA: _____	GRUPO: _____ INSTITUCION: _____ FECHA DE ENTREGA: _____
PLANTA DE TRATAMIENTO		1300

