



## **FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**Estudio para el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable  
para la comunidad de Guabisay de la parroquia Jima, cantón Sigsig**

**Diseño del trabajo de grado previo a la obtención del título de  
Ingeniero Civil con mención en Gerencia de Construcciones**

#### **AUTORES:**

**Víctor Andrés Fernández Cabezas  
Bernardo José Solano Martínez**

#### **DIRECTOR:**

**Javier Fernández de Córdova Webster**

**Cuenca – Ecuador**

**2014**

## **DEDICATORIA**

### **Víctor Fernández**

Este proyecto de investigación lo dedico a mi Esposa, a mi Hija y mis Padres, que han sido luz para mi vida, y que con amor, paciencia y sabiduría me brindaron su apoyo y confianza.

### **Bernardo Solano**

Dedico este trabajo a mis padres, pilares fundamentales en mi familia y mi hermano, un apoyo constante en cada adversidad que se me ha presentado.

## **AGRADECIMIENTO**

### **Víctor Fernández**

Agradezco en primer lugar a mi Dios Todopoderoso por guiarme, por dotarme de sabiduría y capacidad para alcanzar esta meta. A mis familiares en especial a mi Esposa Dalila que es el pilar de mi vida y me ha brindado su apoyo y ayuda incondicional, a mi hija Nicole por ser mi inspiración y mi razón de ser y a mis Padres Víctor Y María Elena por su paciencia y su confianza depositada en mí.

### **Bernardo Solano**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme estar vivo y brindarme la capacidad de realizar este trabajo. A mi padre Javier quien siempre me ha dado el empuje necesario para seguir adelante. A mi madre Daisy quien con su cariño y paciencia me ha sabido guiar para cumplir mi objetivo. A mi hermano Xavier quien ha estado en todo momento a mi lado para apoyarme en las dificultades. A los catedráticos de la Universidad del Azuay de la escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones que me impartieron sus conocimientos para poder lograr esta meta. En fin agradezco a todos mis amigos que siempre han tenido palabras de aliento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                      |               |
|------------------------------------------------------|---------------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>                              | <b>ii</b>     |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                          | <b>iii</b>    |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>                     | <b>iv</b>     |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                         | <b>vii</b>    |
| <b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>                       | <b>viii</b>   |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>                        | <b>ix</b>     |
| <b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>                   | <b>x</b>      |
| <b>RESUMEN.....</b>                                  | <b>xi</b>     |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                | <b>xii</b>    |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                            | <b>13</b>     |
| <br><b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....</b>           | <br><b>14</b> |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                  | 14            |
| 1.2 Antecedentes .....                               | 14            |
| 1.3 Objetivos .....                                  | 15            |
| 1.3.1 Objetivo general.....                          | 15            |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                    | 15            |
| 1.4 Alcance.....                                     | 15            |
| 1.5 Metodología .....                                | 16            |
| 1.6 Área de estudio.....                             | 16            |
| 1.6.1 Nombre del proyecto.....                       | 16            |
| 1.6.2 Instituciones involucradas.....                | 16            |
| 1.6.3 Localización del proyecto .....                | 17            |
| 1.6.4 Descripción física del área del proyecto ..... | 19            |
| 1.6.5 Clima.....                                     | 19            |
| 1.6.6 Altitud .....                                  | 19            |
| 1.6.7 Aspectos demográficos .....                    | 20            |

|         |                        |    |
|---------|------------------------|----|
| 1.6.7.1 | Población actual ..... | 20 |
| 1.6.7.2 | Usos del suelo .....   | 21 |
| 1.6.7.3 | Vivienda.....          | 22 |

## **CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA.....30**

|       |                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.1   | Evaluación técnica del sistema existente .....                | 30 |
| 2.2   | Levantamiento de información (datos técnicos generales) ..... | 31 |
| 2.3   | Levantamiento topográfico .....                               | 32 |
| 2.4   | Fuentes de abastecimiento.....                                | 32 |
| 2.5   | Afecciones técnicas del sistema actual .....                  | 32 |
| 2.6   | Análisis de alternativas .....                                | 33 |
| 2.6.1 | Captación .....                                               | 33 |
| 2.6.2 | Red de conducción.....                                        | 34 |
| 2.6.3 | Tratamiento del agua.....                                     | 35 |
| 2.6.4 | Áreas de aporte.....                                          | 36 |
| 2.7   | Parámetros de diseño.....                                     | 37 |
| 2.7.1 | Periodo de diseño .....                                       | 37 |
| 2.7.2 | Población de diseño .....                                     | 38 |
| 2.7.3 | Dotación media de agua potable .....                          | 40 |
| 2.7.4 | Caudales de diseño.....                                       | 41 |
| 2.7.5 | Pérdidas de carga .....                                       | 44 |
| 2.7.6 | Captación .....                                               | 45 |
| 2.7.7 | Conducción .....                                              | 48 |
| 2.7.8 | Planta de tratamiento y tanque de almacenamiento .....        | 48 |
| 2.7.9 | Red de distribución .....                                     | 54 |

## **CAPÍTULO 3: MEJORAS Y REDISEÑO DEL SISTEMA.....55**

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 3.1   | Rediseño del sistema.....     | 55 |
| 3.1.1 | Diseño de la captación .....  | 55 |
| 3.1.2 | Diseño de la conducción ..... | 55 |

|                                                   |                                                           |           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.3                                             | Diseño de la planta de tratamiento (almacenamiento) ..... | 55        |
| 3.1.4                                             | Diseño de la red de distribución.....                     | 56        |
| 3.1.5                                             | Esquema gráfico del diseño .....                          | 56        |
| 3.1.6                                             | Plan de mantenimiento .....                               | 56        |
| <b>CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....</b> |                                                           | <b>58</b> |
| 4.1                                               | Rubros del proyecto .....                                 | 58        |
| 4.2                                               | Especificaciones técnicas .....                           | 58        |
| 4.3                                               | Cantidades de obra .....                                  | 58        |
| 4.4                                               | Precios unitarios .....                                   | 59        |
| 4.5                                               | Costo total del proyecto .....                            | 59        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>        |                                                           | <b>60</b> |
| Conclusiones .....                                |                                                           | 60        |
| Recomendaciones.....                              |                                                           | 61        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                          |                                                           | <b>62</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                               |                                                           | <b>64</b> |
| Planos .....                                      |                                                           | 64        |
| Fichas de campo y laboratorio .....               |                                                           | 64        |
| Documentos .....                                  |                                                           | 64        |

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Coordenadas UTM WGS 84.

**Tabla 2.** Número de usuarios y población servida actual.

**Tabla 3.** Número de usuarios y población que requiere el servicio.

**Tabla 4.** Estimación de la población en la actualidad y que requiere el servicio de agua potable.

**Tabla 5.** Población total 2014 (INEC 2010).

**Tabla 6.** Calidad bacteriológica.

**Tabla 7.** Criterio para obtener el periodo de diseño.

**Tabla 8.** Método de cálculo para proyección de la población al futuro.

**Tabla 9.** Método a emplearse según el número de habitantes actual.

**Tabla 10.** Población proyectada con el método geométrico.

**Tabla 11.** Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua potable.

**Tabla 12.** Dotaciones per cápita.

**Tabla 13.** Coeficientes “C” de la fórmula de Hazen – Williams para rugosidad.

**Tabla 14.** Parámetros de análisis de agua. Norma 1108 Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

**Tabla 15.** Método convencional de tratamiento FIME.

**Tabla 16.** Resultados niveles de riesgo.

**Tabla 17.** Guía de selección de procesos para una planta de filtración lenta.

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1.** Ubicación del cantón Sígsig.

**Gráfico 2.** Ubicación de la Parroquia Jima.

**Gráfico 3.** Parroquia Jima (ubicación de la comunidad de Guabisay).

**Gráfico 4.** Tipo de edificación de las viviendas.

**Gráfico 5.** Tipo de material de las viviendas.

**Gráfico 6.** Abastecimiento de agua potable de las viviendas.

**Gráfico 7.** Tipo de agua que utilizan para las viviendas.

**Gráfico 8.** Evacuación de aguas servidas de las viviendas.

**Gráfico 9.** Evacuación de aguas lluvias de las viviendas.

**Gráfico 10.** Tipo de vía aledaña a las viviendas.

**Gráfico 11.** Energía eléctrica de las viviendas.

**Gráfico 12.** Recolección de basura para las viviendas.

**Gráfico 13.** Número de miembros en las viviendas.

**Gráfico 14.** Tenencia de vivienda.

**Gráfico 15.** Tipo de trabajo de las familias.

**Gráfico 16.** Ingresos económicos de las familias.

**Gráfico 17.** Conducción actual.

**Gráfico 18.** Conducción nueva.

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Planos (captación, conducción, planta de tratamiento, distribución, tanques rompe-presiones y válvulas de Sectorización).

**Anexo 2.** Encuestas y tabulación para registro de usuarios actuales y solicitantes.

**Anexo 3.** Población y caudales de diseño.

**Anexo 4.** Cálculo del diseño de la captación.

**Anexo 5.** Conducción actual y nueva (EPANET).

**Anexo 6.** Resultados de EPANET conducción actual y nueva (líneas y nodos).

**Anexo 7.** Cálculos de la planta de potabilización.

**Anexo 8.** Análisis de agua laboratorio UDA.

**Anexo 9.** Cálculos del tanque de reserva.

**Anexo 10.** Distribución actual y nueva (EPANET).

**Anexo 11.** Resultados de EPANET distribución actual y nueva (líneas y nodos).

**Anexo 12.** Presupuesto del proyecto.

**Anexo 13.** Especificaciones técnicas del proyecto.

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

**Fotografía 1.** Caja recolectora existente de la captación.

**Fotografía 2.** Caja de válvulas para limpieza existente de la captación.

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE  
AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE GUABISAY DE LA  
PARROQUIA JIMA, CANTÓN SÍGSIG.**

**RESUMEN**

La comunidad de Guabisay, perteneciente a la parroquia Jima del cantón Sígsig, en las socializaciones con el Municipio, solicitó como una obra emergente que se amplíe y mejore el sistema de agua potable del cual disponen, en respuesta a esta petición a través de un convenio entre el Municipio de Sígsig y la Universidad del Azuay se realizó el estudio para el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable para la comunidad.

El Municipio de Sígsig proporcionó el levantamiento topográfico, punto de partida para todo el diseño, se realizó una encuesta a las familias pertenecientes a esta comunidad para generar una base de datos, se evaluó el sistema existente que consta de: captación, conducción, caseta de cloración, tanque de almacenamiento y red de distribución. Finalmente, se elaboró el presupuesto, el cual le servirá al Municipio como un documento contractual.

**Palabras Clave:** Sistema, captación, conducción, tratamiento, distribución



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Carlos Javier Fernández de Córdova Webster

Director de Tesis



Víctor Andrés Fernández Cabezas

Autor



Bernardo José Solano Martínez

Autor

**STUDY FOR THE IMPROVEMENT AND EXPANSION OF THE WATER  
SUPPLY SYSTEM FOR GUABISAY COMMUNITY, JIMA PARISH, SIGSIG  
CANTON.**

**ABSTRACT**

The community of *Guabisay*, which belongs to Jima parish in the canton of *Sigsig*, requested the Municipal authorities as an emergent work, the expansion and improvement of the current water supply system. In response to this request and by means of an agreement between the Municipality of *Sigsig* and *Universidad del Azuay*, a study for the improvement and expansion of the water system for the community was conducted.

The Municipality of *Sigsig* provided the topographic survey, starting point for all the design. In order to create data, a survey to the community families was made; and the existing system was evaluated. This system is made up of: water capturing and handling, chlorination booth, storage tank and distribution network. Finally, the budget, which will help the municipality as a contractual document was developed.

**Keywords:** System, Capturing, Handling, Treatment, Distribution



Paúl Cornelio Cordero Díaz  
School Director



Carlos Javier Fernández de Córdova Webster  
Thesis Director



Víctor Andrés Fernández Cabezas  
Author



Bernardo José Solano Martínez  
Author



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Víctor Andrés Fernández Cabezas

Bernardo José Solano Martínez

Trabajo de grado

Carlos Javier Fernández de Córdova Webster

Noviembre 2014

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE  
AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE GUABISAY DE LA  
PARROQUIA JIMA, CANTÓN SÍGSIG**

**INTRODUCCIÓN**

Es conocido por todos la importancia del agua para la vida de los seres humanos, pero cabe recalcar que existen sustancias toxicas en las fuentes de agua que hacen nocivo su consumo, es por eso que en este proyecto se estudia los diferentes componentes de un sistema de agua, que primero recogerá el agua necesaria para la comunidad, luego se potabilizará de acuerdo a diferentes parámetros que aseguren la salud de las personas en la comunidad y finalmente cumplir con el objetivo principal de abastecer a la comunidad con agua potable mediante una red de distribución.

Para lograr un diseño óptimo del sistema, en cuanto a criterios técnicos y económicos se cumplirá lo dispuesto por las normas INEN vigentes en nuestro país, para que de acuerdo a bibliografía citada, respaldar el diseño en conjunto de todo el sistema de agua potable.

## **CAPÍTULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente, la comunidad de Guabisay, perteneciente a la parroquia Jima del cantón Sígsig, dispone de un sistema de tratamiento de agua potable para 70 usuarios, el cual necesita ser reemplazado debido al crecimiento poblacional de la zona y a las deficiencias técnicas que éste presenta. El nuevo sistema garantizará que las necesidades actuales y futuras de la comunidad sean solucionadas.

#### **1.2 Antecedentes**

La comunidad de Guabisay es abastecida por la vertiente denominada “Sirincapa – Sisapamba”, y tienen derecho a un caudal de un litro y medio por segundo, el cual es transportado por un sistema existente que cuenta con una captación, conducción, sistema de tratamiento, tanque de almacenamiento y red de distribución. Dicho sistema, ya ha cumplido el tiempo de su vida útil. Hay una carencia de agua potable para abastecer a las familias que habitan en el sector debido a que tiene afecciones físicas y técnicas y ya no brinda la funcionalidad requerida. Es por eso que, este proyecto tiene una relevancia trascendental para la comunidad y se tiene que llevar a cabo como una obra emergente evaluando todos sus componentes y planteando mejoras para poder reemplazar al sistema actual.

La Universidad del Azuay ha establecido un convenio con el municipio de Sígsig, el cual tiene como objeto hacer partícipe a los estudiantes de la universidad en la realización de múltiples proyectos en beneficio de la comunidad. Los proyectos en su mayoría son de carácter emergente, como son los sistemas de agua potable y alcantarillado, para de esta manera ayudar a que el municipio de Sígsig pueda cumplir

con estas importantes obras y que los estudiantes de la universidad puedan tomar los respectivos proyectos y validarlos como temas de tesis.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Estudio para el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable para la comunidad de Guabisay de la parroquia Jima, cantón Sígsig.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el sistema de tratamiento de agua potable existente en la comunidad de Guabisay.
- Plantear las mejoras y realizar el rediseño del sistema para garantizar su funcionalidad técnica.
- Generar un documento técnico que permita al Municipio del Sígsig conseguir financiamiento para la construcción de la infraestructura propuesta en este estudio.

### **1.4 Alcance**

Los sistemas de tratamiento de agua potable representan dentro de una comunidad parte del desarrollo de la misma. Por lo tanto, este proyecto plantea evaluar técnicamente el sistema existente, esto es: la captación y la conducción, para determinar si tiene capacidad de conducir un mayor caudal; también se realizará un análisis de las diferentes alternativas de potabilización del agua y de la red de distribución para las personas que se van abastecer del mismo, garantizando así que la o las soluciones sean las idóneas.

## **1.5 Metodología**

La investigación realizada se fundamentó en los conceptos y teoría del área de la hidrosanitaria, que es la base científica para este estudio. Primero, se hizo un levantamiento de información, que consistió en la recopilación de los datos históricos del proyecto a través de una encuesta que se realizó a las familias de la comunidad, y el Municipio de Sígsig proporcionó información extra. Segundo, el Municipio de Sígsig aportó con el levantamiento topográfico de la zona, el cual fue necesario para poder emplazar el proyecto. Tercero, se hizo un reconocimiento de todo el sistema existente, para identificar las afecciones físicas de sus componentes y las posibles afecciones técnicas, para saber en qué estado se encontraba la matriz y cuales podían ser las posibles soluciones. Cuarto, se inspeccionaron los ramales de la red de distribución y se determinó en el plano la ampliación que éstos deberían tener para cubrir con todas las áreas de caseríos. Quinto, se procedió a rediseñar el sistema modelando en el programa de cálculo EPANET la red de conducción y de distribución existente. Finalmente, se elaboró el presupuesto, identificando los rubros, calculando las cantidades de obra y haciendo un análisis de precios unitarios, para saber el monto de la obra.

## **1.6 Área de estudio**

### **1.6.1 Nombre del proyecto**

Estudio para el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable para la comunidad de Guabisay de la parroquia Jima, cantón Sígsig.

### **1.6.2 Instituciones involucradas**

Municipio de Sígsig

Universidad del Azuay

### 1.6.3 Localización del proyecto

- a) Provincia: Azuay
- b) Cantón: Sígsig
- c) Parroquia: Jima
- d) Comunidad: Guabisay

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS 84

| LUGAR           | X      | Y       | ZONA |
|-----------------|--------|---------|------|
| <b>GUAVISAY</b> | 728361 | 9649653 | 17 S |
| <b>PTAP</b>     | 727999 | 9649621 | 17 S |

Fuente: Gad del Sígsig

Gráfico 1. Ubicación del Cantón Sígsig



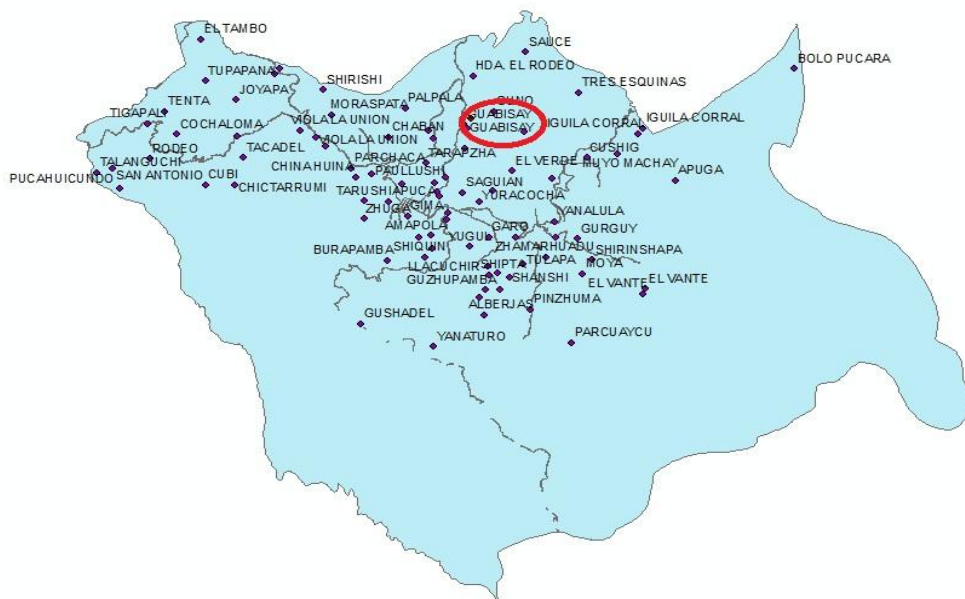
Fuente: Granda

Gráfico 2. Ubicación de la Parroquia Jima.



Fuente: Granda

Gráfico 3. Parroquia Jima (Ubicación de la comunidad de Guabisay).



Fuente: Gad del Sígsig

#### **1.6.4 Descripción física del área del proyecto**

Guabisay, es una de las 27 comunidades de la parroquia Jima. Está “ubicada aproximadamente a una hora y media de Cuenca, “en la parte centro oriental de la provincia del Azuay. La parroquia Jima es la más grande del cantón y corresponde a un área aproximada de 191,84 km cuadrados. Colinda en el norte con la Hacienda El Rodeo, en el Sur con Chisicay Bajo, en el Este con Guno y Chamburo, y finalmente en el Oeste con Cirincapa y Pisata (Casacapa). (Granda, 2002).

La principal actividad económica de esta comunidad es la agricultura, se caracteriza por la excelente producción de frutas, especialmente de manzanas. También la elaboración de paja toquilla representaba una de las más importantes actividades económicas, sin embargo, debido a la crisis de exportación de esta artesanía, los comuneros se han visto forzados a encontrar otras actividades como la cestería, el bordado y los tejidos con hilos de lana. Finalmente, otro de los ingresos fuertes que ha tenido no solo esta comunidad sino el cantón entero es debido a la migración.

Dentro de lo que compete a la agricultura producen maíz, fréjol, habas, huertos de hortalizas y frutales. “Las mujeres se dedican a las artesanías y al procesamiento agro – industrial de productos que cultivan” (Segarra, 2003).

#### **1.6.5 Clima**

Para este punto constatamos con un termohigrómetro la temperatura de la zona, se tomó en la mañana y otra al medio día, y se comprobó que oscila entre los 4 grados centígrados hasta los 23 grados centígrados, con una temperatura media de 13,5 grados centígrados.

#### **1.6.6 Altitud**

La altitud promedio del proyecto es 2698 m.s.n.m.

### 1.6.7 Aspectos demográficos

#### 1.6.7.1 Población actual

Para poder determinar la población existente en la comunidad de Guabisay se hizo un levantamiento de información (encuestas), en la cual se verificó el número de casas y el número de habitantes. Ver **Anexo 2**.

Tabla 2. Número de usuarios y población servida actual

| <b><u>POBLACIÓN SERVIDA ACTUAL</u></b> |                            |                            |
|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Nº de usuarios<br>registrados          | Densidad<br>(Hab/vivienda) | Población<br>servida (Hab) |
| 70                                     | 3,66                       | 256,2                      |

Fuente: Fernández, Solano

Tabla 3. Número de usuarios y población que requiere el servicio

| <b><u>POBLACIÓN QUE REQUIERE EL SERVICIO</u></b> |                            |                                                |
|--------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| Nº de usuarios<br>que requieren el<br>servicio   | Densidad<br>(Hab/vivienda) | Población que<br>requiere el servicio<br>(Hab) |
| 44                                               | 3,66                       | 161,04                                         |

Fuente: Fernández, Solano

**Tabla 4.** Estimación de la población en la actualidad y que requiere el servicio de agua potable.

**POBLACION EN LA ACTUALIDAD Y  
QUE REQUIERE EL SERVICIO**

| N° de usuarios total | Densidad (Hab/vivienda) | Población actual (Hab) |
|----------------------|-------------------------|------------------------|
| 114                  | 3,66                    | 417,24                 |

Fuente: Fernández, Solano

El número promedio de habitantes de cada casa se calculó de acuerdo a las tabulaciones de las encuestas realizadas. Se dividió el número total de adultos y niños para el número total de casas.

Para proyectar la población al futuro se tomó la tasa de crecimiento de la comunidad.

Tabla 5. Población total 2014

**POBLACIÓN TOTAL 2014**

| Parroquia | Tasa de crecimiento | Población total 2013 (Hab) |
|-----------|---------------------|----------------------------|
| Jima      | 1,4                 | 417,24                     |

Fuente: INEC 2010

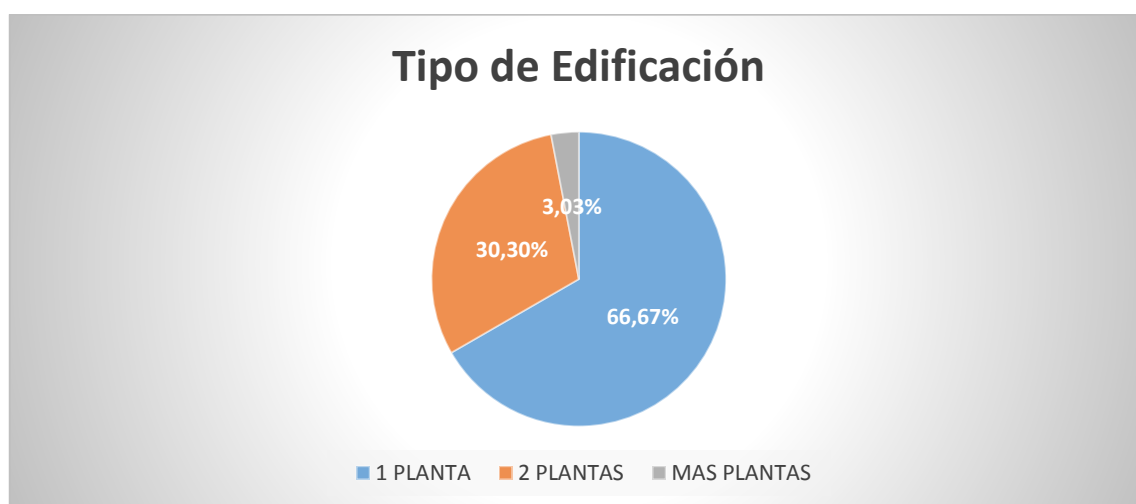
### 1.6.7.2 Usos del suelo

La mayoría de los comuneros de Guabisay utilizan el suelo para la agricultura, abrevaderos y vivienda.

### 1.6.7.3 Vivienda

Para este literal se tabularon las 100 encuestas realizadas a las familias de los comuneros, calculándose los porcentajes de cada pregunta. Esto se pueden observar en los siguientes cuadros. Ver **Anexo 2**.

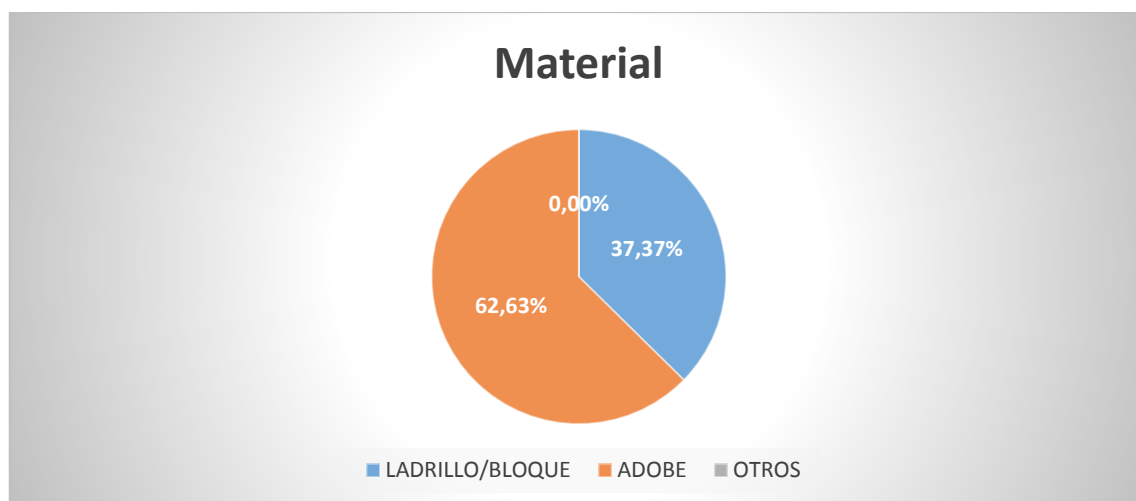
Gráfico 4. Tipo de edificación de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

Para este punto se obtuvo que el 100% corresponde a 99 encuestas, de las cuales un 66,67% de las viviendas son de una planta, mientras que el 30,3% son de dos plantas y solamente el 3,03% corresponden a las que tienen más de dos plantas.

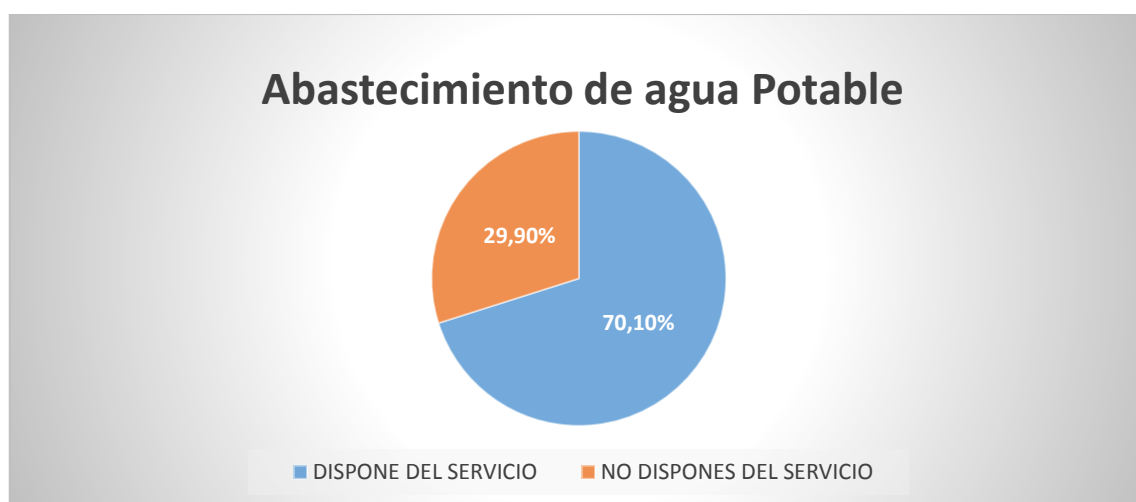
Gráfico 5. Tipo de material de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

Respecto al material se obtuvo que el 100% corresponde a 99 encuestas. Se encontró que el 37,37% de las viviendas son de ladrillo o bloque y el 62,63% corresponden a las construidas de adobe.

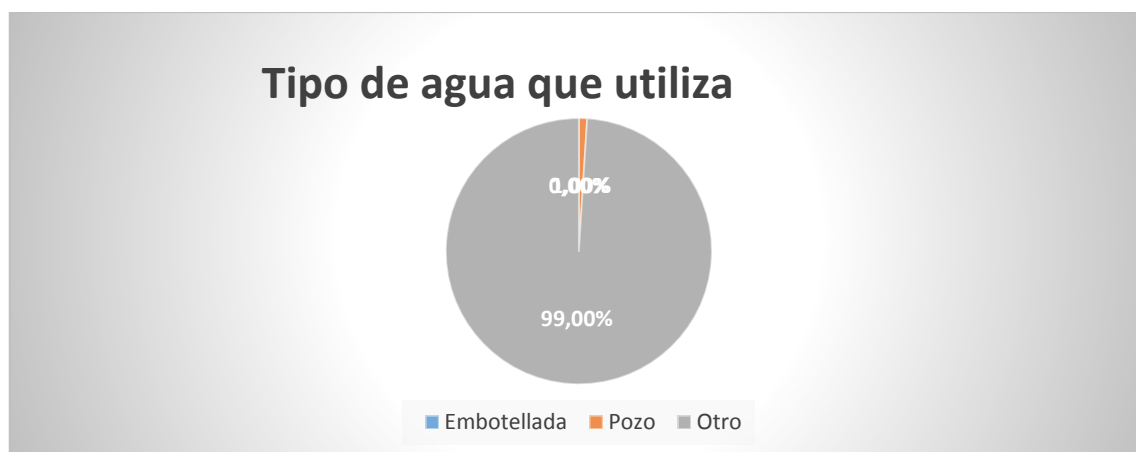
Gráfico 6. Abastecimiento de agua potable de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

Se contestaron 97 encuestas y se obtuvo que el 70,1% de las viviendas disponen del servicio de agua potable y un 29,9% no disponen.

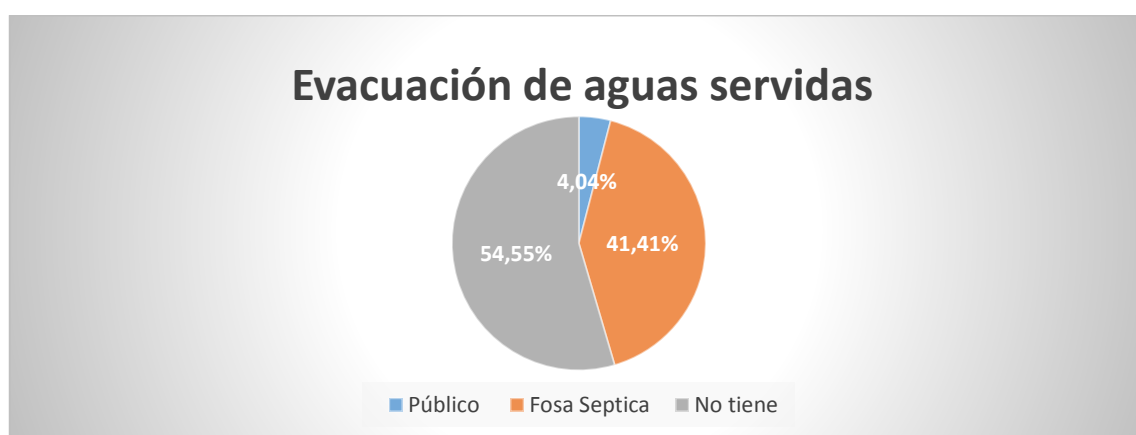
Gráfico 7. Tipo de agua que utilizan para las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

De las 100 encuestas realizadas se contestaron todas. Del 29,9% de la comunidad que no disponen del servicio de agua potable, apenas un 1% utilizan pozos para abastecerse y un 99% utilizan otras formas como botellones, riachuelos, aguas superficiales, aguas lluvias.

Gráfico 8. Evacuación de aguas servidas de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

De las 100 encuestas se contestaron 99 y se obtuvo que el 54,55% de las viviendas no dispone de un sistema de evacuación de aguas servidas, un 41,41% utiliza fosas sépticas y solamente un 4,04% dispone de un sistema público.

Gráfico 9. Evacuación de aguas lluvias de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

De las 100 encuestas se contestaron 99 y se obtuvo que el 98,99% de las viviendas no dispone de un sistema de evacuación de aguas lluvias y apenas un 1,01% si dispone.

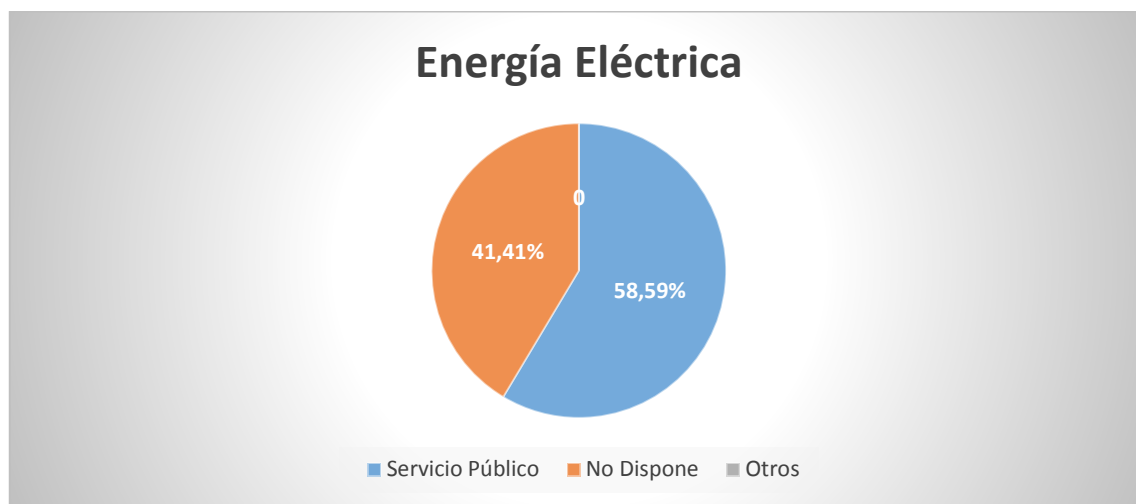
Gráfico 10. Tipo de vía aledaña a las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

Respecto al tipo de vía el 100% corresponde a 100 encuestas, de las cuales el 100% de las viviendas tienen una vía lastrada que pasa aledañamente.

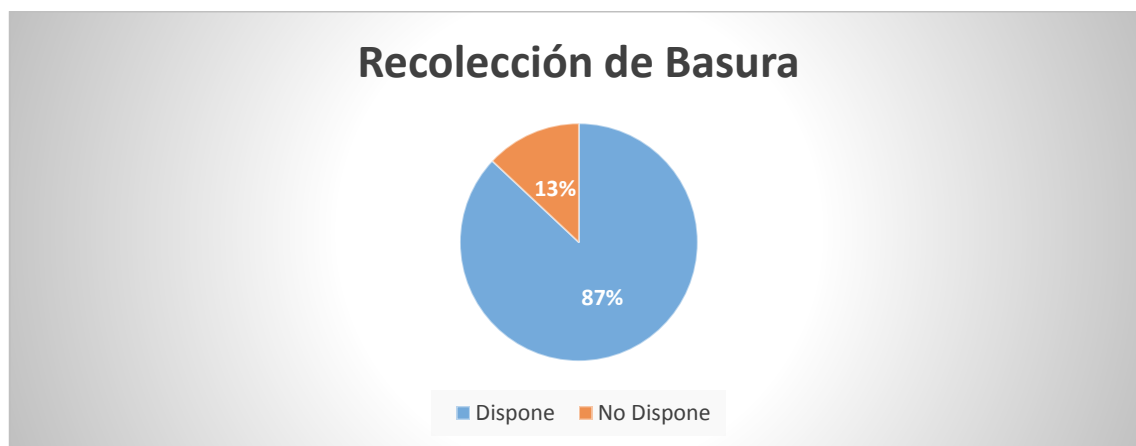
Gráfico 11. Energía eléctrica de las viviendas



Fuente: Fernández, Solano

De las 100 encuestas realizadas se obtuvieron respuesta a esta pregunta de 99, de las cuales el 58.59% disponen de un servicio público, mientras que el 41.41% no disponen de este servicio.

Gráfico 12. Recolección de basura para las viviendas



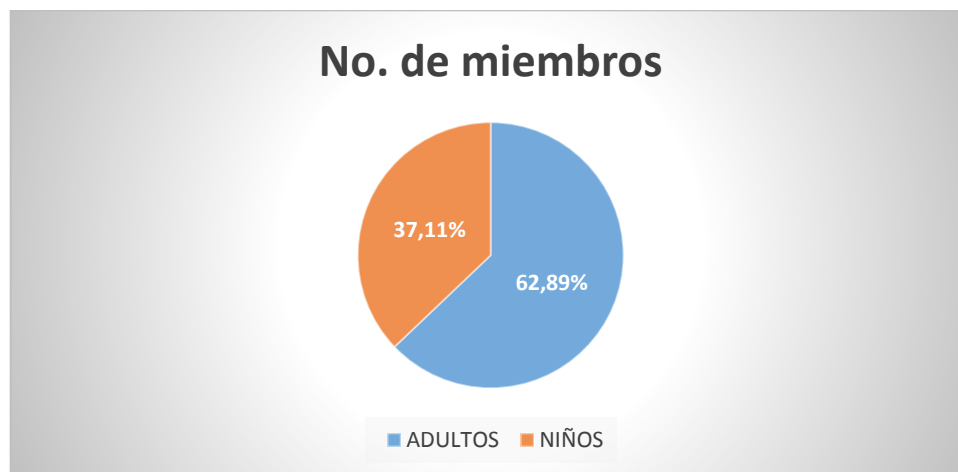
Fuente: Fernández, Solano

En el caso de la recolección de basura se tuvo un 87% de respuestas favorables es decir que tienen este servicio, de las 100 encuestas realizadas.

## Miembros familiares

Esta información fue muy importante para el diseño del sistema, ya que con esta información podemos obtener el número promedio de personas que habitan en cada casa en esta comunidad.

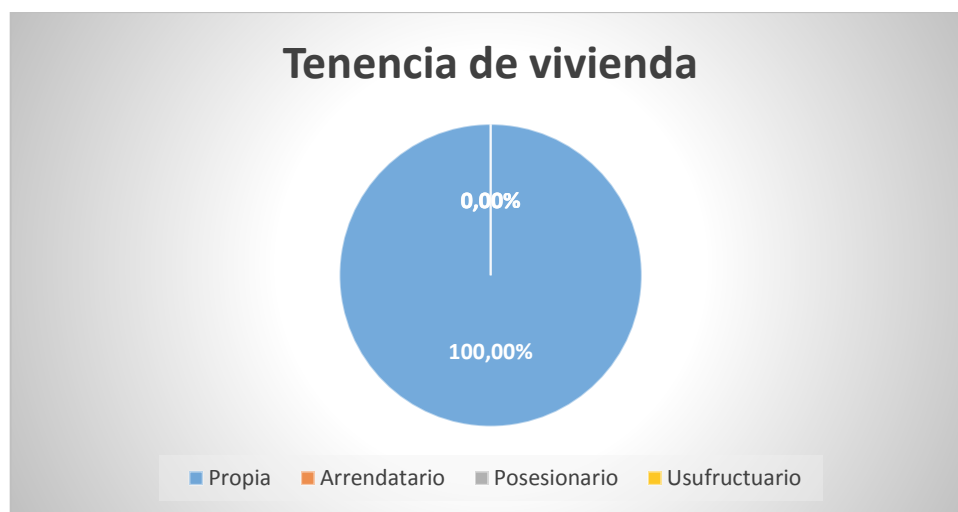
Gráfico 13. Número de miembros en las viviendas,



Fuente: Fernández, Solano

La información obtenida en esta pregunta es representativa ya que se tuvo la aceptación de 96 respuestas del total de 100 encuestas, las cuales se tiene una población del 62.89% de adultos y el 37.11% de niños.

Gráfico 14. Tenencia de vivienda



Fuente: Fernández, Solano

En esta pregunta se obtuvo un resultado contundente con respecto a la propiedad de la vivienda ya que de las 100 encuestas todas respondieron que son propietarias de la vivienda.

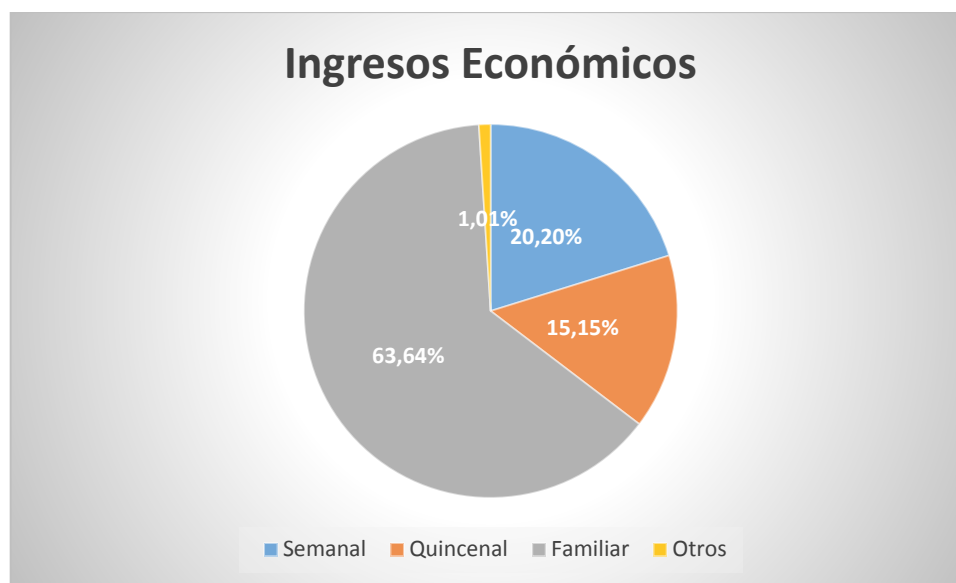
Gráfico 15. Tipo de trabajo de las familias



Fuente: Fernández, Solano

En cuanto a la concurrencia de trabajo en cada familia se puede apreciar que el 59% de las encuestas realizadas son de tipo permanente y el 41% restante son de tipo ocasional.

Gráfico 16. Ingresos económicos de las familias,



Fuente: Fernández, Solano

Finalmente, para tener una pauta en la base de la economía de la población en la comunidad de Guabisay se realizó la pregunta sobre los ingresos económicos la cual tuvo una aceptación de 99 encuestas respondidas de 100 realizadas, y se obtuvo que el 20.20% tienen un ingreso económico semanal, luego un 15.15% tienen ingreso quincenal, un 63.64% un ingreso familiar pero un 1.01% tienen otro tipo de ingresos.

## CAPÍTULO 2

### REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

#### 2.1 Evaluación técnica del sistema existente

Para la evaluación del sistema existente en la comunidad de Guabisay se procedió a investigar su historia. Se encontró que el sistema está funcionando casi 24 años desde el año 1990, cuando fue adjudicado el derecho de agua de la vertiente “SIRINCAPA – SISAPAMBA” en un caudal de un litro y medio por segundo (1,5 l/s) por el Consejo Consultivo de Aguas.

También se hizo un recorrido por el sistema para identificar todos los componentes, como son:

- Una captación en la vertiente mencionada que consta de una tubería recolectora de PVC de 40 mm de diámetro, un vertedero, una caja recolectora y una caja de válvulas para limpieza, esta captación necesita ser ampliada o remplazada ya que su actual geometría no permite captar el caudal que necesita la comunidad, el cual es de cero punto sesenta y ocho litros por segundo (0,68 l/s) como mínimo y solo permite cero punto cincuenta y un litros por segundo (0,51 l/s).
- Una conducción con tubería de PVC de 40 milímetros de diámetro en una longitud de 501,03 metros, en donde existen perforaciones de dicha tubería ocasionados por los mismos comuneros para expulsar el aire contenido dentro de ésta, esto perjudica al sistema ya que por ahí existen excesivas fugas de agua. Además que la modelación en EPANET dio como resultado presiones negativas debido a que el diámetro de la tubería a lo largo de toda la línea de conducción no es el suficiente para la solicitud de caudal actual (1,5 l/s).

- Una planta de tratamiento que recibe un caudal de cero punto cincuenta y un litros por segundo (0,51 l/s), existe una caseta de cloración que comprende de un tanque pequeño, en donde ingresa el agua para ser clorada, pero aquí no se sigue un procedimiento normado idóneo, ya que solo existe una persona que cumple la función de monitorear la calidad del agua realizando inspecciones visuales, pero no se verifica realmente si el cloro sobrepasa los límites permitidos de acuerdo a los parámetros de la norma INEN. Esta planta en los análisis de agua, según el nivel de riesgo identificado con los parámetros de turbiedad, color y coliformes fecales, se determinó que para las etapas de tratamiento necesita de un filtro lento de arena antes de ingresar a la cloración. Seguido de la caseta existe también un tanque de almacenamiento de 10 metros cúbicos que se encuentra en buen estado, y que cumple con el volumen solicitado actual.
- Finalmente, una red de distribución compuesta por tres ramales en donde se tiene el mismo problema de perforaciones de la tubería, lo que genera grandes pérdidas de carga y fugas que traen como consecuencia que no llegue el agua con la presión adecuada a las casas y que disminuya la calidad de ésta. También existen 3 tanques rompe – presiones, de los cuales uno de ellos está inhabilitado, el otro tiene que ser removido y todos necesitan mantenimiento.

De acuerdo a la inspección tanto física como técnica y tomando en cuenta que no existen catastros ni datos para realizar una modelación adecuada del sistema, pero con los pocos datos que se pudo obtener se realizó esta modelación encontrándose los problemas anteriormente mencionados en cada elemento, se llegó a la conclusión de hacer el respectivo mejoramiento remplazando al sistema existente por otro que cumpla con los requerimientos actuales y futuros de la comunidad.

## **2.2 Levantamiento de información (datos técnicos generales)**

Para realizar el levantamiento de información, se generó una encuesta tipo, la cual fue hecha a cada familia o usuario de la comuna. De esta forma, se obtuvo un catastro con

una base de datos amplia, y se verificó cuantos usuarios tiene el sistema existente y cuantos necesitan incluirse para el nuevo, con esta información se pudo proyectar la población al futuro. Ver **Anexo 2**.

### 2.3 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de toda la comunidad fue proporcionado por el municipio de Sígsig. Ver **Anexo 1**.

### 2.4 Fuentes de abastecimiento

El sistema se abastece de la siguiente vertiente:

- Vertiente Sirincapa – Sisapamba, que tiene un caudal de 2 litros por segundo en época de invierno y 1,5 litros por segundo en época de estiaje. Se encuentra en las coordenadas geográficas: 727654 E; 9649282 N y 2757 m.s.n.m.
- Esta vertiente se encuentra cerca de la vía principal, y no tiene peligro de ser contaminada, ya que es una vertiente subterránea, el agua se capta con una tubería de PVC de 40 mm de diámetro hasta el vertedero, la caja recolectora y la caja de válvulas para limpieza, los cuales se encuentran dentro de un cerramiento de malla de hierro galvanizado.
- En el **Anexo 8** se detalla los análisis del agua de dicha vertiente antes y después de ser potabilizada.

### 2.5 Afecciones técnicas del sistema actual

Para determinar las afecciones técnicas que presenta el sistema existente, este se modeló en el programa de cálculo EPANET, para verificación de las presiones, diámetros y velocidades. Esto se hizo para cada punto y tramo de tubería tanto de la conducción como de la distribución.

## 2.6 Análisis de alternativas

### 2.6.1 Captación

La mejor alternativa que se planteó para la captación, es su ampliación o reconstrucción, es decir aumentar sus dimensiones. A pesar de que la captación existente se encuentra en buen estado, es necesario remplazarla debido a que se necesita captar un caudal mayor al que se dispone, el cual es de cero punto cincuenta y un litros por segundo (0,51 l/s).

Fotografía 1. Caja recolectora existente de la captación



Fuente: Fernández, Solano

Fotografía 2. Caja de válvulas para limpieza existente de la captación

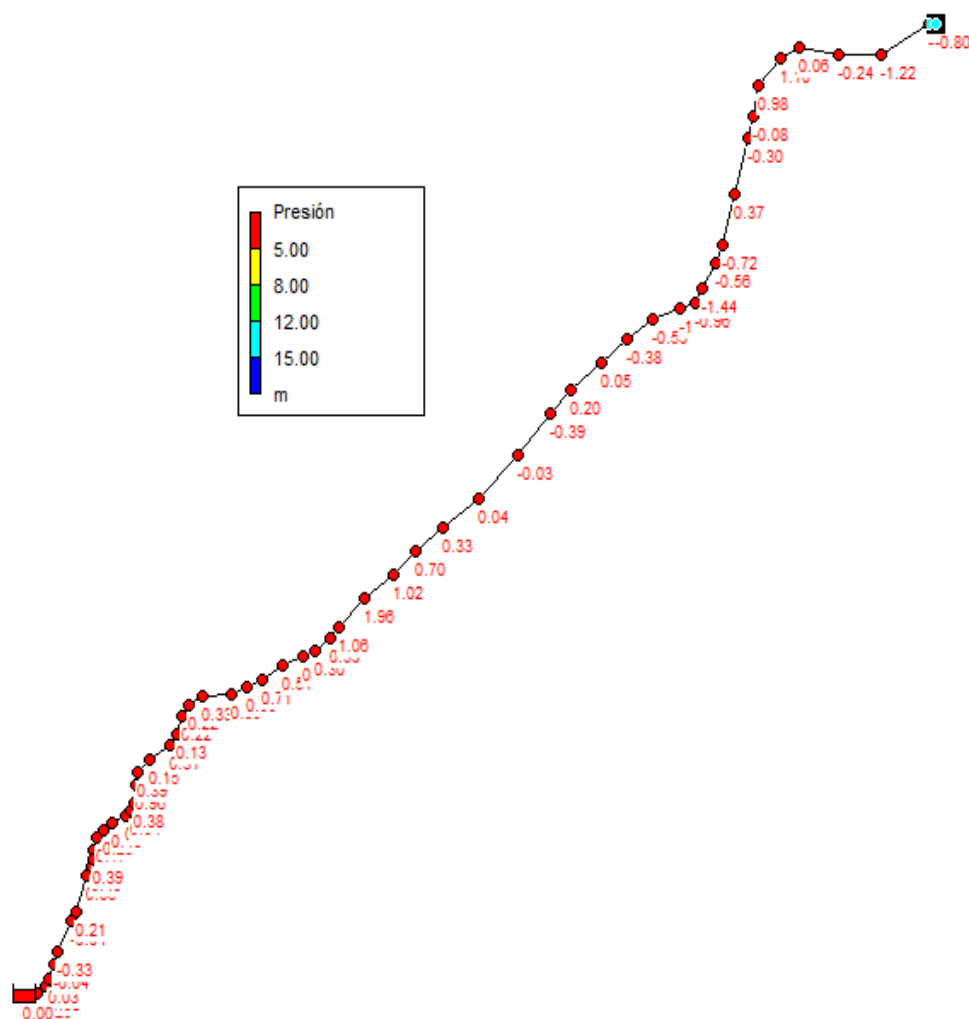


Fuente: Fernández, Solano

## 2.6.2 Red de conducción

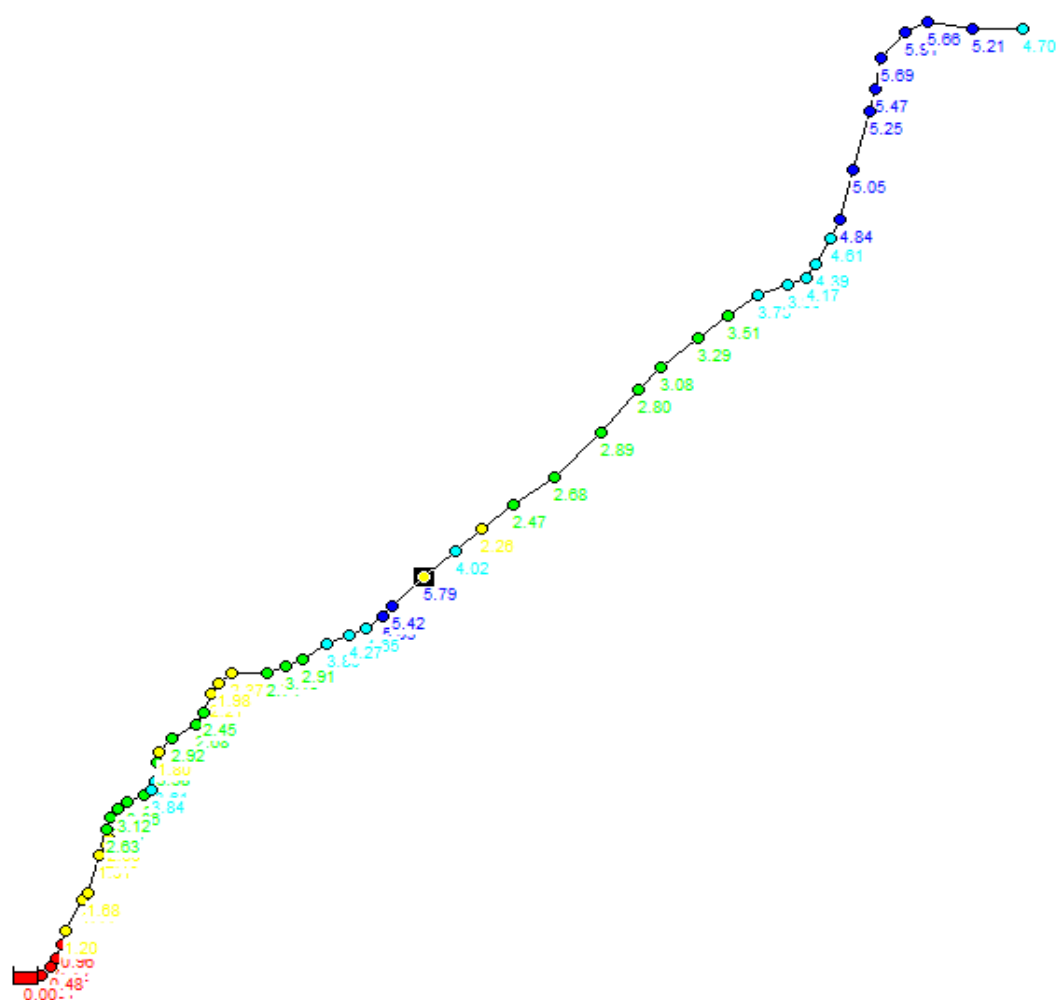
Para definir la red de conducción se modeló en EPANET, y debido a que la mayoría de presiones eran negativas se concluyó que necesita ser remplazado por una tubería paralela de diámetro mayor, para así poder garantizar las presiones, es decir que llegue el agua a la planta. Ver **Anexo 5 y 6**.

Gráfico 17. Conducción actual



Fuente: Fernández, Solano

Gráfico 18. Conducción nueva



Fuente: Fernández, Solano

### 2.6.3 Tratamiento del agua

Debido a que el sistema cuenta solo con una caseta de cloración, el mismo que no cumple con un procedimiento normado, se ha determinado reconstruir ésta. Además, de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de agua se determinó construir un filtro lento de arena, diseñado con los nuevos parámetros obtenidos. Ver **Anexo 8**.

Tabla 6. Calidad bacteriológica

| CLASIFICACIÓN                                                                                                                                                  | NMP/100 ml DE BACTERIAS COLIFORMES (*) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| a) Exige solo tratamiento de desinfección                                                                                                                      | 0 – 50                                 |
| b) Exige métodos convencionales de tratamiento                                                                                                                 | 50 – 5 000                             |
| c) Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos                                                                                                 | 5 000 – 50 000                         |
| d) Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Estas fuentes se utilizarán solo en casos extremos | más de 50 000                          |

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

Fuente: Normas CPE INEN 5

Según la tabla expuesta correspondiente a las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales CPE INEN 5, inciso 5.2.3, el sistema necesita métodos convencionales de tratamiento, ya que los resultados de análisis de agua determinan que el 40% de coliformes totales es igual a 1,76 NMP, lo cual es mayor a 1,1 NMP de coliformes fecales.

#### 2.6.4 Áreas de aporte

Para definir las áreas de aporte se utilizó el criterio de que ninguna casa o usuario debe estar a más de 30 metros de longitud de la matriz, por lo tanto, las demandas de cada casa se adjudicaron al nodo más cercano calculándose de la siguiente manera:

- El caudal máximo horario se dividió para la población futura, y ese resultado se multiplicó por el número de habitantes promedio de cada casa para obtener la demanda de caudal de cada familia o usuario.

- El número promedio de habitantes de cada casa se calculó de acuerdo a las tabulaciones de las encuestas realizadas. Se dividió el número total de adultos y niños para el número total de casas.
- Para determinar la demanda de cada nodo, se multiplicó la demanda de cada casa por el número de casas que se le adjudicó a cada nodo de acuerdo a lo explicado anteriormente.

## **2.7 Parámetros de diseño**

En este literal se presentan los parámetros que se consideraron para el diseño del nuevo sistema de tratamiento de agua potable.

### **2.7.1 Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el tiempo en el cual una obra civil va a funcionar satisfactoriamente. También se puede definir como “el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada” (Magne, 2008).

Para establecer el periodo de diseño del proyecto se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- La vida útil de todos los componentes del sistema tomando en cuenta su obsolescencia y desgaste natural.
- El trabajo que implica la ampliación o reconstrucción de sus componentes en el futuro.
- La tendencia de su crecimiento poblacional, tomando los posibles cambios tanto sociales como económicos.
- El comportamiento de sus componentes, cuando estos no estén funcionando en las condiciones más adversas, es decir en los años posteriores de diseño.

Para establecer el periodo de diseño se tomó como base la tabla del documento PDF “Plan de Saneamiento 2012 – 2014, memoria descriptiva de agua potable de ETAPA” de la página 16:

Tabla 7. Criterio para obtener el periodo de diseño

| Componentes del sistema   | Población menor a 20000 habitantes | Población mayor a 20000 habitantes |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Interceptores y emisarios | 20                                 | 30                                 |
| Plantas de tratamiento    | 15 a 20                            | 20 a 30                            |
| Estaciones de bombeo      | 20                                 | 30                                 |
| Colectores                | 20                                 | 30                                 |

Fuente: ETAPA

Al ser este proyecto un sistema de tratamiento de agua potable y según las encuestas tenemos que nuestra población actual y futura es menor a 20000 habitantes, y al ser una obra de gran envergadura por sus estructuras, no se facilita su ampliación cuando su periodo de diseño culmine, por lo que se tomará el máximo, es decir, 20 años.

### 2.7.2 Población de diseño

La población de diseño hace referencia a la población proyectada para el número de años estimados en el periodo de diseño.

Existen algunos métodos para proyectar la población al futuro; el aritmético, el geométrico y el exponencial. Para determinar el método a emplearse se verificó de acuerdo a la población actual cual es el más idóneo. Se tomaron como base las tablas del documento PDF “Plan de Saneamiento 2012 – 2014, memoria descriptiva de agua potable de ETAPA” de las página 18 y 19 respectivamente

Tabla 8. Método de Cálculo para proyección de la población al futuro

| Método      | Fórmula                                            |
|-------------|----------------------------------------------------|
| Aritmético  | $Pf = Po \left( 1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$ |
| Geométrico  | $Pf = Po \left( 1 + \frac{i}{100} \right)^t$       |
| Exponencial | $Pf = Po e^{\frac{it}{100}}$                       |

Fuente: ETAPA

En donde:

Pf: Población futura (hab)

Po: Población inicial (hab)

i: Tasa de crecimiento poblacional

t: Periodo de diseño (años)

Tabla 9. Método a emplearse según el número de habitantes actual

| Método      | Población < 2000 | 2000 < Población < 10000 | 10000 < Población < 100000 | Población > 100000 |
|-------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|
| Aritmético  |                  | x                        |                            |                    |
| Geométrico  | x                | x                        | x                          | x                  |
| Exponencial |                  | x                        | x                          | x                  |

Fuente: ETAPA

Utilizando los criterios de las tablas anteriores se tomó el método geométrico debido a que la población actual de la comunidad es menor a 2000 habitantes. Ver **Anexo 3**.

Tabla 10 Población proyectada con el método geométrico

| Parroquia | Población total 2014 | Población proyectada 2034 | Periodo de diseño (años) |
|-----------|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Jima      | 417,24               | 551                       | 20                       |

Fuente: Fernández, Solano

### Ver Anexo 3. Población y Caudales de Diseño

#### 2.7.3 Dotación media de agua potable

La dotación media de agua potable hace referencia al consumo promedio medido en litros por cada habitante por cada día.

Para determinar la dotación per cápita del proyecto se tomó como referencia la tabla de las Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5, parte 9.2, V Parte, Numeral 4.3.1, TABLA 5.2:

Tabla 11. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.

| NIVEL                                                                                                                          | SISTEMA   | DESCRIPCION                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                                                                                                                              | AP<br>EE  | Sistemas individuales, Diseñar de acuerdo a las posibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario |
| Ia                                                                                                                             | AP<br>EE  | Grifos públicos.<br>Letrinas sin arrastre de agua.                                                                                              |
| Ib                                                                                                                             | AP<br>EE  | Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.<br>Letrinas sin arrastre de agua.                                              |
| IIa                                                                                                                            | AP<br>EE  | Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.<br>Letrinas con o sin arrastre de agua.                                                        |
| IIb                                                                                                                            | AP<br>ERL | Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa.<br>Sistema de Alcantarillado Sanitario.                                                  |
| Donde:<br><br><b>AP:</b> Agua potable<br><b>DE:</b> Disposiciones de excretas<br><b>DRL:</b> Disposición de residuos líquidos. |           |                                                                                                                                                 |

Fuente: Normas CPE INEN 5

Según este proyecto los niveles de servicio corresponden a IIb.

Para determinar la dotación per cápita se tomó como referencia la tabla 5.3 de la norma CO 10.7-602. Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

Tabla 12. Dotaciones per cápita

| <b>DOTACIONES DE AGUA PARA LOS<br/>DIFERENTES NIVELES DE SERVICIO</b> |                     |                     |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Nivel de servicio</b>                                              | <b>Clima Frío</b>   | <b>Clima Cálido</b> |
|                                                                       | <b>(lt/hab*día)</b> | <b>(lt/hab*día)</b> |
| Ia                                                                    | 25                  | 30                  |
| Ib                                                                    | 50                  | 65                  |
| IIa                                                                   | 60                  | 85                  |
| IIb                                                                   | 75                  | 100                 |

Fuente: Norma CO 10.7-602

Puesto que el clima del sector es frío la dotación es igual a 75 lt/hab\*día.

#### 2.7.4 Caudales de diseño

##### **Caudal medio diario**

“El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año” (UNAD, 2008, p.1). Se puede calcular mediante la ecuación tomada de las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales CPE INEN 5, V parte, inciso 4.1.5.1, páginas 42 y 43. Ver **Anexo 3**.

$$Q_{md} = \frac{P * D_{bruta}}{86400}$$

Donde:

$Q_{md}$ : caudal medio diario

$D_{bruta}$ : dotación bruta, dada en l/hab.día /suscriptor mes.

P: Población futura (hab)

### **Caudal máximo diario**

“El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ ” (UNAD, 2008, p.1). El caudal máximo diario se calcula mediante la ecuación tomada de las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales CPE INEN 5, V parte, inciso 4.1.5.1, página 43:

$$QMD = Q_{md} * K_1$$

Donde:

QMD: caudal máximo diario L/s.

$Q_{md}$ : caudal medio diario L/s.

$k_1$ : coeficiente de consumo máximo diario.

“El coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año.” (UNAD, 2008, p.1).

Según las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales CPE INEN 5, V parte, inciso 4.1.5.1, página 43, el coeficiente de variación del consumo máximo diario oscila entre 1,3 y 1,5, por lo tanto, se tomará el menor 1,3. Ver **Anexo 3**.

### **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario,  $k_2$ . (UNAD, 2008, p.1).

Según las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales CPE INEN 5, V parte, inciso 4.1.5.1, página 43 se considera la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * K_2$$

Donde:

QMH: caudal máximo horario L/s

Qmd: caudal medio diario L/s

K2: coeficiente de consumo máximo diario

Según las Normas CPE INEN 5, se tomó  $k_2$  igual a 3. Ver **Anexo 3**.

### 2.7.5 Pérdidas de carga

Para las pérdidas de carga en tuberías a presión, se utilizó la fórmula experimental de Hazen – Williams, la cual está en función del caudal y se tomó del libro de “Hidráulica en Tuberías a Presión” de la página 21.

$$H_f = (10.679/C^{1.852}) \times (L/D^{4.87}) \times Q^{1.852}$$

Donde:

$h_f$  = pérdida de carga (m)

$L$  = longitud de la tubería (m)

$D$  = diámetro interno (m)

$Q$  = caudal (metros cúbicos por segundo)

Los valores de los coeficientes “C” se sacan de la siguiente tabla, según el material y años de uso de las tuberías. Esta tabla se tomó del libro de “Hidráulica en Tuberías a Presión” de la página 22.

**Tabla 13.** Coeficientes “C” de la fórmula de Hazen – Williams para rugosidad

| Material                          | Coeficiente de Hazen-Williams |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Asbesto-cemento (nuevo)           | 135                           |
| Cobre y Latón                     | 130                           |
| Ladrillo de saneamiento           | 100                           |
| Hierro fundido, nuevo             | 130                           |
| Hierro fundido, 10 años de edad   | 107 – 113                     |
| Hierro fundido, 20 años de edad   | 89 – 100                      |
| Hierro fundido, 30 años de edad   | 75 – 90                       |
| Concreto, acabado liso            | 130                           |
| Concreto, acabado común           | 120                           |
| Acero galvanizado (nuevo y usado) | 125                           |
| Acero remachado nuevo             | 110                           |
| Acero remachado usado             | 85                            |
| PVC                               | 140                           |
| PE                                | 150                           |
| Plomo                             | 130 -140                      |
| Aluminio                          | 130                           |

Fuente: Gad del Sígsig

Para el diseño de cada elemento o componente del sistema es necesario citar la formulación establecida y aprobada por la comunidad científica.

### 2.7.6 Captación

La captación de un sistema de agua potable es una obra que su funcionalidad se basa fundamentalmente en la recolección del caudal necesario para el uso que se le va a dar, que en nuestro caso es el de abastecer a la comunidad de Guabisay.

Es necesario tener en cuenta la importancia de factores como la topografía, la demanda de caudal y su disponibilidad, para así con los parámetros de diseño respectivos poder obtener un diseño óptimo de esta obra civil.

**Ec. Vertedero rectangular, sumergido:**

$$Q = S \frac{2}{3} \sqrt{2gCo} b H^{2/3}$$

Kinsvater y Carter

**Coefficiente de gasto:**

$$Co = 0,602 + 0,075 \left( \frac{H}{P} \right)$$

Bazin

**Coefficiente de sumersión:**

$$S = 1,05 \left[ 1 + 0,2 \left( \frac{H - z}{P_2} \right)^3 \sqrt{\frac{z}{H}} \right]$$

Villemonte

**Ancho efectivo de la rejilla:**

$$b = \frac{3}{2} \frac{Q}{S C_o \sqrt{2 g (H - hr)^{3/2}}}$$

Kirschmer

Luego se necesita saber la pérdida de carga provocada por la rejilla:

**Rejilla parcialmente sumergida:**

$$hr = \beta K_R \left( \frac{t}{s} \right) \frac{V_o^2}{2g} \operatorname{sen} \alpha$$

**Rejilla totalmente sumergida:**

$$hr = \beta k_r \frac{V^2}{2g}$$

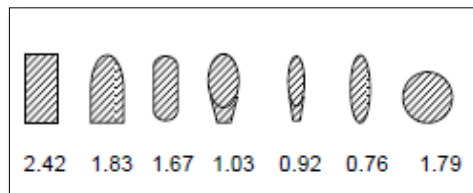


Figura 1:  $K_r$  en función de la forma de los barrotes

Fuente: Orellana, Jorge (Pág. 9)

Creager

Donde los coeficientes son:

- Q: Caudal (m<sup>3</sup>/seg).
- H: Altura de la rejilla (m).

- g: Gravedad (m/seg<sup>2</sup>).
- P: Desnivel de aguas arriba (m).
- P2: Desnivel de aguas abajo (m).
- z: Desnivel (m).
- Kr: coeficiente en función de la forma de barrotes.
- $\alpha$ : Angulo de inclinación de la rejilla con la horizontal.
- Vo: Velocidad hacia la rejilla (m/seg)
- t: Ancho de los barrotes.
- s: Separación entre los barrotes.
- $\beta$ : Coeficiente en función del ángulo de flujo.

**Ecuación de Bernoulli antes y después de la rejilla:**

$$Y_2 = \frac{Y_1}{2} \left( -1 + \sqrt{1 + 8Fr^2} \right)$$

**Longitud de chorro:**

$$x = \sqrt{\frac{2yV^2}{g}}$$

**Longitud de resalto:**

$$L = 2,5 \cdot (1,9Y_2 - Y_1)$$

$$L = 9,75y_1(Fr_1 - 1)^{1,01}$$

**Longitud de transición:**

$$Lt = \frac{|b_{inf} - b_{fin}|}{2\tan\alpha}$$

Donde los coeficientes son:

- Y1: Altura contraída.
- Y2: Altura conjugada.
- Fr: Número de Freud.
- V: Velocidad.
- Y: Mitad de la altura de la rejilla más altura aguas abajo.
- g: Gravedad.
- $b_{inf}$ : Ancho bruto de la rejilla.
- $b_{fin}$ : Ancho del vertedero.

### **2.7.7 Conducción**

En función a los parámetros de carga de Hazen – Williams de coeficiente de tuberías C se adoptó el valor de 140 para el material de PVC.

Por otro lado para la simulación en el programa EPANET, el caudal máximo diario calculado de acuerdo a los parámetros de diseño de los caudales de diseño en el inciso 2.7.4 es de 0,68 lts/seg, pero el caudal concedido a la comunidad es de 1,5Lts/seg, por lo tanto este fue ingresado en el programa para la simulación ya que es mayor al calculado.

### **2.7.8 Planta de tratamiento y tanque de almacenamiento**

En la potabilización del agua o su tratamiento se debe tener en cuenta la importancia que tiene para la salud de las personas en la comunidad, además de un análisis económico para brindar el mejor servicio al menor costo; pero solo un análisis de laboratorio nos puede dar las pautas para poder identificar las propiedades de color, turbiedad, PH o número de coliformes fecales que tiene el agua de la fuente mediante un muestreo aleatorio de un volumen.

Para que el agua pueda ser apta para el consumo humano debe cumplir con ciertos requisitos establecidos por la norma que en este caso es el Instituto Ecuatoriano de Normalización, y estos son los siguientes:

Tabla 24. Parámetros de análisis de agua. Norma 1108 Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

| NORMA 1108                  |        |                 |                        |
|-----------------------------|--------|-----------------|------------------------|
| Requisitos                  | Unidad | Límite deseable | Límite máx. permisible |
| Turbiedad                   | FTU    | 5               | 20                     |
| Olor                        | ---    | Ausencia        | Ausencia               |
| Sabor                       | ---    | Inobjetable 7   | Inobjetable            |
| pH                          | ---    | - 8. 5          | 6,5 – 9,5              |
| Sólidos totales disueltos   | 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: Normas INEN

Ahora la fuente de agua que se tiene para la comunidad de Guabisay es una vertiente y esta puede tener diferentes elementos como son:

### **Elementos Físico - Químicos**

Estos elementos se pueden identificar porque existen sustancias tóxicas en el agua que alteran su color, olor y sabor, y que a largo plazo pueden provocar cáncer en las personas.

### **Elementos Biológicos**

Son organismos biológicos que pueden producir enfermedades parasitarias al consumir agua que contenga un alto porcentaje de éstos, es por eso que en el tratamiento nos da problemas en cuanto a turbiedad, olor, color o sabor; pero hay que tomar en cuenta que en el análisis de laboratorio se obtiene información de la calidad del agua de antes que se realizara el muestreo a fin de corregir estos problemas en el tratamiento.

## Elementos Microbiológicos

El principal objetivo de este análisis está en los microorganismos patógenos como son las bacterias, virus y otros organismos los cuales tienen orígenes fecales y estos son los que mayor daño causan al organismo del ser humano, pero no existe una manera confiable de saber la existencia de esto, por eso mediante el análisis de laboratorio se dan los parámetros mínimos para poder estar seguros de no provocar enfermedades con el agua que se sirven las personas.

Luego de conocer los criterios de análisis de agua, es necesario tomar muestras del sistema existente para que sean evaluados. Las muestras se analizaron en el laboratorio de la Universidad del Azuay. Se tomaron 4 muestras en los siguientes puntos del sistema:

- Muestra 1 – Captación.
- Muestra 2 – Antes de la planta de potabilización.
- Muestra 3 – Después de la planta de potabilización.
- Muestra 4 – Grifo.

La siguiente tabla representa los niveles de riesgo según los parámetros de turbiedad, color y coliformes fecales:

Tabla 15. Método convencional de tratamiento FIME. Fuente: Sánchez, Luis Darío; Sánchez Alex, Galvis Gerardo, Jorge, Larrote.

| NIVEL DE RIESGO    |                   |                     |                     |
|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Análisis           | Baja              | Intermedia          | Alta                |
| Turbiedad          | $\leq 10$ UNT     | $< 20$ UNT          | $< 50$ UNT          |
| Color              | $\leq 20$ UPC     | $< 30$ UPC          | $< 40$ UPC          |
| Coliformes Fecales | $< 500$ NMP/100ml | $< 10000$ NMP/100ml | $< 20000$ NMP/100ml |

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

Los niveles de riesgo de los análisis de agua del sistema existente de la comunidad de Guabisay fueron los siguientes:

Tabla 16. Resultados Niveles de riesgo

| RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA |          |                 |
|------------------------------------|----------|-----------------|
| PARÁMETRO                          | CANTIDAD | LÍMITE          |
| TURBIEDAD                          | <LD      | <=10 UNT        |
| COLOR                              | N/A      | <= 20 UPC       |
| COLIFORMES FECALES                 | <1,1     | < 500 NMP/100ml |

Fuente: Fernández, Solano

Donde:

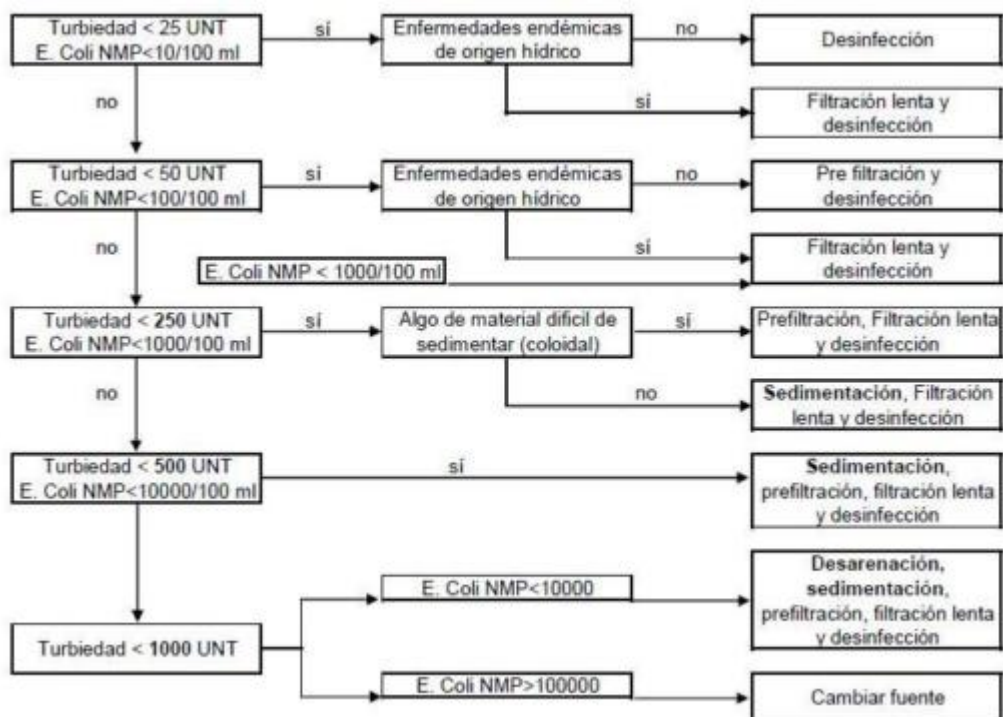
LD: Límites de detección

N/A: No aplica

Según los parámetros analizados se tiene que estos caen dentro de los rangos de niveles de riesgo bajos.

Y de acuerdo a la Norma INEN

Tabla 17. Guía de selección de procesos para una Planta de Filtración Lenta



Fuente: Normas INEN

De esta tabla se determina que la planta necesita un filtro lento de arena para el tratamiento, aquí se describe su formulación:

### Cajón recolector

$$V = Q_e \cdot t_r$$

Donde los coeficientes son:

- V: volumen recogido.
- Q<sub>e</sub>: caudal de entrada.
- t<sub>r</sub>: tiempo de retención.

**Altura de agua en el vertedero**

$$H = \left( \frac{Qf}{140} \right)^{2/5}$$

**Altura y Ancho del vertedero (h)**

Son dos veces la altura de agua en el vertedero.

**Longitud del vertedero**

$$Lv = 2 \cdot h \cdot \cos(90/2)$$

**Tanque de almacenamiento**

Para obtener el volumen necesario en el tanque de almacenamiento se consideró el tiempo requerido para que éste se llene de acuerdo a la variación de consumo diario, entonces el volumen es:

$$V = Q \cdot t$$

**2.7.9 Red de distribución**

Para facilidad de construcción de la red se decidió proyectar una línea paralela a la actual, además de la adición de ramales por el crecimiento poblacional en la comunidad.

Se consideró una presión mínima de 15mca para que el agua llegue a cada usuario de manera correcta, luego se tomó una máxima de 60mca para que no afecte a la resistencia de las tuberías comerciales.

Cabe recalcar que el caudal de diseño para la red es de 1,43 lt/seg, por lo que se diseñó con el caudal adjudicado de 1,5 lt/seg.

## CAPÍTULO 3

### MEJORAS Y REDISEÑO DEL SISTEMA

#### 3.1 Rediseño del sistema

En este literal se detalla todos los parámetros de diseño de los componentes del sistema con la respectiva memoria de cálculo, haciendo énfasis en las condiciones externas e internas de la obra civil completa.

##### 3.1.1 Diseño de la captación

Tomando en cuenta los parámetros de diseño establecidos anteriormente se obtuvieron los resultados que se pueden apreciar en el **Anexo 4**.

##### 3.1.2 Diseño de la conducción

A continuación de la captación se encuentra la conducción que su función es la de llevar el agua captada a un punto estratégico desde donde se distribuirá a la comunidad, por lo que se mantiene un diámetro continuo de acuerdo al caudal concedido a la comunidad, luego este se modela en el programa de EPANET, y se confirma que las presiones sean las adecuadas en cada punto Ver **Anexos 5 y 6**.

##### 3.1.3 Diseño de la planta de tratamiento (almacenamiento)

El diseño de la planta de tratamiento se basa en los parámetros de diseño descritos anteriormente, obteniendo un volumen para el tanque de almacenamiento de 7.096 m<sup>3</sup>; el tanque actual, que se encuentra en buenas condiciones, tiene una capacidad de 10 m<sup>3</sup>, por lo que no se requiere construir uno nuevo. Ver **Anexos 7, 8 y 9**.

### **3.1.4 Diseño de la red de distribución**

Luego del tratamiento realizado en la planta de tratamiento se procede a distribuir el caudal necesario a toda la comunidad mediante la red, que al igual que la conducción fue modelada en el programa EPANET considerando las presiones que resisten las tuberías comerciales. Ver **Anexo 10 y 11**.

### **3.1.5 Esquema gráfico del diseño**

Este literal se puede apreciar en el anexo de planos para visualizar la captación con sus detalles, la conducción, la planta de tratamiento y almacenamiento y finalmente la red de distribución. Ver **Anexo 1**.

### **3.1.6 Plan de mantenimiento**

En el sistema de agua potable, se debe dar mantenimiento a las diferentes obras del sistema empezando desde la captación, conducción, tratamiento y almacenamiento, y finalmente la red de distribución.

Para el caso de la captación es necesario principalmente mantener limpia la rejilla de entrada y la caja de captación, dando limpieza periódica cada mes y dejando una cerca para evitar actos que dañen la estructura.

Luego, el siguiente elemento del sistema que es la conducción, se ha considerado en el diseño dos válvulas de aire en puntos elevados hasta la estructura de tratamiento para liberar aire en la tubería, por lo que se necesita, que de igual forma que en la captación, se abran estas válvulas periódicamente de forma manual.

Además en el diseño de la conducción, se colocó una válvula de purga en un punto bajo que sirve para excluir pequeños sedimentos que se acumulan en un cambio de pendiente, también fueron colocadas en la red de distribución con el mismo propósito; y al igual

que las válvulas de aire se necesita que un operador abra de forma manual las llaves de éstas para su mantenimiento.

Posteriormente al llegar a la planta de tratamiento, tener presente que se debe dar capacitación básica al operador que esté a cargo del tratamiento, ya que éste es el proceso más importante para poder brindar agua saludable para la comunidad, por esto es que regularmente en la cloración se debe medir el caudal que entra para su almacenamiento, para poder suministrar la dosis correcta de cloro en el agua.

La medición se la realiza de manera sencilla tomando un recipiente de un volumen no mayor a 10Lts, haciendo que el cauce de caudal se introduzca en el recipiente y midiendo el tiempo en segundos en el cual se llena el recipiente.

Es necesario saber que para la cloración, el cloro debe estar en un lugar alejado de luz solar ya que pierde sus propiedades desinfectantes.

## CAPÍTULO 4

### PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 4.1 Rubros del proyecto

Se analizó cada componente del sistema, de esta manera se pudo saber que rubros intervienen para cada uno de los elementos que conforman el proyecto. Ver **Anexo 12**.

#### 4.2 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de un proyecto deben reflejar netamente la metodología, materiales, procedimientos constructivos y la forma de pago de los rubros que están involucrados en el presupuesto del proyecto. Las especificaciones se tomaron del proyecto “Construcción del sistema de agua potable, proyecto programa de urbanización y vivienda PROURVI III etapa, cantón Loja, parroquia San Sebastián, provincia de Loja”, el cual cumple con todo lo mencionado anteriormente para este proyecto. Ver **Anexo 13**.

#### 4.3 Cantidades de obra

Las cantidades de obra están de acuerdo a las dimensiones de todos los componentes del sistema diseñado, de acuerdo a los planos donde se puede visualizar claramente dichas dimensiones. Ver **Anexo 1 y 12**.

Las consideraciones generales que se realizaron para calcular las cantidades de obra fueron las siguientes:

- El ancho para la excavación en zanja se tomó de 0,6 metros.
- La resistencia característica del hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

- El esponjamiento se consideró el 25% más, para el cargado de material y transporte.
- Se consideró 10 km de sobre - acarreo (Transporte de materiales más de 5km).
- Para la conducción existe una sola tubería de 90 mm de diámetro.
- Para la red de distribución se tomaron los diámetros de 25 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 90 mm, 110 mm y 160 mm.
- Para los diámetros de 25 mm, 40 mm y 50 mm se consideró unión espiga campana.
- Para los diámetros de 63 mm, 90 mm, 110 mm y 160 mm se consideró unión elastomérica.
- Los accesorios (Codos, Tees, Uniones de Reparación, Neplos, Válvulas) tienen el mismo tipo de unión que las tuberías.
- Todos los rubros de suministro de tuberías y accesorios tienen su respectivo rubro de instalación o colocación.
- Para las tuberías se tomó los rubros cuyas presiones sean mayores a las consideradas en el diseño.
- Para las válvulas de sectorización se consideró ubicarlas al principio y al final de cada ramal.
- Los tanques rompe – presiones se colocaron donde la presión excedía a la considerada en el diseño (64 m.c.a.).

#### **4.4 Precios unitarios**

El análisis de precios unitarios se generó tomando en cuenta las herramientas manuales, la mano de obra, los materiales y el transporte de cada rubro que consta en el presupuesto del proyecto. Los análisis de precios unitarios se incluyen en el **Anexo 12**.

#### **4.5 Costo total del proyecto**

El costo total del proyecto es de doscientos cincuenta y ocho mil setecientos diecinueve con 91/100 dólares (\$ 258. 719, 91). Ver **Anexo 12**.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Una población o comunidad siempre tiende a su desarrollo, y una de las formas para lograr esto es disponiendo de un sistema de agua potable funcional. Este proyecto deja como resultado un sistema de agua potable óptimo, tanto económica, técnica como legalmente, que cumple con las necesidades actuales y futuras de la comunidad de Guabisay.
- Para realizar el mejoramiento y ampliación del proyecto, se evaluó tanto física como técnicamente el sistema existente, por lo que se concluye que éste necesita ser remplazado casi en su totalidad por las deficiencias que presenta de presiones negativas, afecciones físicas causadas por los propios comuneros, el tratamiento no sigue un proceso normado correcto y el caudal que requiere la comunidad es mayor al que se dispone y que se puede conducir para su distribución. Todos estos factores inciden para determinar que el actual sistema ha llegado al término de su vida útil.
- Como consecuencia de la evaluación del sistema existente se procedió a diseñar otro que cumpla con los parámetros de diseño como el caudal, la presión mínima y máxima, población futura, la dotación y el periodo. También se garantiza que los requerimientos y solicitudes de las estructuras de captación, planta de tratamiento, tanques rompe presiones; y en general de toda la instrumentación del proyecto sean las adecuadas para abastecer de agua potable a esta comunidad sin peligro de insalubridad y de manera eficiente.
- Se ha concluido después de un análisis a detalle de cada elemento del sistema con la generación de un documento en el que se especifican todas las

características tanto técnicas como económicas de las estructuras hidráulicas y demás componentes del sistema para su funcionamiento óptimo, de tal manera que el municipio pueda financiar este proyecto necesario para la comunidad de Guabisay.

### **Recomendaciones**

- Haciendo referencia a la información existente del sistema actual, es preciso que este documento generado sea archivado en el municipio y se mantenga un fichero de toda la información que tenga relación al sistema. Luego de la recepción de la obra realizada exigir al contratista un archivo de catastros y además los planos As Built a la entidad fiscalizadora, para posterior al término de vida útil del proyecto evaluar éste con mayor información y agilizar su proceso.
- En el ámbito del mantenimiento constante del sistema, es necesario que el operador encargado sea ilustrado cada vez que se implementen nuevas tecnologías sencillas pero con resultados que beneficien finalmente a la salud de la comunidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ALCALÁ, P. I. (s.f.). Universidad de Alcalá. Obtenido de <http://www2.uah.es/ecologia/huermeces/INDICADORES.doc>

CASTRO, J. M. (s.f.). Universidad Politecnica de Cartagena. Obtenido de [http://www.upct.es/~minaees/analisis\\_microbiologico\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf)

GRANDA, L. M. (s.f.). Plnes de trabajo del Azuay. Obtenido de [http://vototransparente.ec/apps/elecciones-2014/images/planes\\_trabajo/AZUAY/ALCALDES%20MUNICIPALES/SIGSIG/LISTAS%2062-15/LISTAS%2062-15.pdf](http://vototransparente.ec/apps/elecciones-2014/images/planes_trabajo/AZUAY/ALCALDES%20MUNICIPALES/SIGSIG/LISTAS%2062-15/LISTAS%2062-15.pdf)

GUILLERMO, S. (2003). Monografía del Cantón Sígsig. Recuperado el 2014  
HIDRÁULICA EN TUBERÍAS A PRESIÓN. (s.f.). Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA2013.pdf>

MAGNE, F. (2008). Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria I. Cochabamba - Bolivia. Recuperado el 2014

ORNIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2005). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua (2005 ed.). Lima. Recuperado el 2014

RANALD, G. (1994). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Schawn.

SEGARRA, G. (2003). Monografía del Cantón Sígsig. Recuperado el 2014

STREETER, V. L. (1999). Mecánica de Fluidos. Mc Graw Hill.

TECNOLÓGICO SUDAMERICANO. (2002). Slideshare. Recuperado el 2014, de Historia del cantón Sigsig: <http://es.slideshare.net/Xavyeste/cantn-sgsig>

TIXE, S. (2004). Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural. Lima: Cosude.

UNAD. (2008). Diseño de plantas potabilizadoras. Recuperado el 2014, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido\\_en\\_linea\\_Diseno\\_de\\_Plantas\\_Potabilizadoras/leccin\\_8\\_clculo\\_de\\_caudales.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Diseno_de_Plantas_Potabilizadoras/leccin_8_clculo_de_caudales.html)

UNIVERSIDAD DE AIU. (2004). APUNTES INGENIERÍA CIVIL. Recuperado el 2014, de <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/04/periodo-de-diseno-de-la-red-de.html>

UNIVERSIDAD DEL AZUAY. (s.f.). Obtenido de Investing proyectos: fía [http://www.uazuay.edu.ec/investig\\_proyectos/turismo\\_comunitario/jima/resenia\\_historica.pdf](http://www.uazuay.edu.ec/investig_proyectos/turismo_comunitario/jima/resenia_historica.pdf)

## **ANEXOS**

En este literal se detalla todos los planos, fichas de campo y laboratorio, y documentos de cálculo que se realizaron para el diseño del sistema.

### **Planos**

Anexo 1 – Planos (captación, conducción, planta de tratamiento, distribución, tanques rompe-presiones y válvulas de sectorización)

### **Fichas de campo y laboratorio**

Anexo 2 – Encuestas y tabulación para registro de usuarios actuales y solicitantes.

### **Documentos**

Anexo 3 – Población y audales de diseño.

Anexo 4 – Cálculo del diseño de la captación.

Anexo 5 – Conducción actual y nueva (EPANET).

Anexo 6 – Resultados de EPANET conducción actual y nueva (líneas y nodos).

Anexo 7 – Cálculos de la planta de potabilización.

Anexo 8 – Análisis de agua laboratorio UDA.

Anexo 9 – Cálculos del tanque de reserva.

Anexo 10 – Distribución actual y nueva (EPANET).

Anexo 11 – Resultados de EPANET distribución actual y nueva (líneas y nodos).

Anexo 12 – Presupuesto del proyecto.

Anexo 13 – Especificaciones técnicas del proyecto.