



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**IDENTIFICACIÓN DEL MAL FUNCIONAMIENTO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE  
POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA POTABLE REGIONAL LOS  
GALTES PARROQUIA MATRIZ, DEL CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO.**

**Autor:**

**CRISTHIAN GUALBERTO QUITO LOGROÑO**

**Director**

**Ing. Jorge Núñez**

**2013**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: IDENTIFICACIÓN DEL MAL FUNCIONAMIENTO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA POTABLE REGIONAL LOS GALTES PARROQUIA MATRIZ, DEL CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE CHIMBORAZO. presentado por: Cristhian Gualberto Quito Logroño, y dirigida por: Ing. Jorge Núñez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Ángel Paredes**

**Presidente del Tribunal**

-----  
**Firma**

**Ing. Jorge Núñez**

**Director de Tesis**

-----  
**Firma**

**Ing. Víctor Velázquez**

**Miembro del Tribunal**

-----  
**Firma**

## **DERECHO DE AUTOR**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Cristhian Gualberto Quito Logroño, e Ing. Jorge Núñez del Proyecto de Investigación; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.

## **DEDICATORIA**

El autor, dedica el presente trabajo de investigación a sus padres y familiares por su apoyo incondicional en todo el proceso educativo.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a través de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, a todos los docentes de la misma por haberme impartido todos los conocimientos que pondré en práctica en mi vida profesional.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Tabla N°</b>		<b>Pag.</b>
1	Mecanismos de transporte producidos en la filtración lenta.	8
2	Esquema Corte longitudinal de un filtro lento en arena.	12
3	Diseños comunes de drenajes inferiores de filtros.	36
4	Aplicación de Variables.	40
5	Ubicación lugar del proyecto	43
6	Sistema actual de agua potable “Galte Yaguachi”.	55
7	Detalle Tanque de Filtración.	58
8	Sistema actual de agua potable “Galte Yanarumi”.	60
9	Detalle Manto Filtrante	85
10	Curva Granulométrica de la Arena existente en el filtro	78
11	Curva Granulométrica de la Grava existente en el filtro	79
12	Detalle Propuesta de Manto Filtrante	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>		<b>Pag</b>
1	Caracterización de la arena.	10
2	Valores de k para dosificación de cloro	14
3	Compuestos que afectan la calidad del agua	16
4	Compuestos Químicos Indicadores de Contaminación	17
5	Tratamiento según Calidad Bacteriológica	17
6	Calidad de agua cruda para tratamiento convencional	20
7	Calidad de agua cruda para tratamiento por desinfección	22
8	Calidad de agua cruda para tratamiento por desinfección	25
9	Clasificación de la Dureza del agua	26
10	Características de la grava para pre filtros horizontales	32
11	Características de grava para pre filtros verticales	32
12	Población Total cantón Guamate	47
13	Indicadores Socio Económicos	49
14	Principales Enfermedades – Parroquia Palmira	50
15	Aforamiento 1 caudal Yaguachi.	63
16	Aforamiento 2 caudal Yaguachi.	64
17	Aforamiento 3 caudal Yaguachi.	64
18	Aforamiento 1 caudal Yanarumi.	65
19	Aforamiento 2 caudal Yanarumi.	66
20	Aforamiento 3 caudal Yanarumi.	66
21	Vida útil de los elementos del sistema de Agua Potable	67
22	Cuadro Resumen Análisis Poblacional	69
23	Dotaciones de agua según población	70
24	Variación de consumo planta Yaguachi	70
25	Cálculo Variaciones de consumo Yaguachi	71
26	Caudales de diseño	71
27	Variación de consumo planta Yanarumi	72
28	Calculo Variaciones de consumo Yanarumi	72
29	Pesos muestra de suelos mínimas para granulometría.	76

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto N°</b>		<b>Pag</b>
1	Tubería HG 4” que llega a la planta desde la captación.	56
2	Tuberías de desfogue en la caja de recolección de agua	56
3	Válvulas reguladoras para el retro lavado	57
4	Distribución de caudales hacia el clorador	57
5	Tanque de cloración manual	57
6	Ingreso de caudal al filtro	58
7	Arena Tanque de Filtración	58
8	Tuberías perforadas al fondo del tanque filtrador	59
9	Vertedero tipo triangular	59
10	Tanque de reserva	59
11	Válvulas reguladoras para la red de distribución y el retro lavado.	60
12	Caja Recolectora de agua	60
13	Tanque de cloración (500 lt)	60
14	Tanque de almacenamiento Yanarumi	61
15	Válvulas reguladoras para la conducción y el retro lavado del tanque de almacenamiento	62
16	Aforo del caudal mediante el método volumétrico	62
17	Aforo caudal Yaguachi.	63
18	Aforo caudal Yanarumi.	65
19	Análisis de agua en el LSA UNACH	73
20	Grava diámetro promedio 16 cm.	74
21	Grava diámetro promedio 7 cm.	74
22	Muestra Grava y Arena ensayo en laboratorio UNACH	75
23	Tanque dosificador que se encuentra totalmente inhabilitado y destruido.	92
24	Tanque filtrador donde se aprecia la tubería que recoge el agua en exceso del tanque filtrador para pasarlo directamente hacia la caja del vertedero	93



25	Tuberías de desfogue que son aprovechadas mediante tubería que conduce hacia el tanque de almacenamiento para la red de distribución.	93
26	Tuberías conectadas en el sistema de desfogue que es conducida al tanque de almacenamiento.	94
27	Tanque dosificador inhabilitado sistema Yanarumi	94
28	Tubería que recoge agua del tanque filtrador sistema Yaguachi	95
29	Arena del tanque filtrador Yaguachi	96
30	Unidad de cloración mal colocado	97
31	Tubería mal perforada sistema Yahuachi	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N°</b>		<b>Pag</b>
1	Planos de diseño	123
2	Especificaciones técnicas	124
3	Manual de Operación y Mantenimiento	125
4	Análisis físico químico del agua	126
5	Fascículo del Inec Población del cantón Guamote	127
	Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 parte 9-1 Norma para estudios y diseños de sistema de agua potable y	
6	disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, Sexta Parte “Potabilización del Agua”	128
	Texto Unificado de la legislación secundaria del Ministerio del	
7	Ambiente TULSMA	129

## RESUMEN

Esta investigación determinó las causas del mal funcionamiento del sistema de potabilización y desinfección de agua potable Regional “Los Galtes”, que se compone de dos sistemas que funcionan por separado, el sistema de Yaguachi el cual abarca 200 conexiones domiciliarias, y el sistema de Yanarumi que abastece a 80 conexiones domiciliarias, estos dos sistemas se encuentran en la Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo.

Sabiendo que la calidad del agua es una variable importante dentro de la salud de sus consumidores, pues esta no se debe dejar pasar por alto, los usuarios del sistema de potabilización “Los Galtes” han reportado denuncias verbales hacia el municipio de Guamote por la no potabilización de esta, razón por la cual, en este estudio se determinó la problemática con la que cuentan las distintas unidades de los dos sistemas, y se hizo un rediseño para que la planta garantice una agua de mejor calidad.

Para lograr con el objetivo se realizó un estudio de calidad de agua en los dos sistemas, esta información fue comparada con los parámetros que establece las normas TULSMA, también se hizo un análisis granulométrico de las arenas y gravas del lecho filtrante, para comparar el coeficiente de uniformidad con lo que establece las normas CPE INEN 5 Parte 9-1 1992, además de esto se realizó un nuevo diseño de todas las unidades de los dos sistemas y se comparó con las que actualmente se encuentran construidas.

Al final de la investigación se determinó que el diseño actual de los dos sistemas no cumplen con lo que establece las normas de Saneamiento Ambiental, además el diseño actual no abastece al caudal que ingresa razón por la cual el agua es desperdiciada en gran cantidad.

## SUMMARY

This investigation determined the cause of the malfunction of water treatment system and drinking water disinfection in "Los Galtes" regional branch which consists in two separate operating systems: the Yaguachi system which covers almost 200 household connections, and the Yanarumi system that supplies to 70 domestic connections, these two systems are in the Palmira parish, Guamote canton, Chimborazo province.

Under the knowledge that water quality is an important variable in the health of its consumers, it should not be ignored, the users in "Los Galtes" purification system have reported verbal denunciations in the municipality of Guamote because the water is not suitable for drinking, for this reason this study determined the problems that the units of both systems have, and a redesign was carried out for the plant to ensure a better quality water.

To accomplish with the objective, the researcher conducted a study of water quality in both systems, this information was compared with the TSULMA standards, a sand and gravel test were also carried out, in order to compare the uniformity coefficient with what is stipulated in the CPE INEN 5 Part 9-1 1992 standards, in addition to this, a redesign of all the units in both systems was carried out and was compared with those which are currently constructed.

At the end of the investigation it was determined that the current design of both systems do not comply with the Environmental Health standards and the present design does not supply the entering volume, for this reason water is wasted in large amounts.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	ii
ÍNDICE DE FOTOS.....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	v
RESUMEN.....	vi
SUMMARY.....	vii

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO .....	4
1.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA CRUDA .....	4
1.3 FILTRACIÓN LENTA DEL AGUA .....	6
1.3.1 MECANISMOS DE LA DESINFECCIÓN MEDIANTE FILTRACIÓN LENTA .....	7
1.3.2 FILTROS LENTOS DE FLUJO DESCENDENTE.....	10
1.4 DESINFECCIÓN.....	12
1.4.1 OXIDACIÓN QUÍMICA (CLORACIÓN) .....	13
1.5 CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO.....	15
1.5.1 CALIDAD DE AGUA CRUDA (FUENTE) .....	15
1.5.2 CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA TRATAMIENTO CONVENCIONAL.....	18
1.5.3 CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA TRATAMIENTO POR DESINFECCIÓN .....	20
1.5.4 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS AGUAS.....	22
1.5.5 COMENTARIOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA .....	30
1.6 AFORACIÓN DE CAUDALES.....	30
1.7 GRANULOMETRÍA.....	31
1.8 SISTEMA DE DRENAJE INFERIOR.....	35
1.8.1 TUBERÍAS EN PLANTAS DE FILTRACIÓN.....	37
<b>2 METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
2.1 TIPO DE ESTUDIO.....	38
2.1.1 MÉTODOS.....	38
2.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.1.3 TIPO DE ESTUDIO.....	38
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	39
2.2.1 POBLACIÓN .....	39
2.2.2 MUESTRA .....	39
2.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	39
2.3 OPERACIÓN APLICACIÓN DE VARIABLES .....	40
2.4 PROCEDIMIENTOS .....	40
2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	41
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
3.1 LÍNEA BASE.....	42

3.1.1	INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO.....	42
3.1.2	DATOS GENERALES.....	42
3.1.3	LOCALIZACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA.....	42
3.1.4	SUPERFICIE ACTUAL Y FUTURA.....	43
3.1.5	CLIMA DE LA ZONA.....	44
3.1.6	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y AMBIENTALES.....	44
3.1.7	TOPOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA.....	46
3.1.8	RIESGOS NATURALES.....	46
3.1.9	POBLACIÓN.....	47
3.1.10	ASPECTOS POLÍTICOS – ADMINISTRATIVOS.....	48
3.1.11	ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS.....	48
3.1.12	SERVICIOS PÚBLICOS EXISTENTES.....	51
3.1.13	GEOLOGÍA.....	52
<b>3.2</b>	<b>RECONOCIMIENTO DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA CONSTRUIDA.....</b>	<b>55</b>
3.2.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE “GALTE YAGUACHI”.....	55
3.2.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE “GALTE YANARUMI”.....	60
<b>3.3</b>	<b>AFORACIÓN DE CAUDALES.....</b>	<b>62</b>
3.3.1	AFORO PLANTA GALTE YAGUACHI.....	62
3.3.2	AFORO PLANTA GALTE YANARUMI.....	65
3.3.3	POBLACIÓN.....	67
3.3.4	DOTACIÓN.....	70
3.3.5	CALIDAD DE AGUA.....	73
3.3.6	VERIFICACIÓN DISEÑO PLANTA YAGUACHI.....	74
3.3.7	VERIFICACIÓN DISEÑO PLANTA YANARUMI.....	88
<b>4</b>	<b>DISCUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>4.1</b>	<b>ANÁLISIS DE AGUAS.....</b>	<b>91</b>
4.1.1	CONCEPCIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE AGUA 1997.....	91
4.1.2	CONCEPCIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE AGUA 2013.....	91
<b>4.2</b>	<b>DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DE LAS PLANTAS.....</b>	<b>92</b>
4.2.1	DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA GALTE YAGUACHI.....	92
4.2.2	DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA GALTE YANARUMI.....	93
<b>4.3</b>	<b>INCONSISTENCIAS ENCONTRADAS EN EL DISEÑO.....</b>	<b>95</b>
4.3.1	PROBLEMÁTICA EN EL SISTEMA ACTUAL “GALTE YAGUACHI”.....	95
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	99
5.2	RECOMENDACIONES.....	101
<b>CAPITULO 6.....</b>		<b>102</b>
<b>6</b>	<b>PROPUESTA.....</b>	<b>102</b>
6.1	Título de la Propuesta.....	102
6.2	Propuesta de Diseño.....	102
<b>CAPITULO 7.....</b>		<b>121</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>
<b>CAPITULO 8.....</b>		<b>122</b>
<b>8</b>	<b>APÉNDICES Y ANEXOS.....</b>	<b>122</b>

## INTRODUCCIÓN

Los pobladores de las Comunidades rurales del sector Galtes: Galte Jatun Loma, Cooperativa Galte Laime, Galte Bisñay, Galte San Juan, Galte Miraloma, Galte Cachi Pata, y Cooperativa Galte Ambrosio Lasso, beneficiarias del Sistema de Agua Potable “Los Galtes” , pues este sistema abarca a dos plantas de tratamiento que son Yaguachi y Yanarumi, ubicada en la parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, en la actualidad consumen agua proveniente del sistema antes mencionado, que cuenta con un sistema de tratamiento y desinfección, que no se encuentra funcionando como estuvo previsto en el estudio realizado por la Municipalidad del Cantón, por lo que el agua después de la potabilización actualmente presenta deficiencias apreciables en los siguientes parámetros físicos: de coloración, turbiedad, sabor y desinfección.

En vista de tal problemática se realizó el diagnóstico de cada una de las unidades de los dos sistemas, y formulo un rediseño de toda la planta debido a que se encontraron fallas de diseño técnico, al encontrarse que el diseño no cumple con lo que establece las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 1 108.

Lo mismo pasa con el agua que al momento las plantas potabilizan, pues estas no cumplen con los requerimientos de calidad de agua que es regulado por las normas TULSMA, recordemos que una agua de menor calidad que lo que establece las normas pueden afectar a la salud de los usuarios.

## **CAPITULO 1**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO**

La Planta Potabilizadoras de Agua para consumo humano, independientemente del sistema de saneamiento elegido, requieren siempre de un paso previo al tratamiento bacteriológico y químico del fluido: La filtración mecánica, que es la retención y consecuente remoción de materiales en partículas, de origen orgánico u inorgánico.

Este proceso es importante para mantener la claridad del agua y reducir la materia orgánica biodegradable (MOB) en el sistema.

Consiste en la remoción de las partículas que se encuentran en el agua en estado coloidal o en solución. Las plantas de este tipo están básicamente constituidas por las unidades de: inyección de químicos (floculantes), y filtros. Recién después de cumplida esta etapa y dependiendo del tipo de contaminante detectado, se procede al tratamiento bacteriológico y remoción de inorgánicos fuera de los parámetros aceptables; sin embargo, el diseño debe ser tal que permita una operación satisfactoria dentro de las condiciones climáticas esperadas.

##### **1.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA CRUDA**

La caracterización del agua cruda debe proveer al diseñador la información suficiente respecto a las Principales características físicas, químicas y bacteriológicas del agua, y respecto a las variaciones de la calidad del agua en el tiempo, principalmente en lo referente a turbiedad, color, alcalinidad, pH y NMP de coliformes fecales por 100 ml de la muestra.

Las muestras tomadas serán analizadas para determinar las características de calidad señaladas por el las Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 226:2000, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras, Con los resultados establecidos se prepararán curvas de frecuencia acumulada de turbiedad, color, alcalinidad, pH y NMP, las



que estudiadas estadísticamente, coadyuvarán posteriormente a la selección del tratamiento apropiado.

Cuando ya existan otras plantas de tratamiento que se aprovisionen de la misma fuente, o se trate del rediseño de una planta existente, se deberá utilizar toda la información disponible tanto del agua cruda como del agua tratada, pudiendo en este caso prescindirse de un nuevo muestreo.

Las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 en sus siguientes literales nos recomienda:

**4.1.7** Los estudios iniciales de caracterización permitirán clasificar las aguas naturales en uno de los siguientes tipos:

- Tipo A: Aguas subterráneas libres de contaminación, y que satisfacen las normas de calidad para agua potable.
- Tipo B: Aguas superficiales provenientes de cuencas protegidas, con características físicas y químicas que satisfacen las normas de calidad para agua potable, y con un NMP medio mensual máximo de 50.
- Tipo C: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que pueden encuadrarse dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no exija coagulación.
- Tipo D: Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, y cuyas características exigen coagulación y los procesos necesarios para cumplir con las normas de calidad para agua potable.
- Tipo E: Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas sujetas a contaminación industrial, y que por tanto exigen métodos especiales de tratamiento para cumplir con las normas de calidad para agua potable.

**4.1.8** Dependiendo del tipo de agua cruda y de las normas de calidad para el agua tratada, se deseleccionarán algunas alternativas de tratamiento enmarcadas dentro del concepto de

tecnología apropiada, para lo cual el diseñador deberá emplear todos sus conocimientos y experiencia para la determinación.

**4.1.9** A partir de los procesos preseleccionados se procederá a realizar pruebas de tratabilidad en laboratorio o estudios en plantas piloto, para definir la factibilidad técnica de las alternativas y para determinar los valores recomendables para los principales parámetros de diseño, con miras a conseguir la máxima eficiencia remocional.

### **1.3 FILTRACIÓN LENTA DEL AGUA**

La filtración lenta en arena (FLA) es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos.

El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, pero si se diseña y opera convenientemente puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua.

Huisman & Wood describieron en 1974 el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior. Durante el día, bajo la influencia de la luz solar, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno.

El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que éstas sean más asimilables por los microorganismos.

En la superficie del medio filtrante se forma una capa constituida por material de origen orgánico, conocida con el nombre de “schmutzdecke” o “piel de filtro”, a través de la cual tiene que pasar el agua antes de llegar al propio medio filtrante. El schmutzdecke o capa biológica está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, como plankton, diatomeas, protozoarios, rotíferas y bacterias.

La acción intensiva de estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Las algas muertas, así como las bacterias vivas del agua cruda son también consumidas en este proceso. Al mismo tiempo que se degradan los compuestos nitrogenados se oxigena el nitrógeno. También se remueve algo de color y una considerable proporción de partículas inertes en suspensión es retenida por cernido. Una vez que el agua pasa a través del schmutzdecke, entra al lecho filtrante y es forzada a atravesarlo en un proceso que normalmente toma varias horas y en el que se desarrollan diversos procesos físicos y biológicos que constituyen el proceso final de purificación.

Un filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante del agua que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades, la metodología de control para los filtros lentos pueden ser bastante sencillos. El flujo influente puede ser medido mediante unos vertederos de corte en V y regulados con válvulas de compuerta o válvulas de corte.

### **1.3.1 MECANISMOS DE LA DESINFECCIÓN MEDIANTE FILTRACIÓN LENTA**

En el proceso de filtración lenta actúan varios fenómenos o mecanismos físicos previos al mecanismo biológico que desinfecta el agua. Estos mecanismos son muy importantes, dado que permiten la concentración y adherencia de las partículas orgánicas al lecho biológico para su biodegradación.

A continuación se describe brevemente la función de cada uno de los mecanismos físicos o de remoción que se producen en la filtración lenta, así como el mecanismo biológico responsable de la desinfección.

*a).- Mecanismos de transporte.*

Esta etapa de remoción básicamente hidráulica ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre la colisión entre las partículas y los granos de arena. Estos mecanismos son: cernido, interceptación, sedimentación, difusión y flujo intersticial.

- **Cernido:** En este mecanismo, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapadas y retenidas en la superficie del medio filtrante.
- **Intercepción:** Mediante este mecanismo las partículas pueden colisionar con los granos de arena.
- **Sedimentación:** Este mecanismo permite que las partículas sean atraídas por la fuerza de gravedad hacia los granos de arena, lo que provoca su colisión. Este fenómeno se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.
- **Difusión:** Se produce cuando la trayectoria de la partícula es modificada por micro variaciones de energía térmica en el agua y los gases disueltos en ella, lo cual puede provocar su colisión con un grano de arena.
- **Flujo intersticial:** Este mecanismo se refiere a las colisiones entre partículas debido a la unión y bifurcación de líneas de flujo que devienen de la tortuosidad de los intersticios del medio filtrante. Este cambio continuo de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión.

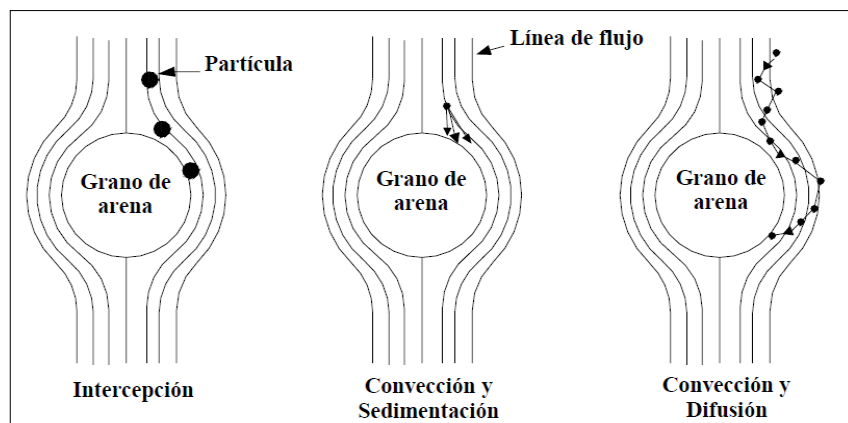


Figura 1. Mecanismos de transporte producidos en la filtración lenta.

Fuente: Rojas, R.; Guevara, S. Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena.

***b).- Mecanismo de adherencia.***

Este mecanismo es el que permite remover las partículas que, mediante los mecanismos arriba descritos, han colisionado con los granos de arena del medio filtrante. La propiedad adherente de los granos de arena es proporcionada por la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas así como por película biológica que crece sobre ellos, y en la que se produce la depredación de los microorganismos patógenos por organismos de mayor tamaño tales como los protozoarios y rotíferas..

***d).- Mecanismo biológico de la desinfección.***

Como se indicó anteriormente, la remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero “sistema de desinfección” se haya producido un schmutzdecke vigoroso y en cantidad suficiente. Solo cuando se ha llegado a ese punto, en la filtración lenta en arena (FLA) podrá operar correctamente. Entonces se dice que el filtro (o el manto) “está maduro”.

Al iniciarse el proceso, las bacterias depredadoras o benéficas transportadas por el agua utilizan como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica y pueden multiplicarse en forma electiva, lo que contribuye a la formación de la película biológica del filtro. Estas bacterias (desasimilación) convierten parte de ésta en material necesario para su crecimiento (asimilación). Así, las sustancias y materia orgánica muerta se convierten en materia viva. Los productos de la desasimilación son llevados por el agua a profundidades mayores y son utilizados por otros organismos.

El contenido bacteriológico está limitado por el contenido de materia orgánica en el agua cruda y es acompañado de un fenómeno de mortalidad concomitante, durante el cual se libera materia orgánica para ser utilizada por las bacterias de las capas más profundas y así sucesivamente. De este modo, la materia orgánica degradable presente en el agua cruda se descompone gradualmente en agua, dióxido de carbono y sales relativamente inocuas, como sulfatos, nitratos y fosfatos (proceso de mineralización), los cuales son descargados en el efluente de los filtros. La actividad bacteriológica descrita es más pronunciada en la parte superior del lecho filtrante y decrece gradualmente con la profundidad y la disponibilidad de alimento.

Cuando se limpian las capas superiores del filtro se remueven las bacterias, siendo necesario un nuevo período de maduración del filtro hasta que se logre desarrollar la actividad bacteriológica necesaria. A partir de 0,30 a 0,50 m de profundidad, la actividad bacteriológica disminuye o se anula (dependiendo de la velocidad de filtración); en cambio, se producen reacciones bioquímicas que convierten a los productos de degradación microbológica (como aminoácidos) en amoníaco y a los nitritos en nitratos (nitrificación). Como el rendimiento del filtro lento depende principalmente del proceso biológico, mientras la capa biológica está desarrollándose, la eficiencia es baja y no debe considerarse la filtración lenta en arena (FLA) como un eliminador de materia orgánica, sino como un mejorador de la calidad del agua.

### 1.3.2 FILTROS LENTOS DE FLUJO DESCENDENTE

Consisten en un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, un lecho de arena filtrante, un sistema de drenaje para recolección del agua tratada, y un juego de dispositivos para regulación y control del filtro. El proceso de purificación del agua es biológico, y se produce fundamentalmente en una capa de lodo biológico que se forma en la superficie de la arena.

Tomando en cuenta las recomendaciones de las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 relacionado con Filtros lentos convencionales en literal 5.9.2.1 tenemos:

- a) El lecho filtrante será una capa de 1 m a 1,4 m de arena, apoyada sobre grava, con las características que se indican a continuación:

**Características de la arena**

Tamaño afectivo	0,15 a 0,35 mm
Coefficiente de uniformidad	1,5 a 2. máximo 3
Dureza	7 (escala de Möhr)
Solubilidad al HCl	<5%

Tabla 1. Caracterización de la arena.

Fuente: Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 literal 5.9.2.1 Tabla 5

- b) La capa de agua sobre nadante tendrá una altura de 1 m a 1,5 m, y se dejará un borde libre de 0,2 m a 0,3 m en la caja del filtro.
- c) La velocidad de filtración deberá ser de 0,1 m/h a 0,2 m/h.
- d) Se usará un mínimo de dos unidades dimensionadas para que cada una pueda trabajar al 65% del caudal total de diseño.
- e) Los sistemas de drenaje podrán estar constituidos por losetas prefabricadas de hormigón, ladrillos y bloques de hormigón poroso, por tubos perforados y por grava gruesa. En caso de utilizarse tuberías con perforaciones, la velocidad del líquido dentro de ellas no excederá 0,3 m/s; el espaciamiento entre laterales será de 1 m a 2 m; el diámetro de los orificios será tal que permita la entrada del caudal correspondiente al caudal de servicio de cada lateral y generalmente oscilará entre 2 mm y 4 mm; el espaciamiento entre los orificios generalmente variará entre 0,1 m y 0,3 m. Las tuberías irán embebidas dentro de una capa de grava de 0,15 m de espesor, con partículas de 25 mm a 50 mm de diámetro. Cuando se utiliza grava como sistema de drenaje, la altura de la capa es alrededor de 0,15 m, formada por partículas de 40 mm a 100 mm de diámetro; el área máxima de lecho filtrante servida por un drenaje de grava será de 25 m<sup>2</sup>.
- f) Sistemas de control. Los filtros lentos pueden operarse a tasa constante o a tasa variable. Para este efecto deberán diseñarse las estructuras de entrada y de salida de modo que permitan operar el filtro en cualquiera de las dos modalidades.
- g) La estructura de entrada se diseñará de modo que se cumplan las siguientes condiciones:
- Se produzca una distribución uniforme del líquido sobre toda la superficie del filtro.;
  - Se impida la destrucción de la capa biológica;
  - Se pueda drenar rápidamente la capa de agua sobre nadante, cuando se desee hacer la limpieza del filtro;
  - Se pueda interrumpir totalmente la entrada de agua al filtro.
- h) La estructura de salida se diseñará de modo que se cumplan las siguientes condiciones:

- Se impida la posibilidad de presiones negativas en el lecho filtrante;
  - Se pueda medir el caudal producido por el filtro;
  - Se pueda controlar la tasa de filtración si así se desea;
  - Se pueda cerrar el filtro y drenarlo.
- i) Para facilitar la operación y mantenimiento de la unidad, se preverá la instalación de tuberías de interconexión entre filtros; la construcción de un bordillo perimetral para evitar cortocircuitos; y, el uso de cubiertas en climas rigurosos para evitar el excesivo crecimiento de algas.
- j) Estos filtros por lo general se diseñan para mantener el nivel de agua constante.

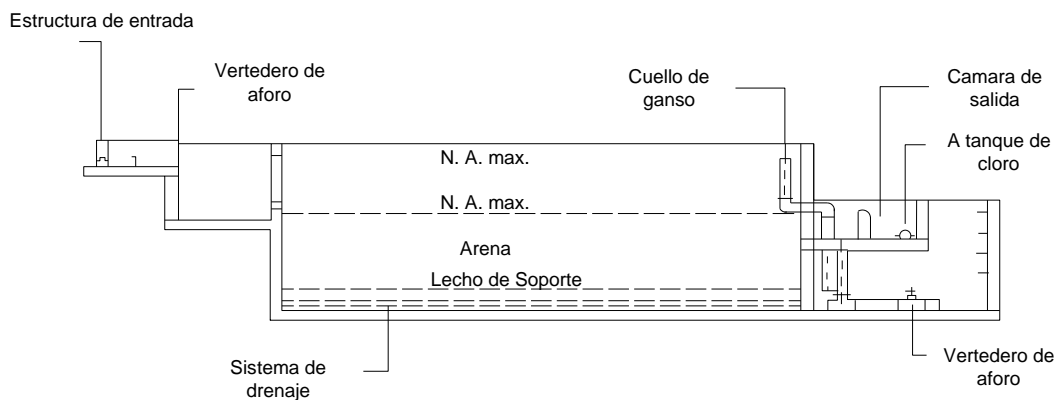


Figura 2. Esquema Corte longitudinal de un filtro lento en arena.

Fuente: Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas organización panamericana de la salud Lima, 2005

## 1.4 DESINFECCIÓN

El objetivo de la desinfección del agua es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades, tales como bacterias, protozoarios, virus y nemátodos. Todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano debe ser desinfectado adecuadamente.

Se conocen varios métodos de desinfección del agua potable, tales como:



- Oxidación química con sustancias tales como cloro, bromo, yodo, ozono, dióxido de cloro, permanganato de potasio y compuestos órgano halogenados;
- Tratamiento físico mediante aplicación de calor.
- Irradiación por luz ultravioleta;
- Aplicación de iones metálicos tales como cobre y plata;
- Ajuste del pH con ácidos y bases fuertes;
- Aplicación de agentes superficiales activos tales como los compuestos cuaternarios de amonio.

#### **1.4.1 OXIDACIÓN QUÍMICA (CLORACIÓN)**

En plantas de pequeña capacidad y, a veces en plantas de tamaño mediano, se puede utilizar hipoclorito de calcio o de sodio para la desinfección del agua. El hipoclorito de calcio se usa cuando el agua es deficiente en alcalinidad y dureza, por cuanto contiene del 3% al 5% de cal. Puede utilizarse en forma granular o en tabletas, las cuales proveen una fuente estable de cloro por 18 h a 24 h, y se disuelven más lentamente que los granos. El hipoclorito de sodio se comercializa en forma líquida, es inestable, se deteriora más rápidamente que el hipoclorito de calcio y requiere mayor cuidado en su manejo, pero puede resultar más económico.

El hipoclorito de calcio o sodio se dosifica en pequeños tanques prefabricados que disponen de un sistema muy simple de orificio calibrado con carga constante, que puede regularse manualmente. Una o dos veces al día se prepara a mano la solución, de acuerdo a la dosis de cloro adoptada y al caudal de la planta. El volumen del tanque de solución se determina en función de la capacidad de la planta, la dosis de cloro aceptada y la concentración de la solución, y debe tener una capacidad mínima para 12 h de operación.

En plantas de capacidad media y en algunas pequeñas, se pueden construir tanques de dosificación de hormigón, que tendrán un sistema de orificio de carga constante como el de los hipocloradores y que permitirán la agitación manual o mecánica de la solución

El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias IEOS en su capítulo **5.17.6** relacionado a los Dosificadores de productos químicos nos dice:

- a) Los aparatos de dosificación química o dosificadores, tienen por objeto aplicar las sustancias químicas en las dosis recomendadas inicialmente por las pruebas de laboratorio y en aquellas que pueden indicar posteriormente los resultados de operación de la planta.

La dosis óptima de cloro a aplicar depende del tiempo de retención en el sistema, del tipo de compuesto de cloro que se utiliza, de la clase de desinfectante que se forma en el agua en función de su temperatura, Ph, contenido de nitrógeno y de materia orgánica. Se puede calcular la dosis aproximada de cloro libre requerido mediante el CPE INEN 5 Parte 9-1 literal 5.10.1.1 en la siguiente expresión:

$$C = (k/t)^{1/0,86}$$

**En donde:**

**C** = concentración de cloro libre mg/l

**k** = constante que se puede ver en tablas

**t** = tiempo de contacto, min.

#### Valores de k

ORGANISMO ÍNDICE	DESINFECTANTE		
	HOCl	OCl <sup>-</sup>	NH <sub>2</sub> Cl
Escherichia coli	0,24	15,6	66
Virus de poliomielitis	1,2	---	---
Virus coxsackie A2	6,3	---	---

Tabla 2. Valores de k para dosificación de cloro, para n = 0,86

Fuente: Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 literal 5.10.1.1 Tabla 12

Un criterio usualmente utilizado es agregar suficiente cantidad de cloro al agua como para conseguir que en cualquier punto de la red de distribución se encuentre un residual de 0,1 mg/l a 0,5 mg/l.

La concentración máxima de hipoclorito de calcio en la solución será del 10%.

El hipoclorito de sodio puede ser dosificado directamente del recipiente en que es transportado.

## **1.5 CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO**

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

### **1.5.1 CALIDAD DE AGUA CRUDA (FUENTE)**

Basados en las Normas de Diseño de la TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) se han definido los siguientes requisitos de calidad:

#### **1.5.1.1 CALIDAD FÍSICA**

El valor máximo de color se fija en 20 unidades de color, una cifra menor señala una calidad aceptable para tratamiento, si se sobrepasa dicho valor se prevé un o un tratamiento convencional, y si sobrepasa las 100 unidades de color, puede ser necesario de tratamiento especial para que el agua satisfaga las normas de agua potable

#### **1.5.1.2 CALIDAD QUÍMICA**

Los compuestos químicos presentes en el agua se dividen en 4 grupos expresados en las tablas siguientes:

**COMPUESTOS QUE AFECTAN LA POTABILIDAD**

SUBSTANCIA	TRATAMIENTO CONVENCIONAL	TRATAMIENTO SOLO CON DESAFECCIÓN
	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)
Sólidos totales	1000	500
Hierro	1,0	0,3
Manganeso	0,1	0,1
Cobre	1	1
Zinc	5	5
Sulfatos	400	250

**COMPUESTOS PELIGROSOS PARA LA SALUD**

SUBSTANCIA	TRATAMIENTO CONVENCIONAL	TRATAMIENTO SOLO CON DESAFECCIÓN
	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)
Nitratos	10	10
Fluoruros	1,5	menor a 1,4

**COMPUESTOS TÓXICOS INDESEABLES**

SUBSTANCIA	TRATAMIENTO CONVENCIONAL	TRATAMIENTO SOLO CON DESAFECCIÓN
	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)
Compuestos Revólicos	0,002	0,002
Arsénico	0,05	0,05
Cadmio	0,01	0,001
Cromo Hexavalente	0,05	0,05
Cianuro	0,1	0,01
Plomo	0,05	0,05
Selenio	0,01	0,01

Tabla 3. Compuestos que afectan la calidad del agua  
Fuente: Normas TULSMA

### COMPUESTOS QUÍMICOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

SUBSTANCIA	TRATAMIENTO CONVENCIONAL	TRATAMIENTO SOLO CON DESINFECCIÓN
	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE (mg/l)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Demanda Química de Oxígeno	10	10
Amoniaco	1	1
Grasas Aceites	0,3	0,3

Tabla 4. Compuestos Químicos Indicadores de Contaminación  
Fuente: Normas TULSMA

#### 1.5.1.3 CALIDAD BACTERIOLÓGICA

CLASIFICACIÓN	NMP/100 DE BACTERIAS COLIFORMES (*)
a) Exige solo tratamiento de desinfección	0 - 50
b) Exige métodos convencionales de tratamiento	50 – 5.000
c) Contaminación intensa. Obliga a tratamiento más activo	5.000 – 50.000
d) Contaminación muy intensa. Hace inaceptable el agua, requiere de tratamientos especiales, la fuente se utiliza en casos extremos.	Más de 50.000

Tabla 5. Tratamiento según Calidad Bacteriológica  
Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1 1992

(\*) Cuando se observa que más del 40 % de las bacterias coliformes representados por el índice NMP pertenecen al grupo coliforme fecal, habrá que incluir la fuente de agua en la categoría próxima superior respecto al tratamiento próximo.

#### 1.5.1.4 CALIDAD BIOLÓGICA

La fuente de agua no debe contener organismos patógenos tales como:

**Protozoarios:** Entamoeba histolitica, Giardia, Balantidium Coli.

**Helmintos:** Ascaris, lumbricoide, Trichuris, Trichuria, Strongloides, stercoralis, Ancylostoma duodenale, Dracunculus medinensis, Shistosoma mansoni.

### 1.5.1.5 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

	<b>Máximo</b>
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2 *
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2 *
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

### 1.5.2 CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Según la Norma TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) los Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional son:

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2,0

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	ma/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural 0-3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5
<b>*Productos para la desinfección</b>		mg/l	0,1
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>			
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1000
Xilenos (totales)		µg/l	10000
Pesticidas y herbicidas			

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>
Carbanatos totales	Concentración de carbanatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados		µg/l	
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexacloro benceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Tabla 6. Calidad de agua cruda para tratamiento convencional

Fuente: Norma TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)

### **1.5.3 CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA TRATAMIENTO POR DESINFECCIÓN**

Según la Norma TULSMA Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación:



Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			<b>Ausencia</b>
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	PH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
<b>Pesticidas y Herbicidas</b>			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbonatos	Concentración de organofosforados y carbonatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
<b>Compuestos Halogenados</b>			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Nota:

\*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Tabla 7. Calidad de agua cruda para tratamiento por desinfección

Fuente: Norma TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)

#### 1.5.4 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS AGUAS

El agua es el elemento básico de todo ser viviente, de manera especial en el hombre, donde la salud se ve afectada positiva o negativamente por la calidad del agua que consume; en razón, que el agua al ponerse en contacto con el medio ambiente natural o modificado por el hombre se vuelve peligrosa, causando enfermedades e inclusive la muerte.

El aspecto del agua no es condición suficiente para conocer si es apropiada para el consumo humano, ya que puede contener sales o elementos químicos nocivos que pueden actuar como venenos, así como puede existir la presencia de bacterias y virus que causan enfermedades.

A continuación se presenta un breve resumen de carácter informativo referente a las principales características físico – químicas y bacteriológicos presentes en las aguas y sus efectos sobre la salud de los seres humanos.

#### **1.5.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA**

Las características físicas son las que impresionan a los sentidos del consumidor, desde el punto de vista estético, entre estas se cuentan las siguientes:

##### ***TURBIEDAD***

Se define como la dificultad que tiene el agua para permitir el paso de la luz, debido a la presencia de sustancias en suspensión que impiden la transparencia del agua. Existen dos tipos de turbiedad: Mineral y Orgánica.

La turbiedad **Mineral** es producida por minerales en suspensión que se hallan presentes en el agua.

La turbiedad **Orgánica** es producida por materia orgánica que se encuentra en el agua.

El contenido de turbiedad en el agua varía según la época del año, es baja en la época de estiaje, mientras que en invierno se tienen valores altos de turbiedad, debido al arrastre de sólidos por efecto de la escorrentía pluvial de las áreas aportantes.

##### ***COLOR***

Se define como la propiedad de las aguas para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color se debe a sustancias orgánicas y minerales en solución, las sustancias en suspensión también dan apariencia de color; razón por la cual se presentan dos tipos de color:

**Aparente:** que se debe a sustancias tanto en solución como en suspensión

**Verdadero:** Debido a sustancias en solución.

A igual que la turbiedad, este valor es alto durante las precipitaciones y bajo durante la etapa de estiaje.

## ***OLOR Y SABOR***

Características debidas a la presencia de sustancias contaminantes, como son las sustancias orgánicas, aunque también existen sustancias minerales que producen olores y sabores desagradables en el agua. La contaminación de las aguas puede ser de origen natural o como producto de la actividad humana lo que trae como consecuencia la producción de olores y sabores.

Entre los contaminantes naturales más poderosos, tenemos la proliferación de algas en el agua superficial; estas están expuestas a los rayos solares, en presencia de CO<sub>2</sub> y sales minerales, proliferan en mayor cantidad dando como resultado en color aparente del agua y la producción de olor y sabor desagradable.

En cuanto a los productos contaminantes provenientes de la actividad humana tenemos: los compuestos nitrogenados y sulfatos, que están presentes en desechos domésticos e industriales; estos desechos por la acción de las bacterias se descomponen y producen olores desagradables fácilmente perceptibles por el ser humano.

## ***TEMPERATURA***

La temperatura del agua debe ser inferior a la del medio ambiente.

### **1.5.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA**

Son aquellas que determinan la presencia de elementos químicos en mayor o menor grado y cuya acción puede ser beneficiosa o perjudicial al hombre, las principales de las cuales se detallan a continuación:

#### ***POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)***

Es la media de la concentración de los iones activos presentes en una solución, si la medida de la actividad es el ion Hidrogeno, en esto caso tenemos medida de Acidez; en cambio si medimos la concentración de iones oxidrilo tenemos la basicidad o alcalinidad. El valor del PH varia de 1 a 14, estableciéndose tres zonas tal como se detalla a continuación:

<b>PH</b>	<b>ZONA</b>
1 – 3	fuertemente acida
4 – 7	Débilmente acida
= 7	Neutra
8 – 11	Débilmente básica
12 – 14	Fuertemente básica

Tabla 8. Calidad de agua cruda para tratamiento por desinfección  
Fuente: Purificación del agua Jairo Alberto Romero Rojas

### ***ALCALINIDAD***

Es la medida de la capacidad de las aguas para neutralizar los ácidos; en aguas naturales se debe principalmente a la presencia de ácidos débiles como el ácido acético, lumínico, borácicos, silicatos, fosfatos que contribuyen a la producción de la alcalinidad total en pequeñas proporciones. Pero la alcalinidad total se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales están asociados con valores altos de PH y con menos frecuencia a la presencia de silicatos y fosfatos.

En aguas naturales, la alcalinidad se debe a la presencia de bicarbonatos; en aguas tratadas su presencia se debe a carbonatos e hidróxidos; en aguas industriales y residuales se debe a la presencia de hidróxidos.

### ***DUREZA***

Representa la concentración total de iones de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  expresados bajo la forma de  $\text{CaCO}_3$ ; la dureza está relacionada con la alcalinidad, presentándose dos tipos de dureza:

Cuando la dureza es numéricamente mayor que la alcalinidad total, la cantidad de dureza equivalente a la alcalinidad total, se conoce como dureza carbonática y la no carbonática será la diferencia de la dureza total y la carbonática.

Cuando la dureza total es menor que la alcalinidad total, en forma numérica se tiene únicamente dureza carbonática, la misma que es igual a la dureza total presente en el agua.

## CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA

TIPO DE AGUA	PPM DE DUREZA
Blanda	0 – 75
Semiblanda	75 – 150
Dura	150 – 300
Muy Dura	>300

Tabla 9. Clasificación de la Dureza del agua  
Fuente: Purificación del agua Jairo Alberto Romero Rojas

### **ACIDEZ**

Es la medida de la capacidad del agua para neutralizar a las bases; puede deberse a la presencia de anhídrido carbónico y ácidos minerales, razón por la cual existen dos tipos de acidez:

- Acidez al CO<sub>2</sub>
- Acidez mineral

La presencia de CO<sub>2</sub> en el agua se debe a que este se encuentra en las aguas superficiales, pero la concentración es mayor en aguas profundas ya que el PH va de 4.4 a 8.3. El CO<sub>2</sub> puede ser absorbido de la atmosfera, de la oxidación biológica, de la materia orgánica en descomposición.

La acidez mineral se encuentra presente en las aguas cuando el PH es inferior a 4.5 y puede deberse a contaminantes provenientes de desechos industriales, industrias metalúrgicas, petroquímicas, acidez por drenaje de minas o por hidrólisis de metales pesados como el hierro y el aluminio.

### **ANHÍDRIDO CARBÓNICO**

Este elemento no implica riesgo para el consumo humano, sin embargo es el responsable de que se produzca la corrosión de las tuberías tanto de hierro como de cemento.

### **CLORUROS**

Es uno de los principales aniones de las aguas sean, estas crudas o negras. En concentraciones excesivas, los cloruros pueden impartir un sabor salino.

El objetivo de la determinación del ion cloruro, es conocer la calidad física, química y bacteriológico del agua; ya que en concentraciones elevadas puede afectar a determinadas industrias y fisiológicamente al consumidor.

### ***FLÚOR***

Esta sustancia química en concentraciones óptimas evita las caries dentales, pero en concentraciones excesivas puede causar entre otras las siguientes consecuencias:

Trastornos óseos cuando se consume en concentraciones entre 8 y 20 mg/l durante periodos largos.

Invalidez cuando su consumo es superior a 20 mg/l durante periodos de 20 años o más.

Puede producir la muerte cuando se ingiere concentraciones entre 250 y 500 mg/l.

La dosis optima de flúor depende de la temperatura y humedad de las zonas; es así como la dosis varia de 1,0 a 1,5 mg/l en zonas frías, en tanto que para zonas templadas la dosis va de 0,7 a 1,0 mg/l.

### ***HIERRO Y MANGANESO.***

Se encuentra en forma abundante en el suelo, son compuestos polivalentes, los menos oxigenados son solubles y los más oxigenados son insolubles y precipitan. Bajo condiciones reductoras el hierro es un compuesto soluble, cuando se encuentra en estado ferroso, se oxida y se convierte en hierro férrico por la exposición al aire o por adición de cloro; en este estado puede hidrolizarse formando el oxido férrico hidratado que es un compuesto insoluble.

El inconveniente que presenta el hierro al encontrarse en el agua, es que ocasiona problemas en la industria, los consumidores rechazan debido al sabor metálico, produce mancha en la ropa y en los sanitarios.

El hierro y el manganeso en las aguas naturales con bajo PH y en ausencia de oxígeno, se presenta en forma de compuestos químicamente reducibles y solubles que no dan color al agua. Cuando estos compuestos se oxidan por aireación o por oxidación química se precipitan.

El oxido de hierro imparte al agua una coloración rojiza, en tanto que el manganeso cuando se encuentra en el agua, aunque sea en pequeñas cantidades, produce manchas muy tenaces en los sanitarios, requiriendo medios especiales para su tratamiento y eliminación.

### ***CALCIO***

Es un elemento que produce dureza en el agua; por consiguiente es el causante de las incrustaciones en las tuberías. La cantidad de calcio en las aguas más duras, es inferior a la necesaria para satisfacer la demanda nutricional diaria, ya que el organismo humano requiere de 0,7 a 1,0 gramos al día.

### ***MAGNESIO***

Es otro de los minerales que producen dureza en el agua, es importante para la regulación del equilibrio iónico, no es tóxico, aunque en concentraciones elevadas produce efectos laxantes.

### ***SULFATOS Y FOSFATOS***

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, abundan en aguas duras, por lo que es necesario controlar el exceso de los mismos en las aguas, ya que si estas se encuentran en cantidades superiores a los límites recomendados, afectan al consumidor por su propiedad laxativa.

Los fosfatos, meta fosfatos y silicatos están clasificados como inhibidores anódicos porque forman sales insolubles con el hierro liberado en las áreas anódicas. Hasta ahora el uso de estas sustancias se ha utilizado para el control de la corrosión en el tratamiento de aguas para usos industriales y no produce efecto fisiológico alguno en el organismo de los usuarios.

En muchas aguas naturales el fosfato se encuentra en trazas, es decir, pequeñas cantidades y cuando su presencia es mayor, determina la existencia de periodos de baja actividad biológica. La presencia de fosfatos en embalses resulta perjudicial porque estimula a la proliferación de algas.

### ***NITRATOS Y NITRITOS***

El nitrógeno se encuentra en forma abundante en la naturaleza, en el aire, suelo y agua formando las sales de sodio y potasio. En forma oxidada se encuentra como nitrato y nitrito, en forma reducida se encuentra como hidróxido de amonio, también se encuentra en forma orgánica.

Los nitratos representan la forma más altamente oxidada del nitrógeno y alcanza concentraciones de importancia en las etapas finales de la oxidación biológica, por lo general se encuentra en aguas superficiales en grandes concentraciones, encontrándose también en aguas subterráneas.



En concentraciones mayores a 10 mg/l producen efectos fisiológicos en los consumidores, dando lugar a la enfermedad denominada Metahemoglobina, por esta razón se controla el agua antes y después del tratamiento. Los nitritos son menos oxigenados que los nitratos, inestables porque tienen tendencia a transformarse, se presenta en las aguas como producto intermedio en el proceso de oxidación – reducción.

### ***SÓLIDOS TOTALES:***

La importancia de los sólidos totales en el agua gira alrededor de sus propiedades laxantes, de sabor y estética, una alta concentración puede hacerle objetable para el consumo humano.

### ***CONDUCTANCIA ESPECÍFICA***

La medida de la conductancia específica, indica la capacidad de las aguas para transmitir la corriente eléctrica y está relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas en el agua y con la temperatura a la que se hace esta medida.

El objeto fundamental de determinar la conductancia específica, es conocer en forma aproximada el contenido de iones de sodio y también determinar la cantidad de sólidos disueltos.

### ***ÍNDICE DE LANGELIER***

Este índice permite diagnosticar si el agua es incrustante o corrosiva, nos permite determinar la estabilidad química de la agua.

Matemáticamente el Índice de Langelier se lo determina por diferencia entre PH existente y el PH de saturación del agua en estudio. Si es positivo significa que el agua es incrustante, es decir que se halla sobresaturada respecto del carbonato de calcio y si es negativa el agua es corrosivo, es decir que se halla subsaturada.

### **1.5.4.3 CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS DEL AGUA**

El agua puede contener bacterias saprofitas que arrastra el suelo; también puede contener tipos parasitarios que se descargan en el agua con los desperdicios de la vida animal por donde atraviesa el agua o debido a las costumbres del hombre de disponer los desperdicios en las corrientes de agua.

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en estas aguas son los gérmenes y colibacilos que causan enfermedades al ser humano y en menor grado a los animales.

### **1.5.5 COMENTARIOS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA**

De lo expuesto anteriormente las características que determinan la calidad para que el agua sea apta para el consumo humano son los siguientes:

#### **Físicas**

- agua clara
- sabor agradable
- fresca

#### **Químicas**

- no tiene que ser corrosiva ni incrustante
- no debe tener sustancias tóxicas ni sustancias indeseables
- debe tener sustancias útiles al organismo

#### **Biológicas**

No debe tener microorganismos patógenos.

## **1.6 AFORACIÓN DE CAUDALES**

El literal número 5.2.2 de la norma NTN INEN 2 226:2000 sobre mediciones de caudales y muestreo nos dice que en los procesos de tratamiento, el comportamiento del movimiento del agua en los tanques afecta la mezcla de los componentes y la sedimentación de la materia en suspensión, estas situaciones deben tenerse en cuenta para asegurar que las muestras recolectadas sean representativas.

La cantidad de descarga es el volumen de líquido que pasa por un punto dado por unidad de tiempo. La información de la media y el máximo de la cantidad de descarga son importantes para el diseño y la operación de las plantas de tratamiento de afluentes, aguas residuales y aguas, además es importante para fijar límites de calidad que protejan los cursos naturales de agua. En el literal 5.6.4 parte b de la norma INEN 2226:2000 se muestra medios mecánicos directos, como una cubeta.

La medición del caudal de forma manual se realiza utilizando un cronómetro y un recipiente aforado, generalmente una cubeta. El procedimiento a seguir es tomar un volumen de muestra cualquiera (V) y medir el tiempo transcurrido (t) desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal (Q) en ese instante de tiempo. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. Se deben realizar varias mediciones y calcular el promedio. El caudal se calcula como:  $Q = V / t$  Siendo: Q = caudal, en L/s; V = volumen, en L; t = tiempo, en segundos. Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga.

Entre sus desventajas se cuenta que la mayoría de veces es necesario adecuar el sitio de aforo para evitar pérdida de muestra en el momento de aforar; también se deben evitar represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.

Para este objeto, el organismo interesado en el aprovechamiento de una fuente de agua, antes de iniciar el diseño de una planta de tratamiento, emprenda en un programa de muestreo que permita analizar el agua en diferentes períodos del año (seco y lluvioso), y en lo posible durante algunos años.

En todo caso, a partir de la información disponible al iniciarse el diseño de las unidades que componen una planta de tratamiento, el diseñador propondrá la realización de nuevos muestreos, y decidirá el muestreo mínimo aceptable.

## **1.7 GRANULOMETRÍA**

Las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 relacionado con Pre filtros de grava en su literal 5.4.1 dispone que: se utilizan pre filtros de grava, siempre que la turbiedad media del agua cruda sea inferior a 250 NTU y la capacidad de la planta sea pequeña.

Como guías de diseño para pre filtros de flujo horizontal se pueden usar velocidades de flujo de 0,5 m/h y tres capas de grava de las siguientes características:

<b>CAPA</b>	<b>LONGITUD</b> <b>m</b>	<b>DIÁMETRO</b> <b>mm</b>
1	1	25-80
2	4,5	30-70
3	4,5	5-12

Tabla 10. Características de la grava para pre filtros horizontales

Fuente: Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes CPE INEN 5 Parte 9-1 literal 5.9.2.1 Tabla 6

Los pre filtros verticales se diseñarán para una velocidad de flujo vertical descendente de 0,25 m/h, y las capas de grava desde la superficie serán:

<b>CAPA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b> <b>m</b>	<b>DIÁMETRO</b> <b>mm</b>
1	0,1	15-25
2	0,2	10-15
3	0,5	5-10

Tabla 11. Características de grava para pre filtros verticales

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana CPE INEN 5 Parte 9-1 Literal. 5.4.1.2 TABLA 4

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 149:98 aguas. Medios filtrantes granulares utilizados en el tratamiento de aguas, nos establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los que deben someterse los medios filtrantes utilizados en el tratamiento de aguas. Tomando en cuenta los siguientes literales

### **Filtro de grava**

**4.1.1** El filtro de grava debe estar conformado, por material grueso y compacto en el cual una gran cantidad de partículas deben ser redondas, con tendencia a la forma de una esfera equidimensional.

**4.1.2** Las partículas deben tener suficiente solidez y dureza para resistir la degradación durante el manipuleo y uso.

**4.1.3** Las partículas deben estar visiblemente libres de materiales nocivos los mismos que no deben exceder el requisito mínimo de la gravedad específica. Para la determinación de los análisis

### **Filtro de media**

**4.2.1** El tamaño de filtro media debe ser comúnmente especificado en términos de tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad, o en términos de rango de tamaños de partículas.

**4.2.2** El filtro de antracita debe consistir de partículas compactas de antracita de carbón de varios tamaños.

**4.2.3** La arena utilizada debe estar visiblemente libre de arcillas, polvos, micaceos y materia orgánica. Para la determinación de los análisis

### **Tamaños de las partículas de grava en escala ascendente**

Los tamaños de partícula de grava más utilizados en el tratamiento de aguas, son en escala ascendente los siguientes:

INEN 2,00 mm a INEN 3,35 mm

INEN 3,35 mm a INEN 6,7 mm

INEN 6,7 mm a INEN 13,2 mm

INEN 13,2 mm a INEN 26,5 mm

INEN 26,5 mm a INEN 53 mm

### **Algunas guías de diseño para estos filtros son:**

a) La tasa de filtración recomendable para filtros de tasa constante de arena sola es de 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d a 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d; para filtros de arena y antracita y de medios múltiples, la tasa irá de 180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d a 360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d. Para filtros de tasa declinante con arena sola, se recomienda tasas de 150 a 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, y para medios múltiples, de 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d a 600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d. pero los valores altos sólo son aceptables en lugares donde se puede garantizar un buen nivel de operación y mantenimiento.

b) El número mínimo de unidades de filtración que se debe considerar en plantas medianas y grandes es cuatro, y en plantas pequeñas dos unidades, cuando el lavado se hace con agua proveniente de una reserva exterior. Estos números son mayores, mínimo cuatro en todos

los casos, si los filtros son de lavado mutuo.

c) La superficie del lecho filtrante no debería ser mayor a 200 m<sup>2</sup>, y su profundidad usual estará entre 0,6 m y 0,9 m, siendo mayor cuanto más grueso es el material filtrante.

d) Como medio filtrante se recomienda utilizar arena con tamaño efectivo de 0,45 mm a 0,6 mm y coeficiente de uniformidad similar a 1,5; si se prevé la posibilidad de efectuar filtración directa en algunos periodos del año, es preferible utilizar tamaños efectivos del orden de 0,7 mm y aumentar la profundidad del lecho hasta 1 m. Cuando se usan lechos dobles, el espesor de la capa de arena será de 0,15 m a 0,3 m con las mismas características

anteriores, y sobre ella irá una capa de antracita de 0,8 mm a 1,1 mm de tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad alrededor de 1,5, peso específico de 1,5 a 1,6, y espesor de 0.4 m a 0.6 m; en todo caso se deben cumplir los siguientes criterios:

El  $d_{90}$  de la antracita debe ser igual a tres veces del  $d_{10}$  de la arena:

El  $d_{10}$  de la antracita debe ser la mitad del  $d_{90}$  del mismo material;

La velocidad ascensional que expande un 10% del  $d_{90}$  de la antracita, no debe ser menor del 80% al 90% de la velocidad ascensional que expande en un 10% el  $d_{90}$  de la arena.

Para filtros de lecho triple (antracita, arena y granate o limonita), un diseño típico consiste de una altura de 0,8 m de medio filtrante compuesto de: 0,45 m de antracita con coeficiente de uniformidad menor que 1,65, tamaño efectivo igual a 0,9 mm y gravedad específica de 1,5; 0,25 m de arena silíceo cuyo tamaño efectivo sea de 0.4 mm. su coeficiente de uniformidad menor que 1,65 y su gravedad específica de 2,4; y 0,1 m de granate (o limonita) cuyo tamaño efectivo sea de 0.2 mm, su coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,4 y su gravedad específica de 4,2. Medios filtrantes de otros espesores y granulometrías podrán ser utilizados si pruebas experimentales demuestran mejor eficiencia que el medio recomendado en esta norma.

También se pueden diseñar filtros de arena gruesa sola, con tamaños efectivos entre 0,5 mm y 6 mm. Pero preferiblemente alrededor de 1 mm; los coeficientes de uniformidad típicos son de 1,2 a 1,3, pudiendo aceptarse hasta 1,5. En estos casos, la profundidad del lecho debe ser de 1,2 m a 1,8 m. La arena en todos los casos, debe tener una dureza de 7 en la escala de Mohr. y una solubilidad al ácido clorhídrico menor o igual al 5%.

## **Localización**

a) Precauciones en la instalación del material. Colocar la parte interior de la capa cuidadosamente para prevenir daños en el sistema de drenaje. Completar cada capa antes de colocar la capa superior. En materiales con un tamaño inferior a 1,27 cm, el operador no debe pararse o caminar sobre el material filtrante, sino sobre los bordes de madera que sostienen su peso sin dispersar el material.

b) Disposición del material. Depositar cada capa de material de tal manera que quede a un espesor uniforme. Los bultos de material deben colocarse secos, usando un conducto para que sean descargados sobre una plataforma, de donde pueden esparcirse con una pala de mano;

alternativamente, también se pueden colocar mediante bombas o eyectores. Para los filtros de arena y antracita, donde se utiliza el método de localización en húmedo, adicionar los materiales a través del agua.

c) Localización del material en sacos. Cuando el material se suministre en sacos, se puede esparcir estos directamente sobre el filtro.

d) Chequeo de la elevación de la capa. La elevación de la superficie de cada capa se debe chequear mediante llenado del filtro con agua, hasta la línea del nivel previamente marcada sobre el interior del filtro, o por medio de una regla colocada en la parte superior de las pilas del filtro.

e) Lavado de la capa de grava: Después de colocar el lecho de soporte de grava y antes de colocar el filtro de arena o antracita, lavar este durante 5 min a la máxima velocidad deseada, (no exceder los 16,98 l/s. m<sup>2</sup> de área).

f) Lavado de los otros materiales. Cada material debe lavarse y recogerse cuando sea necesario para retirar el exceso de material fino antes de instalar el siguiente.

## **1.8 SISTEMA DE DRENAJE INFERIOR**

El medio filtrante en los filtros rápidos se encuentra sobre un sistema que le sirve como soporte, como recolector de agua filtrada y como distribuidor del flujo de retro lavado. Este drenaje inferior, dependiendo de su diseño puede emplear tuberías y grava o una gran variedad de sistemas patentados.

El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS en su literal **5.9.2.1** nos dice que los sistemas de drenaje podrán estar constituidos por losetas prefabricadas de hormigón, ladrillos y bloques de hormigón poroso, por tubos perforados y por grava gruesa.

En caso de utilizarse tuberías con perforaciones, la velocidad del líquido dentro de ellas no excederá 0,3 m/s; el espaciamiento entre laterales será de 1 m a 2 m; el diámetro de los orificios será tal que permita la entrada del caudal correspondiente al caudal de servicio de

cada lateral y generalmente oscilará entre 2 mm y 4 mm; el espaciamiento entre los orificios generalmente variará entre 0,1 m y 0,3 m.

Las tuberías irán embebidas dentro de una capa de grava de 0,15 m de espesor, con partículas de 25

mm a 50 mm de diámetro. Cuando se utiliza grava como sistema de drenaje, la altura de la capa es alrededor de 0,15 m, formada por partículas de 40 mm a 100 mm de diámetro; el área máxima de lecho filtrante servida por un drenaje de grava será de 25 m<sup>2</sup>.

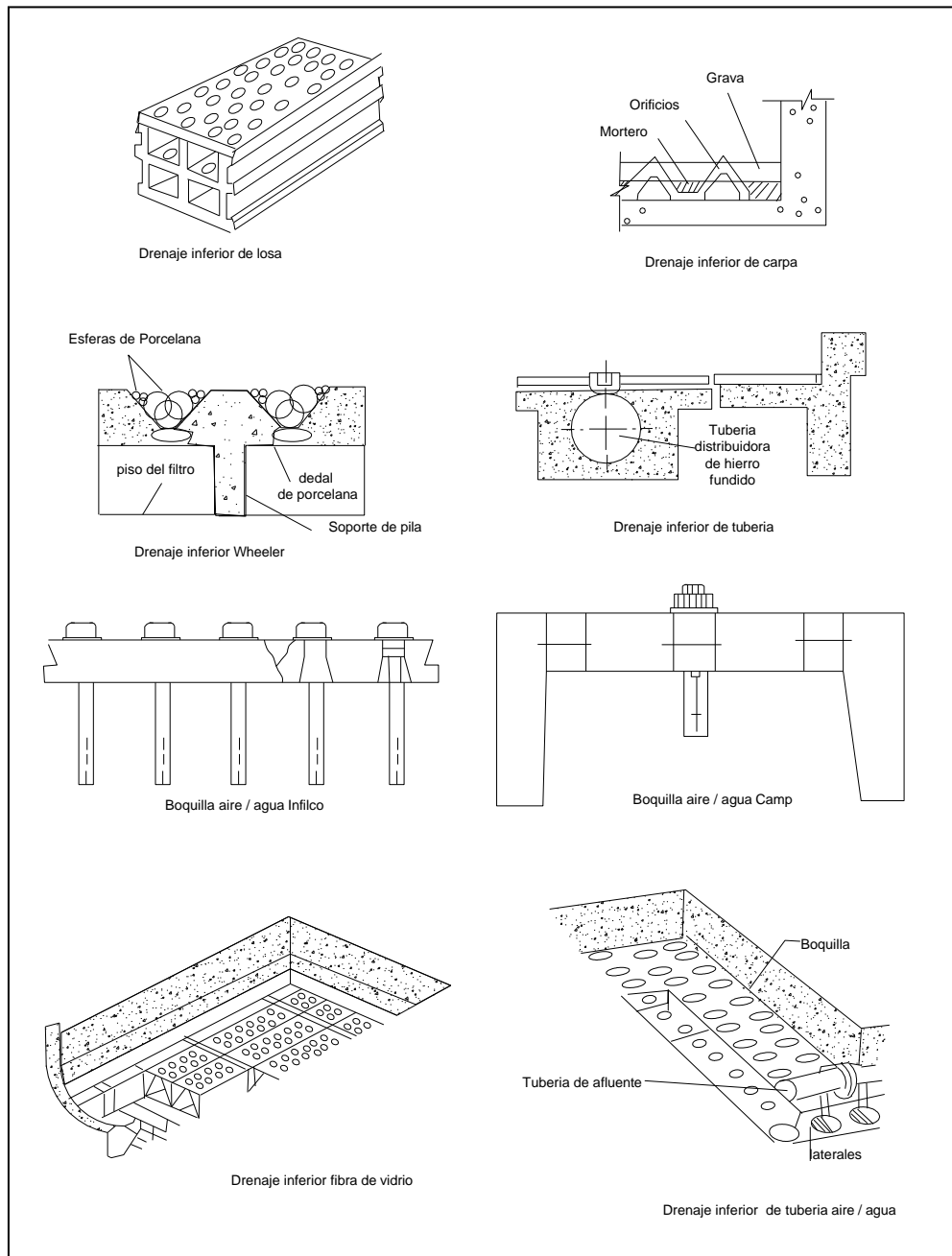


Figura 3. Diseños comunes de drenajes inferiores de filtros.  
Fuente: Terence J. Mc Ghess *Abastecimiento de agua y alcantarillado*



### 1.8.1 TUBERÍAS EN PLANTAS DE FILTRACIÓN

Las galerías de tuberías son necesarias en aquellos casos donde se requiere los controles de filtros individuales y el retro lavado por elevación, una galería de tuberías suministra un lugar común para los tubos, controles válvulas y otros accesorios, las galerías no deben estar hacinadas y deben tener una buena iluminación, ventilación y drenaje.

Algunas filtraciones y condensaciones ocurrirán incluso bajo las mejores circunstancias, siendo las galerías de tubos mal diseñadas lugares poco placentero para trabajar.

En los puntos altos la tubería, de ordinario de hierro con juntas ya sean blindadas o especiales debe colocarse válvulas de salida de aire o ventosas. Las líneas de drenaje que transportan el agua del retro lavado efluente puede ser de concreto o de gres y usualmente están empotradas en concreto. Las líneas influentes a los filtros son a veces canales abiertos que suministran una cabeza uniforme para los vertederos influentes o hacia los filtros mismos.

La velocidad en las líneas influentes según Terence J. McGhee deben ser bajas, entre 0.3 y 0.6 m/s para evitar el rompimiento del floculo y reducir las diferencias de cabeza entre los filtros individuales. La velocidad en la línea influente del retro lavado es en general de aproximadamente 3 m/s, ya que el caudales alto y de otra manera la línea tendría que ser bastante grande, la línea de agua de retro lavado ya utilizada, por razones similares, se diseña para una velocidad de hasta 3.5 m/s. la línea efluente tratada que va hacia el almacenamiento está diseñada para velocidades en el rango de 1.2 a 1.5 m/s. el agua que es filtrada y desechada al inicio de la carrera del filtro es transportada a velocidades similares a aquella en la línea de retro lavado ya utilizada.

Las válvulas en las galerías de tuberías de filtración pueden ser operadas neumáticamente, eléctrica, hidráulica o manualmente. Por lo común, las válvulas operadas manualmente están provistas de vástagos largos que llegan hasta pedestales en el piso de la mariposa, estas últimas son las más empleadas en las nuevas construcciones, en especial en las de gran tamaño

## **CAPITULO 2**

### **2 METODOLOGÍA**

#### **2.1 TIPO DE ESTUDIO**

##### **2.1.1 MÉTODOS**

El Presente proyecto de investigación tiene como intención identificar el mal funcionamiento y realizar un rediseño del sistema de potabilización y desinfección de agua potable regional “Los Galtes” parroquia Matriz, del cantón Guamote provincia de Chimborazo, con la finalidad de dotar de agua permisible para el consumo humano a las comunidades que se abastecen de este sistema.

El tipo de estudio del presente tema de investigación, se enfoca directamente a un método de investigación particular con un método experimental de observación e investigación de campo, descriptiva y documental.

##### **2.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

El nivel de investigación es: Descriptiva debido a que se pretende identificar las razones que producen el mal funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable regional “Los Galtes”

##### **2.1.3 TIPO DE ESTUDIO.**

El tipo de estudio es: descriptivo - experimental debido a que se tiene que identificar las razones por la cual la planta de tratamiento “Los Galtes” no produce agua apta para el consumo humano, esta observación se debe realizar en situ con la ayuda de los moradores del sector; además de describir se tiene que encontrar una propuesta para que la planta de tratamiento tenga un rendimiento efectivo y garantice el tratamiento físico – químico del agua.

## **2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **2.2.1 POBLACIÓN**

La población o universo constituye el conjunto total de las unidades de observación que brindaron información como fuentes primarias; por tanto se tomo como población a las dos plantas de tratamiento de agua existentes y que corresponden al sistema de potabilización “Los Galtes”, como también a las comunidades que se benefician de este sistema

### **2.2.2 MUESTRA**

La muestra es el conjunto de sujetos con características semejantes que están sometidos al estudio y que son agrupados con la denominación antes mencionada; por tanto se tomo como muestra a la cantidad y calidad de agua cruda y tratada que pertenece al sistema de potabilización de agua de “Los Galtes”

### **2.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la evaluación de las características del agua apta para el consumo humano proveniente del sistema de potabilización “Los Galtes”, se siguió una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos del caudal de aguas que ingresa a la planta y no solamente del caudal que circula en el instante del muestreo, la metodología que se usó para el muestreo de agua para determinar la calidad de agua, se realizo como dicta la NORMA INEN 2226:2000

Las muestras tomadas para el análisis de agua fueron debidamente etiquetadas indicando la fecha de muestreo, nombre de la fuente, sitio de muestreo, tipo de muestra, hora de muestreo y preservativo usado, tal y como indica la norma antes citada.

## 2.3 OPERACIÓN APLICACIÓN DE VARIABLES

	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional Aspectos/dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Ítems</b>
Calidad del agua en la planta potabilizadora de agua “Los Galtes”	Significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud	Parámetros Físicos del Agua Potable	Color	¿La deficiencia en estos parámetros indican que el filtro esta en malas condiciones?
			Turbiedad	
			Sabor	
			Olor	
			Temperatura	
		Parámetros Químicos del Agua Potable	PH	¿La deficiencia en estos parámetros indican que la unidad de cloración no funciona al 100%?
			Sólidos Disueltos Totales	
			Dureza	
			Ca	
			SO4	
			Cl	
			Cl libre	
			NO3	
			NO2	
			NH4	
			NH + N orgánico	
			Extracto al Cloroformo	
			Factores Biológicos	
			Demanda Bioquímica de Oxígeno	

Figura 4. Aplicación de Variables.

Fuente: Autor

## 2.4 PROCEDIMIENTOS

Para ejecutar la investigación se siguieron los siguientes procedimientos:

- Levantamiento de Línea Base en el sector del proyecto.
- Reconocimiento y Diagnóstico de las unidades de la planta construida.

- Aforación del caudal actual.
- Análisis Físico – Químico del agua cruda que ingresa a la planta.
- Determinación de las unidades que no están trabajando al 100% según los análisis de agua a la salida de la planta.
- Alternativa de mejoramiento de la planta rediseñando la misma.

## 2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

**Línea base.-** A través de la recolección de información obtenida en estudios, publicaciones, internet y de múltiples salidas al sector, se levanto información inicial para el presente estudio de investigación.

**Reconocimiento y Diagnóstico de las unidades de la planta.-** Con visitas al sector se realizó el reconocimiento de todas las unidades que operan en las dos plantas que pertenecen a “Los Galtes”, además se realizó un Diagnostico del estado de cada una de las unidades

**Aforo de Caudal.** La aforación se la realizó por el método conocido como aforo volumétrico, se realizó 10 mediciones en cada una de las plantas para luego sacar un promedio que muestre el caudal que ingresa a cada una de las plantas de potabilización.

**Análisis Físico – Químico del agua.-** Las muestras de agua de las dos plantas de potabilización “Los Galtes” fueron tomados al inicio, es decir estas muestras son agua cruda, debido a que en los dos sistemas los usuarios han colocado tubería donde el agua se mezcla directamente al tanque de almacenamiento sin hacer ningún tipo de tratamiento.

**Problemática de las unidades en la planta.-** Con los resultados de los análisis de agua, se procedió a identificar las unidades que no trabajan al 100 % en la potabilización del agua, además de esto se verifico la problemática y se identificó las causas del mal funcionamiento de las unidades.

**Mejoramiento y Rediseño de la planta.-** Al identificar las unidades que tienen problema en el proceso de potabilización se procedió a realizar de nuevo el cálculo de estas para realizar un mejoramiento y hacer un nuevo diseño de la misma.

## **CAPITULO 3**

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 LÍNEA BASE**

##### **3.1.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO**

Sobre la base de los requerimientos del estudio, este capítulo proporcionará una información general del Proyecto de Agua Potable “Galte Laime” en cuanto a los aspectos de: ubicación, fisiográficos, demográficos, ocupacionales. Así mismo serán considerados los datos de infraestructura existente a os referente a salud y saneamiento.

Los datos que han servido de base para este estudio de investigación han sido obtenidos de varias fuentes oficiales locales, provinciales, regionales, y nacionales, tales como: Instituto de Estadística y Censos – INEC, El Ilustre Municipio de Guamote, El Instituto Geográfico Militar – IGM, Jefatura Provincial de Chimborazo, Dirección de Educación, Delegación Provincial de la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental de Chimborazo, además de las investigaciones, inspecciones y trabajo de campo realizadas por el autor del estudio.

##### **3.1.2 DATOS GENERALES**

El área de estudio corresponde a la Comunidad de Galte Laime, el sistema de tratamiento de agua corresponde a las organizaciones comunitarias de: Cooperativa Gaitte Laime que abarca los sectores de Yanarumi, Chuquirá, Talampala, Cuatro Esquinas, Chinipungo, Chuquimarca, Singaloma, Churo Pucará y parte de la Loma de Quishpi y Shimil; La Comuna Galte Bisñag tiene los sectores de Yaguachi, El Troje y parte de la Loma de Quishpi

##### **3.1.3 LOCALIZACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA**

Las comunidades involucradas en el Proyecto de Agua Potable Regional “Los Galtes” perteneciente a la Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo y se localiza en la zona central del país a 260 Km suroeste de Quito, en la Región Interandina, a 20 Km al Sur Occidente de Guamote; a 70 Km al Sur Occidente de Riobamba, Las Comunidades del Proyecto de Agua Potable Regional “Los Galtes” se encuentran localizadas a una altitud media de 3680 m.s.n.m. en las coordenadas zona 17 Sur, elipsoide WGS 84 proyección UTM.

Lugar	Latitud	Longitud
Planta Yanarumi	9777947 N	741599 E
Planta Yaguachi	9775932 N	743644 E

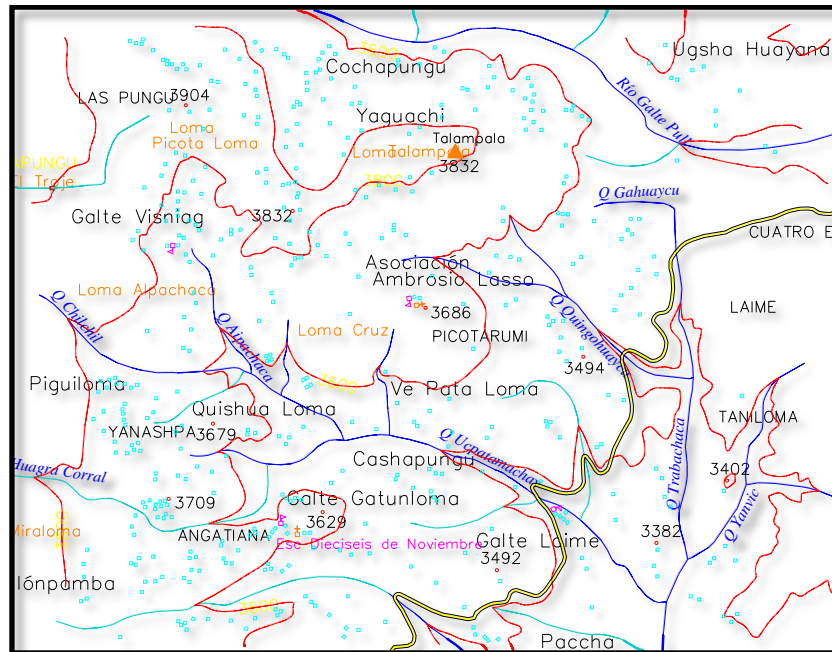


Figura 5. Ubicación lugar del proyecto  
Fuente: Planos IGM

### 3.1.4 SUPERFICIE ACTUAL Y FUTURA

A pesar de ser unas de las tierras no apta para la agricultura en su gran mayoría por la pobreza de sus suelos, la población de Galte Laime en las últimas décadas ha experimentado un crecimiento considerado como normal dentro de los parámetros para este tipo de comunidades, el desarrollo especialmente se ha dado en la parte alta del proyecto debido a que sus tierras son más fértiles, su crecimiento se ha desarrollado dentro de estos pequeños poblados y a lo largo de la vía de acceso a las comunidades existentes, además de ubicarse juntos a sus parcelas productivas de la parte especialmente.

Las viviendas de las dos organizaciones comunitarias involucradas se encuentran dispersas junto a las parcelas de producción, con pequeños centros poblados como el caso de Galte Bisñag, Yaguachi, Galte Laime en donde se localizan los servicios públicos como escuelas, casas comunales, etc.

### **3.1.5 CLIMA DE LA ZONA**

La zona en estudio se localiza en la Región Interandina, al Sur Oeste de Riobamba en la zona central del país, formando parte de las cuencas del Río Chambo y Chanchan, cuencas que a su vez pertenecen a las hidrográficas de los Ríos Pastaza de la gran hoya Amazónica y Guayas que desembocan en el Océano Pacífico.

El clima de la región es frío, denominado también como clima de páramo que se caracteriza por inviernos lluviosos y veranos totalmente secos, con temperaturas medias que fluctúan entre 1.8 °C y una máxima de 15.4 °C, en tanto que la temperatura media mensual es de 7.6 °C. La temperatura varía 1°C cada 200 metros sobre el nivel del mar.

La humedad atmosférica es del 85 % mensual, en tanto que el punto de rocío es 5 GC. La evaporación anual es de 952 mm, con un promedio de 79 mm mensuales.

Los vientos predominantes son en sentido Este y Sur Este con velocidades que van de 4.8 a 7.7 m/s. Los vientos que soplan en otras direcciones son producto del cambio de temperaturas, presiones, etc.

El periodo lluvioso corresponde a los meses comprendidos entre Enero a Mayo, la precipitación promedio anual es de 455 mm.

Los datos correspondientes a la Cromatografía Principal fueron tomados de la estación M – 134 Guamote coordenadas 01°56'00" S 78°43'0" E cota 3020 msnm, y para los datos correspondientes a la Pluviografía se tomaron los datos de la estación M – 398 Palmira 02°03'26" S 78°44'20" E cota 3180 msnm.

### **3.1.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y AMBIENTALES**

Las comunidades pertenecientes al Proyecto de Agua Potable “Galte Laime” se encuentran asentadas en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes en la zona central del Ecuador, con pequeños valles que se localizan dentro de las elevaciones locales de Alpachaca, Quishuar, Loma Cruz, Picotaloma, Picotarumi, Pataloma, Talampala, cuyas altitudes oscilan entre 3832 y 3492 msnm.

La zona donde se halla ubicado el proyecto se puede considerar, basados en la clasificación de Holdridge como bosque Premontano Húmedo.

#### ***Calidad de Aire***

La calidad del aire en la zona de influencia del proyecto, a pesar de no disponer de la información respectiva, se puede estimar cualitativamente de muy buenas, encontrándose por debajo de los límites permitidos de contaminantes, debido a que no existen industrias, tráfico



en exceso u obras de magnitud que utilicen derivados de petróleo, a pesar del polvo que se produce en épocas de verano, por acción de los vientos.

### ***Ruido***

El ruido de la población está dentro de las Normas y Reglamentos para Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Originada por la emisión de Ruidos, esto es bajo los 75 dB, el único ruido existente en la zona es el atribuible al tráfico automotor, que es muy escaso y varían de moderados a bajos entre 20 y 70 dB.

### ***Aspectos Bióticos***

La cobertura vegetal nativa de la zona se encuentra constituida principalmente por pajonales (**Stipa Ichu**) y una amplia variedad de arbustos de tallo bajo, como el marco (**Franseia Artemisioides**), Retama (**Spartiwñ Juncean**), Chilca (**Baccharis Floribunda**), Llinllin (**cassia canecens**), yagual (**Polylopis Lanunginosa**), cacto (**Labivia Lateritia**), Quishuar (**Buddleis incana**), Piquil (**Gynoxis Oleifolia**), Pumamaqui (**Oreopanax Ecuadorensis**), Pungal (**Solanun Crinitipis**), Romerillo (**Hypricum Laricifolium**), que han sido totalmente afectados e intervenidos, al igual que los ecosistemas del paramo andino y se ha destruido la vegetación nativa siendo reemplazada por vegetación propia de las actividades agrícolas y de pastoreo.

El proceso erosivo es notable por la falta de vegetación especialmente en la parte media y baja debido a la mala práctica agrícola, a lo cual contribuye la acción de los vientos y la poca precipitación que tiene la zona durante todo el año. Ante esta situación los habitantes del sector han tomado conciencia de la problemática y han iniciado un programa de forestación de plantas exóticas especialmente el pino, ciprés y eucalipto logrando la forestación de cerca de 1.100 ha de terrenos comunales localizados en la parte baja próximos a la carretera panamericana Riobamba-Cuenca.

El resumen se puede establecer que las condiciones ambientales de la zona son buenas, ya que han logrado detener en forma parcial el proceso de desertificación de sus tierras, a pesar de requerirse de unos mayores recursos a fin de forestar sus tierras comunales localizadas en la parte alta de la comunidad, evitando con ello las actividades que polucionen a los elementos aire, suelo y agua.

### **3.1.7 TOPOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA**

Basándose en la información disponible; esto es, cartas topográficas IGM escala 1:50.000 y los levantamientos topográficos realizados para los diseños del sistema de conducción y distribución del Proyecto Galte Laime, se puede decir que el área donde se encuentran localizadas las organizaciones comunitarias, se caracteriza por ser una topografía ondulada, con pendiente que oscilan entre el 35 % en las proximidades de los drenajes naturales y 3 % en pequeñas mesetas que se localizan en la parte baja y alta del proyecto, la zona periférica del área presenta pendientes pronunciadas por estar circundada de elevaciones.

Los sectores del Regional Galte no presentan una configuración urbanística definida, más bien un desarrollo disperso y en línea, es decir a lo largo de las vías existentes, con pequeñas concentraciones de viviendas ubicadas en los sectores de Galte Laime, Galte Bisñag y Yaguachi

### **3.1.8 RIESGOS NATURALES**

Sobre la base de los estudios geológicos de diversos proyectos que se han ejecutado en la zona y a las observaciones de campo realizadas se ha llegado a establecer que en la zona no existen riesgos naturales críticos, debido a la inexistencia de volcanes que puedan dar lugar a erupciones y avalanchas volcánicas, glaciares, etc.

Existe un cierto grado de riesgo debido transporte de tierra que se producen durante la época invernal, especialmente causados por las fuertes pendientes de los taludes que presentan las elevaciones que circundan los diferentes sectores y al tipo de suelo existente que es del tipo arenoso y conglomerado, lo cual impide el fácil acceso a las comunidades en época invernal especialmente las comunidades que se encuentran en la parte alta del proyecto.

La República del Ecuador formando parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico ha sufrido embates sísmicos en innumerables ocasiones, debido a que es parte integrante de la costa Oeste de Sudamérica que se halla sujeta a una subducción de una placa oceánica, la Placa Nazca debajo de la litosfera continental o Placa Continental, esta interacción entre las placas de América, Farallón, Cocos y Nazca, por procesos de subducción, segmentación y acreción, van acompañados de una actividad tectónica e ígnea propia.

Este régimen de placa tectónica ha sido claramente la fuerza dominante en el desarrollo de la estructura geológica de la región, por lo que no puede ser descartado el riesgo de movimientos sísmicos de carácter tectónico en la zona de estudio, en la parte baja es imposible el que se

produzcan inundaciones por crecidas de las quebradas, al presentarse precipitaciones con un periodo de retorno excepcional, por cuanto existe la pendiente suficiente para la evacuación rápida de las aguas, los cauces son profundos.

### 3.1.9 POBLACIÓN

Tomando como base el Censo de Población y Vivienda realizado en 2001, el total de la población de Guamote es de 35210 habitantes repartidos entre 16890 hombres y 18320 mujeres, la población urbana cuenta con un total de 1912 habitantes de los cuales 889 son hombres y 1023 son mujeres, mientras que la población rural tiene una población total de 33298 habitantes repartidos en 16001 hombres y 17297 mujeres.

En función de los datos obtenidos se ha llegado a establecer que la población rural es el 94.56 % mientras que la población urbana es el 5.43 %, toda esta población está repartida en el 52 % hombre y 48 % mujeres.

<b>POBLACIÓN DEL CANTÓN GUAMOTE CENSO 2001</b>			
<b>ÁREAS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
<b>TOTAL</b>	35210	16890	18320
<b>URBANA</b>	1912	889	1023
<b>RURAL</b>	33298	16001	17297

Tabla 12. Población Total cantón Guamote  
Fuente: INEC censo 2001

De acuerdo a un empadronamiento realizado in situ como parte del diagnóstico socio – económico a 356 familias ubicadas en la zona del proyecto y sus alrededores tiene una población de 1752 habitantes los cuales 893 son hombres (51 %) y 859 mujeres (49 %) lo que propone que existen 5 miembros por cada familia.

El sistema de potabilización “Los Galtes” cuenta con dos sistemas individuales de potabilización de agua Yanarumi, y Yaguachi, según el dirigente que lleva el mantenimiento de la planta existen 80 acometidas en el sistema de Yanarumi, mientras que en el sistema Yaguachi existen 200 acometidas, según encuestas realizadas al sector existen al menos 5 personas por familia por tanto las poblaciones para los dos sistemas es: Yanarumi: 400 habitantes mientras que Yaguachi: 100 habitantes, la tasa de crecimiento poblacional según el INEC 2001 es de 1.9 %.

### **3.1.10 ASPECTOS POLÍTICOS – ADMINISTRATIVOS**

La zona donde se localiza el proyecto de Agua Potable “Galte Laimé”, fue habitada desde tiempos prehistóricos y preincaicos por grupos étnicos quichuas pertenecientes a la confederación Puruhá, que se localizaban dentro de las Provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo.

De acuerdo con la distribución política del país, el área en estudio pertenece a la parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo. La primera autoridad provincial en el orden Político – Administrativo es el Gobernador, que representa al Presidente de la República y tiene su sede en la ciudad de Riobamba; la segunda autoridad, es el Prefecto provincial, elegido mediante voto popular.

En el Cantón la autoridad es el Alcalde, designado mediante elección popular, al igual que los concejales; en tanto que en la parroquia de Palmira la autoridad es el Teniente Político y en las comunidades, la autoridad está representada por el Presidente del Cabildo.

### **3.1.11 ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS**

Tomado como base el documento emitido por la Secretaría Técnica del Frente Social, sobre La Geografía de la Pobreza en el Ecuador publicado en Julio de 1996, donde se desprende que la Provincia de Chimborazo ocupa el noveno lugar dentro de las provincias más pobres con un Porcentaje de Pobreza del 64 % y un Porcentaje de Indigencia del 18.9 % en tanto que en el Cantón Guamote la pobreza es mucho mayor con respecto a la provincia, teniendo un Porcentaje de Pobreza del 90.5 % y un Porcentaje de Indigencia del 53,2 %.

La Parroquia de Palmira, donde se encuentra asentada la Población del Proyecto de Agua Potable Regional “Los Galtes” presenta porcentajes de pobreza mayores a los que tienen la Provincia de Chimborazo y el Cantón Guamote, ya que ya que tiene un Porcentaje de Pobreza del 95,6 % y un Porcentaje de Indigencia del 64.9 %

### INDICADORES SOCIO ECONÓMICOS

DATOS ESTADÍSTICOS	CHIMBORAZO	GUAMOTE	PALMIRA	GALTE LAIME
Superficie (Km2)	6569,30	1223,30	269,10	16.1
Población Total (hab.)	364633,00	28058,00	7123,00	2905,00
Población Urbana (hab.)	106439,00	1976,00	229,00	---
Población Rural (hab.)	258194,00	26082,00	6894,00	2995,00
Población Masculina (hab.)	175213,00	13729,00	3525,00	1523,00
Población Femenina (hab.)	189415,00	14329,00	3598,00	1472,00
Densidad Poblacional (hab/Km2)	55,50	22,90	26,50	186,00
Porcentaje de Pobreza (%)	64,00	90,50	95,60	97.6
Porcentaje de Indigencia (%)	18,90	53,20	64,90	85.5

Tabla 13. Indicadores Socio Económicos  
Fuente: Geografía de la Pobreza en Ecuador - Chimborazo

Basándose en los datos estadísticos de pobreza de la Provincia de Chimborazo, Cantón Guamote, Parroquia Palmira y del estudio socioeconómico de las comunidades que están alrededor de la zona del proyecto, se desprende que esta es una de las más pobres del país, dado que sus actividades agrícolas y económicas sirven únicamente para el auto-sustento; esto se debe principalmente a que sus terrenos son pobres en nutrientes, complementado por las escasas lluvias y la carencia de riego, los suelos tienden a un franco proceso de desertificación.

#### ***Recursos Naturales***

Los recursos naturales con que cuenta la provincia de Chimborazo son limitados, especialmente el Cantón Guamote, debido principalmente a las condiciones climáticas, suelo, vegetación, ya que se encuentra en la parte alta de la cordillera, donde la vegetación es escasa y en proceso de desertificación, predominando los páramos. El suelo no es propicio para la presencia de otro tipo de flora de intervención, igual sucede con la fauna y los recursos minerales, así como el turismo, a pesar de ello existe junto a las quebradas vegetación nativa que debe ser protegida y ampliada su forestación conjuntamente con plantas exóticas que ya se ha forestado especialmente en la parte baja del proyecto, dando buenos resultados como detener la desertificación de los suelos.

El turismo se ha desarrollado en forma limitada, siendo importante desarrollarla, especialmente el turismo ecológico, dado que el cantón dispone de varios lugares como las lagunas de Atillo y Ozogoche que se encuentran cercanas al sitio de proyecto.

### **Salud Pública.**

La salud de la población del área del proyecto, se ha visto afectada notablemente por la falta de servicios básicos, principalmente de infraestructura sanitaria, tienen un precario sistema de potabilización de agua y algunas letrinas que se encuentran funcionando de manera parcial por falta de mantenimiento y educación sanitaria lo que repercute en forma directa en la salud de la población. Los sistemas de eliminación de aguas servidas y de excretas se efectúan mediante pocas letrinas sanitarias y pozos ciegos que existen en el área, la mayor parte de la población la disposición de excretas se la realiza a cielo abierto, ocasionando problemas sanitarios y proliferación de enfermedades infecto contagiosas.

Basándose en la información suministrada por el Subcentro de Salud de la cabecera Parroquial de Palmira y el Subcentro de Salud del Seguro Social Campesino, se ha podido determinar que las principales enfermedades que padece el sector, son: las infecciones respiratorias agudas con el 28,2 %, la desnutrición con el 22,9 %, Parasitosis 14,1 % y las enfermedades diarreicas agudas con el 12,9 %.

#### **PRINCIPALES ENFERMEDADES - PARROQUIA PALMIRA**

<b>ENFERMEDADES</b>	<b>casos</b>	<b>%</b>
Infecciones Respiratorias Agudas (IRA)	268	28,2
Desnutrición	217	22,9
Parasitosis	134	14,1
Enfermedad Diarreicas Agudas (EDA)	122	12,9
Escabiosis	45	4,7
Leucorrea	43	4,5
Muget	23	2,4
Piodermitis	21	2,2
Neurotis	19	2,0
Ictericia	16	1,7
Conjuntivitis	16	1,7
Infección de Vías Urinarias (IVIJ)	15	1,6
Hipertensión Arterial	10	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>949</b>	<b>100</b>

Tabla 14. Principales Enfermedades – Parroquia Palmira  
Fuente: Sub Centro de Salud - Palmira

El precario sistema de potabilización de agua constituye la causa principal del mal estado de salud de los pobladores, el mismo que se manifiesta por la presencia de enfermedades parasitarias, respiratorias, gastrointestinales y de la piel.

Lo expuesto anteriormente ha determinado que la población, presenta un permanente estado de salud deprimente, aquejado por la parasitosis cuyas consecuencias son: raquitismo, desnutrición, debilidad física y falta de salud mental, además de lo cual existe un alto riesgo de contraer enfermedades graves como: cólera, tifoidea disentería, entre otras

### ***Agricultura y Ganadería.***

Estas actividades productivas compromete la casi totalidad de la población económicamente activa; en razón que en sus parcelas agrícolas no solamente intervienen los jefes de familia, sino que cuenta con el apoyo de las esposas y los hijos mayores quienes a los 8 años toman la responsabilidad de las labores de pastoreo.

El 74,6 % de la PEA se dedica a las labores agrícolas y pecuarias esto es 580 personas, que son completados con el apoyo de los niños, en tanto que apenas el 25,4 % tienen otras actividades como: obreros, jornaleros y comerciantes.

La actividad agrícola es de secado, al no disponer de riego en la zona y lo dedican solamente el 20 % de las 11000 has que disponen, cultivando papas, cebada, cebolla, habas, y en menor escala se cultiva melloco, maíz, quinua, el pasto, etc.

En cuanto a la ganadería, la principal actividad es la crianza del ganado ovino y en menor escala es la crianza de ganado bovino.

### **3.1.12 SERVICIOS PÚBLICOS EXISTENTES**

Los servicios públicos son escasos dentro de la zona comparada con las necesidades de la población y al momento cuenta con los siguientes servicios básicos.

#### ***Agua Potable.***

La zona dispone de un sistema precario de potabilización de agua, donde la calidad de esta no es apta para el consumo humano debido a que las unidades de este sistema se encuentran en mal estado algunas de las cuales ni siquiera funcionan, distribuyendo el agua para consumo humano tal y como vienen de las vertientes, constituyendo un riesgo potencial para la salud de los pobladores.

El actual sistema aprovecha las aguas de las vertientes del sector de Yaguachi, que alimentan las redes de distribución existentes de tipo ramal abierto.

#### ***Alcantarillado.***

En el sector no existe el servicio de alcantarillado, y la eliminación de excretas se realiza a través de letrinas, pozos ciegos o a cielo abierto, las aguas lluvias escurren libremente por las laderas de las montañas.

#### ***Desecho de Sólidos.***

No existe en el sector un adecuado programa de desecho sólidos, estos se los deposita directamente en los terrenos aledaños a las viviendas, o se los quema, con los graves problemas que esta práctica conlleva, ya que no existe un sistema de recolección de basura.

#### ***Energía Eléctrica.***

La zona de estudio si dispone de fluido eléctrico las 24 horas del día, al encontrarse integrada al sistema nacional interconectado de servicio eléctrico.

#### ***Servicio Telefónico***

Se cuenta con un servicio telefónico de tipo móvil de las dos operadoras importantes en el país, Movistar y Claro.

#### ***Vialidad.***

La comunidad, la Parroquia, el Cantón y la Provincia se comunican con el resto del país a través de la Panamericana Riobamba – Cuenca. El acceso a la Comunidad se encuentra a 10 Km al Sur de Guamote en la vía Riobamba - Cuenca, para el acceso a la zona de estudio se encuentra una vía lastrada de longitud de 7,5 Km hasta el inicio de la Comunidad 4 Esquinas.

### **3.1.13 GEOLOGÍA**

El proyecto se encuentra dentro de los andes que forma la columna vertebral del Ecuador y atraviesa completamente el país de SSW a NNE con un ancho de apenas 150 Km y domina los volcanes cubiertos de nieve que llega a los 6.000 msnm.

La cordillera Occidental comprende Volcánicos del Mesozoico y rocas sedimentarias secundarias y en la parte alta se encuentra cubierto por Volcánicos del Neógeno. Las



gradientes son extremadamente empinadas, donde la diferencia de altitud de 4.000 metros ocurre en apenas 25 Km., y da paso a la formación de la Cuenca del Guayas, siendo profundamente disecada por los ríos principales que corren paralelos por distancias considerables al rumbo de los Andes, la zona geológicamente está relacionada con las rocas que dieron lugar a su formación.

### ***Marco Geológico***

La Cordillera Occidental que abarca la zona del proyecto, pertenece al arco de islas volcánico cretácico y forma parte del valle interandino, encontrándose constituida por una potente secuencia de depósitos volcanoclasticos y lava andesíticas del Cretácico al Paleógeno (Formación Macuche). La formación Macuche con contiene faunas eocénicas, asociadas con el desarrollo local de calizas, las lavas tienen texturas espiliticas y exhiben estructuras de almohadillas, se encuentran bien desarrolladas el ensamblaje volcánico de arco de isla (eugeosinclinal) de origen submarino de aguas relativamente profundas. En la formación Macuche se encuentra la zona de la falla de Pallatanga que no tiene mayores cambios litológicos, en tanto que en las partes altas de la formación Macuche se encuentra constituido por sedimentos del Mioceno y depósitos volcánicos del Neógeno al Cuaternario, incluyendo algunos estratos – volcanes importantes.

### ***Estratigrafía***

El Ecuador constituye una zona compleja de transición dentro de la Cordillera de los Andes, cuya historia y estructura es el reflejo de la interacción entre placas de América, Farallón, Cocos y Nazca, por procesos de subducción, segmentación y acreción, acompañados de una actividad tectónica e ígnea propia; en tanto que la región Andina está dividida en 2 zonas paralelas, geológicamente distintas, con rumbo NNE. Rocas metamórficas subyacen a la Cordillera Oriental, mientras que las rocas volcánicas y sedimentarias subsidiarias del Cretácico o paleoceno comprenden la masa de la Cordillera Occidental. La zona en estudio se encuentra comprendido dentro del grupo de formación Macuche y comprende areniscas volcánicas, limonitas, tobas turbidíticas re depositadas y lavas andesíticas a andesitas basálticas y se encuentra circunscrito dentro de la formación de rocas Ígneas indiferenciadas compuestos básicamente por granito, granodiorita, diorita, facias granulada y microgranulada. En la parte Central del Ecuador las series distintivas de arenas gruesas y conglomerados cerca de la cresta de la Cordillera Occidental son distinguidas por presencia de fragmentos de

cuarzo blanco de origen metamórfico (o vetas). Al sur de Chimborazo donde se encuentra el proyecto existe una transición hacia arriba claramente interdigitada de las lutitas típicas de la Yunguilla, hacia los conglomerados de la Cayo Rumi que sobrepasan los 2.000 metros de espesor. Dentro de la zona del proyecto se encuentra la fallas grande (o sistema) Puna – Pallatanga – Riobamba y Chimbo con sentido de movimiento SSW a NNE.

### ***Geología Estructural***

La Sierra del Ecuador está separada de la zona sub andina del oriente por una importante zona de cabalgamiento. El limite Occidental es morfológicamente la base de las estribaciones de los andes, el que desaparece debajo de los depósitos aluviales de la región costanera. Estructuralmente el límite geológico del tipo cordillerano, probablemente yace ligeramente más al Oeste por bajo de una cobertura cuaternaria, donde el complejo de la falla Guayas – Babahoyo probablemente se extiende al Norte desde el Golfo de Guayaquil por debajo de la Cuenca de Guayas.

La región de la Sierra en su totalidad es tectónicamente muy compleja, pero puede ser dividida en sub provincias estructurales importantes, por la gran zona de Falla Jubones, la expresión somera de un cambio fundamental en la Geología Andina, que marca el límite entre los Andes Centrales y del Norte.

El arco Volcánico Marino del Cretácico Superior al Terciario Inferior se extiende hacia el Norte desde la zona de la Falla Jubones parte Sur del Ecuador, a lo largo de toda la Cordillera Occidental, hasta el límite con Colombia y quizás más allá, tiene una dirección NNE pero está dividida por varios bloques por una serie de fallas que se orienta SW – NE y parecen continuar hacia el sur oeste dentro del Golfo de Guayaquil y puede llegar a juntarse y formar un sistema.

La morfología y geología de la Cordillera Occidental indican que las fallas pueden tener características semejantes, siendo en parte dextral y transformacional, pero también mantiene un componente vertical. La principal característica tectónica del sistema es la Falla Guayaquil – Babahoyo que se infiere como continuación hacia el Norte por debajo de la Cuenca Guayas, no muy al oeste de las estribaciones de los Andes. En la Zona del Proyecto se localiza una estructura importante que es la Falla Puna – Pallatanga, la que bifurca y posiblemente continua en la parte alta de la sierra, puede cambiar su rumbo hacia el Norte y llegar a ser una falla limitante del valle interandino; además se tiene la falla de Jambeli – Naranjal al sur de Pallatanga, la fractura Milagros – Guaranda más al Norte, la mayoría de las fallas son un

sistema de bifurcación que junto con otras fallas tienen el mismo rumbo, atraviesan el Arco Volcánico cortándolo una serie de bloques tectónicos.

En cuanto al valle interandino se originaron como resultado de un hundimiento y un levantamiento diferencial en el Mioceno y quizá también posteriormente. La mayoría son fallas controladas que se orientan de NNW y formadas por bloques formando en un régimen tensional durante el recién periodo de levantamiento y arqueamiento de la corteza continental

### 3.2 RECONOCIMIENTO DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA CONSTRUIDA.

#### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE “GALTE YAGUACHI”

El sistema actual de agua potable “Galte Yaguachi” se encuentra funcionando de la siguiente manera:

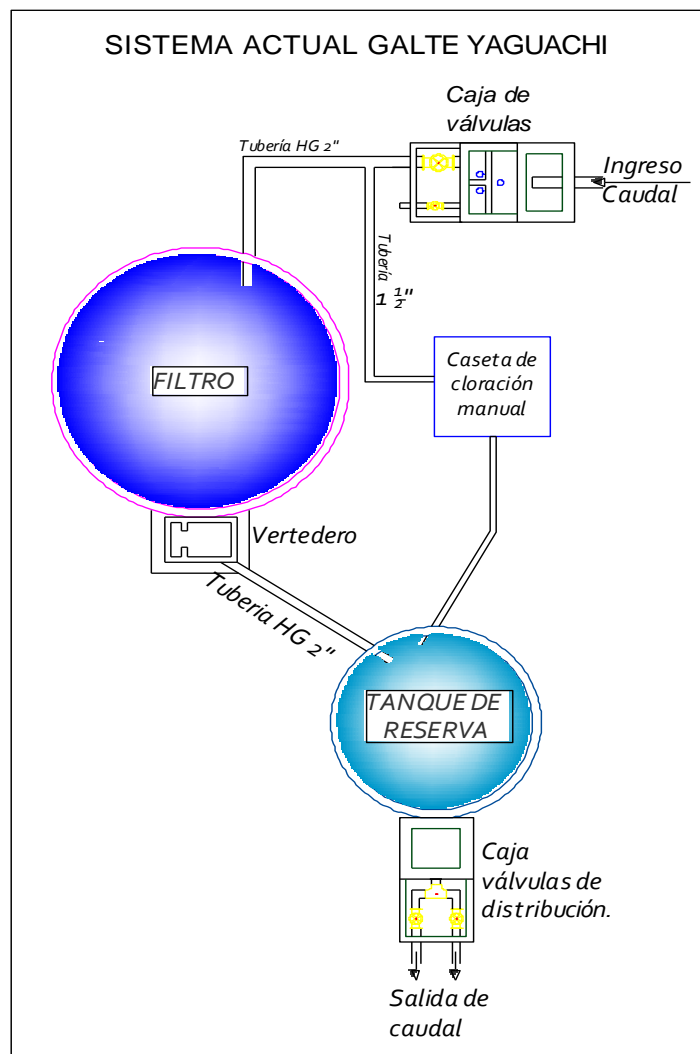


Figura 6. Sistema actual de agua potable “Galte Yaguachi”.  
Fuente: AUTOR

El caudal de ingreso es conducido por medio de una tubería HG de 4” que provienen desde la vertientes de Yanarumi 1, Colahuayco, y Letra Rumi, este caudal al llegar al sistema de potabilización de agua “Los Galtes” estación Yaguachi ingresa a un tanque recolector de agua de 1.45 m. de ancho, 1.90 m. de largo y 1 m de profundidad, la tubería de la conducción es de HG la cual ha sufrido desgaste por varios años de servicio produciendo esto el exceso de hierro en el agua y alterando químicamente aun mas esta.



Foto 1. Tubería HG 4” que llega a la planta desde la captación.  
Fuente: AUTOR

En el interior del tanque recolector de agua se encuentra tres tuberías de PVC de 2”, las cuales actúan como desfogue, además una de estas es utilizada para el retro lavado en la etapa de mantenimiento, el tanque y las tuberías se encuentran en buen estado.



Foto 2. Tuberías de desfogue en la caja de recolección de agua  
Fuente: Autor

Luego de pasar por el tanque recolector el agua Ingresa a una caja de válvulas en donde se regula el caudal que ingresa al tanque filtrador y el caudal utilizado para realizar el retro lavado del filtro, la caja de válvulas se encuentra en buen estado.



Foto 3. Válvulas reguladoras para el retro lavado  
Fuente: Autor

El caudal de salida hacia el tanque de filtración es conducido por una tubería de 3" en una distancia de 60 cm de la caja de válvulas existe una T HG de 3" la cual regula el caudal que ingresa al tanque filtrador y el caudal que ingresa al tanque de cloración manual; la válvula de paso de 1 ½" regula el caudal que ingresa al tanque de cloración manual, el tanque de cloración manual se encuentra en mal estado



Foto 4. Distribución de caudales hacia el clorador  
Fuente: Autor



Foto 5. Tanque de cloración manual  
Fuente: Autor

El caudal ingresa al tanque filtrador por medio de una tubería HG de 2", este tanque es de flujo descendente, y tiene las siguientes especificaciones: diámetro del tanque de 4.00 m, una altura total de 2.50 m el espesor de la pared es de 0.10 m y una tapa de tol, está compuesto por 4 estratos de 40 cm cada uno, con diferentes granulometrías, el estado del sistema de filtración es regular.



Foto 6. Ingreso de caudal al filtro  
Fuente: Autor



Foto 7. Arena Tanque de Filtración  
Fuente: Autor

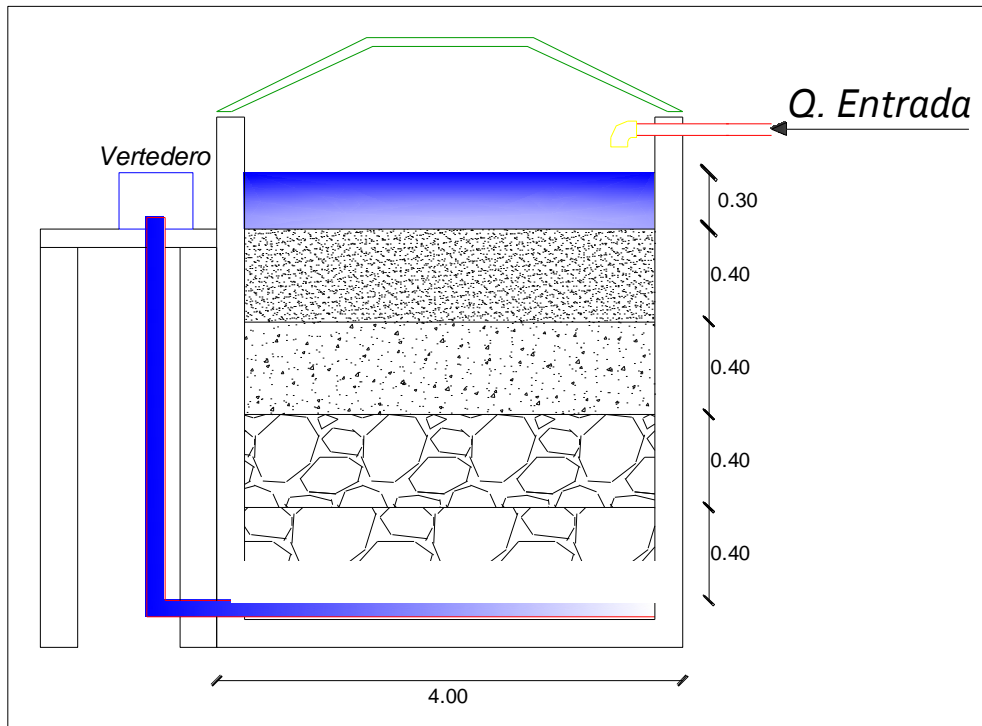


Figura 7. Detalle Tanque de Filtración.  
Fuente: Autor

En el fondo del tanque filtrador existen tuberías PVC de 2" perforadas a cada 25 cm con un diámetro de 1,1 cm, dispuestas horizontal y verticalmente a 30 cm de separación en disposición tal que se forma una rejilla, estas tuberías se encuentran en buen estado.



Foto 8. Tuberías perforadas al fondo del tanque filtrador  
Fuente: Autor

El caudal sale hacia una caja de  $0.40 \times 0.80 \times 0.30$  m, donde existe un vertedero de tipo triangular el cual se utiliza específicamente para medir el caudal filtrado, posteriormente el caudal pasa a un tanque de reserva de 2.80 m de diámetro y 2 m. de profundidad, en el cual se mezcla el caudal que sale del tanque filtrador con el caudal dosificado con cloro, formándose una mezcla homogénea en todo el agua a ser distribuida, el tanque de almacenamiento se encuentra en buen estado.



Foto 9. Vertedero tipo triangular  
Fuente: Autor



Foto 10. Tanque de reserva  
Fuente: Autor

Finalmente el caudal pasa a una caja de válvulas donde se regula el caudal de agua potable a ser distribuido a las comunidades beneficiarias a través de dos válvulas de paso de 3", Las válvulas de paso se encuentran en buen estado pero la caja necesita una limpieza.



Foto 11. Válvulas reguladoras para la red de distribución y el retro lavado.  
Fuente: Autor

### 3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE “GALTE YANARUMI”

El sistema actual de agua potable “Galte Yanarumi” se encuentra funcionando de la siguiente manera:

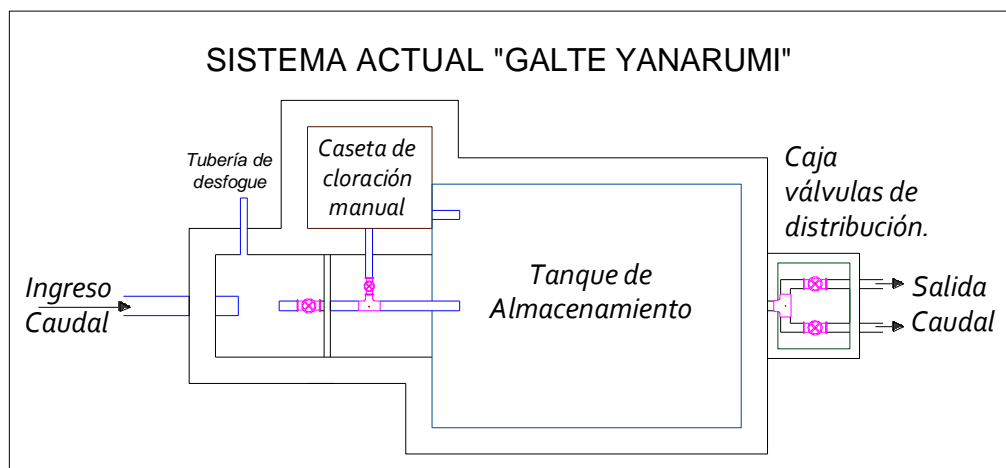


Figura 8. Sistema actual de agua potable “Galte Yanarumi”.  
Fuente: Autor



Foto 12. Caja Recolectora de agua  
Fuente: Autor



Foto 13. Tanque de cloración (500 lt)  
Fuente: Autor



El caudal de ingreso es conducido por medio de una tubería HG de 6” que provienen desde la vertientes de Yanarumi 2, Colahuayco, y Viga Serena, este caudal al llegar al sistema de potabilización de agua “Los Galtes” estación Yanarumi, ingresa a una caja de revisión de 1.55 m. de ancho, 1.40 m. de largo y 1.50 m de profundidad, luego de esto el agua ingresa a una caja de distribución de caudales los mismos que conducen el agua al tanque de almacenamiento de 3.70 m. de ancho, 4.70 m. de largo y 2.00 m de profundidad y una parte al tanque de cloración manual eurolit de 500 lt de capacidad.

La Caja de revisión, las válvulas y el tanque de almacenamiento se encuentran en buen estado mientras que el tanque de cloración no se encuentra en óptimas condiciones y sin funcionamiento.

El caudal que ingresa al tanque de almacenamiento donde se mezcla el agua homogéneamente con la dosificación de cloro proveniente de la unidad de cloración, para su purificación, en el interior del tanque existen dos tubería HG de 2” de aireación y una tubería HG de 2” de desfogue ubicada a 1 m. de altura.



Foto 14. Tanque de almacenamiento Yanarumi

Fuente: Autor

Posteriormente el caudal pasa a una caja de válvulas donde se regula el caudal por medio de dos válvulas de paso HG de 3” para su distribución hacia las comunidades beneficiarias, estas válvulas se encuentran en buen estado.



Foto 15. Válvulas reguladoras para la conducción y el retro lavado del tanque de almacenamiento  
Fuente: Autor

### 3.3 AFORACIÓN DE CAUDALES

La aforación de caudales se realizó según lo que establece la norma NTN INEN 2 226:2000, el aforo de caudal se lo realizó mediante el método volumétrico utilizando un recipiente de capacidad conocida y observando el tiempo que demora en llenarse de agua dicho recipiente.



Foto 16. Aforo del caudal mediante el método volumétrico  
Fuente: Autor

La determinación de los caudales a lo largo del tiempo es muy importante por tal motivo se realizaron tres aforos en cada una de las plantas de potabilización para determinar las fluctuaciones del caudal

#### 3.3.1 AFORO PLANTA GALTE YAGUACHI

La demanda de agua para uso domestico de la planta Yaguachi proviene de las vertientes de Yanarumi 1, Letra Rumi, y Colaguayco.



Foto 17. Aforo caudal Yaguachi.  
Fuente: Autor

Se realizaron tres aforos en distintas épocas del año, dentro de cada aforo se realizaron 10 mediciones, y se determinó un promedio de entre estas para determinar el caudal. El *caudal promedio* de las tres mediciones en las distintas épocas del año fue de **3.161 Lt/s**

#### AFORAMIENTO N. 1

**FECHA DE AFORO** 16 DE AGOSTO 2012  
**CLIMA** VERANO

ENSAYO	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (s)	CAUDAL (Lt/s)
1	9	2.8	3.214
2	9	2.82	3.191
3	9	2.76	3.261
4	9	2.72	3.309
5	9	2.83	3.180
6	9	2.92	3.082
7	9	3.01	2.990
8	9	2.79	3.226
9	9	2.83	3.180
10	9	2.97	3.030
PROMEDIO			3.166

Tabla 15. Aforamiento 1 caudal Yaguachi.  
Fuente: Autor

## AFORAMIENTO N. 2

**FECHA DE AFORO** 20 DE SEPTIEMBRE  
**CLIMA** VERANO

<b>ENSAYO</b>	<b>VOLUMEN (Lt)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (Lt/s)</b>
1	9	2.95	3.051
2	9	2.78	3.237
3	9	2.85	3.158
4	9	2.92	3.082
5	9	2.82	3.191
6	9	2.91	3.093
7	9	2.71	3.321
8	9	2.79	3.226
9	9	2.94	3.061
10	9	2.91	3.093
PROMEDIO			3.151

Tabla 16. Aforamiento 2 caudal Yaguachi.  
Fuente: Autor

## AFORAMIENTO N. 3

**FECHA DE AFORO** 3 DE DICIEMBRE 2012  
**ÉPOCA** INVIERNO

<b>ENSAYO</b>	<b>VOLUMEN (Lt)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (Lt/s)</b>
1	9	2.92	3.082
2	9	2.83	3.180
3	9	2.73	3.297
4	9	2.87	3.136
5	9	2.90	3.103
6	9	2.78	3.237
7	9	2.91	3.093
8	9	2.83	3.180
9	9	2.78	3.237
10	9	2.88	3.125
PROMEDIO			3.167

Tabla 17. Aforamiento 3 caudal Yaguachi.  
Fuente: Autor

### 3.3.2 AFORO PLANTA GALTE YANARUMI

La demanda de agua para uso domestico de la planta Yanarumi proviene de las vertientes de Yanarumi 2, Viga Serena, y Colaguayco.



Foto 18. Aforo caudal Yanarumi.  
Fuente: Autor

Se realizaron tres aforos en distintas épocas del año, dentro de cada aforo se realizaron 10 mediciones, y se determinó un promedio de entre estas para determinar el caudal. El *caudal promedio* de las tres mediciones en las distintas épocas del año fue de **1.352 Lt/s**

#### AFORAMIENTO N. 1

FECHA DE AFORO 16 DE AGOSTO 2012  
ÉPOCA VERANO

ENSAYO	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (s)	CAUDAL (Lt/s)
1	9.00	6.500	1.385
2	9.00	6.600	1.364
3	9.00	6.850	1.314
4	9.00	6.960	1.293
5	9.00	6.630	1.357
6	9.00	6.700	1.343
7	9.00	6.480	1.389
8	9.00	6.700	1.343
9	9.00	6.980	1.289
10	9.00	6.730	1.337
PROMEDIO			1.341

Tabla 18. Aforamiento 1 caudal Yanarumi.  
Fuente: Autor

## AFORAMIENTO N. 2

**FECHA DE AFORO**  
**ÉPOCA**

20 DE SEPTIEMBRE 2012  
VERANO

<b>ENSAYO</b>	<b>VOLUMEN (Lt)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (Lt/s)</b>
1	9.00	6.46	1.393
2	9.00	6.50	1.385
3	9.00	6.94	1.297
4	9.00	6.88	1.308
5	9.00	6.79	1.325
6	9.00	6.83	1.318
7	9.00	6.71	1.341
8	9.00	6.59	1.366
9	9.00	6.77	1.329
10	9.00	6.98	1.289
PROMEDIO			1.335

Tabla 19. Aforamiento 2 caudal Yanarumi.  
Fuente: Autor

## AFORAMIENTO N. 3

**FECHA DE AFORO**  
**ÉPOCA**

3 DE DICIEMBRE 2012  
INVIERNO

<b>ENSAYO</b>	<b>VOLUMEN (Lt)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>CAUDAL (Lt/s)</b>
1	9	6.40	1.406
2	9	6.47	1.391
3	9	6.54	1.376
4	9	6.63	1.357
5	9	6.57	1.370
6	9	6.69	1.345
7	9	6.60	1.364
8	9	6.43	1.400
9	9	6.56	1.372
10	9	6.34	1.420
PROMEDIO			1.380

Tabla 20. Aforamiento 3 caudal Yanarumi.  
Fuente: Autor

### 3.3.3 POBLACIÓN.

#### 3.3.3.1 PERÍODO DE DISEÑO

El periodo de diseño de acuerdo a las disposiciones específicas del capítulo IV, de las Normas de diseño de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos, **se adoptara a 30 años**, para el dimensionamiento de la planta de tratamiento que conforman los sistemas, pues estos serán capaz de suministrar un buen servicio.

Componentes	Vida Útil Recomendada	Periodo de Diseño
Obras de Captación	25 a 50 años	25 años
Tanques de Almacenamiento	30 a 40 años	30 años
Tuberías PVC.	20 a 25 años	20 años
Planta de tratamiento	30 a 40 años	40 años
Válvulas (aire, desagüe y con rol de flujo)	variable de acuerdo al fabricante	variable de acuerdo al fabricante

Tabla 21. Vida útil de los elementos del sistema de Agua Potable  
Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1:1992

#### 3.3.3.2 POBLACIÓN DE DISEÑO

LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ESTABLECIDA POR EL INEC EN EL CENSO DEL AÑO 2001 PARA LA PROVINCIA DE GUAMOTE ES DE 1.9%.

De acuerdo al listado que lleva el administrador del sistema “Los Galtes” por acometidas domiciliarias (beneficiarios directos se encuentran en el capitulo Anexos ), sabiendo que las acometidas para el sistema Yaguachi son 200 y para el sistema Yanarumi son 80, además de que las nuevas acometidas se las conecta al nuevo sistema denominado “Galte Miraloma”, por tanto se tiene como dato que las familias tienen un promedio de 5 personas y contabilizando las acometidas domiciliarias se tiene la siguiente población beneficiaria actual,

Yaguachi = 1000 habitantes

Yanarumi = 400 habitantes

#### POBLACIÓN FUTURA

La determinación de la población futura a ser servida por este proyecto es el parámetro que determina el alcance técnico, el control del proyecto y finalmente la determinación de la población de diseño.

Para obtener la población futura y de diseño, se utilizo el método geométrico.

## MÉTODO ESTADÍSTICO GEOMÉTRICO

Algunas ciudades crecen en proporciones correspondiente a un porcentaje uniforme de la población del presente periodo. Este método se debe utilizar con precaución ya que puede dar resultados demasiado elevados, especialmente cuando las comunidades son relativamente recientes y con industrias rápidamente expansivas, son condiciones que puede existir durante un tiempo relativamente corto. Al aplicar un porcentaje de crecimiento de la población en un periodo este conduce a una sobre estimación de la población.

### Sistema Yaguachi.

Habitante local:  
 $PF = Pa*(1+i)^n$   
Donde:  
Pa = 1000 hab.  
i = 1.90%  
n = 30 años  
 $PF = 1000*(1+0.019)^{30}$   
PF = 1759 hab.

### Sistema Yanarumi.

Habitante local:  
 $PF = Pa*(1+i)^n$   
Donde:  
Pa = 400 hab.  
i = 1.90%  
n = 30 años  
 $PF = 400*(1+0.019)^{30}$   
PF = 704 hab.

## CRECIMIENTO LINEAL O ARITMÉTICO

Este método es aplicable a ciudades no industrializadas y que dependen de cultivos agrícolas, por lo que su crecimiento es lineal y poblaciones menores a dos mil habitantes. Por lo tanto la población futura se puede estimar con la siguiente fórmula:

$$P_n = P_a * (1 + in)$$

En donde:

Pn= Población Futura



Pa= Población Actual

n= periodo de diseño entre la población futura y la actual.

i= tasa de incremento poblacional aritmético.

### Sistema Yaguachi.

Habitante local:

$$PF = Pa*(1+in)$$

Donde:

$$Pa = 1000 \text{ hab.}$$

$$i = 1.90\%$$

$$n = 30 \text{ años}$$

$$PF = 1000*(1+0.019*30)$$

$$PF = 1570 \text{ hab.}$$

### Sistema Yanarumi.

Habitante local:

$$PF = Pa*(1+in)$$

Donde:

$$Pa = 400 \text{ hab.}$$

$$i = 1.90\%$$

$$n = 30 \text{ años}$$

$$PF = 400*(1+0.019*30)$$

$$PF = 628 \text{ hab.}$$

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos de la población futura en cada uno de los métodos, se realiza una comparación de los resultados para la elección del más representativo de una población. De acuerdo a esto, el método a utilizar en la propuesta de diseño es el aritmético; ya que el crecimiento de la población en estudio se apega mas a este tipo de crecimiento poblacional, ya que son asentamientos no industrializados que dependen de las actividades agrícolas, con una población menor a dos mil habitantes; tendiendo al comportamiento de este método.

CUADRO DE RESUMEN ANÁLISIS POBLACIONAL			
SECTOR	POBLACIÓN INICIAL Hbts año 2012	TASA DE CRECIMIENTO %	POBLACIÓN FINAL Hbts. Año 2042
Yaguachi	1000	1.90	1570
Yanarumi	400	1.90	628

Tabla 22. Cuadro Resumen Análisis Poblacional  
Fuente: Autor

### 3.3.4 DOTACIÓN

La dotación es la cantidad de agua que se necesitara para satisfacer únicamente las necesidades de carácter domestico y se les ha determinado de acuerdo a las recomendaciones de las normas de diseño.

Para el estudio se ha utilizado las recomendaciones de la tabla siguiente de dotaciones, para satisfacer las necesidades de la población del sector, dotando de la siguiente manera:

<b>POBLACIÓN(habitantes)</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)</b>
hasta 5 000	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	cálido	170 - 200
5 000 a 50 000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	cálido	200 - 230
más de 50 000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	cálido	> 230

Tabla 23. Dotaciones de agua según población

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1:1992

Por no disponer de datos de consumos reales de agua potable se adoptan los valores que recomienda la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental a través de las Normas de diseño, en tal virtud para el Proyecto se asume una dotación mayorada de 120 l/h/d. para poblaciones hasta 5000 habitantes; clima Frio para ambos sectores.

#### 3.3.4.1 DOTACIÓN SISTEMA YAGUACHI

##### VARIACIONES DEL CONSUMO

Población local:

Población	1828 Hab.
Coefficiente de variación de consumo máximo diario 1.3- 1.5	1.3
Coefficiente de variación de consumo máximo horario 2-2.3	2.00

Tabla 24. Variación de consumo planta Yaguachi

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1:1992

Se toma como coeficiente de mayoración a 1.3, ya que en el Sector “Los Galtes” existe un clima frío durante la mayor parte del año y el uso principal del agua es el consumo doméstico, además éste sector no cuenta con zonas de actividad comercial (plazas o centros de acopio) debido a su cercanía al cantón Guamote

Se toma un valor de 2.0, pues las horas pico que registra el sistema “Los Galtes” son durante los intervalos de 6:00 a 7:30, 12:00 a 13:30 y de 16:30 a 19:30, esto se debe a que durante la mañana sus habitantes se preparan para salir hacia los centros educativos y a sus lugares de trabajo en el campo, al medio día la población estudiantil retorna a sus hogares, como también la gente que se encarga del trabajo en el campo, es decir durante las horas de tarde y noche la población económicamente activa regresa. Además éste coeficiente también guarda estrecha relación con el clima, el que se caracteriza por ser frío.

Dotaciones:

Dotación media diaria 120 lt/hab./día

Variaciones de Consumo

Consumo medio Diario (CM). = Dotación media * población	188400 lt/día	0.00218 m3/s	2.18 lt/s
Consumo Máximo Diario (CMD). = CM * Variación de consumo diario	244920 lt/día	0.00283 m3/s	2.83 lt/s
Consumo Máximo Horario (CMH). = CM * Variación de consumo horario	376800 lt/día	0.00436 m3/s	4.36 lt/s

Tabla 25. Calculo Variaciones de consumo Yaguachi

Fuente: Autor

Caudales de diseño

CAUDALES DE DISEÑO PARA LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	
ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Maximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de agua superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de agua subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
<b>Planta de tratamiento</b>	<b>Máximo diario + 10%</b>

Tabla 26. Caudales de diseño

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1:1992

Planta de tratamiento

CMD +10%

Planta de tratamiento

3.12 lt /s.

### 3.3.4.2 DOTACIÓN SISTEMA YANARUMI

#### VARIACIONES DEL CONSUMO

Población local:

población	628 Hab.
Coefficiente de variación de consumo máximo diario 1.3- 1.5	1.3
Coefficiente de variación de consumo máximo horario 2-2.3	2.00

Tabla 27. Variación de consumo planta Yanarumi  
Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1:1992

Dotaciones:

Dotación media diaria 120 lt/hab./día

Variaciones de Consumo

Consumo medio Diario (CM). = Dotación media * población	75360 lt/día	0.00087 m3/s	0.87 lt/s
Consumo Máximo Diario (CMD). = CM * Variación de consumo diario	97968 lt/día	0.00113 m3/s	1.13 lt/s
Consumo Máximo Horario (CMH). = CM * Variación de consumo horario	150720 lt/día	0.00174 m3/s	1.74 lt/s

Tabla 28. Calculo Variaciones de consumo Yanarumi  
Fuente: Autor

Planta de tratamiento

CMD +10%

Planta de tratamiento

1.25 lt /s.

### 3.3.4.3 CAUDALES DE DISEÑO

#### SISTEMA YAGUACHI

$Q_D$

CM= 2.18 lt/s

CMD = 2.83 lt/s

CMH = 4.36 lt/s

Caudal de diseño Planta de tratamiento 3.12 lt/s.

## **SISTEMA YANARUMI**

$Q_D$	CM= 0.87 lt/s
	CMD = 1.13 lt/s
	CMH = 1.74 lt/s
Caudal de diseño Planta de tratamiento	1.25 lt/s.

Los caudales disponibles según los aforos realizados son: para la planta Yaguachi de 3.161 lt/s, y para la planta Yanarumi 1.352 lt/s, estos caudales comparados con los caudales de diseño indican que si abastecen a los dos sistemas. La sentencia de aguas que se dispone para el sistema de potabilización “Los Galtes” se encuentra en el capítulo de anexos.

### **3.3.5 CALIDAD DE AGUA**

#### **3.3.5.1 ANÁLISIS DE AGUA REALIZADO EN 1997**

Se recopiló información sobre los análisis de la calidad de agua realizadas en las vertientes provenientes del año de 1997, donde comenzó la etapa de diseño de la planta de potabilización “Los Galtes”. El análisis de agua se encuentra en el capítulo de Anexos. Con estos análisis se realizó un diseño para verificar si cada unidad de los sistemas se encuentran correctamente diseñadas.

#### **3.3.5.2 ANÁLISIS DE AGUA REALIZADO EN 2013**

Además de esto se realizó un nuevo análisis del agua en los laboratorios de Servicios Ambientales de la UNACH en el año 2013 basados en las normas TULSMA, con la finalidad de rediseñar y optimizar las plantas de tratamiento que se encuentran ya construidas y pertenecen al sistema “Los Galtes”. El análisis de agua actual se encuentran en el capítulo de Anexos.

El agua proveniente para el análisis se tomó a la entrada de cada una de las plantas debido a que, como los sistemas no se encuentran funcionando correctamente porque no funcionan las unidades de cloración como también el filtro esta sobresaturado, por tal razón el agua no es tratada y da lo mismo muestrear al inicio como al final de las plantas.



Foto 19. Análisis de agua en el LSA UNACH  
Fuente: Autor

### **3.3.6 VERIFICACIÓN DISEÑO PLANTA YAGUACHI**

Los análisis de agua de la vertiente que alimenta al sistema Yaguachi indican valores de color = 6.00 u de color, turbidez, 7.00 FTU, y sólidos suspendidos de 5.00 mg/l para disminuir estos niveles, se ha diseñado el sistema principalmente con un tanque filtro descendente, una unidad de cloración, y un tanque de almacenamiento.

#### **3.3.6.1 VERIFICACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL FILTRO**

Se realizaron los respectivos ensayo de granulometría al lecho filtrante como a la grava que componen el filtro, con la finalidad de ver si cumple con lo especificado en la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 1992 literal 5.9.2.1, estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y pavimentos de la UNACH cumpliendo con lo que dicta las normas ASTM D 422 e INEN 696 correspondientes a granulometrías.

El lecho filtrante se compone de 4 estratos que van distribuidos desde la base hacia arriba de la siguiente manera:

1. Grava - diámetro promedio 16 cm.
2. Grava - diámetro promedio 7 cm.
3. Grava - diámetro promedio 2 cm.
4. Arena



Foto 20. Grava diámetro promedio 16 cm.  
Fuente: Autor



Foto 21. Grava diámetro promedio 7 cm.  
Fuente: Autor



Foto 22. Muestra Grava y Arena ensayo en laboratorio UNACH  
Fuente: Autor

### 3.3.6.2 ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS

Este ensayo está basado en las Normas ASTM D 422 e INEN 696

Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de las muestras de suelo con el propósito de determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas mayores a  $75\ \mu\text{m}$ . (retenidos en la malla 200).

#### ***EQUIPOS***

- Horno de secado
- Balanzas
- Tamices
- Tamizadora

### **ESPÉCIMEN DE ENSAYO**

El peso del suelo secado y seleccionado para el ensayo, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

<b>Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)</b>	<b>Peso mínimo aproximado de la porción (gr)</b>
9,5 (3/8")	500
<b>19,6 (3/4")</b>	<b>1000</b>
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Tabla 29: Pesos muestra de suelos mínimas para granulometría.  
Fuente: TESIS, Manual Laboratorio de Suelos y Pavimentos, UNACH.

### **PROCEDIMIENTO**

1. Secar la muestra en el horno hasta que este sea una masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Las muestras de suelos para el análisis granulométrico, deben ser representativas y tener aproximadamente un peso tal como indica la tabla de pesos mínimos de muestras para la granulometría.
2. Seleccionar la muestra a tamizar y pesar con una balanza de precisión de 0,10 g. Registrar este valor.
3. Seleccionar un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar colocados en orden decreciente, por tamaño de abertura.
4. Colocada la muestra sobre el tamiz de mayor abertura, efectuar la operación de tamizado por medio del tamizador mecánico, durante 10 minutos como mínimo.
5. Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz con la balanza. Registrar este valor.



### 3.3.6.3 GRANULOMETRÍA DE LAS ARENAS

#### INFORME DE ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NORMA ASTM D 422, INEN 696)

Solicitante: **Sr. Cristian Quito Logroño**

Fecha de Ensayo: 13/12/2012

Tipo de Muestra: **Manto Granular del Filtro**

Hora de ensayo: 10:00

Instrumento/Tipo: **Serie de tamices, Horno,  
Tamizadora electrica, Balanzas.**

PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	ERROR
4123.00	4123.00	0.00

**OK**

#### ANALISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO ACUM (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
<b>1/2"</b>	12.7	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>3/8"</b>	9.52	320.00	320.00	7.76	7.76	92.24
<b>No. 4</b>	4.76	149.00	469.00	3.61	11.38	88.62
<b>No. 10</b>	2	393.00	862.00	9.53	20.91	79.09
<b>No. 40</b>	0.42	1158.00	2020.00	28.09	48.99	51.01
<b>No. 100</b>	0.149	1372.00	3392.00	33.28	82.27	17.73
<b>No. 200</b>	0.075	221.00	3613.00	5.36	87.63	12.37
<b>Bandeja</b>		510.00	4123.00	12.37	100.00	
<b>TOTAL</b>		4123		100.00		

**D60** 0.68 **D30** 0.21

**D10** 0.078

**COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:** 8.72

**COEFICIENTE DE CURVATURA** 0.83

**TIPO DE SUELO** SP (ARENA MAL GRADUADA)

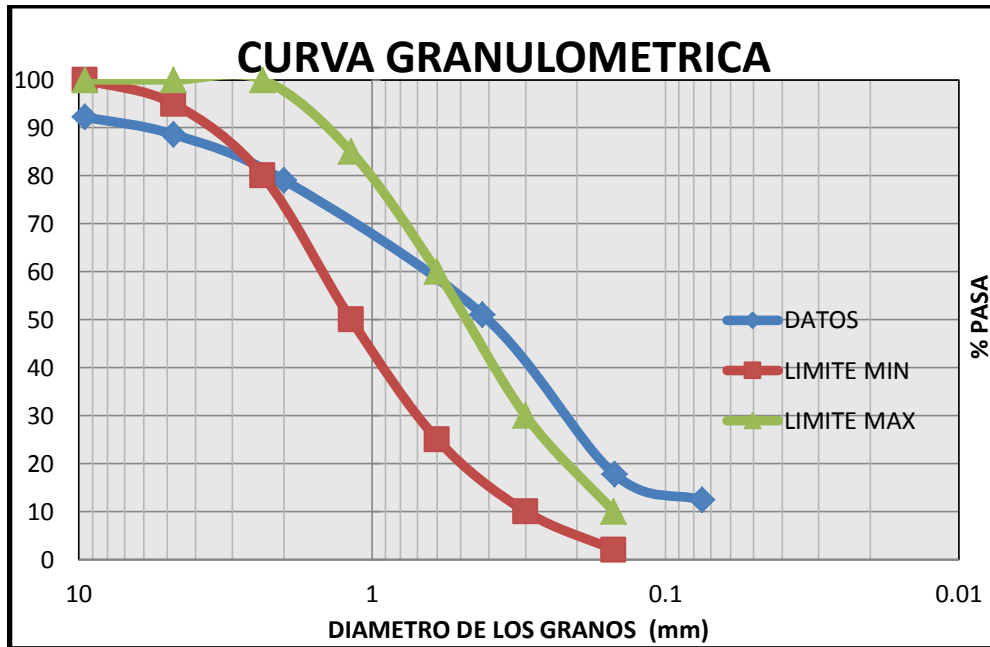


Figura 9. Curva Granulométrica de la Arena existente en el filtro  
Fuente: Autor

### 3.3.6.4 GRANULOMETRÍA DE LAS GRAVAS

#### INFORME DE ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (NORMA ASTM D 422, INEN 696)

PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	ERROR
5655.00	5655.00	0.00

OK

TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO ACUM (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1½"	38.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.1	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.7	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	593.00	593.00	10.49	10.49	89.51
¼"	6.35	3055.00	3648.00	54.02	64.51	35.49
No. 4	4.76	1556.00	5204.00	27.52	92.02	7.98
No. 10	2	449.00	5653.00	7.94	99.96	0.04
TARA		2.00	5655.00	0.04	100.00	
<b>TOTAL</b>		5655		100.00		

<b>D60</b>	5.8	<b>D30</b>	0.21
<b>D10</b>	2.1		
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD:</b>			2.76
<b>COEFICIENTE DE CURVATURA</b>			0.0036
<b>TIPO DE SUELO</b>			GP (GRAVA MAL GRADUADA)

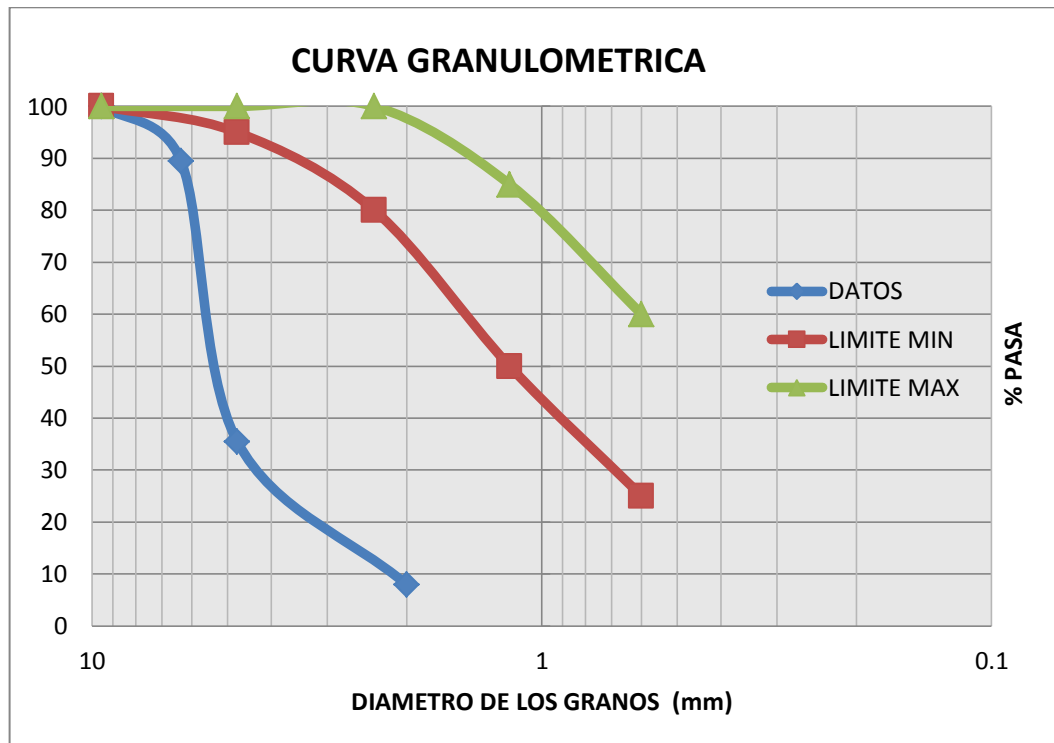


Figura 10. Curva Granulométrica de la Grava existente en el filtro  
Fuente: Autor

### 3.3.6.5 DISEÑO DEL FILTRO LENTO DESCENDENTE

Caudal de diseño (Q)= 3.16 lt/s.

Población de diseño= 1570 habitantes.

#### CONSIDERACIONES PREVIAS

Calculo del número de filtros

Criterio de seguridad de funcionamiento

Una recomendación para el cálculo del número de filtros nos dice que:

$$N = \frac{1}{4} * Q$$

$$N = \frac{1}{4} * (11.38)$$

$$N = 2.84 \cong 3 \text{ Filtros}$$

Donde:

N= Número de Filtros

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

### ***Criterio de caudal***

Se aconseja 2 filtros si el caudal es mayor a 100 m<sup>3</sup>/día y menor a 300 m<sup>3</sup> /día

1 filtro si el caudal es menor 100 m<sup>3</sup>/día

$$Q = 11.38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q(\text{en un dia}) = 273.02 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

***Por lo tanto diseñamos 2 Filtros***

### ***Criterio de población***

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992, recomienda 2 filtros para poblaciones menores a 2000 habitantes

Se adoptara 2 unidades para trabajar al 65% de caudal en cada uno de los filtros. Se recomienda diseñar 1 filtro para una población inferior a 1000 habitantes.

$$\text{Poblacion del proyecto} = 1570 \text{ habitantes}$$

Por lo tanto diseñamos 2 Filtros

### **NÚMERO DE FILTROS A DISEÑAR**

Por lo tanto se diseñaran= 2 FILTROS

Las normas CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1, nos indica que si tenemos un filtro este trabajara al 100% de capacidad, pero se dispondrá de un número mínimo de dos unidades en paralelo, con una capacidad individual para tratar el 65% del caudal.

### **PARÁMETROS DE DISEÑO:**

Para el siguiente proyecto se ha decidido diseñar dos filtros lentos, los cuales cada uno trabajara con el 65% del caudal de la planta de potabilización.

$$\text{Caudal de la planta (Qt)} = 3.16 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q \text{ por filtrar (Qf)} = 0.65 * Qt = 2.054 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_f = 0.002054 \frac{m^3}{s}$$

Las normas CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992, nos indica que la velocidad de filtración deberá ser de 0.1 m/h a 0.2 m/h.

$$\text{Velocidad adoptada } (V_f) = 0.2 \frac{m}{h}$$

$$V_f = 5.56E - 05 \frac{m}{s}$$

$$V_f = 0.005556 \frac{cm}{s}$$

### CALCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL

$$A_s = \frac{Q_f}{V_f}$$

Donde:

$$Q_f = \text{caudal a filtrarse } \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$V_f = \text{velocidad de filtración } \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$A_s = 36.97 \text{ m}^2$$

Si tenemos que:

$$d = \left( \frac{4 * A_s}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 6.90 \text{ m}$$

Por lo tanto los filtros tendrán las siguientes dimensiones:

Nota: por cuestiones constructivas vamos a asumir un diámetro de 7.00 m.

Diámetro de los filtros lentos (asumido) =  $d = 7.00 \text{ m}$

$$\text{Area del filtro} = A = \frac{\pi * d^2}{4} = 38.48 \text{ m}^2$$

$$\text{Radio} = R = 3.50 \text{ m}$$

### SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA FILTRADA

$$\text{velocidad de filtración } (V_f) = 5.56E - 05 \frac{m}{s}$$

$$\text{Caudal filtrado } (Q_f) = A * V_f = 38.48 \text{ m}^2 * 5.56E - 05 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2.138E - 03 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1, nos dice que diámetro de los orificios será tal que permita la entrada del caudal correspondiente al caudal de servicio de cada lateral y generalmente oscila entre 2 mm y 4 mm.

$$\text{Diámetro de cada orificio (Adoptado)} = d = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Área de cada orificio} = A_o = 1.26E - 05 \text{ m}^2$$

El CPE5 INEN: Parte 9-1: 1992 tabla 11. Velocidad y caudales para operación de filtros rápidos, nos indica que la velocidad en el Efluente o cuerpo receptor del agua en el filtro en este caso la de los orificios en las tuberías varía entre 0.9 – 1.8 m/s

$$\text{Velocidad en cada orificio (Adoptado)} = V_o = 0.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

EL CAUDAL QUE INGRESA EN CADA ORIFICIO (Q<sub>o</sub>) SERÁ:

$$Q_o = A_o * V_o = 1.76E - 06 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### **CÁLCULO DEL NÚMERO DE ORIFICIOS EN LA TUBERÍA**

EL CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992; indica que el espaciamiento entre los orificios generalmente varía entre 0.1 m a 0.3 m. Y la distancia entre recolectores o laterales va de 1 a 2 m.

Por lo tanto asumimos:

$$\text{Separación de orificios} = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Distancia entre colectores o laterales} = 1.00 \text{ m}$$

**Por lo tanto el # de laterales = 14 unidades de tubería, 7 a cada lado**

<b>No de laterales= 14, a cada lado del colector principal existen 7 laterales</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Long. Unitaria</b>	<b>Long. total</b>
Long. Lateral No1=	1.50*2	3.00 m
Long. Lateral No2=	2.70*2	5.40 m
Long. Lateral No3=	3.20*2	6.40 m
Long. Lateral No4=	3.35*2	6.70 m
Long. Lateral No5=	3.20*2	6.40 m
Long. Lateral No6=	2.70*2	5.40 m
Long. Lateral No7=	1.50*2	3.00 m
		<b>36.30 m</b>

**EN LATERALES: 2 ORIFICIOS CADA 0.30 m**  
**DIÁMETRO DE PERFORACIÓN DEL ORIFICIO = 4 mm**

Si tenemos que el espacio entre orificios es de 0.30 m:

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = \frac{\text{Long. total}}{\text{Espacio entre orificios}} * 2 \text{ orificios a cada lado}$$

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = 242 \text{ orificios}$$

**CAUDAL EN CADA ORIFICIO**

$$q_o = \frac{\text{caudal de diseño}}{N^{\circ} \text{ de orificios}} = \frac{2.054}{242} = 0.008488 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 0.000008488 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

**CÁLCULO DEL LATERAL PRINCIPAL**

Calculamos el caudal que ingresa al lateral que tiene mayor número de orificios.

$$\text{lateral central} = \text{Long. lateral N4} = 3.35\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = 22 \text{ orificios en lateral}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal que ingresa en el lateral} &= qL = N^{\circ} \text{ de orificios} * q_o = 0.186727 \frac{\text{lt}}{\text{s}} \\ &= 0.0001867 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = \frac{\text{Caudal del lateral (qL)}}{\text{Velocidad en lateral}}$$

Las Normas dicen que la velocidad en la tubería lateral no debe ser mayor a 0.50 m/s. aunque preferiblemente menor a los 0.30 m/s.

$$\text{Velocidad adoptada} = 0.15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = 0.00124485 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro interior del tubo lateral} = \left( \frac{4 * AL}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.03981\text{m} = 39.81\text{mm}$$

Por lo tanto se asume una tubería de diámetro según (MIDUVI-IEOS)=

$$\text{Diámetro Ext.} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro Int.} = 47 \text{ mm}$$

$$\text{Área} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.001735 \text{ m}^2$$

## COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD EN EL LATERAL

Lateral del extremo  $L = 3.35 \text{ m}$        $N^{\circ}$  de orificios = 22

$$\begin{aligned} \text{Caudal que ingresa en el lateral} &= qL = N^{\circ} \text{ de orificios} * q_0 = 0.186727 \frac{\text{lt}}{\text{s}} \\ &= 0.0001867 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = 0.001735 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad en lateral (VL)} = \frac{qL}{AL} = 0.108 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como nuestra velocidad se encuentra dentro de lo que dice la Norma, si es menor a 0.30 m/s ES ACEPTABLE nuestra tubería.

## CÁLCULO DEL COLECTOR CENTRAL

$$\text{Área del colector central (A colec)} = \frac{\text{Caudal filtrado}}{\text{Velocidad}} = \frac{0.002054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.006847 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diámetro interior del COLECTOR CENTRAL (D}_{int}) &= \left( \frac{4 * AL}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.093367 \text{ m} \\ &= 93.37 \text{ mm} \end{aligned}$$

SE ASUME TUBERÍA DE DIÁMETRO SEGÚN (MIDUVI-IEOS)=

**Diámetro Ext. = 100 mm**

**Diámetro Int. = 97 mm**

$$\text{Área} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.0074 \text{ m}^2$$

## COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD COLECTOR PRINCIPAL

$$Q_{filt} = 0.002054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\text{Velocidad en colector (Vc)} = \frac{Q_{filt}}{A} = \frac{0.002054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.0074 \text{ m}^2} = 0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Como nuestra velocidad se encuentra dentro de lo que dice la Norma, si es menor a 0.30 m/s ES ACEPTABLE nuestra tubería.

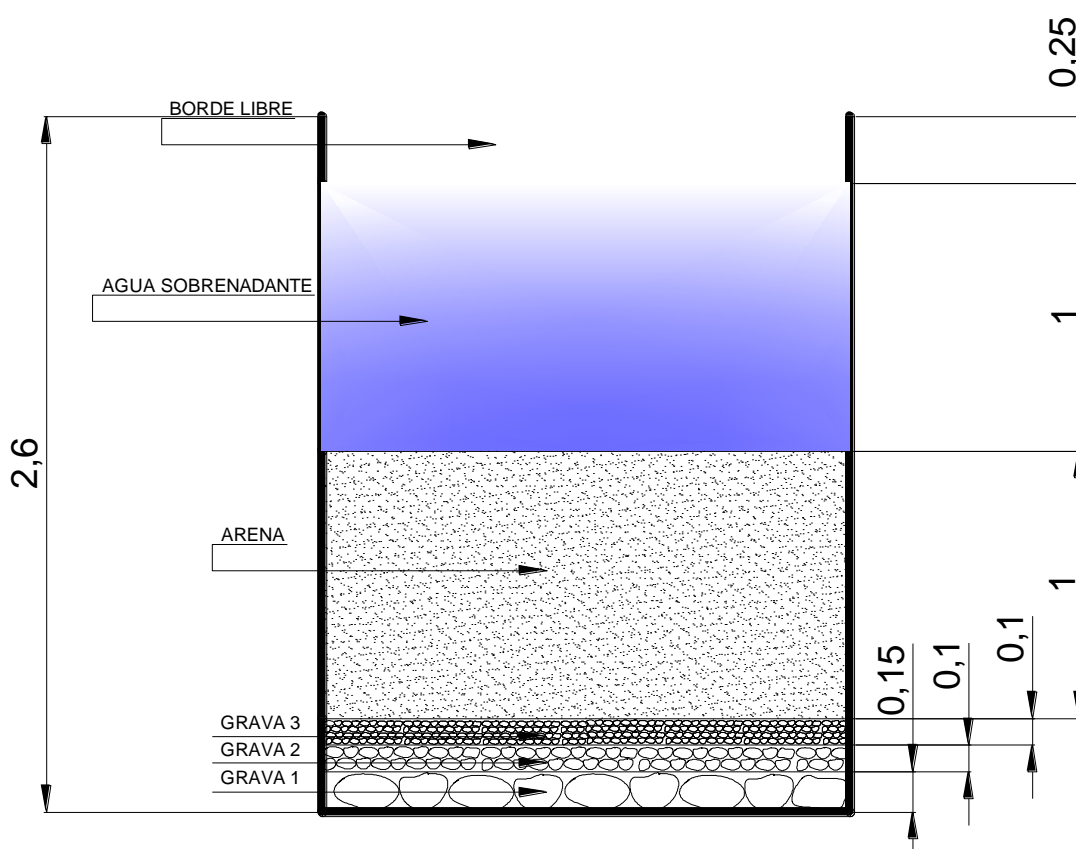
## MATERIAL FILTRANTE

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1, indican las especificaciones técnicas dadas en las normas para filtros lentos nos indican que el lecho filtrante debe cumplir con las siguientes características:



POSICIÓN EN EL LECHO	ESPESOR DE CAPA EN m.		DIÁMETRO mm
Borde libre	0.25	m	
Película de agua	1.00	m	
Arena de filtro	1.00	0.15-0.35 (Diámetro Partículas en mm)	0.30
		<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD &lt;3</b>	
<b>Capa de soporte:</b>			
Grava 1	0.15		1 – 1.14 mm.
Grava 2	0.10		4 – 5.6 mm.
Grava 3	0.10		16 – 23 mm.

Tabla 30. Especificaciones Lecho filtrante  
Fuente: El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1.



. Figura 12. Detalle Propuesta de Manto Filtrante  
Fuente: Autor

### 3.3.6.6 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Según la Norma INEN 5: Parte 9-1: 1992 como la población es menor a 5000 habitantes, se tomará el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Cálculo del tanque de reserva para los pobladores

En este caso se definió 24 horas sin interrupciones de agua en el día.

$$\begin{aligned}QMD &= 2.83 \text{ lt/seg} \\QMD &= 2.83 \text{ lt/seg} * 0.30 \\QMD &= 0.85 \text{ lt/seg}\end{aligned}$$

**Volumen de almacenamiento en las 24 horas:**

$$\begin{aligned}V_{alm} &= (0.85 \text{ lt/seg} * 86400 \text{ seg}) / 1000 \text{ lt} \\V_{alm} &= 73.35 \text{ m}^3/\text{día}\end{aligned}$$

**Volumen de limpieza**

Es tal que permite el lavado y desinfección de la reserve (paredes y fondo), se ha definido un volumen:

$$\begin{aligned}V_{lim} &= 10 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen total de almacenamiento} \\ V_t &= V_{alm} + V_{lim} \\ V_t &= 73.35 + 10 \\ V_t &= 83.35 \text{ m}^3/\text{día}\end{aligned}$$

**Nota:** Según el CPE INEN 5: Parte 9-1, para poblaciones de hasta 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios así como también el volumen para emergencias.

### 3.3.6.7 DISEÑO DEL DOSIFICADOR QUÍMICO

**Calculo de la dosificación química**

En nuestro caso, en vista de que el agua proviene de vertientes utilizaremos una dosificación de 1.0 mg/lt. Según las Normas CPE 5 INEN: Parte 9-1; 1992 literal 5.10.1.1.

$$\begin{aligned}Q &= 3.12 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}} \\ Q &= 269568 \frac{\text{lt}}{\text{día}}\end{aligned}$$

**Cantidad necesaria de cloro al día:**

$$\begin{aligned}1.0 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} &= 1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}} \\ 1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * 269568 \frac{\text{lt}}{\text{día}} &= 0.269568 \frac{\text{kg}}{\text{día}}\end{aligned}$$

$$0.269568 \frac{kg}{día} * 1000 \frac{g}{kg} = 269.568 \frac{g}{día}$$

**Cantidad de hipoclorito de calcio al día:**

70% de cloro activo

$$\frac{269.568 \frac{g}{día}}{0.70} = 385.097 \frac{g}{día}$$

Se disolverá en el tanque hipoclorador de 500 lt, una cantidad de **385.097 g de hipoclorito de calcio** al 70% cada día.

**Velocidad de inyección:**

$V = 0.5 \text{ m}^3$  (volumen del tanque hipoclorador)

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

$$Q = \frac{0.5 \text{ m}^3}{86400 \text{ seg}} = 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = V_0 * A$$

Donde  $V_0$  = velocidad

$A$  = área de inyección

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{Q}{V_0}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow \frac{D^2}{4} = \frac{Q}{V_0}$$

Despejamos al diámetro  $D$ , y asumimos una velocidad  $V_0 = 0.5 \text{ m}/\text{seg}$ :

$$D = \left( \frac{4Q}{\pi V_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4 * 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * 0.5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.473 * 10^{-6} \text{ m} = 1.473 * 10^{-4} \text{ cm}$$

Por lo tanto adoptamos una tubería de  $\frac{1}{2}$ " = 1.27 cm, y calculamos la velocidad real:

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

$$V_0 = \frac{\left(4 * 5.783 * 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}\right)}{(\pi * 0.0127^2)}$$

$$V_0 = 0.0046 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$500000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad 86400 \text{ seg}$$

$$100 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad X$$

$$X = 17.28 \text{ seg.}$$

**Se regulara el dosificador para que un vaso graduado de 100 cm<sup>3</sup> se llene en 17.28 seg.**

### 3.3.7 VERIFICACIÓN DISEÑO PLANTA YANARUMI

Según la Norma INEN 5: Parte 9-1: 1992 como la población es menor a 5000 habitantes, se tomara el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Calculo del tanque de reserva para los pobladores.

En este caso se va a dar las 24 horas, sin interrupciones en el día.

$$QMD = 1.13 \text{ lt/seg}$$

$$QMD = 1.13 \text{ lt/seg} * 0.30$$

$$QMD = 0.34 \text{ lt/seg}$$

**Volumen de almacenamiento en las 24 horas:**

$$V_{alm} = (0.34 \text{ lt/seg} * 86400 \text{ seg}) / 1000 \text{ lt}$$

$$V_{alm} = 29.29 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Volumen de limpieza**

Es tal que permite el lavado y desinfección de la reserve (paredes y fondo), se ha definido un volumen de 3 m<sup>3</sup> por ser una planta pequeño.

$$V_{lim} = 3 \text{ m}^3$$

Volumen total de almacenamiento

**Volumen total de almacenamiento**

$$V_t = V_{alm} + V_{lim}$$

$$V_t = 29.29 + 3$$

$$V_t = 32.29 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Nota:** Según el CPE INEN 5: Parte 9-1, para poblaciones de hasta 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios, así como también el volumen para emergencias.

### 3.3.7.1 DISEÑO DEL DOSIFICADOR QUÍMICO

#### *Cálculo de la dosificación química*

En nuestro caso, en vista de que el agua proviene de vertientes subterráneas utilizaremos una dosificación de 1.0 mg/lit. Según las Normas CPE 5 INEN: Parte 9-1; 1992, literal 5.10.1.1.

$$Q = 1.25 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}$$

$$Q = 108000 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

#### *Cantidad necesaria de cloro al día:*

$$1.0 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} = 1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}}$$

$$1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * 108000 \frac{\text{lt}}{\text{día}} = 0.108000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$0.108000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 108.00 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

#### *Cantidad de hipoclorito de calcio al día:*

70% de cloro activo

$$\frac{108.00 \frac{\text{g}}{\text{día}}}{0.70} = 154.286 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

Se disolverá en el tanque hipoclorador de 500 lt, una cantidad de **154.286 g de hipoclorito de calcio** al 70% cada día.

#### *Velocidad de inyección:*

V = 0.5 m<sup>3</sup> (volumen del tanque hipoclorador)

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

$$Q = \frac{0.5 \text{ m}^3}{86400 \text{ seg}} = 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = V_o * A$$

Donde  $V_o$ = velocidad

$A$ = área de inyección

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

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow \frac{D^2}{4} = \frac{Q}{V_o}$$

Despejamos al diámetro  $D$ , y asumimos una velocidad  $V_o = 0.5 \text{ m/seg}$ :

$$D = \left( \frac{4Q}{\pi V_o} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4 * 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * 0.5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.473 * 10^{-6} \text{ m} = 1.473 * 10^{-4} \text{ cm}$$

Por lo tanto adoptamos una tubería de  $\frac{1}{2}$ " = 1.27 cm, y calculamos la velocidad real:

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

$$V_o = \frac{\left( 4 * 5.783 * 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)}{(\pi * 0.0127^2)}$$

$$V_o = 0.0046 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$500000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad 86400 \text{ seg}$$

$$100 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad X$$

$$X = 17.28 \text{ seg.}$$

***Se regulara el dosificador para que un vaso graduado de 100 cm<sup>3</sup> se llene en 17.28 seg.***

## **CAPITULO 4**

### **4 DISCUSIONES**

#### **4.1 ANÁLISIS DE AGUAS**

##### **4.1.1 CONCEPCIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE AGUA 1997**

Según los análisis de agua realizados en 1997 la cantidad de coliformes para la planta de Yanarumi es 9 NMP/100, mientras que el análisis de agua para la planta de Yaguachi indican un valor de coliformes de 93 NMP/100, razón por la cual basados en la que establece la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 1992, indican que para la planta de Yanarumi requiere solamente desinfección mientras que para la planta de Yaguachi requiere un tratamiento convencional.

##### **4.1.2 CONCEPCIÓN TÉCNICA ANÁLISIS DE AGUA 2013**

Según los análisis de agua realizados en la universidad en el año 2013, el pH es 6.77, la cantidad de coliformes totales es 853 NMP/100, coliformes fecales es 423 NMP/100, el color aparente es 7 u de color, el Oxígeno Disuelto es 3.50 mg O<sub>2</sub>/l, la Turbidez 1.80 NTU, y los sólidos totales 120 mg/l, para la planta de Yanarumi, estos valores según las tablas TULSMA indican que están dentro del rango tratamiento por medio de desinfección a excepción de la cantidad de coliformes por tanto se vio la necesidad de realizar solamente el diseño del tanque clorador para remover más del 90 % de este valor, entrando así en el rango de tratamiento solo por desinfección.

Mientras que el análisis de agua para la planta de Yaguachi indican un valor de pH es 7.99, la cantidad de coliformes totales es 1200 NMP/100, coliformes fecales es 351 NMP/100, el color aparente es 17 u de color, el Oxígeno Disuelto es 4.60 mg O<sub>2</sub>/l, la Turbidez 1.55 NTU, y los sólidos totales 620 mg/l, para la planta de Yanarumi, estos valores según las tablas TULSMA indican que están dentro del rango tratamiento por medios convencionales debido a la gran cantidad de coliformes se anuncia realizar el diseño de un tanque clorador y por la gran cantidad de sólidos totales se prevé diseñar una unidad de filtrado.

## 4.2 DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DE LAS PLANTAS

### 4.2.1 DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA GALTE YAGUACHI

Las múltiples visitas al sector y con la ayuda de los beneficiarios del sistema “GALTE YAGUACHI”, se identificó varios problemas que hacen que el sistema no funcione correctamente, razón por la cual el agua que consumen las comunidades beneficiarias no estén en óptimas condiciones para el consumo humano:

- El sistema de cloración manual no está funcionando ya que el tanque dosificador eurolit de asbesto de 500 lt de capacidad se encuentra destruido además que no existe la sustancia química ni un técnico especializado encargado de dosificar la cantidad exacta para la purificación del agua.



Foto 23. Tanque dosificador que se encuentra totalmente inhabilitado y destruido.  
Fuente: Autor

- El tanque filtrador no abastece el caudal de entrada causando el desborde del agua, para evitar el desbordamiento del caudal los comuneros utilizan mangueras por donde trasladan el caudal excedente directamente al vertedero sin pasar por el proceso de filtración, además para evitar el desperdicio del caudal utilizan mangueras conectando directamente desde las tuberías de desfogue hacia el tanque de almacenamiento que va directamente a la red de distribución.





Foto 24. Tanque filtrador donde se aprecia la tubería que recoge el agua en exceso del tanque filtrador para pasarlo directamente hacia la caja del vertedero  
Fuente: Autor



Foto 25. Tuberías de desfogue que son aprovechadas mediante tubería que conduce hacia el tanque de almacenamiento para la red de distribución.  
Fuente: Autor

#### **4.2.2 DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA GALTE YANARUMI**

En la visita de campo realizada al sistema de agua potable “GALTE YANARUMI”, se identifico varios problemas que hacen que el sistema no funcione correctamente razón por la cual el agua que consumen los pobladores de las comunidades beneficiarias no estén en óptimas condiciones para el consumo humano:

- El caudal evacuado por las tuberías de desfogue de la caja de revisión es conducido directamente hacia el tanque de almacenamiento por medio de tuberías conectadas por los pobladores del sector argumentando el desperdicio de caudal.



Foto 26. Tuberías conectadas en el sistema de desfogue que es conducida al tanque de almacenamiento.

Fuente: Autor

- El sistema de cloración manual no está funcionando ya que no existe un manual de operación y mantenimiento, la tubería que conduce al tanque dosificador se encuentra destruida así como también el tanque, además no existe la sustancia química ni un técnico especializado encargado de dosificar la cantidad exacta para la purificación del agua, razón por la cual esta unidad de la planta ha sido suspendida por parte de los usuarios.



Foto 27. Tanque dosificador inhabilitado sistema Yanarumi

Fuente: Autor

### 4.3 INCONSISTENCIAS ENCONTRADAS EN EL DISEÑO

#### 4.3.1 PROBLEMÁTICA EN EL SISTEMA ACTUAL “GALTE YAGUACHI”

- La capacidad actual del tanque filtrador es de 319.19 m<sup>3</sup>, ya que tiene un diámetro de 4.00 m y una profundidad interior de 2.50, lo que hace que no esté en la capacidad de recoger todo el caudal de ingreso, provocando la evacuación del caudal excedente mediante rebose, este caudal es aprovechado por los usuarios y se han instalado tuberías que conducen el agua sobrenadante del filtro directamente hacia el tanque de almacenamiento sin pasar por el proceso de filtrado contaminando nuevamente el agua.

Además según lo establecido en las normas vigentes para sistemas de agua potable se necesita como mínimo tener dos tanques de filtración que trabajen al 65% cada uno, por lo que la inconsistencia en el diseño actual es de gran importancia, el diseño para la planta consiste en 2 filtros de 7 m de diámetro y 2.60 m de profundidad para abastecer el caudal actual y filtrarlo.



Foto 28. Tubería que recoge agua del tanque filtrador sistema Yaguachi  
Fuente: Autor

- Al realizar el análisis granulométrico de las muestras de arena del manto filtrante se encontró un coeficiente de uniformidad de 8.72 el cual nos indican que se ha disminuido la cantidad de finos en el material existente en el tanque filtrador, pues la norma indica que para el lecho filtrante se debe tener una arena con el modulo de

finura de 1.5 a 2 o máximo 3. Debido a que el lecho filtrante ya cumplió su vida útil y nunca ha sido reemplazado desde su colocación en su etapa de diseño en 1997 pues este ya necesita ser reemplazado por un nuevo material que cumpla con los parámetros recomendados por las normas para sistemas de filtración de agua potable, además de esto el espesor de la capa del lecho filtrante actualmente es de 40 cm., la norma establece que el lecho filtrante tenga un espesor mínimo de 1.00 a 1.50 m. por lo que el espesor del lecho filtrante no retiene al 100% la cantidad de sólidos en suspensión del agua.

En lo referente a las gravas actualmente se tiene 3 estratos de 40 cm. y distintos tamaños nominales dispuestos de forma descendente en tamaño desde su base hasta encontrarse con la arena, la norma establece que los mantos de la grava tengan espesores de 15 cm la grava de la base seguido de dos estratos de 10 cm de espesor de distintos tamaños. Esta disposición se la hace debido a que el material filtrante es la arena, más no la grava, pues esta cumple con la tarea de evitar que las partículas finas de la arena taponen los agujeros de la tubería perforada que está en el fondo y recoge el agua filtrada. Por tanto el material que compone el filtro no cumple totalmente con la expectativa que se tuvo de filtrar.



Foto 29. Arena del tanque filtrador Yaguachi

Fuente: Autor

- El sistema de agua potable cuenta con un sistema de cloración por arrastre el cual no está funcionando, pues el tanque Eurolit de 500 lt de capacidad se encuentra roto y la

tubería que conduce el agua para su llenado ha sido removida. Por tal motivo se ha suspendido actualmente la unidad de cloración por parte de los usuarios.

Al realizar el análisis de la unidad de cloración se observó que el tanque clorador está mal ubicado debido a que el agua que ingresa a este tanque no pasa por el tanque filtrador primeramente, lo que hace posible el paso de sólidos en suspensión pasen directamente al tanque de almacenamiento que posteriormente será distribuido a las comunidades beneficiarias, por lo que se sugiere que la unidad de cloración se encuentre posterior a la unidad de filtración.



Foto 30. Unidad de cloración mal colocada  
Fuente: Autor

- Las tuberías perforadas de recolección de agua filtrada ubicadas en el fondo del tanque de filtración se encuentran mal dispuestas ya que las perforaciones fueron realizadas en la parte superior de la misma, algunos expertos recomiendan que las perforaciones de la tubería sean realizadas a los lados de esta y no en la parte superior como se encuentra al momento, debido a que las partículas de menor diámetro de las arenas con el tiempo son arrastradas hacia abajo debido a que es un filtro lento de flujo descendente y estas ingresan a la tubería provocando la acumulación de estas en el interior de esta lo que da paso a la formación de lodos los mismos que son

descompuestos al paso del tiempo provocando una nueva contaminación en el agua filtrada, y el taponamiento de la tubería del caudal de salida.



Foto 31. Tubería mal perforada sistema Yaguachi  
Fuente: Autor

## CAPITULO 5

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Con la presente investigación se comprobó que uno de los factores para que exista un alto índice de enfermedades gastro intestinales, en las comunidades; Galte Jatun Loma, Cooperativa Agrícola Galte Laime, Galte Bisñay, galte San Juan, Galte Miraloma, Galte Cachi Pata, Cooperativa Galte Ambrosio Lasso abastecidas por el sistema de agua potable regional los Galtes, índice obtenido del sub centro de salud de la parroquia Palmira, es la ingesta de agua de consumo humano sin un sistema de tratamiento en buen funcionamiento, como lo determina el presente trabajo.
- Se determina el mal funcionamiento después de haber realizado el análisis técnico y el rediseño basado en la hidráulica aplicada a sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y la normativa vigente en el TULSMA y normas INEN,
- Para el sistema de tratamiento denominado Yahuachi se concluye que el volumen del tanque filtrante tiene un déficit de 65 m<sup>3</sup> y adicionalmente se tendrá que construir un tanque de similares características.
- Se debe cambiar la arena del lecho filtrante que tiene un coeficiente de uniformidad de 8.72 según análisis granulométrico y sustituirlo por otro que se encuentre dentro del rango de 1.5 a 3 en un espesor de 100 cm, se debe redistribuir los estratos de grava 1 de 1 – 1.14 mm en un espesor de 15 cm, grava 2 de 4 – 5.6 mm en un espesor de 10 cm y grava 3 de 16 – 23 mm en un espesor de 10 cm. Según norma CPE INEN 5 Parte 9-1 1992 capítulo quinto referente a Características de la arena en filtros lentos convencionales
- Se debe construir en las plantas de tratamiento Yahuachi y Yanarumi un nuevo sistema de desinfección para así dosificar hipoclorito de calcio según resultados del rediseño

- Construir un cerramiento nuevo que permita el aislamiento de este sistema de tratamiento de aguas de consumo humano
- No existe un operador capacitado, únicamente un guardia de la planta de tratamiento, tampoco un manual de operación y mantenimiento.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para que el lecho filtrante remueva la cantidad de sólidos presentes en el agua, se recomienda, que la arena sea cambiada cada año como recomienda la CPE INEN 5 Parte 9-1 1992 capítulo quinto, referente a Características de la arena en filtros lentos convencionales, y se dispongan como se encuentra en los planos acatando las especificaciones técnicas que se realizó en esta investigación.
- Las unidades de cloración son las partes más importantes dentro de la planta de tratamiento de potabilización de agua, por tanto se deberá capacitar y concientizar a un Aguatero, para que siempre cloren el agua, teniendo en cuenta que el agua es desinfectada, solamente si ha pasado por un tratamiento de cloración, u ozonificación.
- Al observar en situ y realizar el diseño del lecho filtrante se observa que los espesores tanto de la grava como de la arena no son los óptimos, por tanto se recomienda que se respete que dictan las normas CPE INEN 5 parte 9-1: 1992 en su capítulo quinto referente referente a filtros convencionales en su tabla 6 que dice que se coloque un lecho de arena de 1 m. de espesor y esta sea seguida por dos capas de grava de 10 cm. y una tercera con un espesor de 15 cm. que protegen la tubería perforada.
- Un problema que se encontró en la disposición de las unidades que conforman la planta de Yaguachi es que la unidad de cloración se encuentra antes de la unidad de filtración, y el agua que entra al tanque clorador es agua que no es filtrada, esto no debería suceder por tanto se sugiere que la unidad de cloración se encuentre luego del proceso de filtración, así eliminaríamos este porcentaje de agua que no se está filtrando por lo que consecuentemente mejoraríamos la calidad de agua.
- En el proceso de investigación se encontró que la tubería que está en el fondo del tanque filtrador tiene gran cantidad de partículas finas de arena en su interior, esto se debe a la disposición de los huecos que conforman la tubería perforada están hacia arriba, por tanto se sugiere que los huecos que conforman la tubería se lo realicen a los lados para que el arena que es arrastrada en el proceso de filtración no se introduzcan directamente en la tubería y taponen esta.

## CAPITULO 6

### 6 PROPUESTA

#### 6.1 Título de la Propuesta

REDISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA POTABLE REGIONAL LOS GALTES PARROQUIA MATRIZ, DEL CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE CHIMBORAZO

#### 6.2 Propuesta de Diseño.

Al verificar en campo las anomalías que existe en el tratamiento y desinfección de agua potable, y al realizar el diseño se encontró que los dos sistemas que componen la planta “LOS GALTES” actualmente está sub dimensionado por tanto se realizó una nueva propuesta de diseño para que este abastezca todo el caudal y funcione para que su agua sea tratada y purificada, apta para el consumo humano.

Los planos de detalle de la propuesta de diseño, como las Especificaciones Técnicas y el Plan de Operación y Mantenimiento, del nuevo diseño se encuentran en el capítulo de Anexos.

#### Período de diseño

El periodo de diseño de acuerdo a las disposiciones específicas del capítulo IV, de las Normas de diseño de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos, **es de 30 años.**

#### Población de Diseño

LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ESTABLECIDA POR EL INEC EN EL CENSO DEL AÑO 2001 PARA LA PROVINCIA DE GUAMOTE ES DE 1.9%.

De acuerdo al listado que lleva el administrador del sistema “Los Galtes” por acometidas domiciliarias y sabiendo que las acometidas para el sistema Yaguachi son 200 y para el sistema Yanarumi son 80, además de que las nuevas acometidas se las conecta al nuevo

sistema denominado “Galte Miraloma”, por tanto se tiene como dato según el INEC que las familias tienen un promedio de 5 personas y contabilizando las acometidas domiciliarias se tiene la siguiente población beneficiaria actual.

Yaguachi = 1000 habitantes

Yanarumi = 400 habitantes

### **Población Futura**

La determinación de la población futura a ser servida por este proyecto es el parámetro que determina el alcance técnico, el control del proyecto y finalmente la determinación de la población de diseño.

Para obtener la población futura y de diseño, se utilizó el método Aritmético, debido a que este método es aplicable a ciudades no industrializadas y que dependen de cultivos agrícolas, donde su crecimiento es lineal y es aplicable a poblaciones menores a dos mil habitantes. Por lo tanto la población futura se puede estimar con la siguiente fórmula:

$$P_n = P_a * (1 + in)$$

En donde:

P<sub>n</sub>= Población Futura

P<sub>a</sub>= Población Actual

n= periodo de diseño entre la población futura y la actual.

i= tasa de incremento poblacional aritmético.

#### **Sistema Yaguachi.**

Habitante local:

$$PF = Pa*(1+in)$$

Donde:

Pa = 1000 hab.

i = 1.90%

n = 30 años

$$PF = 1000*(1+0.019*30)$$

$$PF = 1570 \text{ hab.}$$

#### **Sistema Yanarumi.**

Habitante local:

$$PF = Pa*(1+in)$$

Donde:

Pa = 400 hab.

$$i = 1.90\%$$
$$n = 30 \text{ años}$$
$$PF = 400 * (1 + 0.019 * 30)$$
$$PF = 628 \text{ hab.}$$

## Dotación

Por no disponer de datos de consumos reales de agua potable se adoptan los valores que recomienda la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental a través de las Normas de diseño, en tal virtud para el Proyecto se asume una dotación mayorada de 120 l/h/d. para poblaciones hasta 5000 habitantes; clima Frio para ambos sectores.

## Dotación Sistema Yaguachi

Coeficiente de variación de consumo máximo diario 1.3- 1.5	1.3
Coeficiente de variación consumo máximo horario 2-2.3	2.00

Se toma como coeficiente de mayoración a 1.3, ya que en el Sector “Los Galtes” existe un clima frío durante la mayor parte del año y el uso principal del agua es el consumo doméstico, además éste sector no cuenta con zonas de actividad comercial (plazas o centros de acopio) debido a su cercanía al cantón Guamate

Se toma un valor de 2.0, pues las horas pico que registra el sistema “Los Galtes” son durante los intervalos de 6:00 a 7:30, 12:00 a 13:30 y de 16:30 a 19:30, esto se debe a que durante la mañana sus habitantes se preparan para salir hacia los centros educativos y a sus lugares de trabajo en el campo, al medio día la población estudiantil retorna a sus hogares, como también la gente que se encarga del trabajo en el campo, es decir durante las horas de tarde y noche la población económicamente activa regresa. Además éste coeficiente también guarda estrecha relación con el clima, el que se caracteriza por ser frío.

Por tanto las variaciones de consumo para esa dotación y población son:

Consumo medio Diario (CM). = Dotación media * población	2.18 It/s
Consumo Máximo Diario (CMD). = CM * Variación de consumo diario	2.83 It/s
Consumo Máximo Horario (CMH). = CM * Variación de consumo horario	4.36 It/s

Y los caudales de diseño según las normas de saneamientos para una planta de tratamiento de agua son:

Planta de tratamiento Máximo diario + 10%

Planta de tratamiento 3.12 It /s.

### Dotación Sistema Yanarumi

Coefficiente de variación de consumo máximo diario 1.3- 1.5	1.3
Coefficiente de variación consumo máximo horario 2-2.3	2.00

Se toma como coeficiente de mayoración a 1.3, ya que en el Sector “Los Galtes” existe un clima frío durante la mayor parte del año y el uso principal del agua es el consumo doméstico, además éste sector no cuenta con zonas de actividad comercial (plazas o centros de acopio) debido a su cercanía al cantón Guamote

Se toma un valor de 2.0, pues las horas pico que registra el sistema “Los Galtes” son durante los intervalos de 6:00 a 7:30, 12:00 a 13:30 y de 16:30 a 19:30, esto se debe a que durante la mañana sus habitantes se preparan para salir hacia los centros educativos y a sus lugares de trabajo en el campo, al medio día la población estudiantil retorna a sus hogares, como también la gente que se encarga del trabajo en el campo, es decir durante las horas de tarde y noche la población económicamente activa regresa. Además éste coeficiente también guarda estrecha relación con el clima, el que se caracteriza por ser frío.

Por tanto las variaciones de consumo para esa dotación y población son:

Consumo medio Diario (CM). = Dotación media * población	0.87 It/s
Consumo Máximo Diario (CMD). = CM * Variación de consumo diario	1.13 It/s
Consumo Máximo Horario (CMH). = CM * Variación de consumo horario	1.74 It/s

Y los caudales de diseño según las normas de saneamientos para una planta de tratamiento de agua son:

Planta de tratamiento	CMD +10%
Planta de tratamiento	1.25 lt /s.

### **Caudales de Diseño**

#### ***Sistema Yaguachi***

$Q_D$	CM= 2.18 lt/s CMD = 2.83 lt/s CMH = 4.36 lt/s
Caudal de diseño Planta de tratamiento	3.12 lt/s.

#### ***Sistema Yanarumi***

$Q_D$	CM= 0.87 lt/s CMD = 1.13 lt/s CMH = 1.74 lt/s
Caudal de diseño Planta de tratamiento	1.25 lt/s.

Los caudales disponibles según los aforos realizados son: para la planta Yaguachi de 3.161 lt/s, y para la planta Yanarumi 1.352 lt/s, estos caudales comparados con los caudales de diseño indican que si abastecen a los dos sistemas. La sentencia de aguas que se dispone para el sistema de potabilización “Los Galtes” se encuentra en el capítulo de anexos.

### **Calidad de Agua**

Según los análisis de agua realizados en la universidad en el año 2013, el pH es 6.77, la cantidad de coliformes totales es 853 NMP/100, coliformes fecales es 423 NMP/100, el color aparente es 7 u de color, el Oxígeno Disuelto es 3.50 mg O<sub>2</sub>/l, la Turbidez 1.80 NTU, y los sólidos totales 120 mg/l, para la planta de Yanarumi, estos valores según las tablas TULSMA indican que están dentro del rango tratamiento por medio de desinfección a excepción de la cantidad de coliformes por tanto se vio la necesidad de realizar solamente el diseño del tanque clorador para remover más del 90 % de este valor, entrando así en el rango de tratamiento solo por desinfección.

Mientras que el análisis de agua para la planta de Yaguachi indican un valor de pH es 7.99, la cantidad de coliformes totales es 1200 NMP/100, coliformes fecales es 351 NMP/100, el color aparente es 17 u de color, el Oxígeno Disuelto es 4.60 mg O<sub>2</sub>/l, la Turbidez 1.55 NTU, y los sólidos totales 620 mg/l, estos valores según las tablas TULSMA indican que están dentro del rango tratamiento por medios convencionales debido a la gran cantidad de coliformes se anuncia realizar el diseño de un tanque clorador y por la gran cantidad de sólidos totales se prevé diseñar una unidad de filtrado.

## **DISEÑO PLANTA YAGUACHI**

### **Diseño del Filtro Lento Descendente**

Caudal de diseño (Q)= 3.16 lt/s.

Población de diseño= 1570 habitantes.

Calculo del número de filtros

Criterio de seguridad de funcionamiento

Una recomendación para el cálculo del número de filtros nos dice que:

$$N = \frac{1}{4} * Q$$

$$N = \frac{1}{4} * (11.38)$$

$$N = 2.84 \cong 3 \text{ Filtros}$$

Donde:

N= Número de Filtros

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

### ***Criterio de caudal***

Se aconseja 2 filtros si el caudal es mayor a 100 m<sup>3</sup>/día y menor a 300 m<sup>3</sup> /día

1 filtro si el caudal es menor 100 m<sup>3</sup>/día

$$Q = 11.38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q(\text{en un dia}) = 273.02 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

***Por lo tanto diseñamos 2 Filtros***

### ***Criterio de población***

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992, recomienda 2 filtros para poblaciones menores a 2000 habitantes

Se adoptara 2 unidades para trabajar al 65% de caudal en cada uno de los filtros. Se recomienda diseñar 1 filtro para una población inferior a 1000 habitantes.

Poblacion del proyecto = 1570 habitantes

**Por lo tanto diseñamos 2 Filtros**

Se diseñaran dos filtros , los cuales cada uno trabajará con el 65% del caudal de la planta de potabilización.

$$\text{Caudal de la planta (Qt)} = 3.16 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$\text{Q por filtrar (Qf)} = 0.65 * \text{Qt} = 2.054 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$\text{Qf} = 0.002054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Las normas CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992, nos indica que la velocidad de filtración deberá ser de 0.1 m/h a 0.2 m/h.

$$\text{Velocidad adoptada (Vf)} = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

$$\text{Vf} = 5.56E - 05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Vf} = 0.005556 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

### ***Calculo Del Área Superficial***

$$\text{As} = \frac{\text{Qf}}{\text{Vf}}$$

Donde:

$$\text{Qf} = \text{caudal a filtrarse} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$



$V_f =$  velocidad de filtración  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$$A_s = 36.97 \text{ m}^2$$

Si tenemos que:

$$d = \left(\frac{4 * A_s}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$d = 6.90 \text{ m}$$

Por lo tanto los filtros tendrán las siguientes dimensiones:

Nota: por cuestiones constructivas vamos a asumir un **diámetro de filtro 7.00 m.**

Diámetro de los filtros lentos (asumido) =  $d = 7.00 \text{ m}$

$$\text{Area del filtro} = A = \frac{\pi * d^2}{4} = 38.48 \text{ m}^2$$

$$\text{Radio} = R = 3.50 \text{ m}$$

### ***Sistema de Recolección de Agua Filtrada***

$$\text{velocidad de filtración } (V_f) = 5.56E - 05 \frac{m}{s}$$

$$\text{Caudal filtrado } (Q_f) = A * V_f = 38.48 \text{ m}^2 * 5.56E - 05 \frac{m}{s} = 2.138E - 03 \frac{m^3}{s}$$

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1, dice que diámetro de los orificios será tal que permita la entrada del caudal correspondiente al caudal de servicio de cada lateral y generalmente oscila entre 2 mm y 4 mm.

$$\text{Diámetro de cada orificio (Adoptado)} = d = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Área de cada orificio} = A_o = 1.26E - 05 \text{ m}^2$$

El CPE5 INEN: Parte 9-1: 1992 tabla 11. Velocidad y caudales para operación de filtros rápidos, indican que la velocidad en el Efluente o cuerpo receptor del agua en el filtro en este caso la de los orificios en las tuberías varía entre 0.9 – 1.8 m/s

$$\text{Velocidad en cada orificio (Adoptado)} = V_o = 0.14 \frac{m}{s}$$

El CAUDAL QUE INGRESA EN CADA ORIFICIO ( $Q_o$ ) SERÁ:

$$Q_0 = A_0 * V_0 = 1.76E - 06 \frac{m^3}{s}$$

### ***Cálculo del Número de Orificios en la Tubería***

EL CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992; indica que el espaciamiento entre los orificios generalmente varía entre 0.1 m a 0.3 m. Y la distancia entre recolectores o laterales va de 1 a 2 m.

Por lo tanto asumimos:

**Separación de orificios = 0.30 m**  
**Distancia entre colectores o laterales = 1.00 m**  
**Por lo tanto el # de laterales = 14 unidades de tubería, 7 a cada lado**

**EN LATERALES: 2 ORIFICIOS CADA 0.30 m**  
**DIÁMETRO DE PERFORACIÓN DEL ORIFICIO = 4 mm**

Si tenemos que el espacio entre orificios es de 0.30 m:

$$N^{\circ} \text{ de orificios} = \frac{\text{Long. total}}{\text{Espacio entre orificios}} * 2 \text{ orificios a cada lado}$$

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ de orificios} = 242 \text{ orificios}}$$

### ***Caudal en Cada Orificio***

$$q_0 = \frac{\text{caudal de diseño}}{N^{\circ} \text{ de orificios}} = \frac{2.054}{242} = 0.008488 \frac{lt}{s} = 0.000008488 \frac{m^3}{s}$$

### ***Cálculo del Lateral Principal***

Se calcula el caudal que ingresa al lateral que tiene mayor número de orificios.

$$\text{lateral central} = \text{Long. lateral N4} = 3.35m$$

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ de orificios} = 22 \text{ orificios en lateral}}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal que ingresa en el lateral} &= qL = N^{\circ} \text{ de orificios} * q_0 = 0.186727 \frac{lt}{s} \\ &= 0.0001867 \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = \frac{\text{Caudal del lateral (qL)}}{\text{Velocidad en lateral}}$$

Las Normas dicen que la velocidad en la tubería lateral no debe ser mayor a 0.50 m/s. aunque preferiblemente menor a los 0.30 m/s.

$$Velocidad\ adoptada = 0.15 \frac{m}{s}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = 0.00124485 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro interior del tubo lateral} = \left( \frac{4 * AL}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.03981 \text{ m} = 39.81 \text{ mm}$$

Por lo tanto se asume una tubería de diámetro según (MIDUVI-IEOS)=

**Diámetro Ext. = 50 mm**

**Diámetro Int. = 47 mm**

$$\text{Área} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.001735 \text{ m}^2$$

### Comprobación de la Velocidad en el Lateral

Lateral del extremo  $L = 3.35 \text{ m}$        $N^{\circ}$  de orificios = 22

$$\begin{aligned} \text{Caudal que ingresa en el lateral} &= qL = N^{\circ} \text{ de orificios} * q_o = 0.186727 \frac{lt}{s} \\ &= 0.0001867 \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

$$\text{Área del tubo lateral (AL)} = 0.001735 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad en lateral (VL)} = \frac{qL}{AL} = 0.108 \frac{m}{s}$$

La velocidad se encuentra dentro de lo que dicta la Norma, que dice si es menor a 0.30 m/s ES ACEPTABLE.

### Cálculo del Colector Central

$$\text{Área del colector central (A colec)} = \frac{\text{Caudal filtrado}}{\text{Velocidad}} = \frac{0.002054 \frac{m^3}{s}}{0.30 \frac{m}{s}} = 0.006847 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diámetro interior del COLECTOR CENTRAL (D}_{int}) &= \left( \frac{4 * AL}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.093367 \text{ m} \\ &= 93.37 \text{ mm} \end{aligned}$$

SE ASUME TUBERÍA DE DIÁMETRO SEGÚN (MIDUVI-IEOS)=

**Diámetro Ext. = 100 mm**

**Diámetro Int. = 97 mm**

$$\text{Área} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.0074 \text{ m}^2$$

### Comprobación de la Velocidad Colector Principal

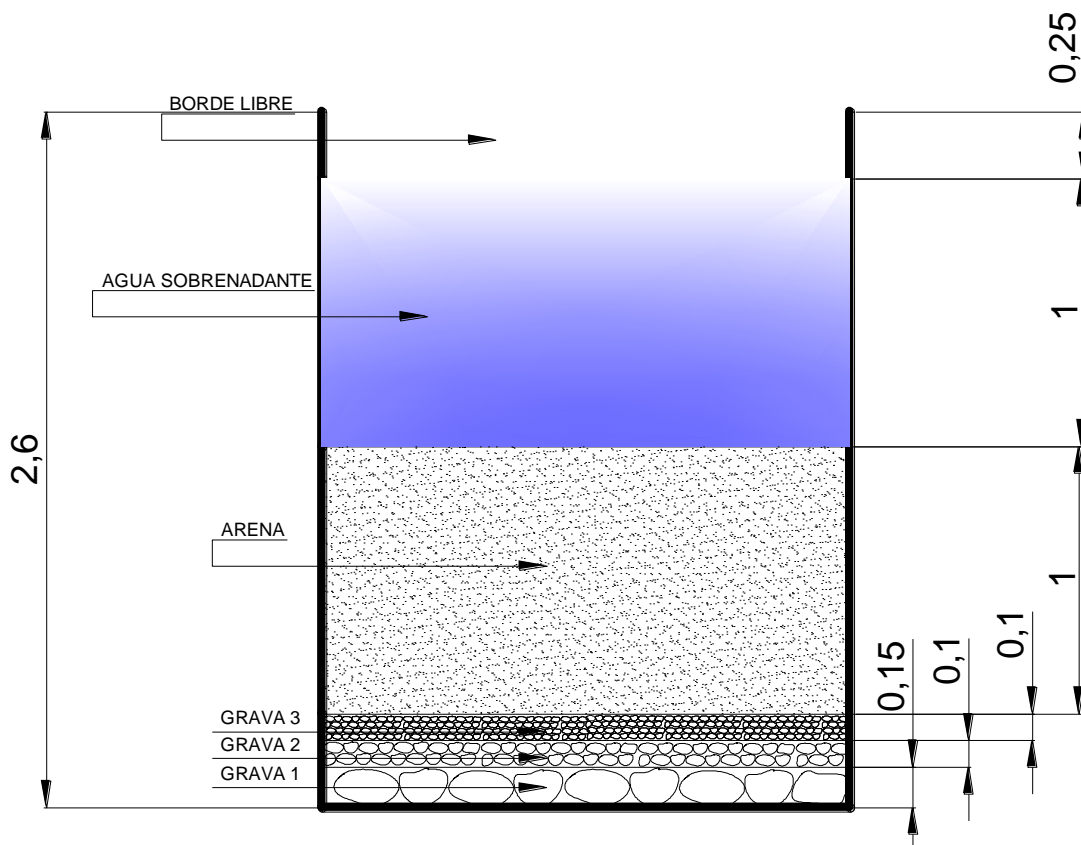
$$Q_{filt} = 0.002054 \frac{m^3}{s}$$

$$Velocidad\ en\ colector\ (V_c) = \frac{Q_{filt}}{A} = \frac{0.002054 \frac{m^3}{s}}{0.0074 m^2} = 0.28 \frac{m}{s}$$

La velocidad se encuentra dentro de lo que dicta la Norma, que dice si es menor a 0.30 m/s ES ACEPTABLE.

### MATERIAL FILTRANTE

El CPE 5 INEN: Parte 9-1: 1992 literal 5.9.2.1, indican que el lecho filtrante debe tener 0.25 m. de borde libre seguido de 1 m. de lecho sobrenadante, 1 m. de espesor de arena filtrante con partículas que van dentro de un rango de 0.15 – 0.30 mm y un coeficiente de uniformidad menor a 3, mientras que las tres capas de grava que sostienen la arena y protegen la tubería perforada deben ser de 0.35 m. en conjunto. El detalle del filtro será como se indica a continuación.



## Diseño del Tanque de Almacenamiento

Según la Norma INEN 5: Parte 9-1: 1992 como la población es menor a 5000 habitantes, se tomará el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Cálculo del tanque de reserva para los pobladores

En este caso se definió 24 horas sin interrupciones de agua en el día.

$$QMD = 2.83 \text{ lt/seg}$$

$$QMD = 2.83 \text{ lt/seg} * 0.30$$

$$QMD = 0.85 \text{ lt/seg}$$

### ***Volumen de almacenamiento en las 24 horas:***

$$Valm = (0.85 \text{ lt/seg} * 86400 \text{ seg}) / 1000 \text{ lt}$$

$$Valm = 73.35 \text{ m}^3/\text{día}$$

### ***Volumen de limpieza***

Es tal que permite el lavado y desinfección de la reserve (paredes y fondo), se ha definido un volumen:

$$Vlim = 10 \text{ m}^3$$

Volumen total de almacenamiento

$$Vt = Valm + Vlim$$

$$Vt = 73.35 + 10$$

$$Vt = 83.35 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Nota:** Según el CPE INEN 5: Parte 9-1, para poblaciones de hasta 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios así como también el volumen para emergencias.

## Diseño del Dosificador Químico

### ***Calculo de la dosificación química***

En vista de que el agua proviene de vertientes utilizaremos una dosificación de 1.0 mg/lt.

Según las Normas CPE 5 INEN: Parte 9-1; 1992 literal 5.10.1.1.

$$Q = 3.12 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}$$

$$Q = 269568 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

**Cantidad necesaria de cloro al día:**

$$1.0 \frac{mg}{lt} = 1 \times 10^{-6} \frac{kg}{lt}$$
$$1 \times 10^{-6} \frac{kg}{lt} * 269568 \frac{lt}{día} = 0.269568 \frac{kg}{día}$$
$$0.269568 \frac{kg}{día} * 1000 \frac{g}{kg} = 269.568 \frac{g}{día}$$

**Cantidad de hipoclorito de calcio al día:**

*70% de cloro activo*

$$\frac{269.568 \frac{g}{día}}{0.70} = 385.097 \frac{g}{día}$$

Se disolverá en el tanque hipoclorador de 500 lt, una cantidad de **385.097 g de hipoclorito de calcio** al 70% cada día.

**Velocidad de inyección:**

V = 0.5 m3 (volumen del tanque hipoclorador)

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

$$Q = \frac{0.5 \text{ m}^3}{86400 \text{ seg}} = 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = V_o * A$$

Donde V<sub>o</sub>= velocidad

A= área de inyección

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

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow \frac{D^2}{4} = \frac{Q}{V_o}$$

Despejamos al diámetro D, y asumimos una velocidad V<sub>o</sub>= 0.5 m/seg:

$$D = \left( \frac{4Q}{\pi V_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4 * 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * 0.5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.473 * 10^{-6} \text{ m} = 1.473 * 10^{-4} \text{ cm}$$

Por lo tanto adoptamos una tubería de  $\frac{1}{2}'' = 1.27 \text{ cm}$ , y calculamos la velocidad real:

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

$$V_0 = \frac{\left( 4 * 5.783 * 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)}{(\pi * 0.0127^2)}$$

$$V_0 = 0.0046 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$500000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad 86400 \text{ seg}$$

$$100 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad X$$

$$X = 17.28 \text{ seg.}$$

**Se regulara el dosificador para que un vaso graduado de 100 cm<sup>3</sup> se llene en 17.28 seg.**

## DISEÑO PLANTA YANARUMI

Según la Norma INEN 5: Parte 9-1: 1992 como la población es menor a 5000 habitantes, se tomara el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Calculo del tanque de reserva para los pobladores.

En este caso se va a dar las 24 horas, sin interrupciones en el día.

$$QMD = 1.13 \text{ lt/seg}$$

$$QMD = 1.13 \text{ lt/seg} * 0.30$$

$$QMD = 0.34 \text{ lt/seg}$$

**Volumen de almacenamiento en las 24 horas:**

$$V_{alm} = (0.34 \text{ lt/seg} * 86400 \text{ seg}) / 1000 \text{ lt}$$

$$V_{alm} = 29.29 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Volumen de limpieza**

Es tal que permite el lavado y desinfección de la reserve (paredes y fondo), se ha definido un volumen de 3 m<sup>3</sup> por ser una planta pequeño.

$$V_{lim} = 3 \text{ m}^3$$

Volumen total de almacenamiento

### ***Volumen total de almacenamiento***

$$V_t = V_{alm} + V_{lim}$$

$$V_t = 29.29 + 3$$

$$V_t = 32.29 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Nota:** Según el CPE INEN 5: Parte 9-1, para poblaciones de hasta 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios, así como también el volumen para emergencias.

### **Diseño del Dosificador Químico**

#### ***Cálculo de la dosificación química***

En vista de que el agua proviene de vertientes subterráneas utilizaremos una dosificación de 1.0 mg/lit. Según las Normas CPE 5 INEN: Parte 9-1; 1992, literal 5.10.1.1.

$$Q = 1.25 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}$$

$$Q = 108000 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

#### ***Cantidad necesaria de cloro al día:***

$$1.0 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} = 1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}}$$

$$1 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * 108000 \frac{\text{lt}}{\text{día}} = 0.108000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$0.108000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 108.00 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

#### ***Cantidad de hipoclorito de calcio al día:***

70% de cloro activo

$$\frac{108.00 \frac{\text{g}}{\text{día}}}{0.70} = 154.286 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

Se disolverá en el tanque hipoclorador de 500 lt, una cantidad de **154.286 g de hipoclorito de calcio** al 70% cada día.



**Velocidad de inyección:**

$$V = 0.5 \text{ m}^3 \text{ (volumen del tanque hipoclorador)}$$

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

$$Q = \frac{0.5 \text{ m}^3}{86400 \text{ seg}} = 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = V_o * A$$

Donde  $V_o$ = velocidad

$A$ = área de inyección

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

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

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \rightarrow \frac{D^2}{4} = \frac{Q}{V_o}$$

Despejamos al diámetro  $D$ , y asumimos una velocidad  $V_o = 0.5 \text{ m/seg}$ :

$$D = \left( \frac{4Q}{\pi V_o} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = \left( \frac{4 * 5.783 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * 0.5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.473 * 10^{-6} \text{ m} = 1.473 * 10^{-4} \text{ cm}$$

Por lo tanto adoptamos una tubería de  $\frac{1}{2}'' = 1.27 \text{ cm}$ , y calculamos la velocidad real:

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

$$V_o = \frac{\left( 4 * 5.783 * 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)}{(\pi * 0.0127^2)}$$

$$V_o = 0.0046 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$500000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad 86400 \text{ seg}$$

$$100 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow \quad X$$

$$X = 17.28 \text{ seg.}$$

**Se regulara el dosificador para que un vaso graduado de  $100 \text{ cm}^3$  se llene en  $17.28 \text{ seg}$ .**

## Presupuesto

### PRESUPUESTO DE SISTEMA DE POTABILIZACIÓN Y DESINFECCIÓN LOS GALTES

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
<b>PLANTA YAHUACHI</b>					
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1	DERROCAMIENTO DE TANQUE EXISTENTE	M3	25.13	13.29	333.98
2	LIMPIEZA Y ACAREO DE ESCOMBROS	M3	30	0.82	24.6
<b>TANQUES DE FILTRACIÓN 1</b>					
<b>LOSA DE FONDO</b>					
3	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	70	4.16	291.2
4	EXCAVACIÓN MANUAL	M3	8.51	6.17	52.51
5	EMPEDRADO DE LAS BASE Y ZÓCALO PERIMETRAL E=0.15M	M2	56.75	5.49	311.56
6	REPLANTILLO H.S. 140 KG/CM2	M3	5.67	122.23	693.04
7	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	14.02	188.19	2,638.42
8	ACERO ESTRUCTURAL	KG	240	2.31	554.4
9	MALLA ELECTRO SOLDADA 5/8	M2	40.72	9.91	403.54
10	MASILLADO	M2	38.49	10.43	401.45
11	DRENES	ML	5	9.58	47.9
<b>PARED CILÍNDRICA</b>					
12	ENCOFRADO	M2	58.81	12.42	730.42
13	MALLA HEXAGONAL 1/2 GALLINERO	M2	117.62	6.21	730.42
14	MALLA ELECTRO SOLDADA 5/8	M2	58.81	9.91	582.81
15	CHAMPEADO EXTERIOR INTERIOR E=ACMÉ	M2	58.85	8.34	490.81
16	EMPORADO PARED INTERIOR EXTERIOR	M2	58.8	4.76	279.89
17	PINTURA EXTERNA CAUCHO	M2	58.85	5.54	326.03
18	ARENA FILTROS	M3	38.48	31.95	1,229.44
19	GRAVA 1 FILTROS	M3	5.77	27.78	160.29
20	GRAVA 2 FILTROS	M3	3.85	25.75	99.14
21	GRAVA 3 FILTROS	M3	3.85	23.7	91.24
22	TAPA DE TOLL TANQUE	U	1	320.96	320.96
<b>CAJA DE VÁLVULAS</b>					
23	ENCOFRADO RECTO	M2	2.88	12.42	35.77
24	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	M2	2.88	102.79	296.04
25	MASILLADO	M2	5.76	10.43	60.08
26	PINTURA EXTERIOR CAUCHO	M2	2.88	5.54	15.96
27	TAPA METÁLICA TOOL	U	1	42.75	42.75
28	ACCESORIOS ENTRADA Y SALIDA	GLB	1	445.41	445.41

<b>VERTEDERO</b>					
29	HORMIGÓN F'C 210 KG/CM2	M3	0.96	188.19	180.66
30	TAPA DE TOOL	U	1	42.75	42.75
31	VÁLVULAS	GBL	1	24.85	24.85
<b>TANQUE DE FILTRACIÓN 2</b>					
<b>LOSA DE FONDO</b>					
32	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	70	4.16	291.2
33	EXCAVACIÓN MANUAL	M3	8.51	6.17	52.51
34	EMPEDRADO DE LA BASE Y ZÓCALO PERIMETRAL E= 0.15M	M2	56.75	5.49	311.56
35	REPLANTILLO H.S. 140 KG/CM2	M3	5.67	122.23	693.04
36	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2	M3	14.02	188.19	2,638.42
37	ACERO ESTRUCTURAL	KG	240	2.31	554.4
38	MALLA ELECTRO SOLDADA 5/8	M2	40.72	9.91	403.54
39	MASILLADO	M2	38.49	10.43	401.45
40	DRENES	ML	5	9.58	47.9
<b>PARED CILÍNDRICA</b>					
41	ENCOFRADO	M2	58.81	12.42	730.42
42	MALLA HEXAGONAL 1/2 GALLINERO	M2	117.62	6.21	730.42
43	MALLA ELECTRO SOLDADA 5/8	M2	58.81	9.91	582.81
44	CHAPEADO EXTERIOR INTERIOR E=3 CM	M2	58.81	8.34	490.48
45	EMPORADO DE PARED INTERIOR EXTERIOR	M2	58.8	4.76	279.89
46	PINTURA EXTERIOR CAUCHO	M2	58.85	5.54	326.03
47	ARENA FILTROS	M3	38.48	31.95	1,229.44
48	GRAVA 1 FILTROS	M3	5.77	27.78	160.29
49	GRAVA 2 FILTROS	M3	3.85	25.75	99.14
50	GRAVA 3 FILTROS	M3	3.85	23.7	91.24
51	TAPA DE TOOL FILTRO	U	1	320.96	320.96
<b>CAJA DE VÁLVULAS</b>					
52	ENCOFRADO RECTO	M2	2.88	12.42	35.77
53	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO	M2	2.88	102.79	296.04
54	MASILLADO	M2	5.76	10.43	60.08
55	PINTURA EXTERIOR DE CAUCHO	M2	2.88	5.54	15.96
56	TAPA METÁLICA DE TOLL	U	1	42.75	42.75
57	ACCESORIOS ENTRADA Y SALIDA	GLB	1	445.41	445.41
<b>VERTEDERO</b>					
58	HORMIGÓN FC 210 KG/CM2	M3	0.96	188.19	180.66
59	TAPA DE TOLL	U	1	40.34	40.34
60	VÁLVULAS	GBL	1	24.85	24.85
<b>TANQUE HIPOCLORADOR</b>					
61	TANQUE HIPOCLORADOR DE 500LT	U	1	56.12	56.12
62	VÁLVULAS	GBL	1	63.84	63.84
<b>63 CERRAMIENTO</b>					
64	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	18	4.16	74.88
65	EXCAVACIÓN MANUAL	M3	4	6.17	24.68

66	ENCOFRADO RECTO	M2	14	12.42	173.88
67	HORMIGÓN CICLÓPEO 140 KG/CM2 CIMIENTOS	M3	7	82.76	579.32
68	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2 COLUMNAS Y CADENAS	M3	5.4	122.23	660.04
69	ACERO DE REFUERZO	KG	420	2.31	970.2
70	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO MAMBRON	M2	36	102.79	3,700.44
71	PUERTA METÁLICA	U	1	243.04	243.04
72	CERRAMIENTO MALLA GALVANIZADA 50/100 Y TUBO 2"HG	ML	90	59.64	5,367.60
<b>PLANTA YANARUMI</b>					
<b>TANQUE HIPOCLORADOR</b>					
73	TANQUE HIPOCLORADOR DE 500 LT	U	1	56.12	56.12
74	VÁLVULAS	GBL	1	63.84	63.84
<b>CERRAMIENTO</b>					
75	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	8	4.16	33.28
76	EXCAVACIÓN MANUAL	M2	3.5	6.17	21.59
77	ENCOFRADO RECTO	M2	7	12.42	86.94
78	HORMIGÓN CICLÓPEO 140 KG/CM2 CIMIENTOS	M3	3.2	82.76	264.83
79	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2 COLUMNAS Y CADENAS	M3	5.4	122.23	660.04
80	ACERO DE REFUERZO	KG	186	2.31	429.66
81	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO MAMBRON	M2	16	102.79	1,644.64
82	PUERTA METÁLICA	U	1	243.04	243.04
83	CERRAMIENTO MALLA GALVANIZADA 50/100 Y TUBO 2"HG	ML	40	59.64	2,385.60
<b>TOTAL =</b>					41,318.94

SON: CUARENTA Y UN MIL TRECIENTOS DIECIOCHO 94/100 DÓLARES

## CAPITULO 7

### 7 BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO, Tito (2008), *Cátedra de Obras Hidráulicas. Riobamba – Ecuador.*
- CPE INEN 5, Parte 9-1:1992, *normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*
- NORMAS TULSMA (*Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.*)
- NTE INEN 2 149:98 *aguas. medios filtrantes granulares utilizados en el tratamiento de aguas. requisitos.*
- NTE INEN 2 226:2000, (2000 ) *Métodos para medir el caudal*
- NTE INEN 696:2011, (2011), *Análisis granulométrico en los Áridos fino y grueso. Quito – Ecuador.*
- PURIFICACIÓN DEL AGUA SEGUNDA EDICIÓN *Jairo Alberto Romero Rojas Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería 2006*
- TERENCE J. McGHEE (1990), *Abastecimiento de agua y alcantarillado Bogota – Colombia.*

## **CAPITULO 8**

### **8 APÉNDICES Y ANEXOS**

## **8.1 PLANOS DE DISEÑO**

## **8.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**



### **8.3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

## **8.4 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA**

## **8.5 FASCÍCULO DEL INEC POBLACIÓN DE GUAMOTE**

**8.6 CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO CPE INEN 5 PARTE 9-1:1992  
NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y  
DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000  
HABITANTES, SEXTA PARTE POTABILIZACIÓN DEL AGUA**

## **8.7 TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)**