



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE**  
**CONSTRUCCIONES**

**Diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Chiñahuiña  
de la parroquia Jima ubicada en el cantón Sígig**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**AUTORAS:**

**MARÍA FERNANDA ABAD CALLE**  
**MAYRA GEORGINA FLORES FLORES**

**DIRECTOR:**

**JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ**

**CUENCA, ECUADOR**

**2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros padres por ser los pilares fundamentales a lo largo de los años de estudio, ya que siempre han estado presentes en momentos buenos y malos, inculcándonos los valores de responsabilidad y honestidad; y a la vez depositando su confianza en nosotras ayudándonos a culminar con esta meta.

Al mismo tiempo un agradecimiento a nuestro director de tesis Ing. Josué Larriva, que nos ayudó con la elaboración de este proyecto; así como también a los profesores que nos apoyaron con revisiones y correcciones; y que conjuntamente nos brindaron su tiempo y conocimientos.

Fernanda y Georgina

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE  
CHIÑAHUIÑA DE LA PARROQUIA JIMA UBICADA EN EL CANTÓN SÍGSIG**

**RESUMEN**

La comunidad de Chiñahuiña ubicada en la parroquia Jima del cantón Sígsig, posee un sistema de agua potable deficiente, por lo que los habitantes tienen problemas a la hora de utilizar este servicio básico, viéndose necesario diseñar un sistema de agua potable que permita la llegada de la misma a todos los hogares, evitando que las personas se vean obligadas a buscar otras fuentes que carecen de tratamiento.

El presente trabajo de titulación comprende diferentes aspectos: reconocimiento del lugar, situación actual del agua, tuberías y el número de casas a las cuales se va a abastecer; el nuevo diseño incluye la captación, línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución, cada una cumpliendo con las normas en vigencia.

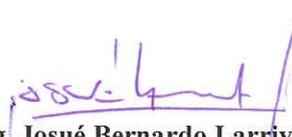
**PALABRAS CLAVE:**

Sistema, tratamiento, potable, planta, red, distribución.



**Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz**

**DIRECTOR DE ESCUELA**



**Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez**

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



**María Fernanda Abad Calle**

**TESISTA**



**Mayra Georgina Flores Flores**

**TESISTA**

**A DESIGN FOR A WATER SUPPLY SYSTEM FOR THE CHIÑAHUIÑA  
COMMUNITY, JIMA PARISH, SIGSIG CANTON**

**ABSTRACT**

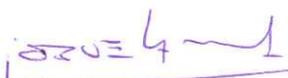
The community of Chiñahuiña located in the parish of Jima, Sígsig Canton has a deficient water supply system; as a result, its inhabitants have problems when using this basic service, therefore, it became necessary to design a water supply system for all households, preventing people from being forced to look for other untreated water sources.

This graduation paper covers different aspects: site survey, current status of water and pipes, the number of houses in need of this service. The new design includes the water capturing system, pipeline, treatment plant and distribution network, each one complying with the rules in force.

**KEYWORDS:** System, Treatment, Potable, Plant, Network, Distribution.

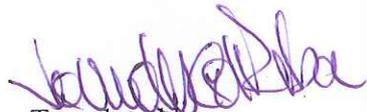
  
Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz  
**SCHOOL DIRECTOR**

  
María Fernanda Abad Calle  
**AUTHOR**

  
Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
**THESIS DIRECTOR**

  
Mayra Georgina Flores Flores  
**AUTHOR**



  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii

### **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES**

1.1 Alcance.....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Justificación.....	1
1.4 Objetivos .....	2
1.4.1 Objetivo general .....	2
1.4.2 Objetivos específicos.....	2

### **CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

2.1 Recopilación de información cartográfica .....	3
2.1.1 Cobertura y localización.....	3
2.1.2 Situación geográfica.....	5
2.1.3 Clima .....	5
2.1.4 Topografía .....	7
2.1.5 Vialidad .....	7
2.1.6 Telecomunicaciones .....	8
2.1.7 Uso del suelo .....	8
2.2 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes .....	9
2.2.1 Abastecimiento actual .....	9

2.2.2 Análisis de las fuentes .....	9
2.2.2.1 Calidad del agua .....	9
2.2.2.2 Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente .....	10
2.3 Distribución de la población, características socioeconómicas.....	20
2.3.1 Población.....	20
2.3.1.1 Población según ubicación geográfica (urbana y rural) .....	21
2.3.2 Vivienda.....	22
2.3.3 Servicios e infraestructura existente.....	23
2.3.4 Características socioeconómicas .....	25
2.3.4.1 Oficios y actividades de los habitantes .....	27
2.3.4.2 Salud .....	28
2.3.4.3 Educación .....	31
2.3.5 Encuesta – adquisición del servicio.....	33
2.4 Revisión de la normativa a utilizar.....	33

**CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

3.1 Parámetros de diseño.....	34
3.1.1 Definiciones generales .....	34
3.1.2 Periodo de diseño .....	35
3.1.2.1 Periodos de diseño y vida útil de la estructura.....	35
3.1.3 Población de diseño.....	36
3.1.4 Niveles de servicio .....	37
3.1.5 Dotaciones.....	38
3.1.6 Variaciones de consumo.....	39
3.1.7 Parámetros de diseño para la captación.....	41
3.1.8 Parámetros de la línea de conducción .....	43
3.1.9 Parámetros para la planta de tratamiento .....	48

3.1.9.1 Estructura de la planta de tratamiento de agua.....	48
3.1.9.2 Tratamiento a emplear .....	51
3.1.9.3 Cloración.....	62
3.1.9.4 Tanque de reserva .....	63
3.1.10 Parámetros de la red de distribución.....	64
3.2 Análisis de alternativas de tratamiento.....	66
3.2.1 Tecnología convencional.....	66
3.2.2 Tecnología FIME .....	66
3.2.3 Normativa nacional empleada .....	67
3.3 Sectorización de la red de distribución.....	69
3.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar.....	71
3.4.1 Criterios de selección .....	71
3.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales.....	72
3.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios.....	75
3.5 Diferentes alternativas de diseño para discusión.....	77
3.5.1 Captación.....	77
3.5.2 Línea de conducción.....	77
3.5.3 Planta de tratamiento.....	78
3.5.3.1 Alternativa a emplear.....	78
3.5.4 Red de distribución.....	78

## **CAPÍTULO 4: DISEÑO DEFINITIVO**

4.1 Diseño de la captación.....	80
4.2 Diseño de la conducción de agua cruda .....	80
4.2.1 Válvulas de aire.....	81
4.2.2 Válvulas de purga.....	82
4.3 Planta de tratamiento.....	83
4.3.1 Filtros ascendentes en capas.....	83

4.3.2 Filtros lentos de arena .....	83
4.3.3 Tanque de reserva.....	84
4.4 Red de distribución .....	84
4.4.1 Resultados .....	85

**CAPÍTULO 5: ESTUDIO ECONÓMICO**

5.1 Presupuesto .....	87
5.2 Análisis de precios unitarios .....	87
5.3 Especificaciones técnicas .....	88

**CAPÍTULO 6: ELABORACIÓN DE LA MEMORIA TÉCNICA**

6.1 Introducción .....	89
6.2 Nombre del proyecto.....	90
6.3 Localización geográfica .....	90
6.4 Análisis de la situación actual (diagnóstico) .....	90
6.5 Antecedentes .....	91
6.6 Justificación.....	91
6.7 Objetivos .....	92
6.7.1 Objetivo general del proyecto .....	92
6.7.2 Objetivos específicos.....	92
6.8 Metas del proyecto .....	92
6.9 Duración del proyecto y vida útil.....	93
6.10 Beneficiarios .....	93
6.11 Indicadores de resultados alcanzados: cualitativos y cuantitativos .....	93

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
--------------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>96</b>
-----------------------------	-----------

<b>FUENTES BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
-------------------------------------	-----------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>99</b>
---------------------	-----------

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: División política de la provincia del Azuay .....	3
Gráfico 2: División política del cantón Sígsig .....	4
Gráfico 3: Ubicación Geográfica de Chiñahuiña .....	5
Gráfico 4: Clima del Sígsig .....	5
Gráfico 5: Topografía del Sígsig .....	7
Gráfico 6: Uso del suelo en el Sígsig .....	8
Gráfico 7: Población por edad .....	21
Gráfico 8: Tipo de edificación.....	22
Gráfico 9: Uso de la edificación .....	22
Gráfico 10: Servicio de telefonía.....	23
Gráfico 11: Tipo de vías de la comunidad de Chiñahuiña .....	25
Gráfico 12: Tenencia de vivienda.....	26
Gráfico 13: Nivel de educación de los habitantes de Chiñahuiña .....	32
Gráfico 14: Localización geográfica de Chiñahuiña .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población por parroquias .....	20
Tabla 2: Población por ubicación geográfica .....	21
Tabla 3: Habitantes por vivienda .....	26
Tabla 4: Oficios y actividades de los habitantes .....	27
Tabla 5: Nivel de estudios de los habitantes de Sígsig.....	31
Tabla 6: Métodos de proyección de la po .....	36
Tabla 7: Tasa de crecimiento poblacional.....	37
Tabla 8: Niveles de servicio .....	37
Tabla 9: Dotaciones recomendadas.....	38
Tabla 10: Dotaciones recomendadas .....	39
Tabla 11: Porcentaje de fugas según el nivel de servicio.....	41
Tabla 12: Resumen de resultados.....	41
Tabla 13: Coeficiente de Flamant.....	45
Tabla 14: Valores del coeficiente de fricción.....	47
Tabla 15: Valores de las velocidades de diseño .....	48
Tabla 16: Método convencional de tratamiento FIME .....	51
Tabla 17: Nivel de Riesgo-Resultados.....	52
Tabla 18: Eficiencias de tratamiento por FGA.....	55
Tabla 19: Diseño para el filtro grueso ascendente y el filtro lento de arena .....	57
Tabla 20: Concentraciones de cloro .....	63
Tabla 21: Parámetros de calidad de agua .....	67
Tabla 22: Áreas de aporte de la red de distribución .....	69
Tabla 23: Dotaciones para los nudos.....	70
Tabla 24: Ventajas y desventajas de los materiales .....	73

Tabla 25: Selección del material de tuberías y accesorios-Criterios de Selección.....	76
Tabla 26: Longitud de los tramos de la línea de conducción .....	81
Tabla 27: Ubicación de las válvulas de aire .....	82
Tabla 28: Ubicación de las válvulas de purga.....	82
Tabla 29: Ubicación de los tanques rompe presiones .....	85
Tabla 30: Dimensiones de la captación.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lecho filtrante recomendado para Filtros gruesos ascendentes.....	54
Figura 2: Guías de diseño para filtros gruesos ascendentes .....	54
Figura 3: Criterios de diseño recomendados por autores y países para filtros lentos de arena.....	57

**Abad Calle María Fernanda**

**Flores Flores Mayra Georgina**

**Trabajo de grado**

**Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez**

**Noviembre 2014**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE  
CHIÑAHUIÑA DE LA PARROQUIA JIMA UBICADA EN EL CANTÓN  
SÍGSIG**

**INTRODUCCIÓN**

Se dice que: “El agua es vida”, es por ello que a lo largo de la historia los seres humanos buscaban lugares cercanos a fuentes de agua para construir sus hogares; al pasar el tiempo la población incrementaba, y al mismo tiempo el consumo del agua se hacía mayor, por esta razón se tuvo la necesidad de construir obras que permitan abastecer a los poblados.

La hidráulica y sanitaria contienen criterios para los diseños de los elementos que intervienen en la construcción de sistemas de agua potable; a través de estudios y trabajos especializados se llega a cumplir con el objetivo de convertir el agua cruda en un elemento apto para el consumo y satisfacer la demanda necesaria para cada población. Así se tiene que un diseño realizado de manera eficiente, evitará problemas de accesibilidad de este recurso y a la vez evitará inconvenientes en la salud de los habitantes de cada población.

El GAD del Sígsig planteó un proyecto que prevé solucionar los problemas y carencias de agua potable actuales de las comunidades del cantón, para ello, en

convenio con la Universidad del Azuay, se acordó que los estudiantes de ingeniería civil con mención en gerencia en construcciones realicen el diseño de los sistemas de agua potable como trabajos previos a la obtención del título.

El proyecto realizado en este trabajo de titulación, a más de tener el diseño del sistema, abarca también un análisis económico que permite la obtención del presupuesto del proyecto, de manera que el GAD del Sígsig pueda financiar la construcción del mismo.

## **CAPÍTULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Alcance**

El diseño pretenderá solucionar los problemas que se presentan actualmente en el sistema de agua potable de la comunidad de Chiñahuiña basándose en el nivel de servicio, en el análisis de la calidad del agua, por lo que se realizará un nuevo diseño del sistema, que incluye: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución, siendo esta última evaluada en un *software* correspondiente. Con la nueva distribución se espera abastecer a una población de 54 familias. La nueva red de distribución tendrá una vida útil estimada de 25 años.

#### **1.2 Antecedentes**

El sector de Chiñahuiña perteneciente a la parroquia Jima del cantón Sígsig presenta actualmente problemas en el servicio básico de agua potable; los habitantes del lugar no están conformes con el abastecimiento de agua en sus respectivos domicilios, ya que en algunos sitios existen fugas debido al deterioro de las tuberías que han culminado con su vida útil; al mismo tiempo tienen dificultades en sus áreas de trabajo que mayormente son la agrícola y ganadera por lo que se ven obligados a buscar otras fuentes de abastecimiento como son los ríos cercanos, por lo mismo el agua utilizada no se encuentra en condiciones óptimas para dichas actividades.

#### **1.3 Justificación**

La importancia de realizar un nuevo diseño en este sector es la necesidad urgente que presentan los usuarios, ya que muchos de ellos utilizan este servicio básico no solo para el consumo domiciliario sino también para las actividades agrícolas y ganaderas que se han visto afectadas por la falta de agua, por lo que los habitantes recurren a los ríos para abastecerlas.

Las fuentes alternativas al no tener ninguna clase de tratamiento que garantice que sea agua libre de microorganismos patógenos afecta a la salud y bienestar de los habitantes, viéndose necesario que una redistribución de agua para la comunidad se realice lo antes posible, de tal manera que el agua utilizada cumpla con los requerimientos mínimos para ser considerada potable.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sígsig en convenio con la Universidad del Azuay, presenta la propuesta de que los alumnos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones realicen estudios y diseños para las diferentes comunidades pertenecientes al cantón, las mismas que poseen problemas en el servicio de agua potable.

El proyecto se enfocará en dar solución a los problemas actuales permitiendo que el agua, con un tratamiento previo, llegue a los diferentes puntos de consumo, a través de las redes de distribución en las que el agua estará en óptimas condiciones para ser utilizada; de esta manera se mejorará la calidad de este servicio básico.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar el diseño del sistema de distribución de agua potable (captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución) para el sector de Chiñahuiña ubicado en la parroquia Jima del cantón Sígsig.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Plantear la alternativa de diseño más factible para la comunidad.

Realizar la evaluación del nuevo diseño con los diámetros, longitudes, materiales a utilizar, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios y presupuesto.

Generar un documento que permita al Municipio del Sígsig conseguir financiamiento para la construcción de la infraestructura propuesta en este estudio.



Se divide en siete parroquias, las mismas que son:

Güel

Cutchil

San José de Raranga

San Miguel de Jima

San Bartolomé

Ludo

Sígsig

Gráfico 2: División política del cantón Sígsig



Fuente: (MUNICIPIO DE SÍGSIG, 2014)

El área del proyecto está constituida por la comunidad de Chiñahuiña, la misma que tiene una extensión de 60Ha aproximadamente.

La población total dentro de la zona del proyecto es de 113 habitantes, de acuerdo a las encuestas realizadas y planos levantados.

### 2.1.2 Situación geográfica

Las coordenadas geográficas del emplazamiento de la comunidad son las siguientes:

Gráfico 3: Ubicación geográfica de Chiñahuiña

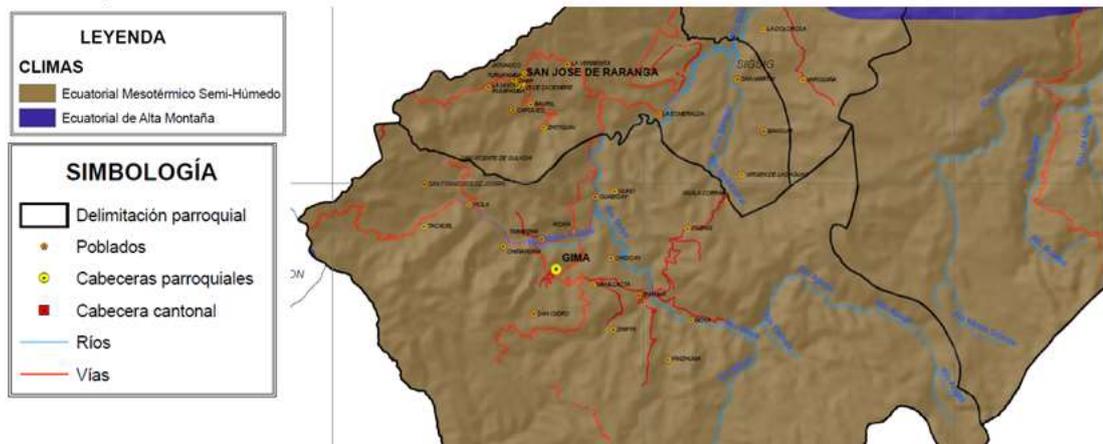


Fuente: (Google\_Maps)

La ubicación geo-referenciada sería: 3°10'54,42167" S 78°58'2,74983" W con una altura aproximada de 2800 m.s.n.m. y se puede acceder por medio de una vía asfaltada, la misma que une Jima, Cumbe y Cuenca.

### 2.1.3 Clima

Gráfico 4: Clima del Sígsig



Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

El cantón Sígsig se caracteriza por ser del tipo frío, como muchas de las ciudades andinas ubicadas en alturas que fluctúan entre los 2300 m.s.n.m. y 4017 m.s.n.m.; la

parroquia Jima tiene altitudes entre los 2700 – 2900 m.s.n.m., con un clima categorizado como Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo.

La temperatura del cantón Sígsig oscila entre los 6°C y 14°C en promedios anuales, la parroquia Jima tiene una temperatura que varía entre los 12 y 14°C.

El cantón Sígsig recibe 5 rangos de precipitación anualmente: El primer rango comprendido entre los 500 y 750mm que engloba la parroquia de San Bartolomé, la parroquia Sígsig, la zona norte de Ludo y pequeñas zonas en las parroquias de Jima y San José de Raranga.

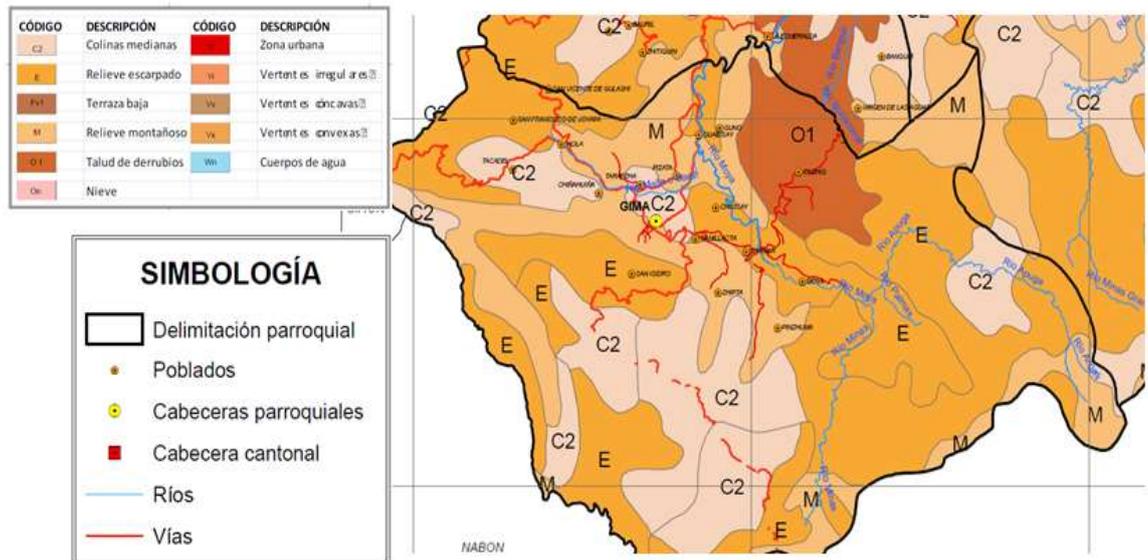
El segundo rango comprendido entre los 750 y 1000 mm desde la parroquia Güel, zona central de la parroquia Sígsig, zona occidental de la parroquia Cuchil, zona sur-oriental de la parroquia Ludo, casi la totalidad del territorio en las parroquias de Jima y San José de Raranga.

El tercer rango comprendido entre los 1000 y 1250 mm que abarca la zona Sur-oriental de Güel, la zona oriental de Sígsig, Cuchil y Jima.

El cuarto y quinto rango van desde 1250 – 1500 mm y 1500- 1750 mm respectivamente, que se encuentran en la zona nor-oriental del cantón.

### 2.1.4 Topografía

Gráfico 5: Topografía del Sígsig



Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

Topográficamente es una zona caracterizada por relieves montañosos y colinados, con pendientes que van de moderadas a fuertes, superiores al 12% y menores al 50%, correspondiéndole a Jima un rango entre el 12 al 25%, con las cuales se dificultan actividades tales como el riego, uso de maquinaria, pero a la vez conveniente para diversos cultivos (papas, maíz).

### 2.1.5 Vialidad

La conexión física de Sígsig con Cuenca – polo de desarrollo del austro - se realiza mediante el anillo vial: Cuenca-Gualaceo-Chordeleg-Sígsig (70km); Sígsig – San Bartolomé – El Valle – Cuenca (52km.) y Cuenca – Quingeo – Ludo Sígsig (50km.)

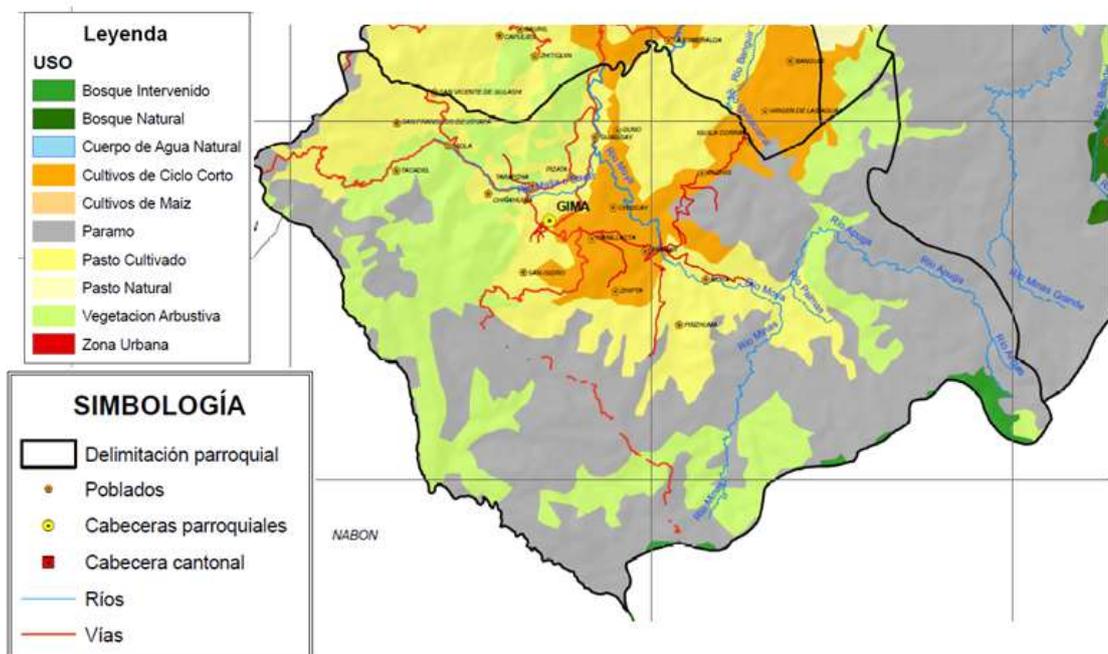
Dentro del cantón, el trayecto más importante es el eje vial que une a cinco de los seis principales poblados del Sígsig (Güel, Sígsig, Cuchil, Ludo, Jima) con una longitud total de 65 km aproximadamente.

### 2.1.6 Telecomunicaciones

Como principal medio de comunicación está la radio con una cobertura del 100%, en segundo lugar está la televisión con una cobertura del 93%. En cuanto al internet se lo puede clasificar como deficiente, ya que está ubicado únicamente en los centros urbanos.

### 2.1.7 Uso del suelo

Gráfico 6: Uso del suelo en el Sígsig



Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

El suelo del cantón Sígsig en su mayor parte es páramo con el 34,11% del territorio cantonal, seguido del pasto cultivado con un 19,18%, los cultivos de maíz también son importantes con un 16,11%, cabe recalcar que la presencia del páramo en el cantón es muy representativo dándole una real importancia a la conservación en el territorio cantonal.

## **2.2 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes**

### **2.2.1 Abastecimiento actual**

El agua que llega a la comunidad de Chiñahuiña se origina en la quebrada que lleva su mismo nombre de la cual es captada y transportada a un tanque con capacidad de 30m<sup>3</sup>, donde su único tratamiento es mezclarla con cloro en grano cada 2 días; cabe recalcar que las redes de distribución actuales sobrepasan los 30 años de servicio por lo que existen problemas de fugas en muchos puntos.

La cantidad de agua permitida a la comunidad es de 10m<sup>3</sup> mensuales, los cuales no abastecen todas las necesidades de los habitantes, creando problemas en el racionamiento del consumo de agua.

La carencia de medidores es otro de los problemas que tiene la comunidad, ya que deben pagar un valor mensual fijo por el servicio, sin considerar la relación entre el consumo y el costo real.

### **2.2.2 Análisis de las fuentes**

#### **2.2.2.1 Calidad del agua <sup>1</sup>**

El uso más importante que se debe dar al agua es el del consumo humano. En la naturaleza el agua en estado líquido no se encuentra pura debido a que al pasar por su ciclo hidrológico van sumándose a su composición numerosas partículas, que hacen que esta varíe tanto físicamente como químicamente.

Otros factores que intervienen para la composición del agua son los ambientales como por ejemplo: el clima, posición de estratos de rocas, entre otros, que también afectan su composición.

---

<sup>1</sup>ETAPA EP. (2012-1014). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para cuenca, capítulo 7, numeral 7.1 Calidad de agua para consumo humano, pág. 26.

El agua debe estar siempre libre de organismos causantes de enfermedades, sustancias venenosas y cantidades grandes de materias orgánicas y minerales, por eso se debe llevar un control de calidad del agua. Esta última dependerá siempre del uso que se le pretenda dar, la meta de los ingenieros y consumidores es tener este servicio en una cantidad suficiente y una calidad adecuada.

Se debe conocer las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del agua natural de la fuente de donde se abastecen los habitantes para saber con qué criterios de calidad se cuenta y proveer el tratamiento más adecuado.

#### **2.2.2.2 Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente**

El agua que actualmente abastece a la comunidad de Chiñahuiña, carece de un tratamiento óptimo para el consumo, ya que sólo es clorada cada dos días o dependiendo de la cantidad acumulada en el tanque de reserva.

Para determinar la calidad del agua, se tomaron tres muestras que fueron almacenadas en envases libres de impurezas y colocadas en un recipiente con hielo de manera que no se alteren hasta llegar al laboratorio; en total se obtuvieron dos litros; la primera en la captación (Norte: 9646914.15, Este: 724500.53), la segunda antes del tanque de reserva y una tercera en una llave de consumo.

Las muestras se sometieron a un análisis Químico y Microbiológico, determinando así las cantidades presentes de acidez, alcalinidad, aluminio, calcio, color, conductividad, DQO, dureza total, fósforo, hierro, magnesio, nitratos, nitrógeno amoniacal, pH, plomo, sodio, sólidos totales, sulfatos, turbiedad, zinc y coliformes.

##### **2.2.2.2.1 Parámetros químicos<sup>2</sup>**

Se considera en este grupo todos aquellos elementos que son considerados tóxicos y afectan la calidad del agua, por lo que la presencia de estos evita que la misma pueda ser consumida.

---

<sup>2</sup> ETAPA EP. (2012-1014). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para cuenca, capítulo 7, numeral 7.4 Elementos físico-químicos, pág. 30.

Es importante considerar que los contaminantes tóxicos no actúan de igual manera que los contaminantes microbiológicos, ya que en la primera ingestión de agua estos no generan problemas en la salud sino después de un tiempo prolongado de ingestión del agua, en el caso de que la presencia de un elemento toxico provoque una intoxicación masiva.

Los elementos tóxicos pueden provenir de origen inorgánico u orgánico, las sustancias que afectan la aceptabilidad del agua son todas las que generan cambios en el color, olor y sabor, es importante tomar en cuenta que estas, muchas de las veces no afectan a la salud pero causan rechazo de las fuentes debido a que se consideran inseguras.

Los parámetros físicos a medir fueron los siguientes:

### **Turbiedad**

La turbiedad se define como la dificultad del agua de transmitir luz, debido a la presencia de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, comúnmente presentes en aguas superficiales; estos deben ser filtrados y decantados para evitar la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, y en general evitar que se den problemas en los procesos en los que se utiliza el agua.

La turbiedad puede ser disminuida mediante procesos de coagulación, decantación o filtración.

### **Color**

El color se define como la capacidad de absorber ciertas radiaciones de espectro visible. El agua pura es bastante incolora, sólo aparece como azulada cuando se encuentra en grandes cantidades; pese a que el color no es un indicador de que el agua no es potable, puede provocar el rechazo por estética, por lo que es importante disminuirlo.

La presencia de color en el agua puede estar dada por varias razones, ya sea por la vegetación, el suelo, materiales orgánicos, entre otras. Entre los colores que pueden presentarse están:

- Amarillento, debido a la presencia de ácidos húmicos.
- Rojizo, que indica la presencia de hierro.
- Negro, que significa la presencia de manganeso.

### **Sólidos totales**

Los sólidos totales son el resultado de la acumulación de los sólidos disueltos con los sólidos en suspensión.

**Sólidos disueltos:** representan la cantidad de materia disuelta en el agua. Su origen puede ser orgánico, inorgánico o múltiple; para que el agua sea considerada potable se fija un valor máximo de 500 ppm.

**Sólidos en suspensión:** son los sólidos sedimentables, es decir, no se encuentran disueltos en el agua, por lo que pueden ser separados por filtración y decantación.

### **Conductividad**

La conductividad es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad, de acuerdo a ésta, se mide la materia ionizable presente en el agua. En el agua pura contribuye en muy bajas cantidades a la conductividad, es decir, debe contener mínimas cantidades de materia ionizable.

### **Alcalinidad**

La alcalinidad es el indicador de la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos; en aguas provenientes de fuentes naturales puede encontrarse por la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Es posible reducirla por descarbonatación con cal, tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

## **Acidez**

La acidez es la capacidad para neutralizar bases, generalmente no se encuentra presente en las fuentes de aguas naturales, sin embargo, las aguas superficiales están expuestas a ser contaminadas por drenajes mineros o industriales, por lo que es necesario determinar su presencia ya que puede provocar la corrosión en tuberías debido a aguas ácidas.

Puede ser corregida por neutralización con álcalis.

## **pH**

El pH es una medida de la cantidad presente de iones de hidrógeno, mediante la cual se determina la naturaleza ácida o alcalina de la sustancia analizada; en su medición es necesario tomar en cuenta el valor de la temperatura, ya que varía según este parámetro.

Los valores del pH pueden variar entre 0 y 14, cuando es mayor a 7, se dice que la sustancia es básica; cuando es menor a 7, es ácida, cuando los valores se alejen de 7 más ácidas o básicas serán las sustancias. Generalmente el agua de las fuentes naturales posee un pH entre 6 y 8. Se corrige por neutralización.

## **Aluminio**

El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas, es el elemento más abundante en la Tierra y es generalmente ingerido a través de la alimentación y consumo del agua, por lo que es necesario que no se encuentre en cantidades excesivas debido a que puede llegar a causar problemas serios en la salud. Puede ser utilizado en tratamientos de agua como elemento floculante atrayendo a pequeñas partículas para su filtrado.

## **Amonio**

El amonio es un indicador de la posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales ya que procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales.

Su presencia en el agua no ha tenido repercusiones inmediatas sobre la salud, sin embargo, interfiere en la eficiencia de la desinfección, ocasiona la formación de nitrito en sistemas de distribución, obstaculiza la eliminación de manganeso mediante filtración y produce problemas organolépticos.

Puede ser eliminado con tratamientos de oxidación.

## **Nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento químico, nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. En excesivas cantidades puede causar el crecimiento desmedido de plantas acuáticas y algas, lo que conlleva a problemas en la calidad del agua, provocando malos olores y consumiendo una gran cantidad de oxígeno disuelto, destruyendo el ecosistema acuático.

El consumo de altas concentraciones de nitrógeno provoca problemas en la salud por lo que es necesario controlar las cantidades presentes en un sistema de agua potable.

## **DQO**

La demanda química de oxígeno (DQO) del agua es la medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno, es decir, la cantidad de oxígeno necesario para producir la oxidación total de los componentes orgánicos a inorgánicos.

La medida del DQO determina el grado de contaminación presente en el agua, entre mayor sea este, más contaminada estará el agua.

## **Dureza total**

La dureza del agua representa la concentración de compuestos minerales, principalmente el calcio y magnesio; si esta concentración es alta, el agua se cataloga como “dura”; si la concentración es baja, se le denomina como agua “blanda”.

Los efectos de las aguas blandas y duras en el organismo de quienes las consumen no son conocidos claramente, sin embargo ciertos estudios epidemiológicos indican mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares en zonas de consumo de aguas blandas, además las aguas blandas son agresivas y facilitan la disolución de metales de cañerías; por otro lado las aguas duras producen inconvenientes como la formación de incrustaciones en tuberías conductoras y la precipitación del jabón por el calcio y magnesio.

### **Fósforo**

El fósforo constituye uno de los nutrientes fundamentales de todos los seres vivos, la manera más general de hallarlo en el agua es en los fosfatos; es necesario que la cantidad de fósforo en el agua sea controlada, ya que si en ella se presentan contenidos excesivos del mismo, se puede producir un crecimiento anormalmente alto de las plantas afectando la calidad del agua; en cambio, al tener un contenido relativamente bajo puede provocar problemas en el proceso de coagulación durante el tratamiento de agua.

### **Hierro**

El hierro presente en el agua es un elemento que no causa problemas a la salud, sin embargo provoca un sabor, olor y color indeseable lo que hace que afecte estéticamente el aspecto del agua y esta sea inaceptable.

Se lo puede encontrar de dos formas distintas como soluble e insoluble; por lo general se acumula en los tubos y tanques de presión restringiendo el flujo del agua y reduciendo la presión de la misma, provocando problemas de abastecimiento. Puede ser eliminado por varias formas de tratamiento como aireación, filtración, ablandamiento.

## **Magnesio**

El magnesio es considerado uno de los elementos responsables de la dureza del agua; es a la vez un elemento poco reactivo, pero su reactividad aumenta en función de los niveles de oxígeno.

Es un mineral alimentario para casi todos los organismos; no se ha considerado nocivo para la salud del ser humano, sin embargo, en grandes cantidades puede provocar problemas estomacales y nerviosos. Puede ser eliminado del agua por su contribución a la dureza y por ablandamiento.

## **Nitratos**<sup>3</sup>

Frecuentemente el nitrato se encuentra en las aguas subterráneas contaminando la misma, el consumo de agua con cantidades de nitrato son muy peligrosas para la salud, afectando a bebés con la enfermedad denominada metahemoglobinemia más conocida como la enfermedad de los bebés azules.

Los fertilizantes no absorbidos por las plantas, sistemas sépticos, estiércol de animales son algunos de los causantes de originar nitrato en el agua; por esta razón existe niveles de concentración de este componente de tal manera que el agua pueda ser apta para el consumo humano.

## **Plomo**

El contenido de plomo en el agua es el causante de la enfermedad conocida como saturnismo, la misma que se caracteriza por la acumulación del metal en los huesos, nervios, sistema renal e hígado; provocando anemia, parálisis, dolores de cabeza, entre otros.

---

<sup>3</sup> Water Treatment Solutions. Lenntech.

Fuente: <http://www.lenntech.es/nitratos.htm#ixzz2i5nWTf18>

Es de suma importancia controlar el contenido de plomo en el agua de consumo humano, ya que una vez ingerido puede afectar directamente al feto y como consecuencia a la oxigenación del bebé; como consecuencia en los últimos años el plomo ha tenido un decrecimiento continuo en las actividades humanas.

### **Sodio**<sup>4</sup>

El sodio es una sustancia muy soluble por lo que no se encuentran muchas derivaciones del mismo, en las actividades humanas es utilizado para la producción de pulpa de papel, fabricación de productos farmacéuticos, fabricación de abonos, anticongelante en carretera sometidas a fuertes nevadas, tratamiento y depuración de aguas, entre otras.

En el agua de un río existe una sustitución natural de sodio por potasio, esto explica porque existe un crecimiento paulatino de sodio desde su nacimiento hasta su desembocadura, reduciéndose el del potasio; es por esta razón que el sodio es uno de los metales mayoritarios en el agua y puede ser el causante de ciertas enfermedades como problemas cardiovasculares, hipertensión, patologías renales y hepáticas, así como también intoxicación en mujeres embarazadas y en niños.

En agua de consumo humano se debe tener cuidado con la concentración de este metal ya que siempre debe estar bajo los límites especificados.

### **Sulfatos**<sup>5</sup>

El sulfato es otro contaminante que se encuentra repartido en el agua, el cual procede fundamentalmente de la desilusión de yesos, así como también de la oxidación bacteriana de sulfuros. La concentración de sulfatos en agua es variable, estando en un rango entre 20mg/lt y 400mg/lt dependiendo de la zona en la que se encuentre el agua.

---

<sup>4</sup> Calidad de agua, capítulo 3 Análisis químico del agua, numeral 3.15 Sodio, pág. 190.

<sup>5</sup> Calidad de agua, capítulo 3 Análisis químico del agua, numeral 3.6.1 Sulfatos, pág. 149.

Los sulfatos afectan el agua de consumo humano dándole un sabor amargo, obviamente esto se rige a la cantidad existente en el agua; por otro lado altas cantidades de sulfato ayudan a insolubilizar los metales pesados presentes disminuyendo su toxicidad.

### **Zinc**<sup>6</sup>

Tanto en aguas subterráneas como superficiales, la presencia de zinc es rara, pudiendo encontrarse en forma inorgánica, iónica o coloidal. Los compuestos que son pocos solubles de zinc pueden adsorberse sobre sedimentos y lodos que se encuentran en el fondo del lecho de los cauces hídricos.

Cuando existe presencia de zinc en el agua de consumo humano significa que hay una disolución parcial de las tuberías galvanizadas y a pesar de que no es un metal tóxico, también deben estar bajos los parámetros para el ser humano; pudiendo tratarse con coagulación, intercambio iónico, carbón activo o la filtración por arena.

#### **2.2.2.2.2 Parámetros microbiológicos**<sup>7</sup>

A este grupo pertenecen todos los microorganismos que producen enfermedades, internamente están considerados los virus y bacterias, por lo general se requiere que el agua esté libre de este tipo de elementos para evitar enfermedades en las personas que consuman el agua.

Las heces fecales humanas y animales contienen las bacterias y coliformes termo-resistentes que producen las enfermedades, por esta razón el agua debe ser analizada cuidadosamente, de tal manera que se pueda evitar la presencia de estos microorganismos y en lo posible se debe tratar de que la concentración de los mismos sea nula.

---

<sup>6</sup> Water Treatment Solutions. Lenntech. Fuente: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm>

<sup>7</sup> ETAPA EP. (2012-1014). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para cuenca, capítulo 7, numeral 7.2 Elementos microbiológicos, pág. 29.

## **Coliformes Totales y Fecales**<sup>8</sup>

Las enfermedades epidemiológicas han sido generadas por la presencia de organismos patógenos en el agua, lo cuales se originan por el contacto que existe con el aire, animales, suelo y plantas, estos pueden estar vivos o en estado de descomposición; otra manera de que el agua se contamine es por la presencia de fuentes minerales y materia fecal.

Los análisis a los que se somete el agua no buscan de una manera directa a los organismos patógenos sino más bien hacen un control de la cantidad de materia fecal que existe; los exámenes se realizan a través de dos ensayos: estimación del número de bacterias y determinación de la presencia o ausencia de bacterias del grupo coliformes (aeróbicas y facultativas anaeróbicas). Cabe recalcar que estos análisis son de suma importancia ya que se podrían evitar algunas enfermedades como fiebre tifoidea, salmonelosis, gastroenteritis, cólera y muchas más.

### **2.2.2.2.3 Resultados de los análisis**

El reporte obtenido del laboratorio de la Universidad del Azuay está basado en el texto unificado de Legislación ambiental Secundaria del Ecuador, libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes. Recurso Agua.

El informe indica que el agua a pesar de no estar en condiciones aptas para el consumo directo, necesita únicamente de tratamientos básicos como lo son un filtro lento de arena, un filtro grueso ascendente, una cámara de cloración; siendo éstos los apropiados para potabilizar el agua de un caudal bajo.

**Ver Anexo 1. Reporte de resultados químicos y microbiológicos.**

---

<sup>8</sup> Calidad de agua, capítulo 4 Análisis químico del agua, numeral 4.7 El grupo coliforme, pág. 217.

## 2.3 Distribución de la población, características socioeconómicas

### 2.3.1 Población

Según los antecedentes históricos existentes, la población es principalmente mestiza, con gran cantidad de indígenas dada la gran conformación rural de la población del cantón, que configuran una dinámica poblacional de mutua interacción entre las áreas urbana y rural.

La población total del cantón es de 26.910 habitantes; correspondiendo a la parroquia Jima un total de 2886 habitantes, representando el 10.72% del total.

El cantón del Sígsig se ha caracterizado por contar con una población mayoritariamente rural, pero la tendencia actual es dejar el campo y poblar el área urbana. Comportamiento que se ve reflejado en los últimos censos nacionales en los cuales la tasa de crecimiento de la población urbana aumenta en un 9%. La parroquia Jima, es la única que presenta un crecimiento negativo de -1.05%, esto se lo atribuye a la migración que ha aumentado considerablemente en la última década.

Tabla1: Población por parroquias

Parroquia	2001	2011	Crecimiento
Sígsig	10055	11170	1115
Cuchil	1592	1688	96
Jima	3226	2886	-340
Güel	1267	1348	81
Ludo	3064	3366	302
San Bartolomé	3381	4101	720
San José R.	2050	2351	301
Total	24635	26910	2275

Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

### 2.3.1.1 Población según ubicación geográfica (urbana y rural)

El 86.34% de la población del Sígsig, se encuentra ubicada en las partes rurales o comunidades de las parroquias; y tan sólo el 13.66% está conformado por los centros urbanos parroquiales.

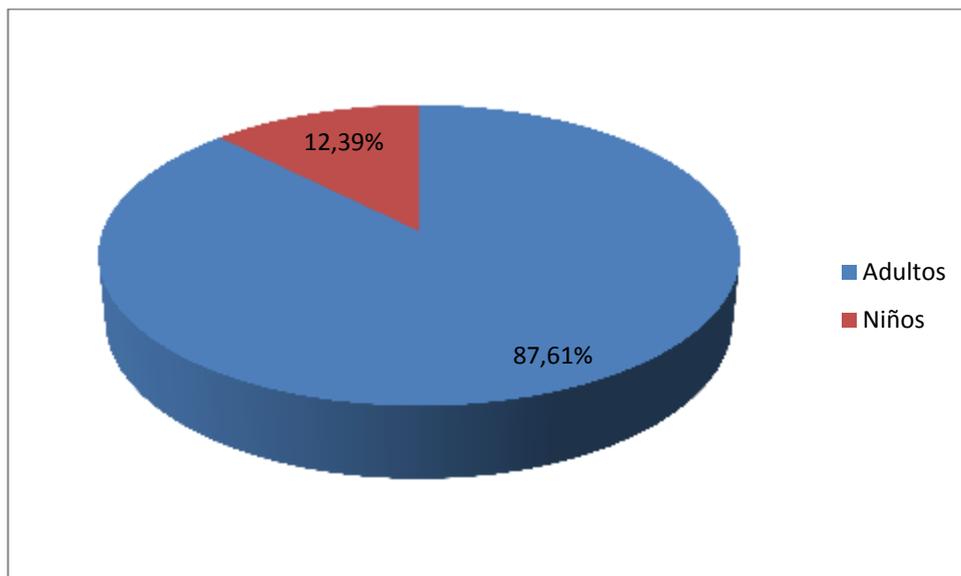
Tabla2: Población por ubicación geográfica

Categoría	Casos	Porcentaje
P. Urbana	3676	13,66%
P. Rural	23.234	86,34 %
Total	26.910	100,00%

Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

Actualmente la comunidad de Chiñahuiña consta de una población de 113 habitantes, correspondiendo el 87,61% a adultos y el 12,39% a niños. Cabe recalcar que el 100% de la población es rural.

Gráfico 7: Población por edad

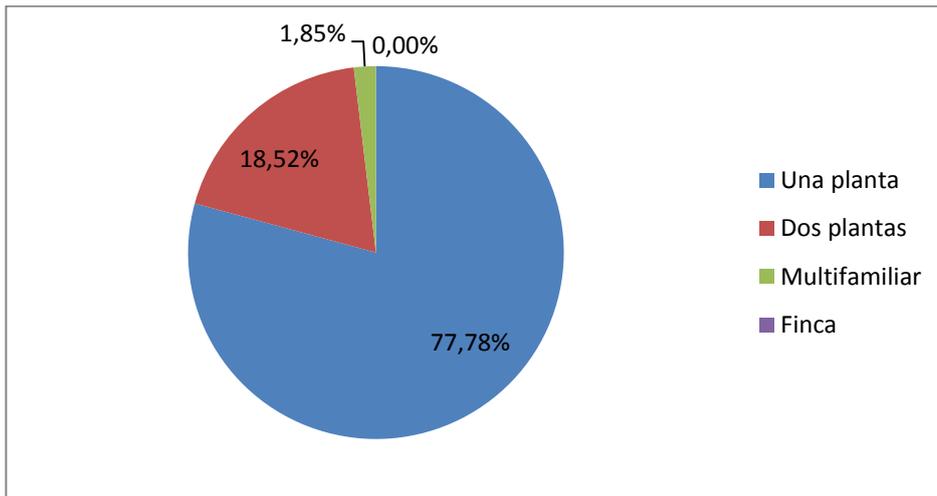


Fuente: (Abad\_Flores)

### 2.3.2 Vivienda

Chiñahuiña tiene 53 casas habitadas y 18 abandonadas, la mayoría de casas son de una sola planta, con un 77,78%, luego están las de dos plantas con un 18,52% y finalmente las viviendas multifamiliares que corresponde al 1,85%.

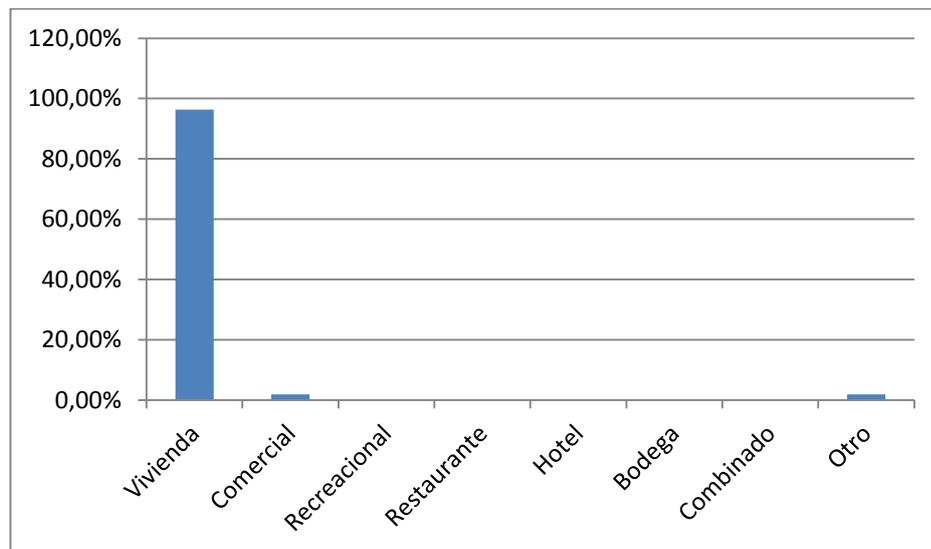
Gráfico 8: Tipo de edificación



Fuente: (Abad\_Flores)

El uso de las casas prácticamente en su totalidad está destinado a viviendas, a excepción de la casa comunal y de una pequeña fábrica de quesos.

Gráfico 9: Uso de la edificación



Fuente: (Abad\_Flores)

### 2.3.3 Servicios e infraestructura existente

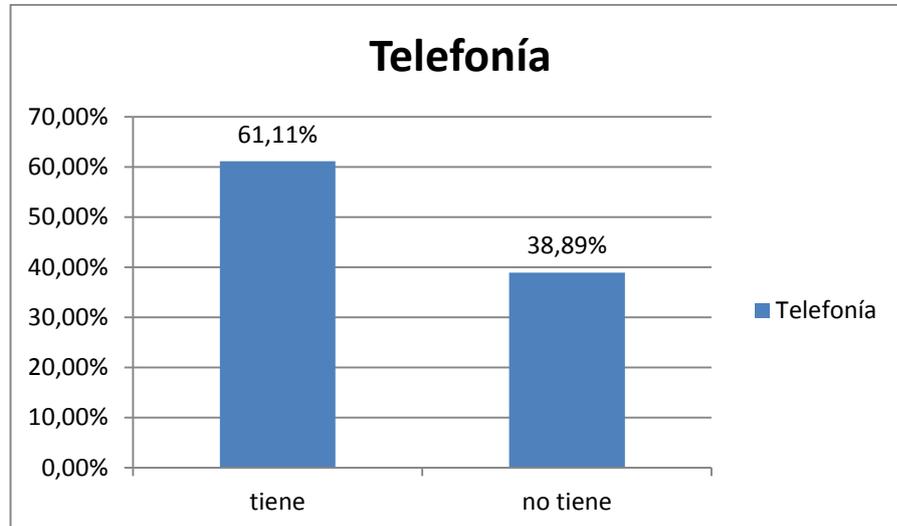
Los principales servicios públicos con los que se cuenta en el área del proyecto son:

#### **Energía eléctrica y servicio de telefonía**

Se cuenta con un servicio de energía eléctrica en toda el área del proyecto, brindado por la empresa eléctrica regional Centro Sur, el mismo que es aceptable, con un poco de deficiencia en alumbrado público. Y en cuanto al servicio telefónico lo brinda CNT únicamente a las viviendas cercanas a las vías que aproximadamente es el 61% mientras que el 39% no tiene acceso a este servicio.

También se dispone de telefonía celular con mayor cobertura de Claro que de Movistar.

Gráfico 10: Servicio de telefonía



Fuente: (Abad\_Flores)

#### **Establecimientos educativos y de salud**

La comunidad de Chiñahuiña actualmente carece de establecimientos educativos y centros de salud; obteniendo estos servicios en la parroquia Jima, como se dijo anteriormente.

### **Servicio de transporte**

Como medios de transporte están las camionetas de alquiler, servicio que está disponible en las siete parroquias del cantón Sígsig, este a su vez da servicio a la mayoría de comunidades de cada parroquia, especialmente para las rutas y frecuencias que no cubren los buses de transporte público, el 28 % de las comunidades y parroquias utiliza este servicio como principal medio de transporte.

Otra forma de movilizarse es a través de los buses, el 24 % del total de las comunidades utiliza este medio de transporte, el 20 % se moviliza a pie, el 15 % utiliza animales y el 13 % usa moto.

En Chiñahuiña existe tan solo 3 horarios en los que una buseta recorre la vía pavimentada de la comunidad, como alternativa los habitantes prefieren caminar hacia Jima ya que la distancia no es muy grande.

### **Sistema de riego**

Los habitantes de Chiñahuiña tienen un sistema de riego que solo abastece a pocos sembríos porque la mayoría de terreno es utilizado como pastizal.

### **Infraestructura sanitaria**

Chiñahuiña carece de un sistema de aguas residuales y pluviales, por lo que los desechos sanitarios son destinados hacia fosas sépticas.

### **Abastecimiento de agua potable**

El abastecimiento de agua potable en la comunidad de Chiñahuiña llega a todas las viviendas, sin embargo su funcionamiento es regular debido a los materiales deteriorados que han generado fugas en diversos lugares, especialmente en las uniones donde anteriormente se han hecho reparaciones; cabe recalcar que todas las instalaciones son internas.

La única fuente de agua que se utiliza es la que brinda el servicio público, no poseen pozos, ni compran agua embotellada.

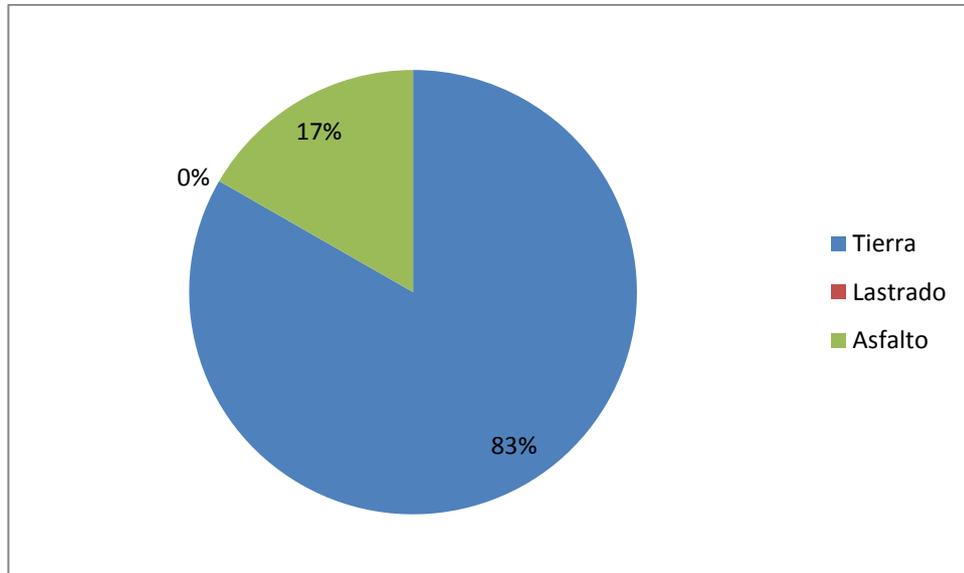
### Saneamiento

La comunidad carece de un sistema de saneamiento, al mismo tiempo no posee un sistema de recolección de basura, ni tratamientos de la misma, los habitantes se ven obligados a dejar sus desechos orgánicos e inorgánicos en la vía para que la recolección que corresponde a la parroquia se los lleve.

### Vialidad

La llegada a la comunidad es por la vía pavimentada Jima – Cuenca, donde se encuentran el 17% de las casas y el ingreso es por vías de tierra correspondiendo el 83% de las casas.

Gráfico 11: Tipo de vías de la comunidad de Chiñahuiña



Fuente: (Abad\_Flores)

### 2.3.4 Características socioeconómicas

El cantón Sígsig y sus comunidades en los últimos 10 años ha tenido un crecimiento muy grande como se explicó anteriormente, esto se ha reflejado en la vivienda y lotes

que se utilizarán para viviendas, así tenemos que, actualmente el cantón consta de 6112 familias y cada una está conformada en promedio por cuatro miembros. En el 99.9% de los casos la vivienda está habitada por una sola familia.

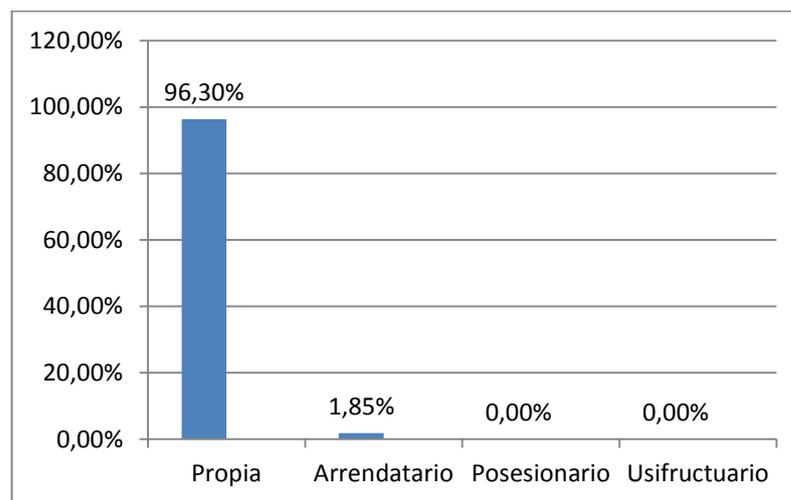
Tabla 3: Habitantes por vivienda

N. de Familias	Casos	Porcentaje
Cero	8	0%
Uno	6079	100%
Dos	18	0%
Total	6105	100%

Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

Chiñahuiña posee un total de 54 familias, con un promedio de 2 personas por vivienda con tenencia propia en la mayoría de los casos, así como lo indica el siguiente cuadro:

Gráfico 12: Tenencia de vivienda



Fuente: (Abad\_Flores)

### 2.3.4.1 Oficios y actividades de los habitantes

Los habitantes del cantón Sígsg tienen como principales actividades la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, con un 38%, de los cuales 53% son hombres, y 47% son mujeres.

La segunda actividad que más se realiza está en la rama de la industria manufacturera con un 26%, de los cuales 23% son hombres y 77% mujeres, las mismas que realizan sus labores en los hogares, como es el caso del sombrero de paja toquilla.

El tercer lugar ocupa la rama de la construcción con el 10%, y en esta categoría el 98% son hombres, el cuarto lugar corresponde al comercio al por mayor y menor.

Tabla 4: Oficios y actividades de los habitantes

<b>Rama de actividad</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2349	2093	4442	38%
Explotación de minas y canteras	30	1	31	0,3%
Industrias manufactureras	685	2337	3022	26%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	10	1	11	0,1%
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	3	0	3	0,03%
Construcción	1161	26	1187	10,0%
Comercio al por mayor y menor	364	394	758	6%
Transporte y almacenamiento	321	25	346	2,9%
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	32	112	144	1%
Información y comunicación	13	15	28	0,2%
Actividades financieras y de seguros	8	23	31	0%
Actividades inmobiliarias	1	1	2	0,0%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	30	26	56	0%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	16	5	21	0,2%
Administración pública y defensa	220	84	304	3%
Enseñanza	86	154	240	2%

Actividades de la atención de la salud humana	11	69	80	1%
Artes, entretenimiento y recreación	10	5	15	0,1%
Otras actividades de servicios	49	54	103	1%
Actividades de los hogares como empleadores	8	289	297	2,5%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0	0	0%
No declarado	180	362	542	4,6%
Trabajador nuevo	104	67	171	1%
Total	5691	6143	11834	100%

Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

La comunidad se dedica en su gran mayoría a la agricultura y ganadería, no existe mayores fuentes de trabajo, los jóvenes trabajan fuera de la comunidad, como artesanos, choferes y dedicados a la construcción. En Chiñahuiña las tierras son utilizadas básicamente como pastizales, y cultivos de maíz muy aislados, como se indicó es una zona rural, con zonas destinadas a pastos, y cultivos o huertas familiares; las encuestas realizadas confirman este hecho dando a conocer que el ingreso principal es por estas actividades.

La migración es una característica importante en el sector, siendo el principal destino de los migrantes EEUU y en menor grado hacia España.

#### **2.3.4.2 Salud**

En este proyecto, los índices de salud son fundamentales, ya que en ciudades pequeñas, y en general en países en desarrollo el agua es importante en la salud pública y tiene relación directa en la mortalidad infantil.

#### **Estadísticas de salud**

Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades causadas por la contaminación provocada por desechos humanos, animales o químicos.

En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian en los manantiales de agua dulce contaminando el agua potable y los alimentos.

El uso de aguas servidas como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera. Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes.

Las sustancias tóxicas que van a terminar al agua dulce son otra causa de enfermedades transmitidas por el agua. Cada vez más se encuentran en los suministros de agua dulce productos químicos para la agricultura, fertilizantes, plaguicidas y desechos industriales. Esos productos químicos, aun en bajas concentraciones, con el tiempo pueden acumularse y, finalmente, causar enfermedades.

Los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la desoxigenación (eutrofización). Se requiere oxígeno para el metabolismo de los organismos que sirven de depuradores, descomponiendo la materia orgánica, como los desechos humanos, que contaminan el agua. De allí que la cantidad de oxígeno contenida en el agua sea un indicador clave de la calidad del agua.

### **Prevención y soluciones**

Mejorar el saneamiento público y la provisión de agua limpia ayudará a prevenir la mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua y las muertes resultantes. Principalmente el tratamiento de las aguas servidas para permitir la biodegradación de los desechos humanos ayudará a contener las enfermedades causadas por la contaminación. Se deberán separar al menos los sólidos de las aguas servidas para que estén menos contaminadas. El suministro de agua potable se debe brindar simultáneamente con las instalaciones sanitarias apropiadas puesto que estos dos servicios se refuerzan mutuamente y limitan la propagación de infecciones.

### **Situación actual del cantón**

Los habitantes del cantón Sígsig presentan una salud deficiente, esto se debe a que los servicios y sus coberturas no abarcan toda el área, además de que existe un deficiente saneamiento ambiental, la contaminación ambiental, mala calidad del agua y problemas nutricionales de la población. Este es el caso de la comunidad de Chiñahuiña que actualmente carece de un sistema de alcantarillado tanto para aguas lluvia como para evacuación de aguas servidas, al mismo tiempo no tienen un servicio de recolección de basura, lo que aumenta los niveles de insalubridad.

El cantón Sígsig cuenta con un Hospital o “Área de salud N° 8” ubicado en el centro urbano de Sígsig, cinco subcentros de salud ubicados en los centros parroquiales y un puesto de salud en la parroquia Ludo, todos bajo la administración del Ministerio de Salud Pública.

Tanto la atención como el equipamiento, no son excelentes debido a la falta de infraestructura o personal médico; los casos que no pueden ser resueltos en el subcentro son enviados al hospital de Sígsig y éste a su vez a Cuenca. El seguro social campesino tiene dos dispensarios, uno de ellos en la parroquia Jima.

El Hospital de Sígsig tiene disponibilidad de una ambulancia y trabaja en coordinación con el cuerpo de bomberos para dar asistencia en caso de emergencias. Los subcentros cuentan con un equipo de odontología, medicina general, vacunación y asistencia en partos.

### **Principales enfermedades y causas de mortalidad**

Las principales enfermedades son de tipo respiratorio causadas mayormente en épocas de invierno, estas pueden ser leves como los resfríos o catarros o más graves como las neumonías. La principal causa se debe al consumo de agua no tratada o contaminada, desencadenando diarreas y otros síntomas. También está la existencia de desnutrición generalmente en niños, consecuencia de la inadecuada alimentación y carencia de vitaminas.

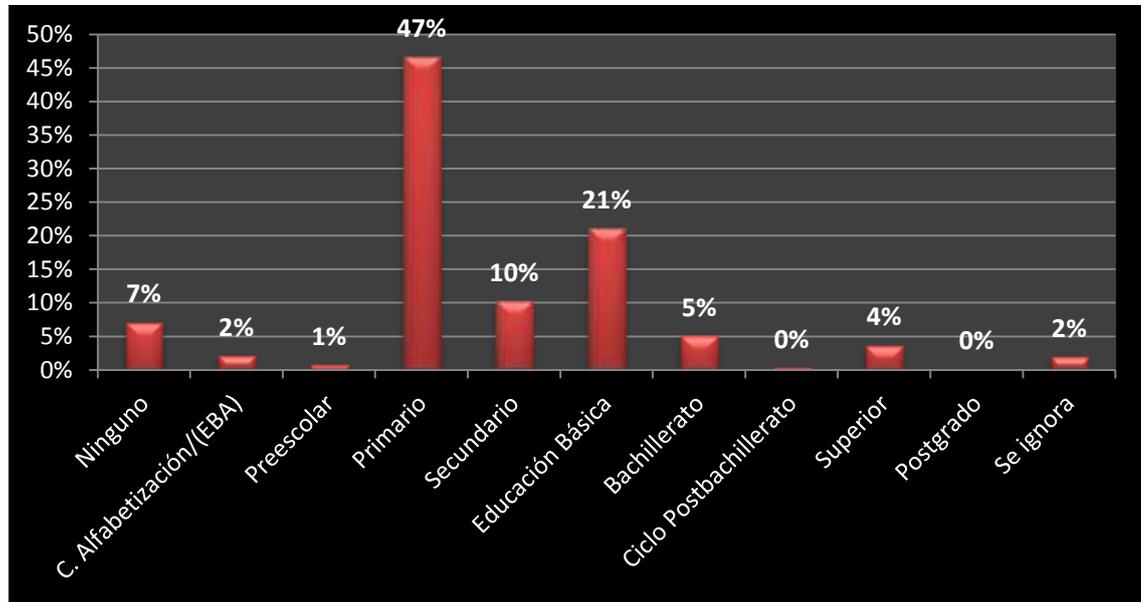
El alcohol es la segunda causa de mortalidad en el cantón Sígsig afectando socialmente al desarrollo cantonal. El cáncer es otra causa principal de mortalidad, sin embargo, para tratar esta enfermedad los habitantes deben recurrir a Cuenca, debido a la falta de centros que traten esta enfermedad.

### 2.3.4.3 Educación

Como se dijo anteriormente, el Sígsig posee una población de 26.910 personas, de las cuales el 12.1% no saben leer ni escribir, el 87.9% tienen algún nivel de instrucción y el 39.72% asisten a un establecimiento de enseñanza regular.

La población que se encuentra estudiando o culminado los estudios primarios, representa el 47%; la educación básica, el 21%; la instrucción secundaria, el 10%; la educación superior, el 4%. Las personas que no saben leer ni escribir representan el 7%.

Tabla 5: Nivel de estudios de los habitantes de Sígsig



Fuente: (GAD Sígsig, 2012)

El cantón Sígsig cuenta con 66 Centros Educativos de los cuales 47 ofrecen educación básica, uno ofrece educación básica y bachillerato, ocho ofrecen educación general básica y bachillerato, cinco centros ofrecen educación desde el

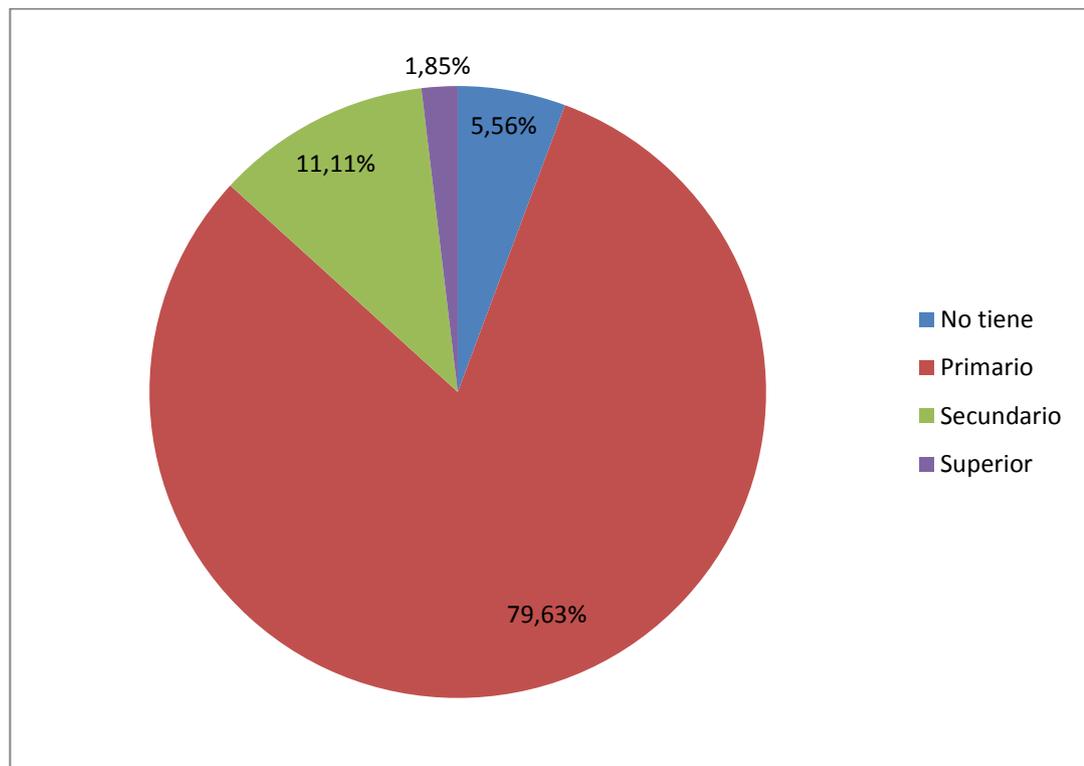
nivel de motivación a edad temprana (3-4 años) hasta educación básica general. (GAD Sígsig, 2012).

El cantón también dispone del Instituto Municipal de Educación Especial, que ofrece educación general básica para personas con discapacidad mental. (GAD Sígsig, 2012).

Jima es una de las parroquias que tiene mayor número de centros de educación especialmente primaria, y a pesar de ello, tiene uno de los porcentajes más altos de analfabetismo. Es así como en Chiñahuiña la mayoría de habitantes solo han culminado la primaria conformando el 79,63%, la secundaria tan solo el 11,11%, y estudios superiores el 1,85%; el porcentaje de analfabetismo es de 5,56%.

### Nivel de estudios de los habitantes de Chiñahuiña

Gráfico 13: Nivel de educación de los habitantes de Chiñahuiña



Fuente: (Abad\_Flores)

### **2.3.5 Encuesta – adquisición del servicio**

En la encuesta realizada se incluyó dos preguntas fundamentales para la realización del proyecto, ya que es primordial que los habitantes a beneficiarse estén informados y de acuerdo con lo que se pretende realizar, como se sabe, ningún proyecto es gratis; por lo que era necesario saber si las personas estaban dispuestas a pagar por el servicio cabe recalcar que el GAD del Sígsig buscará financiamiento para la construcción del sistema de agua potable.

El 100% de las personas encuestadas están de acuerdo tanto con la realización del proyecto así como también están dispuestas a pagar por el mismo, debido a que actualmente las viviendas carecen de medidores y pagan una cantidad mensual por un servicio deficiente que no cumple con la relación costo – consumo.

### **2.4 Revisión de la normativa a utilizar**

Para la realización de este proyecto, es necesario basarse en parámetros de diseño normados de acuerdo a las condiciones del medio, ya que no todos los lugares tienen las mismas características tales como el clima, topografía, población, nivel socio-económico, entre otros.

Debido a que la comunidad de Chiñahuiña posee 113 habitantes, se utilizará la NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL CPE INEN 5 (NORMAS SSA) que se utiliza para poblaciones menores a 1000 habitantes.

Se utilizará también el CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS.

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

#### 3.1 Parámetros de diseño

A partir de las normas antes mencionadas se obtendrán los parámetros de diseño necesarios para realizar un dimensionamiento adecuado que satisfaga las necesidades de la población de Chiñahuiña.

##### 3.1.1 Definiciones generales

**“Período de diseño:** tiempo durante el cual la obra cumple su función satisfactoriamente sin necesidad de ampliaciones.

**Población futura:** número de habitantes que se espera tener al final del periodo de diseño.

**Dotación media actual:** cantidad de agua potable, consumida diariamente, en promedio, por cada habitante, al inicio del periodo de diseño.

**Dotación media futura:** cantidad de agua potable, consumida diariamente, en promedio, por cada habitante, al final del periodo de diseño.

**Caudal medio anual:** caudal de agua, incluyendo pérdidas por fugas, consumido en promedio, por la comunidad.

**Caudal máximo diario:** caudal medio consumido por la comunidad en el día máximo de consumo.

**Caudal máximo horario:** caudal de agua consumido por la comunidad durante la hora de máximo consumo en un día.

**Nivel de Servicio:** grado de facilidad y comodidad con el que los usuarios acceden al servicio que les brindan los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas o residuos líquidos.

**Fugas:** cantidad no registrada de agua, perdida por escape del sistema.

**Factor de mayoración máximo diario (KMD):** es la relación entre el caudal máximo diario y el caudal medio.

**Factor de mayoración máximo horario (KMD):** es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio.”<sup>9</sup>

### **3.1.2 Periodo de diseño**

#### **3.1.2.1 Periodos de diseño y vida útil de la estructura**

Los sistemas de agua son proyectados para atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo, que generalmente es de 20 a 25 años (en dependencia del factor de mayoración máximo diario cuyo valor debe ser máximo 1.25 para todos los niveles de servicio); en casos justificados se puede optar un periodo de diseño diferente. Este periodo se ve afectado por los siguientes factores:

#### **Durabilidad o vida útil de las instalaciones**

Depende principalmente de la resistencia física de los materiales a factores adversos; de acuerdo al material empleado, la resistencia a los esfuerzos y daños a los cuales estarán sometidos se deteriorarán con el uso y con el tiempo.

---

<sup>9</sup> Norma CO 10.7-602 que se utiliza para Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quinta parte. Bases de diseño, numeral 3 Definiciones.

## Facilidades de construcción y posibilidades de ampliaciones o sustituciones

Para el diseño de distribución de agua se debe considerar el factor económico que sea íntimamente relacionado con la dificultad o facilidad de su construcción que inducirán a mayores y menores periodos de inversiones nuevas.

### Tendencias de crecimiento de la población

De acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población es conveniente elegir periodos de diseño más largos para periodos lentos de crecimiento y viceversa.

#### 3.1.3 Población de diseño

La población de diseño es la que corresponde a los habitantes que serán beneficiarios del sistema de agua potable; mediante los censos se determina el número de habitantes existentes, así como también mediante las encuestas que son realizadas por el consultor.

Las características de cada comunidad determinarán la población futura, la misma que tendrá influencia directa en el sistema a diseñarse. Existen tres métodos para la proyección de la población, estos son: aritmético, geométrico y exponencial.

Tabla 6: Métodos de proyección de la población

MÉTODOS	FÓRMULAS
Proyección Aritmética	$P_f = P_a * (1 + r * n)$
Proyección Geométrica	$P_f = P_a * (1 + r)^n$
Proyección Exponencial	$P_f = P_a * e^{(r * n)}$

Fuente: (Mays, 2002)

Dónde:

$P_f$  = Población futura (habitantes).

$P_a$  = Población actual (habitantes).

$r$  = Tasa de Crecimiento poblacional expresada como fracción decimal.

$n$  = Periodo de diseño (años)

Para este proyecto se tomará la proyección geométrica, como indica el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se partirá de los datos obtenidos de los censos nacionales y recuentos sanitarios, así como indica la siguiente tabla.

Tabla 7: Tasa de crecimiento poblacional

<b>REGIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>r%</b>
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: (MIDUVI)

### 3.1.4 Niveles de servicio

Los niveles de servicio pueden ser variados dependiendo de la comunidad en donde se esté yendo a realizar el proyecto, nivel de vida y actividades que realicen.

Tabla 8: Niveles de servicio

<b>NIVEL</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario.

**Simbología Utilizada:**

AP: Agua potable.

EE: Eliminación de excretas.

ERL: Eliminación de residuos líquidos.

Fuente: (MIDUVI)

**3.1.5 Dotaciones**

De acuerdo al nivel de servicio que se pretende dar y al clima donde se vaya a desarrollar el proyecto, las dotaciones recomendadas serán las siguientes:

Tabla 9: Dotaciones recomendadas

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (l/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (MIDUVI)

Al ser el nivel de servicio IIb se tomará una dotación básica de 75 l/hab\*día.

Dependiendo del número de habitantes y el clima en el que se encuentre asentada la población, la norma en la que se basa el diseño del presente trabajo recomienda las siguientes dotaciones:

Tabla 10: Dotaciones recomendadas

<b>DOTACIONES RECOMENDADAS</b>		
<b>Población Habitantes</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media Futura (lt/hab*día)</b>
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: (MIDUVI)

### 3.1.6 Variaciones de consumo

#### Caudal medio

Corresponde al promedio de los consumos diarios durante un año de registros expresándolo en lts/seg; éste es necesario porque permite diseñar en forma capaz los elementos que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable. Su fórmula es:

$$Q_m = \frac{f(P \times D)}{86400}$$

Dónde:

Q<sub>m</sub>= Caudal medio (lts/seg).

f= Factor de fugas.

P= Población al final del periodo de diseño.

D= Dotación futura (lts/hab\*día).

### **Caudal máximo diario**

Es el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante un año cuya fórmula es:

$$QMD = KMD \times Q_m$$

En donde:

QMD= Caudal máximo diario (lts/seg).

KMD= Factor de mayoración máximo diario. Con un valor de 1.25 para todos los niveles de servicio.

### **Caudal máximo horario**

Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. Su fórmula es:

$$QMH = KMH \times Q_m$$

En donde:

QMH= Caudal máximo horario (lts/seg).

KMD= Factor de mayoración máximo diario. Con un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

### **Caudal unitario**

Es el caudal que se requiere para abastecer una casa, en el que influye el número de las mismas y el caudal máximo horario.

### **Fugas**

Corresponde a las pérdidas ocasionadas por deterioro o fallas de los elementos que conforman la red de distribución de agua.

Tabla 11: Porcentaje de fugas según el nivel de servicio

<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>PORCENTAJE DE FUGAS</b>
Ia y Ib	10%
IIa y IIb	20%

Fuente: (MIDUVI)

### Resumen de resultados

Tabla 12: Resumen de resultados

<b>CUADRO RESUMEN</b>	
POBLACION TOTAL	113 Hab
POBLACION FUTURA (aritmético)	135 Hab
POBLACION FUTURA (geometrico)	137 Hab
DENSIDAD POBLACIONAL	2,54 Hab./Viv
NIVEL DE SERVICIO	IIb
TIPO DE CLIMA	Clima Frío
DOTACIÓN	75 l/hab/día
KMD	1,25
KMH	3
Qmed	0,1427 l/s
Qmax_d	0,1784 l/s
Qmax_h	0,4281 l/s
Caudal Unitario	0,0079 l/s*casa

Fuente: (Abad\_Flores)

En vista de que la comunidad carece de la adjudicación del caudal, los cálculos para el diseño de la captación se realizaron con el caudal máximo diario incrementado un 20% y para la conducción el caudal máximo diario incrementado un 10%.

#### 3.1.7 Parámetros de diseño para la captación

Los resultados químicos y microbiológicos se determinaron que la calidad del agua es relativamente buena, por lo que se ha optado por el diseño de una captación

sencilla que consta de una tubería perforada por la cual ingresará el agua y será almacenada en una caja de recolección que sirve como desarenador con un tiempo de retención de 10 minutos.

### Volumen de la caja de recolección

$$V = Q \cdot t$$

Dónde:

V= volumen de la caja (m<sup>3</sup>)

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

t= tiempo de retención (seg)

### Dimensiones de la caja de recolección (desarenador)

$$V_s = \sqrt{\frac{4gd(\rho_r - 1)}{3Cd}}$$

Dónde:

V<sub>s</sub>= velocidad de sedimentación (m/seg)

g= gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

d= diámetro de las partículas de arena (m)

ρ<sub>r</sub>= constante (arena)

Cd= coeficiente de arrastre

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Dónde:

Re= número de Reynolds

$$Re = \frac{V_s(d)}{\nu}$$

Dónde:

ν= viscosidad cinemática (constante 1,31x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/seg)

$$V_h = F_s - 12,5\sqrt{(\rho_r - 1)d}$$

Dónde:

$V_h$ = velocidad horizontal (m/seg)

$F_s$ = factor de seguridad (0,25 – 0,5)

$$A_T = \frac{Q}{V_h}$$

Dónde:

$A_T$ = área total

$$L_c = h \frac{V_h}{V_s}$$

Dónde:

$L_c$ = longitud de la cámara

$h$ = altura de la cámara

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

Dónde:

$b$ = base

### 3.1.8 Parámetros de la línea de conducción

Para este proyecto, en vista de las condiciones topográficas, el tipo de conducción a realizar será por gravedad basándose en la Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.

Los parámetros principales de diseño a tomar en cuenta son pérdidas, presiones, diámetros y velocidades, a continuación se presentará cada una de las fórmulas para calcular los mismos.

## **Pérdidas unitarias**

Para determinar las pérdidas de carga se debe efectuar el estudio hidráulico del escurrimiento para establecer la presión a la que trabajan las tuberías, esto está en dependencia de la topografía del terreno, así como también del diámetro del conducto.

Para el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías a presión, se utilizan las siguientes fórmulas:

- Darcy Weisbach
- Flamant
- Hazen Williams

El diámetro real es utilizado en el cálculo hidráulico, mientras que el diámetro nominal se utiliza para efectos de diseño. Asimismo, en el cálculo también se debe considerar las pérdidas ocasionadas por mecanismos tales como válvulas, codos, tees, reducciones.

El proyectista puede dejar de considerar el cálculo de pérdidas localizadas si los sistemas son por gravedad.

### **Fórmula de Darcy – Weisbach**

Experimentalmente Darcy y Weisbach dedujeron la fórmula para calcular las pérdidas por fricción, en un tubo con flujo permanente y diámetro constante.

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Dónde:

$h_f$ = Pérdida de carga distribuida o continua en metros.

$f$ = Coeficiente de pérdida de carga distribuida. Los valores de “ $f$ ” dependerán del régimen de flujo del agua, la viscosidad y el número de Reynolds. Este coeficiente puede ser obtenido mediante fórmulas o el diagrama de Moody.

L= Longitud de la tubería (m)

g= Gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

D= Diámetro de la tubería (m)

V= Velocidad media del fluido (m/seg)

### Fórmula de Flamant

Flamant plantea que los tubos perfectamente lisos son una excepción ya que es muy raro que conserven por mucho tiempo el pulido de fábrica. Ésta fórmula es muy exacta para tuberías de diámetros menores a 50mm, especialmente de concreto y PVC (instalaciones domiciliarias).

$$S_t = \frac{4bv^{7/2}}{d^{3/2}}$$

Dónde:

S<sub>t</sub>= Pérdida de Carga unitaria m/m.

b= Coeficiente de Flamant.

v= velocidad del agua en m/s.

d= diámetro interno de la tubería en m.

Tabla 13: Coeficiente de Flamant

Material de la tuberías	B
Hierro o acero	0.00023
Nuevos metálicos	0.000185
Concreto	0.000185
PVC	0.00140

Fuente: (Jose M. De Azevedo Netto, 1973)

### Fórmula de Hazen – Williams

La ecuación de Hazen – Williams es empírica; sirve para tuberías rugosas con régimen de transición o turbulento y agua a presión. Es recomendada esta ecuación para valores de diámetro que oscilan entre los cincuenta y 3500mm.

$$h_f = \frac{10,667}{D^{4,87}} \left( \frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

Dónde:

Hf= pérdida (m).

D= Diámetro externo de la tubería (m).

L= Longitud (m).

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/seg).

C= Valor de rugosidad (adimensional).

Para el diseño de la conducción del proyecto, las pérdidas calculadas serán mediante la fórmula de Hazen – Williams.

### Presiones

La presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. Se determina mediante la ecuación de Bernoulli.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f$$

Dónde:

Z = Cota de cota respecto a un nivel de referencia arbitraria.

P/γ = Altura de carga de presión “P es la presión y γ el peso específico del fluido” (m)

V = Velocidad media del punto considerado (m/s).

Hf = Es la pérdida de carga que se produce de un punto a otro.

### Velocidades

La velocidad influye directamente en las dimensiones de los diámetros de las tuberías que intervendrán en un proyecto.

Para el cálculo de la misma, se emplea la fórmula de Manning, que es la siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S_o^{1/2}}{n}$$

Dónde:

V= Velocidad del flujo en el tubo en m/seg.

R= Radio interior de la tubería en m.

S<sub>o</sub>= Pendiente de la línea de agua.

n= Coeficiente de fricción. Que tiene los siguientes valores dependiendo del material:

**Tabla 14: Valores del coeficiente de fricción**

<b>Material</b>	<b>n</b>
PVC	0.009
Asbesto Cemento	0.010
Hierro fundido dúctil (nuevo)	0.013
Hierro fundido dúctil (usado)	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero con revestimiento interior basado en epoxy	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

Fuente: (CEA QUERETARO)

Para que el diseño funcione de manera óptima se tendrá en cuenta que la velocidad deberá encontrarse entre los siguientes rangos en dependencia de los materiales a utilizar.

Tabla 15: Valores de las velocidades de diseño

Material de la tubería	Velocidad (m/seg)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 45cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado a partir de 60 cm de diámetro	3.50	0.30
Acero con revestimiento		
Acero sin revestimiento		
Acero galvanizado		
Asbesto cemento		
Hierro fundido	5.00	0.30
Hierro dúctil		
PEAD (Polietileno de alta densidad)		
PVC (Policloruro de vinilo)		
PRFV (Polyester reforzado con fibra de vidrio)		

Fuente: (CEA QUERETARO)

### 3.1.9 Parámetros para la planta de tratamiento

De acuerdo a la normativa que se está utilizando como referencia para el diseño (Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural), las dimensiones de la planta de tratamiento serán calculadas con el caudal máximo diario incrementado el 10%; además se tomará en cuenta una fase de desinfección como tratamiento mínimo.

#### 3.1.9.1 Estructura de la planta de tratamiento de agua

##### Cajón de recolección

$$V = Q * t$$

Dónde:

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

Q= caudal de entrada (m<sup>3</sup>/seg)

t= tiempo de retención (min)

### **Cálculo de las dimensiones del cajón**

$$L = \frac{V}{b \cdot h}$$

Dónde:

b= base de la cámara (m)

h= altura del agua (m)

Tanto la base como la altura son impuestas.

### **Cálculo del vertedero triangular**

#### **Altura del agua del vertedero**

$$H = \left( \frac{Qf}{1.40} \right)^{2/5}$$

Dónde:

H= altura del agua del vertedero (m)

Qf= caudal de filtración (lt/seg)

#### **Altura del vertedero**

$$h = 2 * H$$

Dónde:

h= altura del vertedero (m)

H= altura del agua del vertedero (m)

### **Longitud del vertedero (Lv)**

$$Lv = 2 * h * \tan \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

Lv= longitud del vertedero (m)

h= altura del vertedero (m)

$\alpha$ = ángulo del vertedero (90°)

### **Ancho del agua del vertedero (a)**

$$a = 2 * H$$

Dónde:

a= ancho del agua del vertedero (m)

H= altura del agua en el vertedero (m)

### **Área del vertedero (A)**

$$A = H * a$$

Dónde:

A= área del vertedero (m<sup>2</sup>)

H= altura del agua en el vertedero (m)

a= ancho del agua del vertedero (m)

### **Velocidad del agua en el vertedero**

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

Dónde:

V= velocidad del agua en el vertedero (m/seg)

Qf= caudal de filtración (lt/seg)

A= área del vertedero (m<sup>2</sup>)

**Longitud de la cámara**

$$y = \frac{1}{2} * g * t^2$$

Dónde:

y= longitud de la cámara (m)

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

t= tiempo de retención (seg)

**3.1.9.2 Tratamiento a emplear**

La planta de tratamiento del proyecto será diseñada con la tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME); se basa en las siguientes tablas:

**3.1.9.2.1 Nivel de riesgo**

Tabla 1: Método convencional de tratamiento FIME

Análisis	NIVEL DE RIESGO		
	Baja	Intermedia	Alta
Turbiedad	<= 10 UNT	< 20 UNT	< 50 UNT
Color	<= 20 UPC	< 30 UPC	< 40 UPC
Coliformes Fecales	< 500 NMP/100ml	< 10000 NMP/100ml	< 20000 NMP/100ml
<b>No. de Niveles</b>	<b>F.G.D + F.L.A</b>  2 Niveles	<b>F.G.D + F.L.A + F.G.C.</b>  3 Niveles	<b>F.G.D+ 2 F.G.S + F.L.A</b>  4 Niveles

Fuente: Sánchez, Luis Darío; Sánchez Alex, Galvis Gerardo, Jorge, Larrote

Los resultados obtenidos de los análisis de agua se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17: Nivel de Riesgo-Resultados

<b>RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Limite</b>
Turbiedad	8.99 UNT	<= 10 UNT
Color		<= 20 UPC
Coliformes	155	< 500 NMP/100ml
Fecales		<b>F.G.D + F.L.A</b>

Fuente: (UDA, 2014)

### 3.1.9.2.2 Selección del proceso de tratamiento

En vista de que los resultados de los análisis químico y microbiológico determinaron que la calidad del agua es relativamente buena, se deduce que el nivel de riesgo es bajo, lo que conlleva a únicamente utilizar un tratamiento que incluye un filtro grueso dinámico, un filtro lento de arena una fase de desinfección por medio de cloración.

### 3.1.9.2.3 Filtro grueso ascendente

Uno de los métodos más efectivos para la remoción de sólidos presentes en el agua es la filtración, se sabe que las partículas presentes en el agua son de diferentes tamaños que decrecen sucesivamente en dirección del flujo del agua, el filtro grueso ascendente consiste en minimizar el número de las partículas más gruesas y disminuir la cantidad de las más pequeñas llegando así a mejorar la calidad del agua superficial mediante la disminución de las cantidades de turbiedad, color, hierro, manganeso y coliformes.

**Partes del filtro grueso ascendente:**

**Cámara de filtración:** está dimensionada en función del caudal requerido para el lavado superficial y de la velocidad superficial del flujo. Se debe tener presente que la cámara contendrá el sistema de drenaje, lecho filtrante y la carga de agua sobre el lecho.

**Lecho filtrante:** está constituido por granos de arena

**Estructuras de entrada:** está formada por un canal que permite el flujo del agua hacia la cámara de entrada de los filtros en dónde se encuentran las tuberías de entrada, de rebose y de distribución hacia el lecho filtrante.

**Estructuras de salida:** incluye una tubería perforada ubicada en el fondo del lecho filtrante cuyas funciones son: trabajar como dren y recolectar agua filtrada.

**Sistema de drenaje y cámara de lavado:** permitirán que se realice un mantenimiento adecuado a la planta de tratamiento; por lo que se deberán ubicar de manera que permitan la limpieza del mismo, para ello se considerará que el nivel mínimo del filtro estará controlado por el vertedero de salida que será ubicado entre 0 y 0.10m por encima de la superficie del lecho filtrante.

**Accesorios de regulación y control:** los accesorios que intervienen son las válvulas de control, dispositivos de drenaje, conexión para llenado del lecho con agua limpia y vertederos, cada uno cumpliendo con una función en específico que permitirá que la planta de tratamiento cumpla con su objetivo que es mejorar la calidad del agua a tratar.

## Granulometría del lecho filtrante

Figura 1: Lecho filtrante recomendado para Filtros gruesos ascendentes

Lecho filtrante recomendado para Filtros Gruesos Ascendentes

Tamaño de grava (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS2		FGAS3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0,30*	0,30*		0,30*	0,20*	
13 - 19	0,20-0,30	0,30-0,45	0,20*	0,15	0,15*	0,15*
6 - 13	0,15-0,20	0,30-0,45	0,15*	0,45-0,75	0,15*	0,15*
3 - 6	0,15-0,20		0,30-0,45		0,40-0,70	0,15*
1,6 - 3	0,10-0,20		0,25-0,40			0,45-0,75
<b>Total (m)</b>						
Soporte	0,30	0,30	0,35	0,30	0,50	0,45
Lecho Filtrante	0,60-0,90	0,60-0,90	0,55-0,85	0,60-0,90	0,40-0,70	0,45-0,75

\* Lecho soporte

FGAS2: Filtración Gruesa Ascendente en Serie de 2 etapas

FGAS3: Filtración Gruesa Ascendente en Serie de 3 etapas

Fuente: ETAPA EP (2012-214). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para Cuenca

## Criterios de Diseño

Figura 2: Guías de diseño para filtros gruesos ascendentes

Guías de diseño para Filtros Gruesos Ascendentes

Criterio	Valores recomendados
Período de diseño (años)	8 - 12
Período de operación (h/d) (*)	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,3 - 0,6
Número mínimo de unidades en serie:	
- FGAC	1
- FGAS	2 - 3
Área de filtración por unidad (m <sup>2</sup> )	< 20
<b>Lecho filtrante:</b>	
Longitud total (m)	
- FGAC	0,6 - 0,90
- FGAS	1,15 - 2,35
Tamaño (mm)	
Lecho de soporte total	
- Longitud (m)	0,30 - 1,25
- Tamaño (mm)	
Altura del sobrenadante de agua (m)	0,10 - 0,20
Carga estática mínima de agua para lavado en contra flujo (m)	3,0

Fuente: CINARA 1999

Fuente: ETAPA EP (2012-214). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para Cuenca

### **Eficiencias del tratamiento por filtros gruesos ascendentes**

En la siguiente tabla se indica los aspectos positivos del uso de este elemento dentro de la planta de tratamiento.

Tabla 2: Eficiencias de tratamiento por FGA

<b>EFICIENCIAS DE TRATAMIENTO POR FGA</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Reducción típica</b>
Sólidos suspendidos	Se logra reducir hasta el 95%, el 90% por lo general se reporta en fuentes con altos contenidos de sólidos suspendidos, en fuentes donde estos tienen un rango de 5 a 50 mg/l se remueve del 50 al 90%.
Turbiedad	Se reduce del 50 al 80% en fuentes superficiales localizadas en valles, siendo mayor en fuentes superficiales de ladera es decir con una remoción del 50 al 90%.
Color real	Se reduce entre el 20 y 50%.
Hierro, manganeso	Se reduce aproximadamente el 50%
Coliformes termorresistentes	Se reduce entre 0,65 y 2.5 unidades logarítmicas siendo mayor para este filtro, tratando con contaminación bacteriológica de 20000 a 100000 UFC/100 ml y contenidos de sólidos suspendidos entre 20 y 200 mg/l. Es menos eficiente en fuentes con calidad bacteriológica entre 500 y 20000 UFC/100 ml.

Fuente: ETAPA EP (2012-214). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para Cuenca

#### **3.1.9.2.4 Filtro lento de arena**

El filtro lento de arena tiene como principal función mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la cantidad de micro-organismos, materiales en suspensión, materia coloidal y cambios en la composición química, los mismos que no fueron separados del agua en el filtro grueso dinámico.

## **Partes del filtro lento de arena**

Está conformado por una estructura que contiene un lecho filtrante, una capa de agua sobrenadante, un sistema de drenaje y el control de flujo.

**Caja de filtración:** depende del caudal con el que se va a trabajar, la tasa de filtración y la cantidad de filtros que se estén utilizando.

**Estructura de entrada:** está constituida por un vertedero de excesos, los canales de distribución, los dispositivos de medición y control de flujo, la cámara de entrada y la ventana de acceso al filtro.

**Capa de agua sobrenadante:** se encarga de brindar la carga hidráulica necesaria para permitir el paso del agua a través del lecho de arena.

**Lecho filtrante:** está constituido por arena relativamente fina que permite la remoción de impurezas del agua.

**Sistema de drenaje:** debe incluir el lecho de soporte y la cámara de salida; el nivel del filtro se controla mediante el vertedero de salida, que puede estar ubicado al mismo nivel o a 0.10m encima de la superficie del lecho filtrante.

**Conjunto de dispositivos para regulación, control y rebose de flujo:** incluye los accesorios necesarios para obtener un buen funcionamiento del sistema, entre ellos están: la válvula de entrada, los dispositivos de drenaje, las válvula para drenar el lecho, desechar el agua tratada, suministrar agua tratada al depósito de agua limpia, y los vertederos de entrada, de salida y de excesos.

**Criterios de Diseño:**

Figura 3: Criterios de diseño recomendados por autores y países para filtros lentos de arena

Criterios de diseño recomendados por autores y países

Criterio de diseño	Recomendación			
	Huisman and Wood (1974)	Ten States Standards (1987)	Visscher et al. USA (1987)	Cinara, IRC (1997) Colombia
Periodo de diseño (años)	n.e.	n.e.	10 - 15	8 - 12
Periodo de operación (h/d)	24	n.e.	24	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,1-0,4	0,08-0,24	0,1-0,2	0,1-0,3
Altura de arena (m)				
Inicial	1,2	0,8	0,9	0,8
Minima	0,7	n.e.	0,5	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0.15-0.30	0.15-0.35	0.30-0.45	0.15-0.30
Coefficiente de uniformidad				
Aceptable	<3	≤2,5	<5	<4
Deseable	<2	n.e.	<3	<2
Altura del lecho de soporte incluye drenaje (m)	n.e.	0,4-0,6	0,3-0,5	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	1-1,5	0,9	1	0,75 (*)
Borde libre (m)	0,2-0,3	n.e.	0,1	0,1
Área superficial máxima por módulo (m <sup>2</sup> )	n.e.	n.e.	<200	<100

(\*) Con desarrollo exponencial en la pérdida de carga en estudios a nivel piloto  
n.e.: no especificado.

Fuente: ETAPA EP (2012-214). Memoria de cálculo. Plan de Saneamiento para Cuenca

**3.1.9.2.5 Diseño de los filtros**

Tabla 3: Diseño para el filtro grueso ascendente y el filtro lento de arena

Sistema	Tasa de Filtración	Altura(m)	Granulometría	Material soportante	Material Sobrenadante
<b>F.G.D</b>	24 - 36 m/d	0.2 m	3 -6 mm		
		0.6 m	0.2 m	6 - 13 mm	
			0.2 m	13 - 25 mm	
<b>F.G.C y F.G.S.</b>	7 - 15 m/d	0.1 m	1.5 - 3 mm	0.3 m	
		0.6 - 0.9	0.15 m	3 - 6 mm	
		m	0.15 m	6 - 13 mm	
		0.2 m	13 - 19 mm		
<b>F.L.A</b>	2 - 12 m/d	0.8 m	0.15 - 0.3m	0.2 m	0.8 m

Fuente: (Abad\_Flores)

## Área de los filtros

El área de los filtros depende de la carga hidráulica (CH), para ello se deberá escoger entre los siguientes rangos:

**Filtro grueso dinámico: entre 24 – 36 m/d**

**Filtro lento de arena: entre 2 – 5 m/d**

$$A = \frac{Q/2}{CH}$$

Dónde:

A= Área de los filtros

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

## Filtro grueso dinámico y filtro lento de arena

Para el diseño de los siguientes parámetros se sigue el mismo procedimiento tanto para el filtro grueso dinámico como para el filtro lento de arena.

## Caudales:

### Caudal de lavado (QL)

$$QL = A_{Le} * V_L$$

Dónde:

V<sub>L</sub>= velocidad de lavado (m/h)

A<sub>Le</sub>= área del lecho

### Caudal del orificio (Qo)

$$Q_o = \left( \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \right) * V_o$$

Dónde:

$Q_o$  = caudal del orificio

$\emptyset$  = diámetro del orificio (mm)

$V_o$  = velocidad del orificio (m/seg)

### Sistema de drenaje

La cantidad de laterales está directamente relacionada con la longitud del filtro.

$$N_o = \frac{\left(\frac{Q_L}{\text{Laterales}}\right)}{Q_o}$$

Dónde:

$N_o$  = número de orificios

$Q_L$  = caudal de lavado (m<sup>3</sup>/seg)

$Q_o$  = caudal del orificio (m<sup>3</sup>/seg)

Laterales = dependerá de la longitud del filtro

### Relaciones que se deben cumplir

$$\frac{A_o}{A_{Le}} = 0.15 - 0.50\%$$

$$\frac{A_o}{A_L} = 0.30 - 0.50\%$$

$$\frac{A_L}{A_p} = 0.30 - 0.50\%$$

Dónde:

$A_o$  = área del orificio

$A_{Le}$  = área del lecho

$A_L$  = área lateral

$A_p$  = área de la tubería principal

## **Diámetro del colector lateral y principal**

### **Área lateral**

$$A_L = \frac{A_o}{0.3 - 0.5}$$

### **Área de la tubería principal**

$$A_p = \frac{A_c}{0.3 - 0.5}$$

Dónde:

$A_c$  = área de la tubería con diámetro comercial

## **Pérdidas**

Para el cálculo de las pérdidas se utilizarán las siguientes ecuaciones:

### **Pérdidas en tuberías:**

$$h_f = \frac{10,667 * L}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}$$

Dónde:

$h_f$  = pérdida

$L$  = longitud (m)

$D$  = diámetro de la tubería (m)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/seg)

$C$  = constante (140)

### **Pérdidas en los accesorios**

$$h_f = \sum k * \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

k= sumatoria de accesorios

v=velocidad (m/d)

g= gravedad (m<sup>2</sup>/seg)

### **Pérdidas en el lecho**

**Durante el filtrado:**

$$h_f = 1,067 * Cd * \frac{L * v^2}{e^4 * d * g}$$

Dónde:

Cd= coeficiente de arrastre (constante)

v= velocidad de circulación (m/d)

d= diámetro medio de arena del filtro

g= gravedad

L= longitud del lecho

e= porosidad (cuando el lecho está limpio se considera 40%)

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Dónde:

Re= número de Reynolds

$$Re = \frac{v \times d}{\nu}$$

Dónde:

$\nu$ = viscosidad cinemática (1.31x10<sup>-6</sup>m<sup>3</sup>/s a una temperatura de 10°)

**Durante el lavado:**

$$h_f = 20vL$$

Dónde:

v= velocidad de circulación en el filtro (m/d)

L= lecho (m)

**Pérdidas en los orificios**

$$h_f = \frac{1}{2g} * \left( \frac{V}{\alpha * \beta} \right)^2$$

Dónde:

V= velocidad de circulación (m/d)

$\alpha$  = coeficiente de orificio (0.61)

$$\beta = \frac{A_o}{A_{Le}}$$

**3.1.9.3 Cloración**

La cloración es de suma importancia para este sistema de agua, ya que el objetivo de la misma es purificar el agua de tal manera que sea apta para el consumo, en dependencia de los resultados obtenidos de los análisis de agua, se podría estimar la cantidad de cloro para la desinfección.

El agua que va a ser sometida a la cloración proviene del filtro lento y será trasladada a la caseta de cloración, en la cual será almacenada; cabe recalcar que la caseta tendrá dimensiones adecuadas para facilitar las operaciones de desinfección.

La desinfección será a través de un dosificador automático para una dosificación por goteo en donde se colocará hipoclorito de sodio, además se controlará que la cantidad de cloro residual en las puntos más lejanos de la red este entre 0,40 y 0,20 mg/lit.

La Norma CO 10.7 – 601. Sistemas de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana presenta una tabla en donde se indica la

cantidad de cloro que se debe agregar según el pH que tenga el agua; los resultados obtenidos en los análisis dieron que el pH está en 7,57 y por lo tanto la cantidad de cloro que se colocará para la desinfección es de 0,2 mg/lit.

Tabla 20: Concentraciones de cloro

<b>MÍNIMAS CONCENTRACIONES RESIDUALES DE CLORO REQUERIDAS PARA UNA DESINFECCIÓN EFICAZ DEL AGUA</b>		
<b>pH del agua</b>	<b>Cloro libre residual, mg/lit, tiempo mínimo de contacto, 10 minutos</b>	<b>Cloro residual combinado, mg/lit, tiempo mínimo de contacto, 60 minutos</b>
6_7	0,2	1
7_8	0,2	1,5
8_9	0,4	1,8
9_10	0,8	No se recomienda
más de 10	0,8(con mayor período de contacto)	No se recomienda

Fuente: Norma CO 10.7 – 601

### 3.1.9.4 Tanque de reserva

Los tanques de reserva tienen un papel muy importante dentro del sistema de agua potable, ya que en ellos se almacena el agua que luego va a ser distribuida; en la Norma CO 10.7 – 602. Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural indica que la capacidad de almacenamiento de un tanque de reserva será el 50% del volumen medio diario futuro, además no puede ser inferior a 10m<sup>3</sup>.

La fórmula para calcular el tanque es la siguiente.

$$V = \frac{\left(Qm * \frac{86400}{1000}\right)}{2}$$

Dónde:

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

Qm= caudal medio diario (m<sup>3</sup>/seg)

### 3.1.10 Parámetros de la red de distribución

Un sistema de distribución de agua está constituido principalmente de tres componentes: bombas, almacenaje para la distribución y la red de tuberías de distribución; tiene como propósito suministrar a los usuarios la cantidad de agua que necesitan, acompañada de una presión adecuada a las diversas condiciones de carga.

Para el diseño de una red de distribución se deberá tener definida la fuente de abastecimiento, la ubicación del tanque de almacenamiento y los puntos de llegada de la red. De acuerdo a la topografía, vialidad, ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque, se tienen dos tipos de redes: red ramificada y red mallada.

#### Red ramificada

Está constituida por un ramal principal y varias ramificaciones que pueden estar formadas por pequeñas mallas o por ramales ciegos. Se diseña este tipo de red cuando la topografía dificulta las interconexiones de ramales o también por el desarrollo lineal a lo largo de una vía principal o carretera.

Para determinar los gastos medios de consumo se tomará en cuenta la zonificación y la dotación correspondiente de acuerdo a las normas sanitarias en vigencia; en las localidades donde no se disponga del plano regulador de la Ciudad, los gastos se asignan en base a un gasto unitario para zonas de densidad homogénea.

$$Q_{medio} = \frac{Población \times Dotación \text{ lts}}{86400} \frac{\text{seg}}{\text{seg}}$$

## **Red mallada**

La red mallada está constituida por tuberías interconectadas formando mallas. Es el tipo de red más conveniente debido a que la interconexión entre tuberías permite crear un circuito cerrado que conlleva a un servicio más eficiente y permanente.

Los gastos deben ser identificados para cada tramo realizando hipótesis estimativas en cada nodo, de esta manera se llegará al dimensionamiento más adecuado. En las zonas donde no exista un plano regulador se tomará como referencia el crecimiento poblacional para determinar el gasto, además se considerarán las características de las viviendas, las densidades de la población por zonas y la posibilidad de expansión a una zona en particular.

En la Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural están indicados algunos parámetros que se debe seguir para un correcto diseño de la red de distribución, dichos parámetros son los siguientes.

- La presión estática no sobrepasará los  $4 \text{ kg/cm}^2$
- La presión dinámica no sobrepasará los  $3 \text{ kg/cm}^2$
- La presión dinámica no podrá ser inferior a los  $0,7 \text{ kg/cm}^2$
- El diámetro nominal de la red no podrá ser inferior a 19mm (3/4")
- La red deberá ser diseñada con el caudal máximo horario.
- La red podrá ser diseñada con ramales abiertos, mallas o la combinación de los dos sistemas.

Además en la norma se indica que toda red de distribución debe tener válvulas de tal manera que exista la posibilidad de independizar sectores para el mantenimiento respectivo sin suspender el servicio a todos los habitantes; la norma también estipula que en los tramos donde el bombeo este presente, el diseño de la tubería deberá ser considerando la presión originada por el golpe de ariete.

### **3.2 Análisis de alternativas de tratamiento**

Luego de haber determinado la calidad del agua que abastece a la comunidad de Chiñahuiña a través de los análisis químico y microbiológico, se encontraron dos alternativas de tratamiento para mejorarla, estos son: la tecnología convencional y la tecnología FIME.

#### **3.2.1 Tecnología convencional**

La tecnología convencional incluye procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración, es decir, está constituido por varias fases complejas, al analizar la factibilidad de realizar el mismo para la planta de tratamiento de Chiñahuiña, se llegó a la deducción de que el gasto necesario al no ser muy elevado, y al tener al mismo tiempo una calidad relativamente buena del agua de la fuente, no es necesario inclinarnos por esta alternativa.

Al mismo tiempo los costos de construcción, operación y mantenimiento serían elevados, debido a que los implementos y accesorios de la tecnología convencional lo son, además de que se necesitarían procesos complejos para la limpieza de filtros, y lavados que se necesitarán realizar constantemente.

#### **3.2.2 Tecnología FIME**

La filtración en múltiples etapas está desarrollada para servir principalmente a pequeñas comunidades que carecen de altos recursos económicos. Considera al pretratamiento como elemento fundamental ya que en el mismo se reducen altamente la turbiedad y los sólidos suspendidos, lo que evita que los filtros se obstruyan en periodos cortos de tiempo; todo esto lleva a que los costos de operación y mantenimiento se reduzcan debido a que la limpieza de los filtros ya no debe ser tan frecuente.

Generalmente las zonas rurales carecen de un buen servicio de abastecimiento de agua, este es el caso de la comunidad de Chiñahuiña, por lo que ésta alternativa es la más factible ya que tanto la administración operacional y mantenimiento son mucho

más simples que los de la tecnología convencional de manera que los habitantes podrán acceder al líquido de forma sencilla con un sistema de rápida instalación y un mantenimiento básico.

La tecnología FIME consiste en un proceso de filtración de múltiples etapas en el que intervienen filtros gruesos dinámicos que ayudan a acondicionar el agua que entra al sistema, de manera que las siguientes etapas quedan protegidas de las partículas de mayor tamaño presentes en el agua, además de los filtros lentos de arena que se encargan de eliminar los microorganismos patógenos y ciertas sustancias que contaminan el agua.

Otra de las ventajas que trae consigo el FIME es que es una tecnología robusta y confiable que puede ser operada por personas con bajos niveles de estudios, además de que es la más recomendable para zonas rurales y pequeños municipios donde un tratamiento con productos químicos tiene un potencial limitado.

### 3.2.3 Normativa nacional empleada

En la siguiente tabla se indica los parámetros de calidad que el agua debe tener, los cuales deben ser analizados por personas especializadas:

Tabla 21: Parámetros de calidad de agua

<b>PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA</b>				
<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite deseable</b>	<b>Límite máx. permisible</b>	
Turbiedad	FTU	5	20	
Olor	---	Ausencia	Ausencia	
Sabor	---	Inobjetable 7	Inobjetable	
pH	---	- 8. 5	6,5 – 9,5	
Sólidos disueltos	totales mg/l	500	1000	

Manganeso(Mn)	mg/l	0,05	0,3
Hierro (Fe)	mg/l	0,2	0,8
Calcio (Ca)	mg/l	30	70
Magnesio(Mg)	mg/l	12	30
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	mg/l	50	200
Cloruros(Cl)	mg/l	50	250
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/l	10	40
Nitritos(NO <sub>2</sub> )	mg/l	cero	cero
Dureza CO <sub>3</sub> Ca	mg/l	120	300
Arsénico (As)	mg/l	cero	0,05
Cadmio (Cd)	mg/l	cero	0,01
Cromo (Cr)	mg/l	cero	0,05
Cobre (Cu)	mg/l	0,05	1,5
Cianuros (Cn)	mg/l	cero	cero
Plomo (Pb)	mg/l	cero	0,05
Mercurio (Hg)	mg/l	cero	cero
Selenio (Se)	mg/l	cero	0,01
Fenoles	mg/l	cero	0,01
Cloro libre	mg/l	0,5	0,2 – 1 residual
Coliformes NMP/100cm <sup>3</sup>	NMP/100cm <sup>3</sup>	Ausencia	Ausencia

Bacterias aerobias total.	Colonias/cm <sup>3</sup>	Ausencia	30
Estroncio 90	Pc/l	Ausencia	8
Radio 226	Pc/l	Ausencia	3
Radiación total	Pc/l	Ausencia	1 000

Fuente: Norma 1108 Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2010)

### 3.3 Sectorización de la red de distribución

La red de distribución de agua potable parte del tanque de reserva hacia la vía, la cual sigue su dirección, las casas que están muy alejadas del camino serán abastecidas mediante ramales, que estarán conectados a la tubería principal.

Las áreas de aporte para la red de distribución fueron asignadas según la ubicación de los tanques rompe presiones; en la siguiente tabla se presentan dichas áreas:

Tabla 22: Áreas de aporte de la red de distribución

<b>ÁREAS DE APOORTE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
1	231927,76
2	362488,19
3	412316,07

Fuente: (Abad\_Flores)

En cada área se encuentran un número de casas, que serán abastecidas mediante la dotación requerida para los nudos cercanos a las mismas, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 23: Dotaciones para los nudos

<b>DOTACIONES PARA LOS NUDOS</b>				
<b>Nudos</b>	<b>N° casas</b>	<b>Q unitario (l/seg)</b>	<b>Dotación</b>	<b>Elevación</b>
1	1	0,0079	0,0079	2860,43
2	2	0,0079	0,0158	2874
3	1	0,0079	0,0079	2839
4	1	0,0079	0,0079	2836
5	1	0,0079	0,0079	2823,8
6	2	0,0079	0,0158	2819,8
7	7	0,0079	0,0553	2824
8	1	0,0079	0,0079	2819,8
9	1	0,0079	0,0079	2824,8
10	1	0,0079	0,0079	2808
11	1	0,0079	0,0079	2850,3
12	1	0,0079	0,0079	2855
13	1	0,0079	0,0079	2845
14	2	0,0079	0,0158	2845
15	2	0,0079	0,0158	2787,7
16	5	0,0079	0,0395	2739
17	1	0,0079	0,0079	2735,8
18	1	0,0079	0,0079	2735
19	2	0,0079	0,0158	2730
20	5	0,0079	0,0395	2729
21	1	0,0079	0,0079	2744,95
22	3	0,0079	0,0237	2775
23	2	0,0079	0,0158	2794,85
24	1	0,0079	0,0079	2826
25	1	0,0079	0,0079	2830,2
26	2	0,0079	0,0158	2860
27	1	0,0079	0,0079	2831
28	1	0,0079	0,0079	2833,9
29	1	0,0079	0,0079	2843,8
30	1	0,0079	0,0079	2875

Fuente: (Abad\_Flores)

### **3.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar**

Para proyectos relacionados con el agua potable existen varios tipos de materiales, ya sea para tuberías como también para los respectivos accesorios. Dichos materiales deben cumplir con las especificaciones adecuadas; las mismas que no deben afectar la calidad del agua.

#### **3.4.1 Criterios de selección**

En el mercado, los materiales a emplear tienen características que varían de un tipo a otro; dependiendo del proyecto a ejecutarse, en el cual estarían influyendo diversos factores como el clima, terreno, topografía, población, entre otros.

Todo material tiene diferentes características que los identifique, como pueden ser:

#### **Condiciones de servicio**

Como factor principal se considerarán las presiones tanto estáticas como dinámicas, sin dejar de lado las sobrepresiones que son generadas por efectos transitorios y golpes de ariete.

Se debe tomar en cuenta la carga originada por el suelo, asentamientos, cargas cíclicas.

La corrosión es otro factor importante que requiere atención, ya que puede provocar problemas en la calidad del agua.

#### **Aplicabilidad**

Las tuberías a utilizar deben ser las apropiadas para al tipo de estructura que se esté realizando; esto implica que los tamaños y espesores deben ser considerados previamente en el diseño.

La mano de obra encargada de instalar las tuberías deberá contar con una capacitación adecuada de tal manera que no existan negligencias en la construcción.

### **Propiedades de la tubería**

Principalmente se considerará la resistencia que tienen los diferentes tipos de tubería a las presiones que serán sometidas.

La flexibilidad es otro de los aspectos que se deberá tomar en cuenta al momento de escoger el material de la tubería.

Los coeficientes de rugosidad interfieren en diversos parámetros tales como: velocidad, pérdidas, entre otros.

Además se tomará en cuenta la capacidad de transporte que tengan las tuberías para el caudal diseñado.

### **Costos**

Se debe determinar los costos tanto de la tubería como de los accesorios en los diferentes tipos de materiales para tener un criterio económico de lo que se pretende utilizar.

Es importante tener en cuenta el costo que conlleva la instalación de la tubería así como también su mantenimiento y posibles reparaciones que se den a lo largo de su vida útil.

El periodo de vida útil de las tuberías y accesorios estará determinado por el material, el tipo de edificación, agentes externos y mantenimiento.

### **3.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales**

En la siguiente tabla se pueden observar los diferentes tipos de tubería que se utilizan actualmente en el mercado, al mismo tiempo se puede apreciar las ventajas y desventajas que conlleva la utilización de cada uno de ellos, tomando en cuenta estas características y los criterios de selección antes mencionados se puede determinar que material es el más conveniente para la realización del proyecto.

Tabla 24: Ventajas y desventajas de los materiales

<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>Hierro dúctil</b>	<p>Tensión de fluencia igual a 42.000 PSI.</p> <p>Módulo de elasticidad <math>E = 166 \cdot 10^6</math> PSI.</p> <p>Elongación hasta un 10%.</p> <p>Se tiene variedad de diámetros y accesorios.</p> <p>Se tiene variedad de espesores.</p> <p>Tiene buena resistencia a Golpe de Ariete.</p> <p>Tiene gran resistencia a Cargas externas.</p>	<p>El costo es alto.</p> <p>No se puede soldar fácilmente.</p> <p>Pueden requerir protección catódica.</p> <p>Se requiere de envolturas en suelos corrosivos.</p>
<b>Acero</b>	<p>Tensión de fluencia entre 30.000 y 60.000 PSI.</p> <p>Módulo de elasticidad <math>E = 207 \cdot 10^6</math> PSI.</p> <p>Elongación entre el 17 y 35 %.</p> <p>Presión de trabajo hasta 2500 PSI.</p> <p>Se tiene variedad de diámetros y accesorios.</p> <p>Se tiene variedad de espesores.</p> <p>Tiene excelente resistencia a Golpe de Ariete.</p>	<p>Tiene poca resistencia a la corrosión.</p> <p>Los costos son elevados en diámetros pequeños.</p> <p>Requiere protección catódica o envolturas en suelos corrosivos.</p>

	<p>Tiene gran resistencia a Cargas externas.</p> <p>Los accesorios se fabrican fácilmente.</p>
<b>PVC</b>	<p>Esfuerzos de Tensión acordes al diseño. Presiones máximas de 350 PSI.</p> <p>Módulo de elasticidad <math>E = 4 \cdot 10^5</math> PSI. Pueden existir sobrepresiones.</p> <p>Bajo peso, durable, rugosidades bajas. Tiene una limitada resistencia a cargar cíclicas.</p> <p>No existen problemas de corrosión. Problemas con exposición a la atmósfera.</p> <p>Pueden acoplarse accesorios de HF. Son de fácil acceso para conexiones clandestinas.</p> <p>Diámetros en el mercado nacional hasta 600 mm.</p> <p>Costo relativamente bajo.</p>
<b>Polietileno de alta densidad HDPE</b>	<p>Esfuerzos de Tensión acordes al diseño. Presiones máximas de 250 PSI.</p> <p>Módulo de elasticidad <math>E = 8.96 \cdot 10^5</math> PSI. Producto relativamente nuevo.</p> <p>Bajo peso, durable, rugosidades bajas. Pueden existir sobrepresiones.</p> <p>No existen problemas de corrosión. Tiene una limitada resistencia a cargar cíclicas.</p> <p>Pueden acoplarse accesorios de HF. Problemas con exposición a la atmósfera.</p> <p>Diámetros en el mercado nacional hasta 225 mm. Las juntas por termofusión requieren personal calificado.</p> <p>Costo relativamente bajo pero más alto que PVC.</p>

	Se adaptan a diferentes condiciones.	Puede sufrir ataques químicos.
<b>Concreto reforzado</b>	Gran resistencia a cargas por rellenos.	Sobrepresiones, pueden causar serios daños a la tubería.
	Gran variedad de diámetros.	Presiones máximas de 200 PSI.

Fuente: ETAPA EP. [Wáter Distribution Systems Hand Book (AWWA)]

### 3.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios

Tomando en cuenta las condiciones de servicio antes mencionadas, así como las ventajas y desventajas de utilizar un material u otro, se determina que los más convenientes para la construcción del proyecto son el PVC y el hierro dúctil; pero considerando que el PVC ha ampliado su campo de aplicación en proyectos como el que se pretende realizar, se ha decidido que es el más apropiado.

En la siguiente tabla se presentan cada uno de los criterios de selección, cuyos rangos están calificados de 1 a 5 puntos:

Tabla 25: Selección del material de tuberías y accesorios-Criterios de Selección

<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Características</b>	<b>Calificación</b>
Presión	Respuesta de la tubería a presiones estáticas, dinámicas y sobrepresiones.	1 a 5
Condiciones de Carga	Respuesta de la tubería cargas externas como rellenos y asentamientos.	1 a 5
Corrosión	Respuesta de la tubería a suelos corrosivos y aguas agresivas	1 a 5
Capacitación	Destreza del personal para instalar, reparar y operar.	1 a 5
Compatibilidad	Compatibilidad con la infraestructura y sistemas existentes.	1 a 5
Tamaño y espesores	Disponibilidad de diámetros y espesores acordes a las necesidades del proyecto.	1 a 5
Presiones de servicio	Respuesta de la tubería a condiciones normales de trabajo.	1 a 5
Flexibilidad	Capacidad de la tubería de adaptarse a las condiciones del terreno.	1 a 5
Coefficientes de transporte	Capacidad de la tubería para transportar agua.	1 a 5
Costos de tubería y accesorios	Costo de la tubería y accesorios.	1 a 5
Costos de operación y Mantenimiento	Costo de operación y mantenimiento.	1 a 5
Periodo útil	Vida útil de tubería y accesorios.	1 a 5

Fuente: ETAPA EP

### **3.5 Diferentes alternativas de diseño para discusión**

La comunidad de Chiñahuiña posee un sistema de agua que no abastece a los habitantes, esto se debe a que los materiales empleados ya han cumplido con el tiempo de vida útil y por tal motivo existen fugas en algunos puntos de la red; los moradores de la comunidad han pedido al GAD del Sígsig que les brinden de un servicio óptimo, a más de que también han solicitado la adjudicación del agua, la misma que no se les ha entregado.

#### **3.5.1 Captación**

La parte inicial del sistema de agua es la captación y como tal su funcionamiento debe ser el apropiado para abastecer las necesidades de la población, además de que debe estar diseñada con los parámetros que se indica en la norma; las dimensiones de la captación deben ser consideradas en un caso de que exista un aumento de agua; es decir, que la quebrada de la que se está captando tenga una crecida. La captación debe ser diseñada de tal manera que el agua pase sin dificultad y sin interrupciones.

El agua que se capta para este proyecto es de la quebrada Chiñahuiña, siendo suficiente para el caudal requerido, esta fuente de agua es superficial por lo que su tratamiento es más sencillo y su costo no es muy elevado.

#### **3.5.2 Línea de conducción**

La conducción que se pretende realizar va desde la captación hasta el lugar de la planta de tratamiento; el diseño será realizado considerando todos los posibles problemas que se puedan generar como por ejemplo la topografía del lugar que es irregular lo cual puede dificultar la conducción del agua, otro problema sería la distancia existente entre la captación y la planta de tratamiento, la cual es considerable; para ayudar a los posibles inconvenientes que conllevan estas características se ha decidido colocar válvulas de aire y de purga en los puntos más altos y más bajos respectivamente.

La colocación de las válvulas a más de ayudar al paso del agua también ayudaría a un buen mantenimiento de la conducción.

### **3.5.3 Planta de tratamiento**

El agua que abastece a los habitantes de la comunidad de Chiñahuiña carece de una planta de tratamiento, por lo que es necesario diseñarla para implementarla en el proyecto considerando los parámetros necesarios, dimensiones que permitan el correcto funcionamiento y el tipo de tratamiento más conveniente.

La planta incluirá un filtro grueso dinámico, un filtro lento de arena, una caseta de cloración, un sistema de drenaje, accesorios para control y mantenimiento y un tanque de reserva.

#### **3.5.3.1 Alternativa a emplear**

En concordancia con los resultados de los análisis químico y microbiológico de las muestras tomadas de la fuente, el tipo de población, lugar de ubicación y necesidades de la comunidad, se determinó que la mejor alternativa a utilizar es la tecnología FIME que logrará mejorar la calidad de agua, y a la vez no presentará mayores problemas en operación y mantenimiento.

Al mismo tiempo el costo de la implementación de la tecnología FIME será más accesible que el de la tecnología convencional, por lo que al GAD del Sígsig le será más sencillo conseguir el financiamiento para la realización del proyecto.

### **3.5.4 Red de distribución**

La red de distribución tiene como finalidad hacer que el agua llegue a los domicilios de los habitantes de la comunidad; está formada por una red principal, una red secundaria, las cuales inician en el tanque de reserva y son las encargadas de transportar el agua.

Su ubicación es muy importante debido a la topografía del terreno que no es regular por lo que a lo largo de la red se han colocado válvulas de presión, las mismas que

regularían la llegada del agua a los puntos donde las presiones son muy elevadas lo cual generaría problemas.

El trazado de la red principal se hizo siguiendo los diferentes caminos que existían en la comunidad, para que de esta manera no haya mayor problema en el momento de la construcción, además las redes secundarias se utilizaron para las zonas en donde las distancias eran muy grandes y desde la red principal no había como llegar a sus destinos.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DEFINITIVO**

#### **4.1 Diseño de la captación**

La captación es la estructura que se encargará de recolectar el agua que viene desde una fuente superficial, la cual proviene de la quebrada que lleva el nombre Chiñahuiña; debido a que la demanda que necesita la comunidad no es muy alta, se ha decidido optar por un tipo de captación sencilla que consta de un tubo de PVC de 6m de longitud por el cual ingresará el agua hacia un cajón de hormigón, que al mismo tiempo servirá como desarenador considerando un tiempo de retención de 10 min.

El agua captada será llevada por una línea de conducción hacia una planta de tratamiento convencional, que mejorará su calidad de manera que será apta para el consumo de los habitantes de la comunidad de Chiñahuiña.

#### **4.2 Diseño de la conducción de agua cruda**

La conducción es la encargada de transportar el agua desde la captación hasta el estanque de almacenamiento, requerirá de varias estructuras y accesorios que permitan la llegada del caudal deseado.

El diseño de la conducción es a presión, por lo tanto las tuberías deben ser capaces de resistir las presiones interiores, cargas externas, fuerzas transmitidas a lo largo de la tubería, así como también las cargas durante el montaje y la construcción.

La presión interna de una tubería crea unas tensiones circunferenciales, frecuentemente denominadas tensiones tangenciales, que determinan el espesor de la tubería. En otras palabras, la conducción debe tener suficiente espesor para soportar la presión del fluido que esté en su interior. (Mays, 2002).

Otro aspecto importante a tomar en cuenta en el diseño de la conducción es la carga disponible que dependerá de la diferencia de elevaciones entre el punto inicial y final, en caso de presentarse puntos intermedios más altos se utilizarían accesorios como válvulas.

Tabla 26: Longitud de los tramos de la línea de conducción

<b>LONGITUD DE LOS TRAMOS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>			
<b>Abscisa inicio</b>	<b>Abscisa Final</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud (m)</b>
0+000	0+198.58	25 mm 1MPa	516,38
0+198.58	0+467.59	25 mm 1MPa	432,28
0+467.59	0+548.64	25 mm 1MPa	221,27
0+548.64	0+781.86	25 mm 1MPa	759,65
0+781.86	0+807.49	25 mm 1MPa	179,01
0+807.49	0+876.26	25 mm 1MPa	248,74

Fuente: (Abad\_Flores)

En la línea de conducción diseñada se colocó un tanque rompe presiones ubicado en la abscisa 0+451,31m y cota 2953,60m.

#### 4.2.1 Válvulas de aire

En una conducción a gravedad generalmente el aire presente se acumula en los puntos más altos, entendiéndose como punto alto a la curva vertical que se encuentra en un cambio de pendiente entre positiva y negativa; cuando existen presiones altas, el aire se disuelve o es expulsado, pero en puntos altos de baja presión no sucede lo mismo, por lo que se presenta un problema en el área útil de la tubería, por ello es necesario implementar válvulas automáticas que expulsen el aire acumulado y permitan el paso del caudal deseado.

Los diámetros de las válvulas automáticas varían entre 20 y 63mm.

En la siguiente tabla se encuentran los puntos de ubicación de las válvulas:

Tabla 27: Ubicación de las válvulas de aire

<b>UBICACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE AIRE</b>		
<b>Abscisa</b>	<b>Cota</b>	<b>Diámetro <math>\phi</math></b>
m	m	mm
0+876,26	3001,76	25
0+781,42	2995,2	25
0+467,66	2956,45	25
0+199,09	2940,85	25

Fuente: (Abad\_Flores)

#### 4.2.2 Válvulas de purga

En la mayoría de los sistemas de distribución existen puntos en donde el agua puede quedar estancada y a su vez provocar la acumulación de sedimentos, es por tal motivo, la necesidad de instalar una válvula de purga que pueda ser periódicamente abierta para permitir el drenaje del agua y sedimentos estancados.

En una conducción, la válvula de purga, a más de permitir el drenaje, sirve para el mantenimiento o inspección de un tramo, así como también para la limpieza de la tubería; para este último punto la válvula de purga debe ser dimensionada para que permita la velocidad de limpieza en la tubería.

Los diámetros de las válvulas de purga varían dentro los 50 y 100mm.

Tabla 28: Ubicación de las válvulas de purga

<b>UBICACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE PURGA</b>		
<b>Abscisa</b>	<b>Cota</b>	<b>Diámetro <math>\phi</math></b>
m	m	mm
0+807,67	2977,87	25
0+548,38	2936,68	25

Fuente: (Abad\_Flores)

### **4.3 Planta de tratamiento**

La planta de tratamiento diseñada para mejorar la calidad del agua que abastece la comunidad de Chiñahuiña estará formada por un cajón recolector que al mismo tiempo funcionará como desarenador, y a través de un vertedero permitirá el paso del agua captada a los filtros, luego de los mismos, el agua pasará por otro vertedero que la llevará al cajón de cloración, que a la vez tendrá su propio vertedero permitiendo la circulación del agua hacia el tanque de reserva.

Los cálculos, resultados y planos se encuentran en los anexos 9 y 12.

#### **4.3.1 Filtros ascendentes en capas**

El primer filtro a colocarse en la planta de tratamiento es el filtro ascendente en capas que se encargará de reducir la turbiedad, sólidos suspendidos, color real, hierro, manganeso y coliformes fecales, de manera que minimizará el número de partículas gruesas y disminuirá la concentración de partículas más pequeñas.

El filtro diseñado consiste en una cámara donde estará ubicado el lecho filtrante, un sistema de drenaje ubicado en la parte inferior de la estructura de manera que permita su mantenimiento en un proceso sencillo de limpieza hidráulica.

Los filtros serán de forma circular con un diámetro de 1,55 m, y un área de 1.9 m<sup>2</sup>.

#### **4.3.2 Filtros lentos de arena**

El filtro lento de arena está diseñado para que cumpla con la función de liberar el agua de partículas y bacterias que no fueron detenidas en el filtro grueso ascendente, asegurando así una mejor calidad del agua, más limpia y libre de impurezas.

La estructura del filtro consiste en un lecho de arena fina colocada sobre una cama de grava que sirve como soporte y transición permitiendo una velocidad de filtración uniforme sobre el área total del filtro, además de un sistema de drenaje que permite el paso libre para la recolección del agua tratada.

Los filtros lentos de arena serán de forma circular con un diámetro de 2,3m y un área de 4 m<sup>2</sup>.

#### **4.3.3 Tanque de reserva**

El tanque que se diseñó fue para un caudal de 0,20 lt/sg que es el caudal máximo diario incrementado un 10%; al realizar los cálculos correspondientes se obtuvo que el tanque deberá tener una capacidad de 10m<sup>3</sup>, sus dimensiones están especificadas en los planos.

**Ver anexo 9. Cálculos del diseño de la planta de tratamiento.**

#### **4.4 Red de distribución**

Para el diseño de la red de distribución se utilizó el programa HAMMER V8i, en el cual se hizo la modelación del sistema considerando como base los planos en AUTOCAD los mismos que fueron exportados con sus respectivos atributos.

Los diámetros de las tuberías fueron de 40mm, 32mm, 25mm, 20mm y su ubicación fue realizada siguiendo la ruta de las vías existentes, de tal manera que en el momento de la construcción del proyecto no exista mayor problema; en los nudos se controlaron las presiones que debían estar en el rango entre 10mca y 70mca; en las tuberías se controlaron las velocidades que como mínima debía ser 0,30m/seg y máxima 3m/seg, las pérdidas entre 7m/km y 12m/km.

A lo largo de las tuberías se colocaron tanques rompe presiones, para garantizar que el agua llegue de manera apropiada a los respectivos domicilios; en la siguiente tabla se muestran los puntos donde están ubicados dichos tanques.

Tabla 29: Ubicación de los tanques rompe presiones

N°	X	Y	Z
1	4644,07	3569,2	2899,24
2	4646,22	3227,96	2838,5
3	5180,75	3939,65	2873,37

Fuente: (Abad\_Flores)

**Ver anexo 10. Cálculos del diseño de la red de distribución HAMMER.**

**Ver anexo 11. Tabla de datos de la red de distribución HAMMER.**

#### 4.4.1 Resultados

Cumpliendo con las normativas antes mencionadas y de acuerdo a las necesidades de la comunidad se llegó a lo siguiente:

#### Captación

Para este proyecto la captación se dimensionó con un caudal de 0,21lt/seg, el cual ingresará a través de una tubería de PVC de 110mm hacia un cajón recolector que al mismo tiempo realiza la función de desarenador; sus dimensiones son las siguientes:

Tabla 30: Dimensiones de la captación

Longitud	2,25	m
Base	0,6	m
Altura	0,5	m

Fuente: (Abad\_Flores)

#### Línea de conducción

La línea de conducción está diseñada para una longitud de 0,876km de tubería cuyo diámetro es de 25mm; en la misma se ubicó un tanque rompe presiones, cuatro válvulas de aire en los puntos más altos y dos válvulas de purga en los puntos más bajos.

### **Planta de tratamiento**

La planta de tratamiento incluye un vertedero de entrada de dimensiones 0,6m x 0,6m que permitirá la entrada de agua proveniente de la conducción y la dirigirá hacia los filtros gruesos de arena cuyos diámetros serán de 1,55m; cuyas tuberías principales serán de 90mm y tuberías laterales de 63mm en material PVC; luego de estos filtros el agua se trasladará al cajón de lavado.

A continuación, el agua será conducida hacia dos filtros lentos de arena de 2,25m de diámetro, con tuberías de PVC principales de 90mm y laterales de 63mm; una vez terminado este proceso se llegará a una cámara de cloración de dimensiones 0,4m x 0,40m; seguido de un vertedero de cloración de dimensiones 0,5m x 0,5m; llegando finalmente al tanque de reserva que tiene un radio de 2,15m y una altura de 1,5m con una capacidad de 10m<sup>3</sup>.

### **Red de distribución**

Con un total de 5,35km de red, se pretenderá abastecer a toda la comunidad de Chiñahuiña; los diámetros considerados para el diseño son de 20mm, 25mm, 32m y 40mm, además se colocaron 3 tanques rompe presiones.

## **CAPÍTULO 5**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

#### **5.1 Presupuesto**

Después de haber diseñado completamente el sistema de agua potable de la comunidad Chiñahuiña, se realizó el cálculo del presupuesto general del proyecto mediante el análisis de los rubros que intervienen en cada parte del sistema, como son: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución.

Se utilizó el programa INTERPRO para lo cual se necesitó las cantidades de obra de cada rubro analizado, de manera que así se pudo llegar al presupuesto y precios unitarios.

La base de datos utilizada en el INTERPRO fue ETAPA EP y la del GAD del Sígsig. El presupuesto obtenido estima cantidades reales por lo que el mismo servirá para que el GAD del Sígsig consiga el financiamiento para la construcción del sistema de agua potable.

**Ver anexo 13. Presupuesto general del proyecto y precios unitarios**

#### **5.2 Análisis de precios unitarios**

En los rubros analizados para realizar el presupuesto se han considerado los costos directos, en los que se incluyen el costo de equipo, materiales, mano de obra y transporte; y los costos indirectos que corresponderán al 20% de los costos directos. De esta manera se obtienen los precios unitarios, y mediante el cálculo de las cantidades de obra de cada rubro se llega a obtener el presupuesto final del proyecto que permitirá al GAD del Sígsig conseguir el financiamiento necesario para la realización del mismo.

### **5.3 Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas dependen directamente de los rubros que se analizaron en el presupuesto, el seguimiento correcto de las mismas permitirá la correcta construcción y funcionabilidad futura del sistema de agua potable.

Servirán de ayuda para el constructor, utilizándolas como guía en el proceso de construcción, y el fiscalizador también podrá analizar y verificar el cumplimiento de las mismas con este documento, asegurando así una estructura eficiente y durable.

**Ver anexo 14. Especificaciones técnicas**

## **CAPÍTULO 6**

### **ELABORACIÓN DE LA MEMORIA TÉCNICA**

En este capítulo se presentan desarrollados los conceptos expuestos en el trabajo de grado, en el formato SENPLADES, de manera que el mismo pueda ser utilizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sígsig, para conseguir el financiamiento del proyecto mediante la presentación a organismos competentes.

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE CHIÑAHUIÑA UBICADA EN LA PARROQUIA JIMA DEL CANTÓN SÍGSIG**

#### **6.1 Introducción**

El agua al tener una importancia vital para todos los seres vivos, debe estar al alcance de todos los seres humanos para sus distintos usos como: alimentación, aseo, riego, entre otros; de manera que es necesario hacerla llegar a cada hogar. Al mismo tiempo es necesario poder evacuar el agua usada y demás residuos que por razones ambientales, de estética y salud no se pueden retener; para ello existen los sistemas de agua potable y alcantarillado que cubren estas necesidades de manera eficaz.

Las parroquias del cantón Sígsig están formadas por varias comunidades, muchas de ellas carecen de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado, y algunas que los poseen presentan problemas en el funcionamiento de los sistemas, es por ello que el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sígsig realizó un convenio con la Universidad del Azuay, en el que los estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil con mención en Gerencia en Construcciones ejecutan los estudios para el mejoramiento y ampliación de agua potable y alcantarillado de las comunidades rurales del cantón.

Los diseños entregados por los estudiantes al finalizar el estudio serán entregados al GAD del Sígsig, que será el encargado de ejecutar el proyecto planteado, de manera que la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado se verá incrementada, mejorando la forma de vida de los habitantes.

En el presente documento se encuentran detallados los estudios realizados y el diseño planteado del sistema de agua potable para la comunidad de Chiñahuiña ubicada en la parroquia Jima cuyo abastecimiento actual de agua potable es deficiente; además se encuentra el presupuesto de la obra necesario para conseguir el financiamiento para la ejecución.

## 6.2 Nombre del proyecto

Diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Chiñahuiña ubicada en la parroquia Jima del cantón Sígsig.

## 6.3 Localización geográfica

Gráfico 14: Localización geográfica de Chiñahuiña



Fuente: (Google\_Maps)

## 6.4 Análisis de la situación actual (diagnóstico)

Actualmente la comunidad de Chiñahuiña posee un sistema de agua potable deficiente, debido a que las tuberías de la conducción y de las redes de distribución han llegado al término de su vida útil, por lo que se presentan grandes pérdidas de

agua causadas por el deterioro de los materiales; además el agua carece de un tratamiento de potabilización por lo que no es apta para el consumo.

El sistema presente consta de una captación, conducción, un tanque de reserva en el cual se coloca el cloro en grano cada dos días, y el sistema de distribución que no llega a todas las viviendas que actualmente están construidas en la comunidad.

### **6.5 Antecedentes**

La comunidad siempre se ha abastecido con el agua de la quebrada “Chiñahuiña”, sin embargo, hasta la fecha presente carece de una cantidad de caudal adjudicada por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), a pesar de las múltiples peticiones por parte de los habitantes, esto es motivo por el cual la gente se ve obligada a pagar una cantidad mensual por el consumo de agua, ya que además las viviendas carecen de medidores que puedan determinar la cantidad consumida.

El sistema de distribución nunca ha llegado a todas las viviendas y se han presentado problemas de escasez de agua debido a las tuberías deterioradas, además se han tenido que realizar continuas reparaciones para corregir las numerosas fugas.

Es por ello que se ve necesario realizar un estudio y diseño de un sistema de agua potable que mejore el servicio actual, gracias al convenio entre el GAD de Sígsig y la Universidad del Azuay, esto se ha concretado, dando la posibilidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

### **6.6 Justificación**

Debido a que la comunidad presenta un sistema de agua potable deficiente, se ha visto necesario realizar un estudio y diseño que mejore este servicio, el mismo que incluye el dimensionamiento de la captación, línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución.

El diseño pretende abastecer a las 54 familias que viven actualmente en la comunidad, mejorando su calidad de vida con un servicio de agua potable eficiente.

## **6.7 Objetivos**

### **6.7.1 Objetivo general del proyecto**

Realizar el diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Chiñahuiña con el fin de que la población reciba un servicio cuyo funcionamiento sea óptimo, mejorando las condiciones de salud de los habitantes y su calidad de vida.

### **6.7.2 Objetivos específicos**

Realizar un proyecto en el que el servicio básico de agua potable llegue a todas las zonas de la comunidad, desde las más cercanas a las más alejadas, abarcando así a todas las viviendas que se encuentran en Chiñahuiña.

Efectuar un proyecto que garantice un funcionamiento óptimo a lo largo de toda su vida útil.

Diseñar el proyecto considerando el caudal que la comunidad requiere para cubrir sus necesidades.

Considerar los parámetros necesarios para la planta de tratamiento de agua en la que la misma será potabilizada, haciéndola apta para el consumo humano.

Minimizar las enfermedades que pueden ser causadas por el agua mal tratada.

## **6.8 Metas del proyecto**

La meta del presente proyecto es implementar un nuevo sistema de agua potable para la comunidad de Chiñahuiña, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes, ya que tenían un deficiente servicio debido al término de vida útil de los materiales, lo cual generaba problemas en sus actividades diarias.

## **6.9 Duración del proyecto y vida útil**

La duración del proyecto está ligada con el tiempo de diseño utilizado, el mismo que fue 20 años y por lo tanto la vida útil también está estimada para ese tiempo.

## **6.10 Beneficiarios**

Los beneficiarios de este proyecto son los habitantes de la comunidad de Chiñahuiña que dan un total de 113 personas entre niños y adultos.

## **6.11 Indicadores de resultados alcanzados: cualitativos y cuantitativos**

### **Cualitativos**

- Abastecer de agua potable a la comunidad de Chiñahuiña llegando hasta los domicilios más alejados, cubriendo de esta manera la totalidad de la comunidad.
- Disminuir las enfermedades ocasionadas por el agua.
- Implementar en la comunidad el desarrollo económico-social.

### **Cuantitativos**

- Incentivar a los habitantes de la comunidad a participar en las diversas actividades a realizarse.
- Involucrar la participación inter-institucional.
- Generar responsabilidad en los habitantes de la comunidad para mantener el sistema de agua potable en buen estado.
- Utilizar como base un modelo de gestión y comprometer a los habitantes a ayudar en el control, así como también en el seguimiento de este servicio básico conjuntamente con las instituciones involucradas.

## CONCLUSIONES

- El actual sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de Chiñahuiña se encuentra en estado deficiente y carece de una planta de tratamiento, por lo que se realizó un nuevo diseño del sistema de agua potable en el que se incluye el dimensionamiento de la captación, línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución; para ello se contó con el apoyo del GAD del Sígsig gracias al convenio existente con la Universidad del Azuay.
- Con el nuevo diseño planteado según el nivel de servicio y características socio-económicas que posee la comunidad se pretende mejorar el servicio básico de agua potable, de manera que los habitantes puedan acceder al agua sin dificultad.
- Para el diseño propuesto se consideraron las recomendaciones y especificaciones técnicas contempladas en la normativa actual. Además para el dimensionamiento de todos los elementos se consideró el aspecto social de la comunidad, buscando las mejores alternativas desde el punto de vista técnico y económico que incluye a su vez los menores costos de implementación y operación.
- En base a los análisis químicos y microbiológicos realizados en el laboratorio de la Universidad del Azuay, se determinó que la calidad del agua en la fuente es buena, por lo que se aplicó una planta de tratamiento convencional compuesta por: dos filtros gruesos ascendentes, dos filtros lentos de arena y una cámara de cloración; que se encargaran de potabilizar el agua haciéndola apta para el consumo.
- El presente documento servirá como base para la ejecución del proyecto por parte del GAD del Sígsig, ya que contiene los estudios realizados, los parámetros de diseño de acuerdo a las normativas citadas en los capítulos anteriores, los cálculos de diseño, así como también los planos

correspondientes, los mismos que podrán ser modificados en beneficio de la comunidad.

## RECOMENDACIONES

- Los criterios expuestos en el presente trabajo pueden ser considerados como base para la ejecución del mismo y podrán ser modificados de acuerdo a los criterios del constructor y fiscalizador, siempre que no se alterare el fin del diseño propuesto.
- Previo a la ejecución del proyecto se deben realizar los estudios de suelos en donde estarán emplazadas las diversas estructuras tales como: captación, planta de tratamiento, tanque de reserva; de manera que con el paso del tiempo se eviten fallas en las mismas; a la vez también se deben realizar los estudios ambientales correspondientes para evitar impactos y daños perjudiciales al entorno de la comunidad.
- Una vez concluida la construcción y puesta en marcha del sistema, se recomienda un mantenimiento adecuado y organizado que evite problemas que afecten el servicio brindado a la comunidad; el mismo deberá ser realizado por personas que conozcan el funcionamiento del proyecto.
- Será necesario realizar de manera regular un análisis de calidad de agua tanto en la fuente como en la planta de tratamiento propuesta, con el fin de monitorear la calidad de la misma y así evitar problemas en la salud de los pobladores de la comunidad.

## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.). Recuperado el 30 de Abril de 2014, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2\_43\_1481382027\_agua.pdf

Abad\_Flores. (s.f.).

*Ambientum*. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Dureza\\_de\\_aguas.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Dureza_de_aguas.asp)

ASOC. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://www.asoc-aluminio.es/support/pdf/aluminio-agua-potable.pdf>

*Ebrary*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2014, de <http://site.ebrary.com/lib/uasuaysp/docDetail.action?docID=10139992&adv.x=1&p00=calidad+del+agua&f00=all&p01=Water+OR+Agua+OR+%22Contaminaci%C3%B3n+Del+Agua%22&f01=subject>

FACSA. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <https://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30673/tema5 analisisdeaguas.pdf>

GAD Sígsig, G. A. (2012). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SÍGSIG*. Sígsig.

Galvín, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. España.

Google\_Maps. (s.f.).

Jose M. De Azevedo Netto, G. A. (1973). *Manual de hidráulica vol. I y II*. Sau Paulo - Brasil 1973.

*Lenntech*. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>

*Lenntech*. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://www.lenntech.es/magnesio-y-agua.htm>

*Lenntech*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2014, de <http://www.lenntech.es/nitratos.htm>

Mays, L. W. (2002). *Manual de sistemas de distribución de agua*. McGRAW-HILL.

MIDUVI. (s.f.). *CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS*.

*MUNICIPIO DE SÍGSIG.* (2014). Recuperado el 22 de Abril de 2014, de MUNICIPIO DE SÍGSIG: <http://www.sigsig.gob.ec/?mod=texto&tip=1>

Payeras, A. (30 de Agosto de 2014). *Bonsai Menorca*. Obtenido de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>

*Química del Agua.* (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://www.quimicadelagua.com/Quimico.Amonio.html>

*Texas Water.* (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>

*Unitek.* (s.f.). Recuperado el 30 de 08 de 2014, de [http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id\\_lib\\_tecnica=6](http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6)

*Universidad de las Palmas de Gran Canaria.* (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <https://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30673/tema5 analisisdeaguas.pdf>

*USGS.* (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2014, de <http://water.usgs.gov/gotita/urbannitrogen.html>

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Tabla de resultados de los análisis químico y microbiológico

**Anexo 2:** Encuesta socio-económica (modelo)

**Anexo 3:** Encuestas socio-económica realizadas en la comunidad de Chiñahuiña

**Anexo 4:** Datos tabulados de las encuestas

**Anexo 5:** Plano con las áreas de aporte por sector

**Anexo 6:** Calculo del diseño de la captación de agua

**Anexo 7:** Cálculos del diseño la línea de conducción HAMMER

**Anexo 8:** Tabla de datos de la línea de conducción de HAMMER

**Anexo 9:** Cálculos del diseño de la planta de tratamiento

**Anexo 10:** Cálculos del diseño la red de distribución HAMMER

**Anexo 11:** Tabla de datos de la red de distribución de HAMMER

**Anexo 12:** Planos del sistema de abastecimiento de agua

**Anexo 13:** Presupuesto general del proyecto y precios unitarios

**Anexo 14:** Especificaciones Técnicas