



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

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA
LA COMUNIDAD RURCAJA – CHACOPAMBA
DE LA PARROQUIA SIGSIG, DEL MISMO CANTON,
PROVINCIA DEL AZUAY**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de
Ingeniera Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones**

AUTORES:

**Martín Ismael Solano Rodríguez
Pedro Agustín Deidan Idrovo**

DIRECTOR:

Javier Fernández de Córdova Webster

Cuenca – Ecuador

2014

14-03-17

RESUMEN

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIAD DE
RURCAJA - CHACOPAMBA DE LA PARROQUIA SIGSIG DEL MISMO CANTÓN,
PROVINCIA DEL AZUAY**

Las comunidades de "Rurcaja - Chacopamba", pertenecientes al cantón Sigsig, se encuentran viviendo un constante malestar debido a la calidad de agua que poseen, por lo que se ha visto necesario realizar el estudio y diseño de un sistema de agua potable. Para lo cual generamos un documento que permita al Municipio del Sigsig conseguir el presupuesto requerido para su posterior construcción.

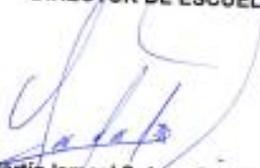
Para llevar a cabo el estudio se ha realizado el análisis de las redes de conducción y distribución, así como también el análisis de cada componente que conforma el sistema, los diseños hidráulicos se obtuvieron bajo las normas establecidas por lo que garantizamos su correcto funcionamiento en cuanto aspectos técnicos y de calidad.

Palabras claves:

Redes, sistema, abastecimiento, conducción, distribución, potable, tratamiento, desinfección.


Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz
DIRECTOR DE ESCUELA


Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO


Martín Ismael Solano Rodríguez
AUTOR


Pedro Agustín Deidan Idrovo
AUTOR

ABSTRACT

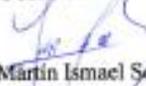
**STUDY AND DESIGN OF A DRINKING WATER SYSTEM FOR RURCAJA
COMMUNITY – CHACOPAMBA, SIGSIG CANTON, PROVINCE OF AZUAY**

"Rurcaja - Chacopamba" communities, both of which belong to the canton of Sigsig, are experiencing constant discomfort due to the quality of water they have; consequently, we saw the need to conduct a study and design of a potable water system. In order to obtain this objective, we produced a document to enable the municipality of Sigsig obtain the budget required for its further construction.

To carry out this study, an analysis of transmission and distribution networks, as well as an analysis of each component that makes up the system was conducted. The hydraulic designs were obtained in accordance with established standards so that we can guarantee its proper operation in technical and quality aspects.

Keywords: Network, System, Supply, Transmission, Distribution, Drinking Water, Treatment, Disinfection.

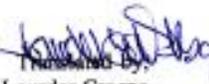

Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz
SCHOOL DIRECTOR


Martín Ismael Solano Rodríguez
AUTHOR


Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster
THESIS DIRECTOR


Pedro Agustín Deidán Idrovo
AUTHOR




Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
Indice de tablas.....	vii
Indice de figuras.....	viii
Indice de anexos.....	vx
Introducción.....	1

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Especificos.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Justificación.....	4

CAPÍTULO 2: ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. Ubicación del proyecto.....	7
2.2. Vías de acceso.....	8
2.3. Descripción de la comunidad.....	9
2.3.1. Clima.....	9
2.3.2. Topografía de la zona.....	10
2.4. Trabajos topográficos.....	10
2.5. Descripción ecológica de la zona.....	11
2.6. Información geográfica e hídrica.....	11
2.6.1 Información Geográfica.....	11
2.6.2. Información hídrica.....	12
2.7. Aspectos socio – económicos.....	12
2.7.1. Nivel cultural.....	13
2.7.2. Agricultura y ganadería.....	14
2.8. Estado sanitario actual.....	16
2.8.1. Servicios sanitarios existentes.....	16
2.8.2. Salud.....	19
2.9. Organización comunitaria.....	22

2.10.	Justificación del proyecto	22
2.10.1.	Evaluación del sistema de agua existente.....	22
2.10.2.	Conclusiones sobre la evaluación existente.....	28
2.10.3.	Aprobación de la alternativa técnica.....	28

CAPITULO 3: BASES DE DISEÑO

3.1	Periodo de diseño	29
3.2.	Población de diseño	30
3.2.1.	Población actual	30
3.2.2.	Población futura de diseño	31
3.3.	Selección del nivel de servicio	33
3.4.	Usos y consumo de agua	34
3.4.1.	Dotación futura	35
3.5.	Variaciones del consumo.....	36
3.5.1.	Caudal medio	37
3.5.2.	Caudal máximo diario.....	38
3.5.3.	Caudal máximo horario.....	38
3.6.	Caudales de diseño.....	39
3.6.1.	Fuente de abastecimiento.....	39
3.6.2.	Captación.....	39
3.6.3.	Conducción.....	40
3.6.4.	Planta de tratamiento.....	40
3.6.5.	Red de distribución.....	40
3.7.	Planta de almacenamiento	41

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LAS UNIDADES DE L SISTEMA DE AGUA POTABLE

4.1.	Trabajos de gabinete.....	42
4.1.1.	Diseño de los componentes del sistema de agua potable.....	42
4.2.	Calculo del costo diario y mensual	87
4.3.	Almacenamiento.....	89
4.4.	Calculo hidráulico de las redes.....	89
4.4.1	Red de conducción	89
4.4.2.	Red de distribución	91
4.5.	Evaluación ambiental del proyecto	93

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONOMICA

5.1. Presupuesto	95
5.2. Cronograma valorado de trabajo	¡Error! Marcador no definido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	100
Recomendaciones	100

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas.....	177
Referencias Electrónicas.....	178

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Métodos para el cálculo de la población futura.

Tabla 2: Tasas de crecimiento poblacional.

Tabla 3: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Tabla 4: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Tabla 5: Factor de fugas.

Tabla 6: Parámetros que rigen la calidad de agua.

Tabla 7: Parámetros que rigen la calidad de agua potable.

Tabla 8: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.

Tabla 9: Características Lecho filtrante.

Tabla 10: Selección de los sistemas de desinfección.

Tabla 11: Hipoclorador por difusión.

Tabla 12: Dosificador por erosión de tabletas.

Tabla 13: Anclajes de hormigón.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Base cartográfica del Cantón Sígsig.
- Figura 2: Isotermas. Parroquia San Sebastián de Sígsig.
- Figura 3: Tipos Climáticos, Parroquia San Sebastián de Sígsig.
- Figura 4: Índice de analfabetismo de la población.
- Figura 5: Índice de analfabetismo de la población.
- Figura 6: Índice de ocupación poblacional.
- Figura 7: Índice de ocupación poblacional.
- Figura 8: Eliminación de excretas.
- Figura 9: Eliminación de excretas.
- Figura 10: Servicio de energía eléctrica, comunidad de Rurcaja.
- Figura 11: Servicio de energía eléctrica, comunidad de Chacopamba.
- Figura 12: Servicio de recolección de basura, comunidad de Rurcaja.
- Figura 13: Servicio de recolección de basura, comunidad de Chacopamba.
- Figura 14: Incidencia de enfermedades, comunidad de Rurcaja.
- Figura 15: Incidencia de enfermedades, comunidad de Chacopamba.
- Figura 16: Tratamientos de agua, comunidad de Rurcaja.
- Figura 17: Tratamientos de agua, comunidad de Chacopamba.
- Figura 18: Abastecimiento de agua, comunidad de Chacopamba.
- Figura 19: Abastecimiento de agua, comunidad de Rurcaja.

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuestas.

Anexo 2: Adjudicación del agua.

Anexo 3: Análisis físicos, químicos y biológicos.

Anexo 4: Resultados de Epanet.

Anexo 5: Presupuesto.

Anexo 6: Análisis de precios unitarios.

Anexo 7: Especificaciones técnicas.

Anexo 8: Planos.

Martín Ismael Solano Rodríguez

Pedro Agustín Deidan Idrovo

Trabajo de Grado

Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster

Marzo 2014

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA
LA COMUNIDAD RURCAJA – CHACOPAMBA
DE LA PARROQUIA SIGSIG, DEL MISMO CANTÓN, PROVINCIA DEL AZUAY**

INTRODUCCIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de obras necesarias que permiten realizar trabajos tales como: captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales hasta las viviendas de los habitantes, que serán favorecidos con dicho sistema.

Un correcto diseño del sistema de abastecimiento de agua potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por lo que el Municipio del cantón Sígsig ha suscrito un convenio con la Universidad del Azuay para la realización del estudio y diseño definitivo del sistema de agua potable de las comunidades de Rurcaja y Chacopamba del cantón Sígsig, de la provincia del Azuay.

A pesar de todas las medidas preventivas que implanta el gobierno, continuamos con una aparición constante de enfermedades cuyo origen no es más que la deficiente calidad de agua para consumo humano, así como también la inadecuada eliminación de excretas, por lo que para contrarrestar estos problemas se realizan los estudios y diseños del sistema de agua potable.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes

Comunidad Rurcaja:

El asentamiento Rurcaja que se encuentra en la parroquia Sígsig, permite una accesibilidad aceptable, esta comunidad cuenta con cancha de uso múltiple y casa comunal, dedicados al ciento por ciento a la artesanía del sombrero de paja toquilla que lo venden en el mercado del cantón Sígsig permitiéndose así un ingreso para vivir.

Comunidad de Chacopamba:

El asentamiento Chacopamba de la parroquia Sígsig, muestra una estructura poblacional dispersa, con 3 vías para su acceso ha permitido que la comunidad por medio de la elaboración del sombrero de paja toquilla avance permitiendo a la comunidad de un ingreso económico con el cual puedan vivir, esta comunidad cuenta con escuela pública, capilla y cancha de uso múltiple.

En ambas comunidades no existe bachillerato ni educación superior por lo que recurren a estudiar generalmente al Sígsig o a Cuenca.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Generar la documentación correspondiente a los estudios y diseños definitivos para la implementación de un nuevo sistema de agua potable, con el fin de brindar a las comunidades beneficiarias un entorno ambiental saludable, donde puedan disponer de agua segura, en condiciones de cantidad y calidad óptimos, reduciendo la tasa de

enfermedades transmitidas por el agua y promoviendo una mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Obtener datos reales y actuales en la zona de estudio para; aplicar los conocimientos hidráulicos y estructurales aprendidos en la carrera en proyectos de la vida cotidiana.
- Obtener información de las necesidades existentes en la comunidad de Rurcaja y Chacompamba del cantón Sígsig por medio de visitas periódicas, para tratar de dar soluciones eficaces y adecuadas a las necesidades de la población.
- Diseñar la infraestructura necesaria en base a aspectos hidráulicos y normativa existente para satisfacer la demanda actual y futura.
- Mejorar el nivel de vida de las comunidades Rurcaja y Chacopamba del cantón Sígsig.
- Generar un documento que permita al Municipio del Sígsig conseguir financiamiento para la construcción de la infraestructura propuesta en este estudio.

1.3. Alcance

La Universidad del Azuay suscribió un convenio con el Municipio del cantón Sígsig en el 2013 para que se realice el estudio y diseño definitivo del sistema de agua potable de las comunidades de Rurcaja y Chacopamba del cantón Sígsig, de la provincia del Azuay, lo cual, requerirá de los siguientes estudios:

- **Diseño de la Captación**

Corresponderá al sistema de producción y consiste en captar agua desde las fuentes de la naturaleza, para su posterior tratamiento.

- **Diseño de la Conducción**

Consiste en transportar el agua desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será tratada.

- **Planta de tratamiento**

Tiene como finalidad eliminar la contaminación del agua para su posterior uso.

- **Tanque de reserva**

Permite el almacenamiento de agua no contaminada para su posterior distribución.

- **Redes de distribución**

Consiste en transportar el agua mediante una red de tuberías y entregarla a cada toma domiciliaria.

1.4. Justificación

En lo que se refiere a la salud, transporte y actividades financieras, ambas comunidades son atendidas desde el centro cantonal del Sígsig y el centro parroquial de Zhimbrug. En la actualidad no disponen de un sistema de alcantarillado ni de un sistema de agua potable.

Abastecimiento actual de agua:

Comunidad de Rurcaja:

Dispone de un ojo de agua natural el mismo que se encuentra cercado para su protección, el sistema tiene una estructura de hormigón armado para su captación. El agua es conducida hacia un tanque de ferrocemento para su posterior distribución, atraviesa la comunidad, satisfaciendo a 9 familias, los demás usuarios reciben agua de una vertiente natural pero prácticamente su uso es agrícola y abrevadero de animales.

Comunidad de Chacopamba:

Cuenta con un tanque de ferro cemento de 10 m³ receptando el agua de una vertiente natural la cual abastece alrededor de 30 familias que son las familias que concibieron y construyeron el sistema, este sistema hace que el tanque permanezca lleno solo en temporada invernal todos los demás usuarios llenan tanques de agua par su posterior uso.

La falta de buenos sistemas de agua potable, ha determinado que los habitantes de las pequeñas localidades y pueblos como es el caso de la comunidades de Rurcaja y Chacopamba, este expuesto a enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, malestares intestinales y otras infecciones externas que son transmitidas por el agua ya que en la mayoría de las comunidades carecen de tratamiento del agua que se esta consumiendo. Para contrarrestar estos problemas se está realizando los respectivos estudios y diseños del sistema de agua potable.

Por lo que se pudo observar, no existe un sistema de agua potable que satisfaga a todos los usuarios en las comunidades, por lo que para su abastecimiento disponen de una vertiente natural, a pesar de que sea una vertiente de agua natural el descuido de algunos usuarios a hecho que el agua permanezca contaminada, por lo que existe un sistema de abastecimiento de agua no tratada construida por las comunidades. Este sistema de almacenamiento esta conformado por:

- Captación: ubicada en el sitio de la vertiente.
- Línea de conducción: tubería de acero galvanizado de 2 pulgadas, politubo de 2 pulgadas
- Tanque de reserva: dos tanques construidos de ferro cemento con un volumen de 10m³ cada uno.

Por lo que debido a la gran demanda del servicio de agua potable existente en la comunidad y en consideración de que el sistema actual no cubre las necesidades actuales peor aún las futuras de la población, se justifica la implementación del

Sistema de Agua Potable, con ello se conseguirá mejorar las condiciones de salud de sus pobladores y por ende elevará el nivel de vida del sector.

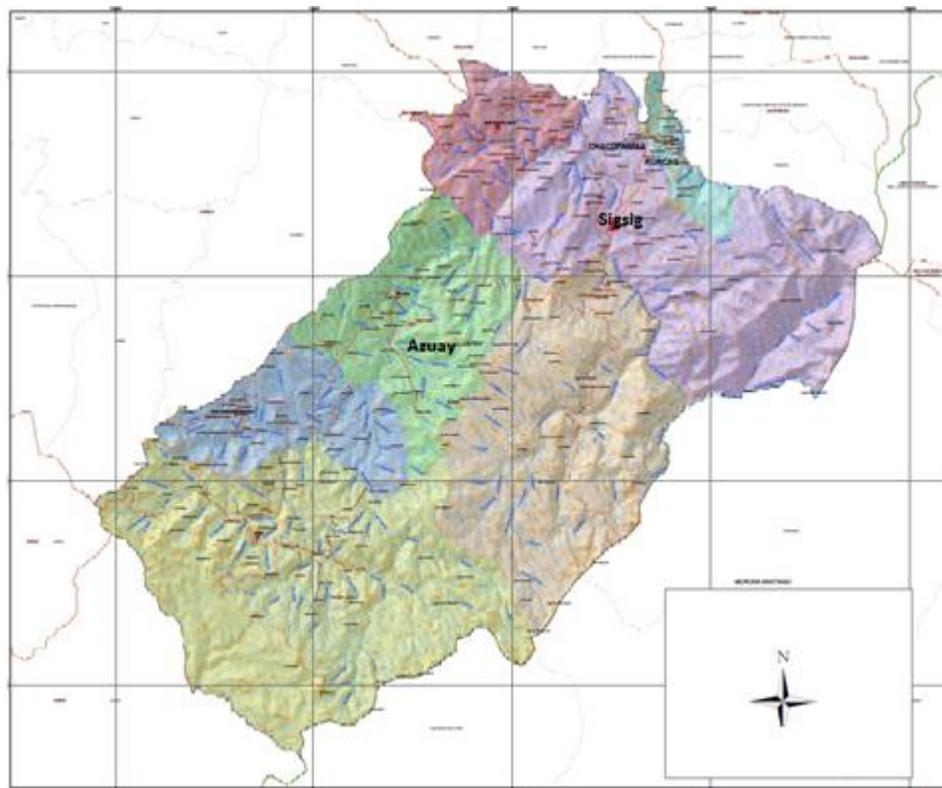
Así mismo, los comunitarios están completamente involucrados en la etapa de diseño; de parte de la comunidad existe la mejor predisposición a colaborar en lo que tiene que ver con el desarrollo de estos estudios y posteriormente en la construcción del sistema.

CAPÍTULO 2

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. Ubicación del proyecto

Figura 1: Base cartográfica del Cantón Sígsig. Provincia del Azuay



Fuente: Gobierno descentralizado del cantón Sígsig

El cantón Sígsig, ubicado al Sureste de la Provincia del Azuay. El cantón está formado por seis parroquias rurales y una parroquia urbana que lleva el mismo nombre.

El cantón del Sígsig, tiene una superficie de 642.80 m², a esta parroquia le pertenecen las comunidades de Rurcaja y Chacopamba las cuales poseen una altitud media de 2500m.s.n.m.¹

2.2. Vías de acceso

Comunidad de Chacopamba:

Existen tres vías de entrada a la comunidad:

1.- Desde el centro parroquial del Sígsig hasta la casa comunal de la comunidad Chacopamba, hay una distancia aproximada de 20 km. Para llegar se sigue la carretera **Guel**, la cual es una carretera de lastre con pocas irregularidades a unos 10 km se toma el desvío por la carretera de Malpad, esta carretera está en pésimas condiciones por lo que dificulta la entrada vehicular.

2.- Desde la vía (Gualaceo - Sígsig) se toma un desvío que me permite la llegada a la casa comunal de la comunidad Chacopamba que se encuentra a una distancia aproximada de 30km, sigue la carretera de **Vainilla** la cual se encuentra muy deteriorada impidiendo su circulación en época invernal.

3.- Desde la vía (Cuenca – Gualaceo) se sigue el desvío de **Visco** el cual nos permite llegar a la casa comunal de la comunidad de Chacopamba a una distancia aproximada de 50 km, en esta vía es casi imposible la circulación debido a las irregularidades y deslaves que tiene.

Comunidad de Rurcaja:

Existen tres vías de entrada a la comunidad:

1. Desde el centro parroquial hasta la casa comunal de la comunidad de Rurcaja hay una distancia aproximada de 25 km. Para llegar Se sigue la carretera de **Guel** la cual es una carretera de lastre con pocas irregularidades.

¹ Recopilado del departamento de turismo del Municipio del Sígsig, Pág. Web: <http://www.sigsig.gob.ec>

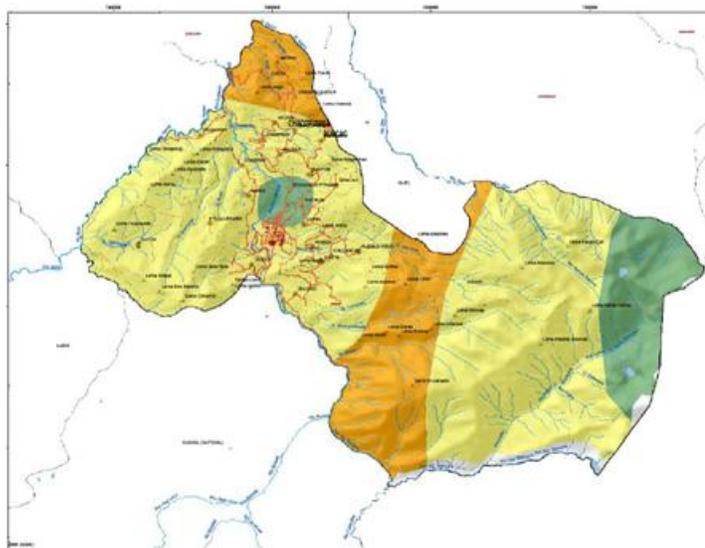
2. Desde la vía (Chordeleg – Principal) aproximadamente a unos 50 km se encuentra la comunidad de Rurcaja, es una vía de lastre que se encuentra en muy mal estado.
3. Desde la vía (Piruncay –Rurcaja) Es una vía de lastre con pocas irregularidades.

2.3. Descripción de la comunidad

2.3.1. Clima

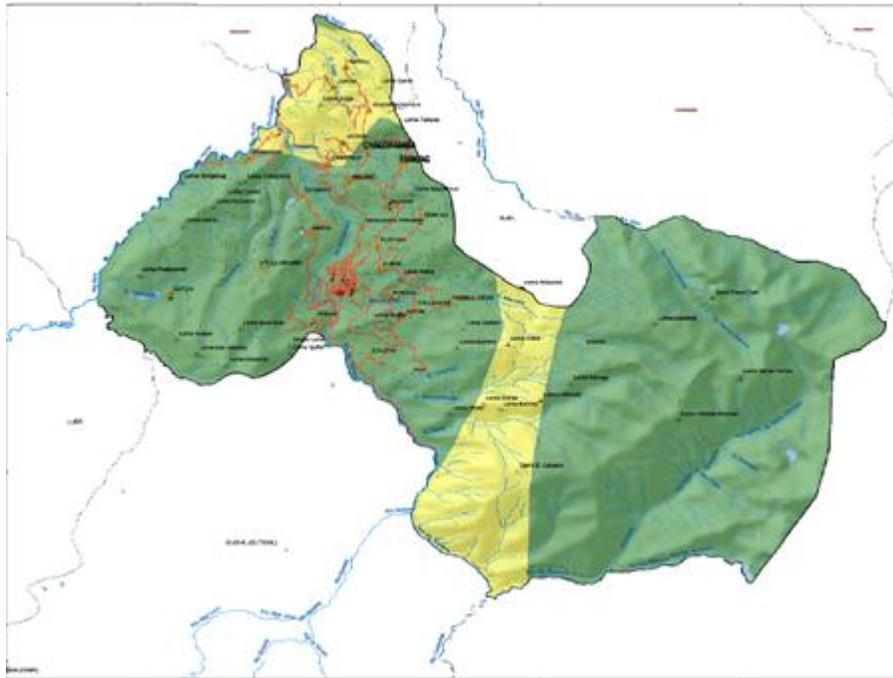
La fuente cartográfica ODEPLAN, debido a la escala del estudio climático, solo puede visualizar dos tipos climáticos; el primero Ecuatorial mesotérmico semihúmedo con una temperatura ambiente que oscila entre 8 a 10 grados centígrados, que comprende la mayor parte del territorio principalmente la zona centro de la parroquia Sígsig, el segundo tipo climático, corresponde al Ecuatorial de alta montaña con una temperatura ambiente que oscila entre 10 a 12 grados centígrados, este tipo climático se puede observar en la zona Oriental de la parroquia.

Figura 2: Isotermas. Parroquia San Sebastián de Sígsig. Cantón Sígsig. Provincia del Azuay, 2012



Fuente: Oficina de Planificación de la Presidencia de la República. ODEPLAN, 2002

Figura 3: Tipos Climáticos, Parroquia San Sebastián de Sígsig. Cantón Sígsig. Provincia del Azuay, 2012



Fuente: Oficina de Planificación de la Presidencia de la República. ODEPLAN, 2002

2.3.2. Topografía de la zona

Las comunidades Rurcaja y Chacopamba presentan una topografía poco uniforme con relieves irregulares, la existencia de tierras bajas no son constantes. No existen muchas edificaciones además de las casas de los integrantes de estas comunidades las cuales se encuentran dispersas a lo largo del paisaje.

2.4. Trabajos topográficos

Para el presente estudio, se realizaron por parte de la Municipalidad del cantón Sígsig los siguientes trabajos topográficos:

- Levantamiento topográfico del sitio donde será la captación.
- Levantamiento topográfico de la franja por donde ira la línea de conducción.

- Levantamiento topográfico de la zona poblada así como la de todas las viviendas que serán servidas por el proyecto (red de distribución).

2.5. Descripción ecológica de la zona

En general en la comunidades de Chacopamba y Rurcaja así como en el cantón del Sígsig; la flora nativa se encuentra en las zonas de los bosques en donde se puede encontrar especies como: joyapas, tiras, gañán, entre otras; las aves más comunes que se puede encontrar son: mirlos, chirotes, gorriones, jilgueros, chugos, tórtolas y en la laguna de Nari se encuentra patos que se ven amenazados por la acción del hombre que cada vez aniquila la naturaleza destruyendo el hábitat de estas aves, además han sido afectados por la cacería que ocasionará que estas aves solo queden en el recuerdo de unos cuantos habitantes que tuvieron la dicha de conocerlos, pero que no se hizo nada por conservarlos y preservarlos.²

2.6. Información geográfica e hídrica

2.6.1 Información Geográfica

Las comunidades en estudio se hallan ubicadas al Norte del centro del cantón Sígsig a una altitud promedio de 2500 m.s.n.m. Las Coordenadas relativas a la comunidad son:

Coordenada Este: 746 549,2

Coordenada Norte: 9 665 870,198

La obra de toma se encuentra ubicada en las coordenadas

Coordenada Este: 755 090,274

Coordenada Norte: 9 662 387,443

² Recopilado de la tesis DE LA Universidad de Cuenca "SIGSIG Y SUS PARROQUIAS ESTUDIO HISTÓRICO Y GEOGRÁFICO" pág. 36 capítulo "flora y fauna".

2.6.2. Información hídrica

El sistema hidrográfico del cantón Sígsig determina la presencia de dos cuencas: la del río Santa Bárbara que nace en la laguna del mismo nombre, al oriente del Sígsig y recibe las aguas del río Ayllón, del río Burro Playa, del río Shuro Charcay y del río Altar y la cuenca del río Pamar que nace al sur de Jima con el nombre de río Bolo, recibe las aguas del río San Antonio y del Moya siendo el afluente principal del Santa Bárbara.³

De estas cuencas nacen quebradas intermitentes y algunas vertientes que cada comunidad cuenta, las cuales se usan para diferentes actividades, entre ellas riego, aseo personal y a veces hasta para el consumo propio, en épocas invernales capta un mayor caudal permitiendo el uso de muchos más usuarios de la comunidad

2.7. Aspectos socio – económicos

Se puede observar que según los datos obtenidos de las encuestas realizadas (Anexo1); se pudo determinar que existe un total de 476 habitantes en total de las dos comunidades, Rurcaja con 282 habitantes y Chacopamba con 194 habitantes.

Las actividades económicas más importantes de la población son básicamente la agricultura y las artesanías; las artesanías es la actividad que mantiene ocupado a la mayor parte de la población femenina de las dos comunidades.

De los datos obtenidos se determinaron dentro de la población económicamente activa que el ingreso promedio familiar mensual que está en \$ 205.00 para la comunidad de Rurcaja y de \$ 220,00 para la comunidad de Chacopamba, estos ingresos se producen principalmente por la manufactura de los sombreros de paja toquilla ya mencionados anteriormente, estos ingresos alcanzan para cubrir las necesidades básicas de alimentación, vestimenta y aseo.

³ Recopilado de la tesis DE LA Universidad de Cuenca "SIGSIG Y SUS PARROQUIAS ESTUDIO HISTÓRICO Y GEOGRÁFICO" pág. 37 capítulo "Hidrografía".

2.7.1. Nivel cultural

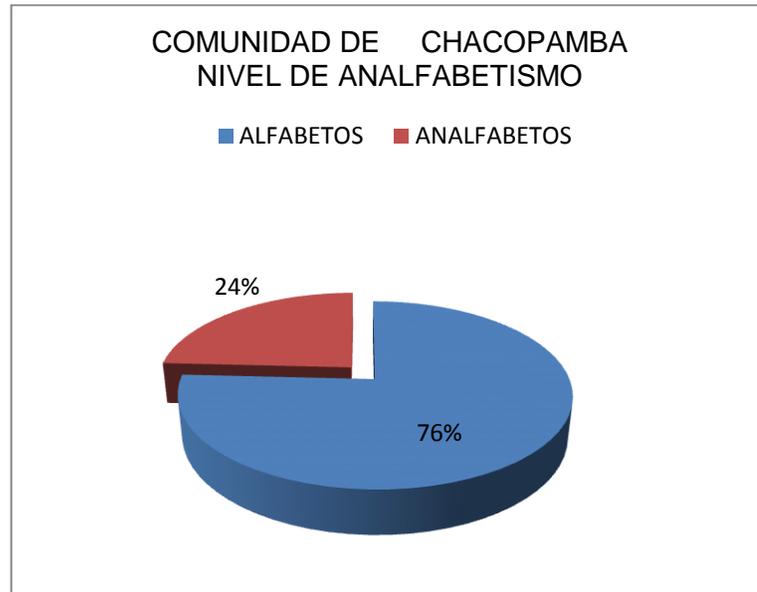
Las comunidades en estudio se encuentran en zonas subdesarrolladas, sus casas son de abobe y de hormigón en su mayoría, hablan el idioma castellano y su raza es la mestiza, además cuentan con autoridad política y directiva en cada comunidad que están conformadas por el presidente, vicepresidente, tesorero y los de la directiva que tienen a una persona designada para cada uno de los sus necesidades principales como por ejemplo el de agua potable, alcantarillado, salud, electricidad, etc.

Gracias a las encuestas realizadas se puede observar que las comunidades en estudio si poseen al algún tipo de educación primaria o secundaria, además que poseen una organización comunitaria bastante grande lo que supera considerablemente a la población que no ha tenido ningún tipo de educación.

Figura: 4 Índice de analfabetismo de la población.



Figura 5: Índice de analfabetismo de la población.



2.7.2. Agricultura y ganadería

La agricultura y la ganadería son las actividades económicas que suministran la mayor parte de alimentos que se consumen, presentan características diferentes de acuerdo a las condiciones naturales de cada lugar que varían de acuerdo a la altitud y clima, por ejemplo: entre los 2.400 metros y 3.000 m.s.n.m se cultivan, maíz, fréjol, trigo, haba, etc. Sobre los 3.200 m.s.n.m se produce cebada y tubérculos como melloco y papa.⁴

⁴ Recopilado de la tesis DE LA Universidad de Cuenca "SIGSIG Y SUS PARROQUIAS ESTUDIO HISTÓRICO Y GEOGRÁFICO" pág. 38 capítulo "PRODUCCION AGROPECUARIA".

Figura 6: Índice de ocupación poblacional.

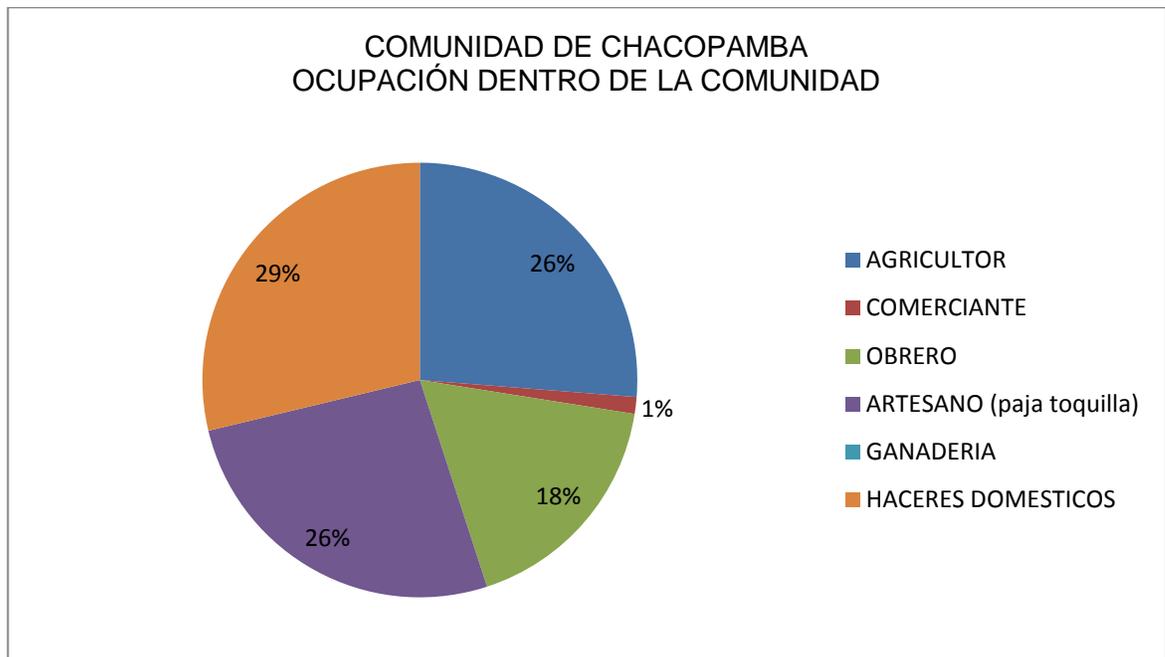
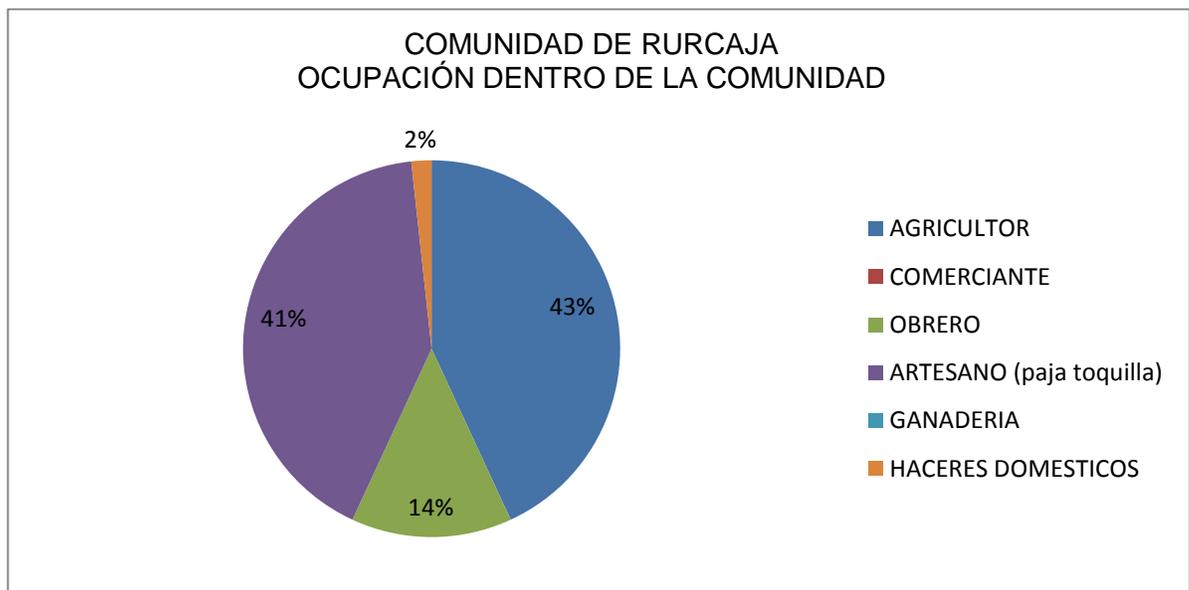


Figura 7: Índice de ocupación poblacional.



2.8. Estado sanitario actual

2.8.1. Servicios sanitarios existentes

Las comunidades Rurcaja y Chacopamba disponen de un sistema de agua mínimamente tratada, estas fueron construidas con el esfuerzo de sus antecesores y apoyo del Municipio. Este sistema se encuentra en malas condiciones y abastece a tan solo 10 personas de cada comunidad.

En cuanto a lo que se refiere a la eliminación de aguas residuales y excretas, las comunidades no cuentan con un sistema de alcantarillado o conexión domiciliaria, a excepción de algunas personas de la comunidad de Rurcaja, pero en la mayor parte de las dos comunidades cuentan con un sistema de pozos sépticos construidos con la ayuda del Municipio. Cada casa cuenta con un pozo séptico el cual está ubicado a pocos metros de su vivienda y cerca de cultivos en su gran mayoría.

Estos no tienen ningún tipo de mantenimiento y mucho menos cuenta con algún tipo de tratamiento. Las personas de las comunidades ni siquiera saben o recuerdan cuando fueron construidos estos pozos sépticos, las personas que no cuentan con alcantarillado, conexiones domiciliarias o pozos sépticos, descargan sus aguas residuales y excretas en sus mismos terrenos sin ningún tipo de tratamiento.

Figura 8: Eliminación de excretas.

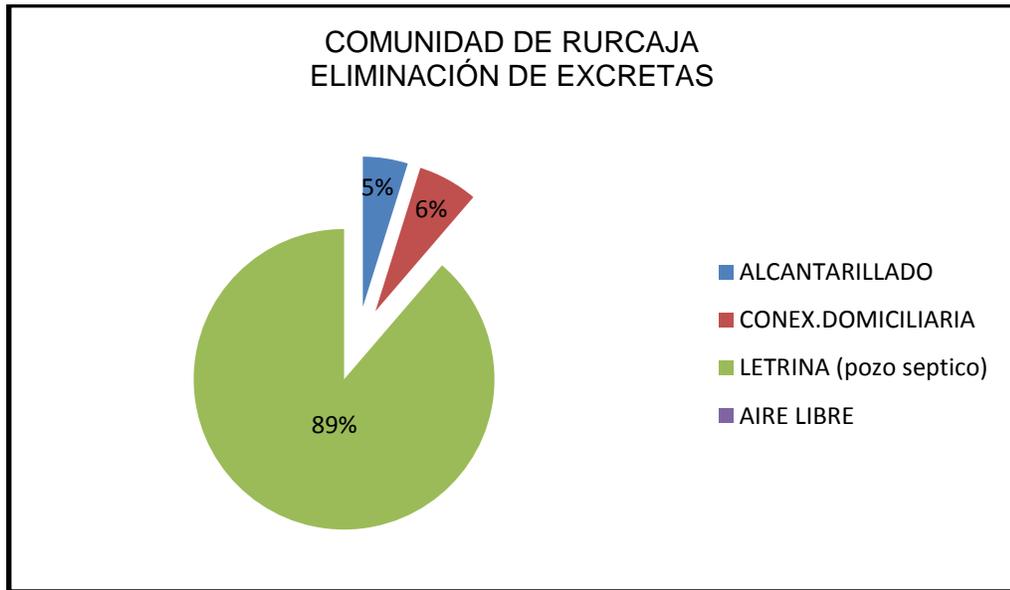
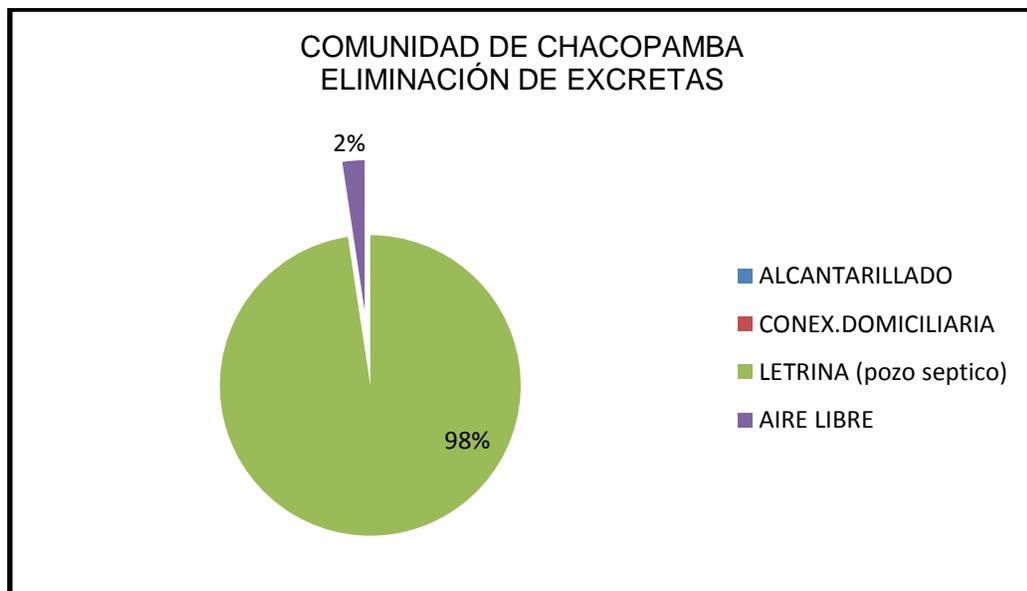


Figura 9: Eliminación de excretas.



Para la disposición final de los residuos sólidos cuentan tanto la comunidad de Rurcaja como la comunidad de Chacopamba con el servicio de recolección de basura proporcionado por el propio Municipio. Así también las dos comunidades cuentan con

el servicio de energía eléctrica proporcionadas por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Figura 10: Servicio de energía eléctrica, comunidad de Rurcaja.

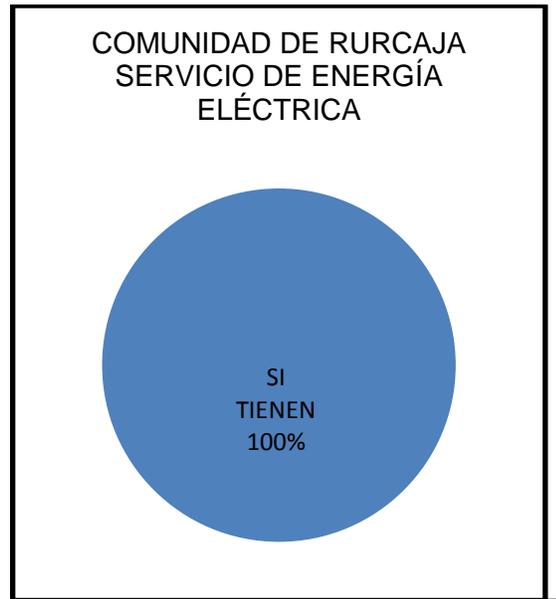


Figura 11: Servicio de energía eléctrica, comunidad de Chacopamba.

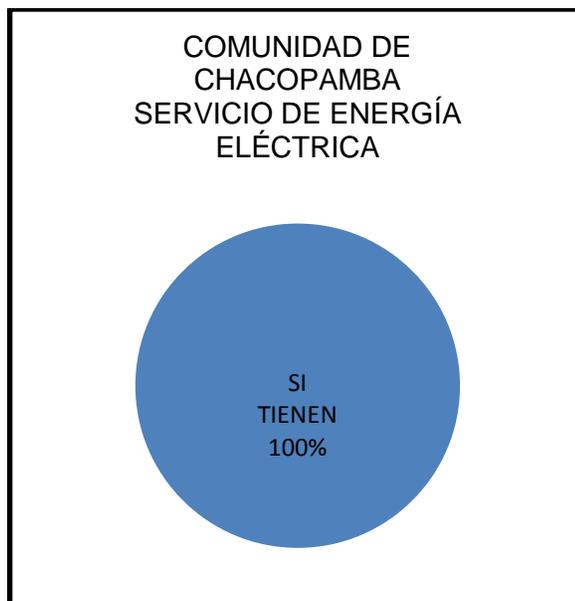
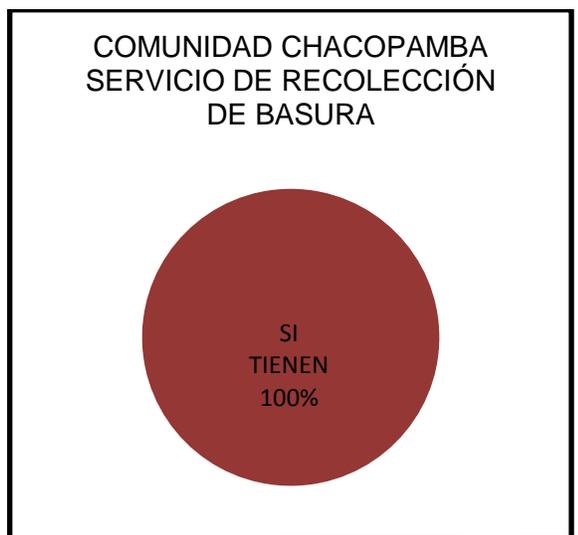


Figura 12: Servicio de recolección de basura, comunidad de Rurcaja.



Figura 13: Servicio de recolección de basura, comunidad de Chacopamba.



2.8.2. Salud

Las principales enfermedades que afectan a estas comunidades son en su gran mayoría: diarrea y enfermedades parasitarias. Se dan otras como: enfermedades

respiratorias, enfermedades contagiosas como gripe, pulmonía, tuberculosis, por lo que el agua no intervendría.

Figura 14: Incidencia de enfermedades, comunidad de Rurcaja.

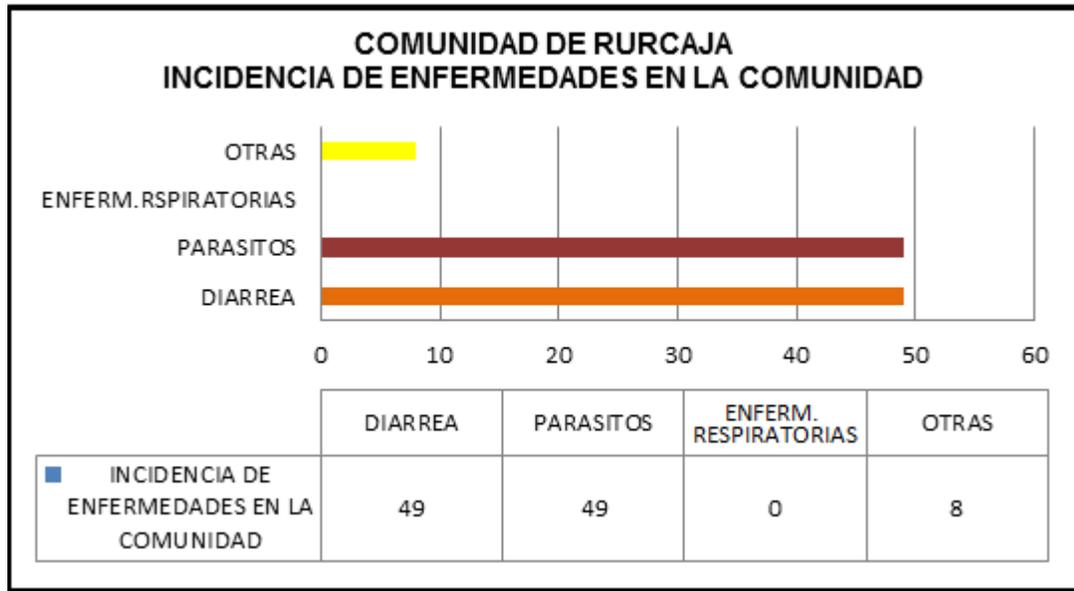
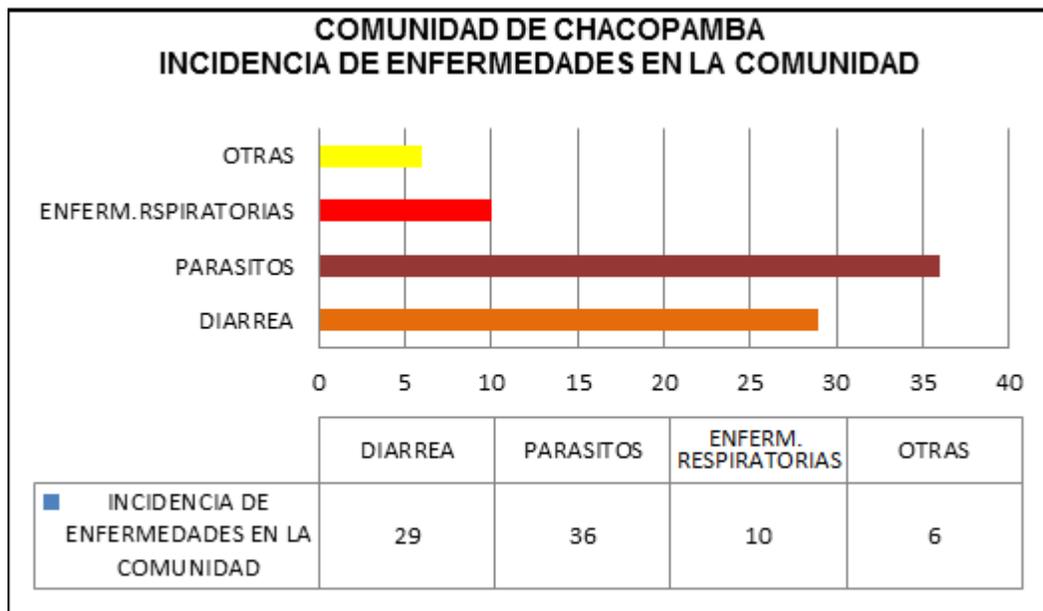


Figura 15: Incidencia de enfermedades, comunidad de Chacopamba.



Estas enfermedades que afectan a las dos comunidades en su gran parte es provocada por la mala calidad del agua ya que la que usan para consumo propio la toman de canales abiertos sin ningún tratamiento o protección, lo que hacen la gran mayoría de las personas en las comunidades es hervir el agua, algunas personas la cloran y otras se toman directamente.

Figura 16: Tratamientos de agua, comunidad de Rurcaja

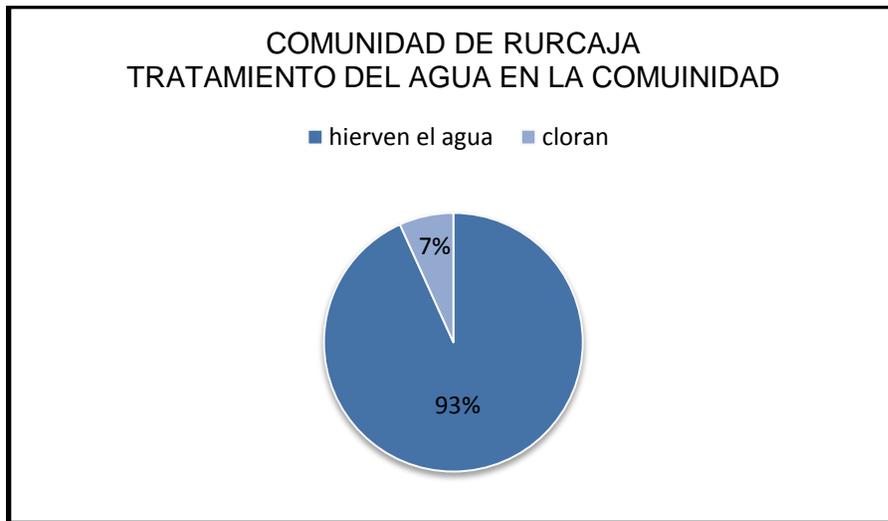


Figura 17: Tratamientos de agua, comunidad de Chacopamba.



Las personas de las comunidades de Rurcaja y de Chacopamba no cuentan con ningún centro de salud por lo que para recibir esta atención acuden a la parroquia Sígsig.

2.9. Organización comunitaria

En las comunidades de Rurcaja y Chacopamba cuentan con organizaciones no formales es decir no legalizadas como la junta de la comunidad en donde delegan cargos a representantes como es en el caso del agua potable que tiene un representante y su comité.

A este comité se le conoce como la Junta de agua de la comunidad, y su responsabilidad es velar por el derecho y necesidades de su comunidad. Estas juntas se formaron hace más de 10 años y están trabajando conjuntamente el comité de Rurcaja con La de Chacopamba para los proyectos de agua potable.

La existencia de estos comités y organizaciones nos muestra la predisposición de las comunidades para la obtención de una mejor calidad de vida para sus habitantes.

2.10. Justificación del proyecto

2.10.1. Evaluación del sistema de agua existente

Las dos comunidades tienen una situación actual muy similar, en las dos comunidades existe un sistema de abastecimiento de agua no tratada, con un sistema de cloración que no usan ya que no tienen a nadie que realice el cargo de operador por lo que el sistema tampoco cuenta con mantenimiento. El mantenimiento de las redes se lo realiza ocasionalmente por la comunidad mediante mingas. Tanto para las dos comunidades los sistemas fue construido con el esfuerzo de sus antecesores y apoyo del Municipio.

Estos sistemas de abastecimiento solo lo usan 13 personas en Rurcaja y 10 personas en Chacopamba que cuentan con medidor para el pago. El pago lo cobra el tesorero

encargado de la junta de agua de cada comunidad, hay personas que no pagan debido a que la calidad del agua es tan mala. Las demás personas se abastecen mediante canales abiertos sin ningún tratamiento. El sistema existente está conformado por cinco partes:

- **CAPTACIÓN:**

Ubicada en la parte trasera de las comunidades, el agua que se capta es subterránea y no tiene ningún tipo de tratamiento. Las llaves de cierre se encuentran oxidadas y el agua tiene un color rojizo. El agua captada no es suficiente para abastecer ambas comunidades.

Captación Rurcaja



Captación Chacopamba



- **LÍNEAS DE CONDUCCIÓN:**

Las líneas de conducción están conformadas por tubería de acero en mal estado con una longitud aproximada de 30 a 50 metros hasta el tanque de reserva, en pocos tramos se puede observar la tubería con fugas y oxidada.

- **TANQUE DE RESERVA:**

Los tanques de reserva se encuentran en muy mal estado, en Chacopamba en la salida del tanque de reserva iniciando la red de distribución se encuentran una gran fuga lo que ocasiona que gran parte del agua se pierda antes de empezar la distribución.

Tanque de reserva comunidad de Chacopamba



En el caso de Rurcaja el tanque presenta fisuras y no ha tenido mantenimiento en mucho tiempo, la salida del tanque las tuberías y llaves en donde inicia la red de distribución se encuentran oxidadas dando mala calidad del agua antes que empiece la distribución del agua.

Tanque de reserva comunidad de Rurcaja



- **RED DE DISTRIBUCIÓN:**

Similar en las dos comunidades, conformada por tubería de polietileno, superficiales en alguno tramos.

- **CONEXIONES DOMICILIARIAS:**

En las dos comunidades disponen de acometidas domiciliarias de tubería de polietileno con medidor por lo que pagan tarifa dependiendo de la calidad de agua que llegue finalmente a la casa.

Conexiones domiciliarias. Medidor de agua, comunidad de Chacopamba.



Como mencionamos la cobertura de estos sistemas alcanza al 2% para Chacopamba y del 9% para Rurcaja. Los demás habitantes de las comunidades se sirven del agua de las vertientes que pasan cerca a sus casas.

Figura 18: Abastecimiento de agua, comunidad de Chacopamba.

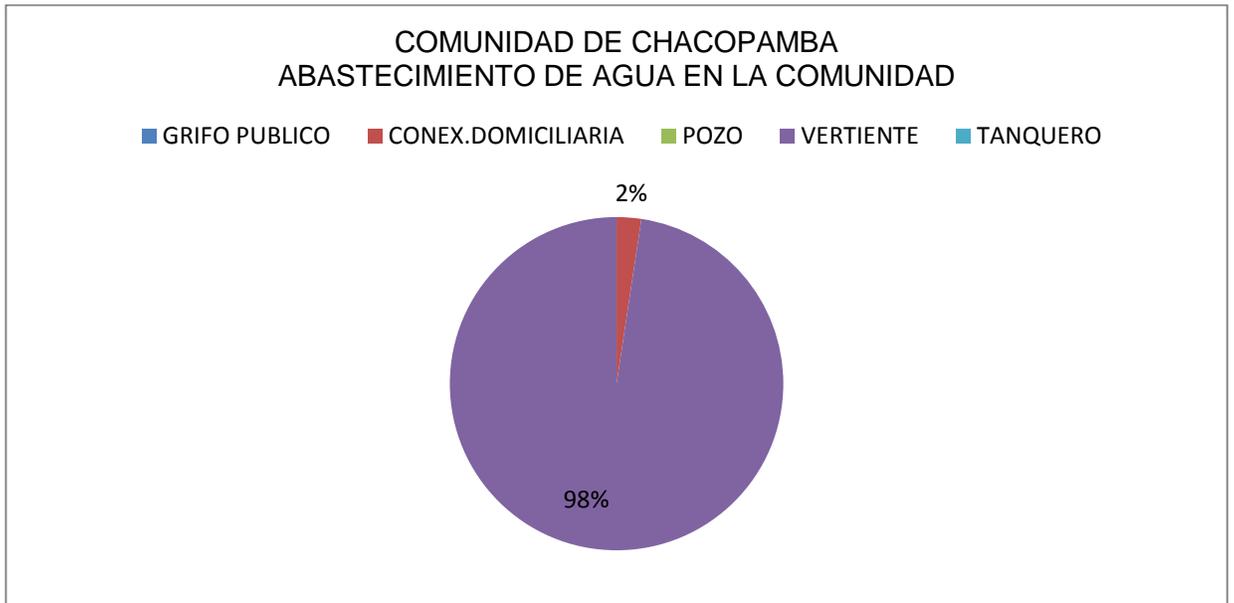
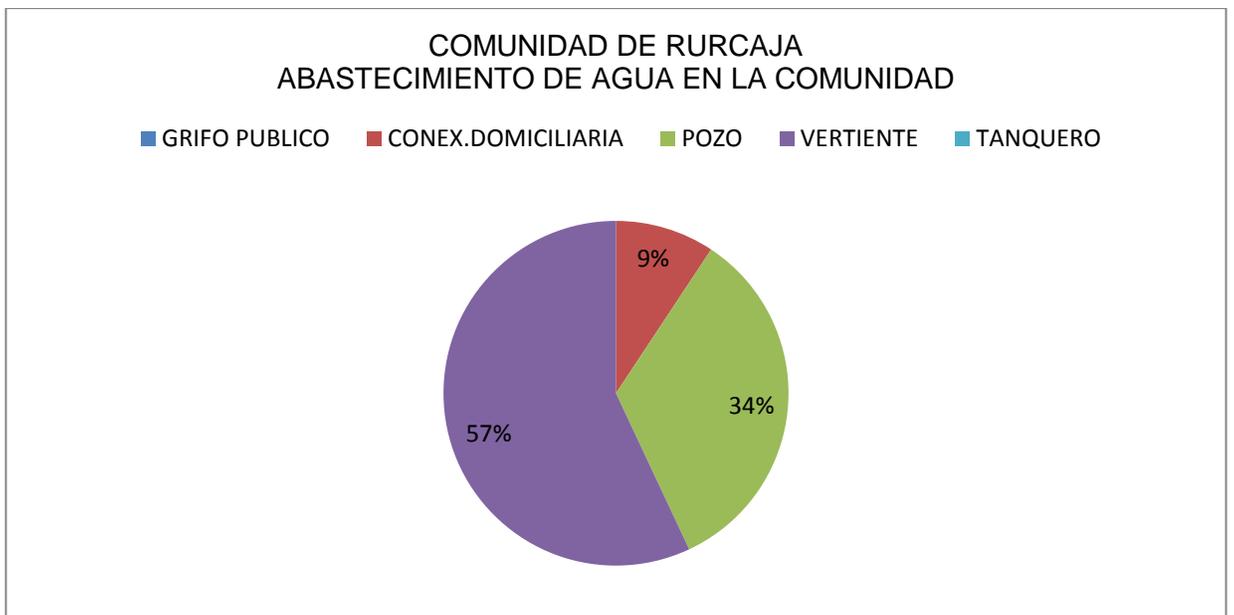


Figura 19: Abastecimiento de agua, comunidad de Rurcaja.



2.10.2. Conclusiones sobre la evaluación existente

Luego de la evaluación realizada de los sistemas existentes se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- El principal problema es que ninguno de los sistemas abastecen a los habitantes de cada comunidad.
- EL agua no recibe ningún tipo de tratamiento por lo que el agua consumida es de mala calidad.
- Las obras de captación y el tanque de almacenamiento en las dos comunidades fueron realizados sin ningún criterio técnico, además únicamente posee un cerramiento de alambre pero no la protege de posibles contaminaciones.
- Los materiales utilizados en la conducción y en la distribución ya han cumplido su vida útil por lo que sufren de fisuras, además de este problema la inexistencia de válvulas de purga y de aire dificultan aun más su eficiencia.

2.10.3. Aprobación de la alternativa técnica

La aprobación del proyecto se dio por parte de la promesa de la Alcaldesa con las comunidades en una reunión presidida por los representantes de la junta de agua potable de cada comunidad, se aprobó el proyecto que se basa en la construcción de un nuevo sistema de agua potable que consta desde la captación hasta la conexiones domiciliarias que abastezca a todos los miembros de la comunidad de Rurcaja y de la comunidad de Chacopamba.

CAPÍTULO 3

BASES DE DISEÑO

3. Bases de diseño

En este proyecto se ha considerado las normas establecidas por el INEN (Instituto Ecuatoriano De Normalización). Esta entidad establece los criterios para estandarizar la elaboración de los estudios de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

3.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño que se adopta para un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable en el área rural debe ser proyectado para que sea capaz de suministrar un buen servicio a la comunidad durante un tiempo suficientemente largo con confiabilidad y economía, es decir el periodo de diseño es el tiempo en el cual se considera que el sistema funcionara en forma eficiente cumpliendo las normas y parámetros, inicialmente analizados.

El periodo de diseño, tiene factores que influyen la determinación del mismo, entre los cuales podemos citar:

- Durabilidad o vida útil de materiales.
- Ampliaciones futuras.
- Crecimiento poblacional.
- Realidad social y económica de la comunidad.

Por lo que de acuerdo a las normas vigentes se establece un periodo de diseño de 20 años. (Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 - Parte 9.2, V Parte, numeral 4.1.1)

Por lo tanto:

Periodo de diseño = 20 años.

3.2. Población de diseño

3.2.1. Población actual

Para la determinación de la población actual, se ha procedido con la aplicación de una encuesta socio – económica y sanitaria realizada a cada cabeza de familia en ambas comunidades (Anexo 1). De esta encuesta, con motivo de la preparación del presente proyecto, se determinó que las comunidades en estudio, están conformadas por 100 cabezas de familia los que nos da un número total de 476 habitantes.

Para computar la población actual, se recomienda tomar un valor del 15% de la población estudiantil como población adicional. Por lo tanto, la población actual es igual a la población censada más el porcentaje indicado de la población estudiantil, la cuál es el número de estudiantes actuales que existen en la escuela del lugar.

Así tenemos:

$$***Pa= Pc + 0,15 (Pe)***$$

Donde:

Pa = Población actual, hab.

Pc = Población censada (recuento), hab.

Pe = Población estudiantil, hab.

Remplazando los valores, obtenemos:

$$Pa = 452 + 0,15 (159)$$

$$Pa = 476 \text{ habitantes}$$

3.2.2. Población futura de diseño

El sistema debe tener la capacidad suficiente para el futuro crecimiento de la población, además deberá tener la capacidad suficiente para un mayor uso del agua por persona como consecuencia de un mayor desarrollo. En el sector rural es particularmente difícil hacer una estimación de la población futura, ya que en ello inciden dos factores preponderantes: la migración y la falta de información. Según la normativa INEN, se considera que para el cálculo de la población futura se pueden aplicar tres métodos existentes (ver tabla 4)

Tabla 1: Métodos para el cálculo de la población futura.

TIPO DE CRECIMIENTO	FORMULA
Aritmético	$P_f = P_o * \left(1 + \frac{i}{100} * t\right)$
Geométrico	$P_f = P_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$
Exponencial	$P_f = P_o * e^{\left(\frac{i}{100} * t\right)}$

Fuente: <http://www.ingenieracivil.com/2008/04/3-diseo-del-sistema-de-abastecimiento.html>

Donde:

Pf = población futura (hab)

Po = población inicial (hab)

i = tasa de crecimiento (%)

t = período de tiempo (años)

Los métodos a emplearse deben ser aplicados en función del tamaño de la población, se podrá utilizar lo recomendado por la literatura técnica específica sobre el tema.

Por lo que para realizar la proyección de la población futura se seguirá la recomendación, usando el método de proyección geométrico debido a que es el más recomendado en el caso de que la población sea menor a 1000 hab.

Tabla 2: Tasas de crecimiento poblacional.

REGION GEOGRAFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente, Galápagos	1.5

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 - Parte 9.2, V Parte, Numeral 4.2.1, TABLA 5.1)

El cálculo de índice de crecimiento en el presente estudio no ha sido posible realizarlo, debido a que no se dispone de la información poblacional desagregada, por tanto se adoptará el valor de “r”

El índice proporcionado para el caso de la comunidades de Rurcag y Chacopamba las cuales pertenecen a la región geográfica sierra es del 1%

La población futura así obtenida por el método de proyección geométrica es la siguiente:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población futura o de diseño (hab).

P_a = Población actual (hab).

R = Tasa de crecimiento poblacional (%).

N = Período de diseño (años).

Reemplazando valores, obtenemos:

$$P_f = 476 * (1 + 0,01)^{20}$$

$P_f = 580$ hab

Por lo que se trabaja con los datos obtenidos según la norma, que son 580 hab, ya que la norma vigente en el código Ecuatoriano de la construcción nos indica que se debe trabajar estrictamente dentro de los lineamientos de ésta, por cuanto los proyectos que no se elaboren con las disposiciones ahí presentes no pueden ser aprobados por ninguna institución que otorgue créditos para la construcción de obras sanitarias, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.⁵

3.3. Selección del nivel de servicio

Para seleccionar el nivel de servicio, se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- Forma actual en la que se realiza el abastecimiento de agua.
- Disposición de excretas o residuos líquidos.
- Necesidades, preferencias y sugerencias de los habitantes de la localidad.
- Financiación del proyecto.

Por lo que se presentan los diferentes niveles de servicio aplicables a al diseño.

Tabla 3: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP EE	Sistemas individuales, Diseñar de acuerdo a las posibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario

⁵Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 - Parte 9.2

Ia	AP EE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua.
Ila	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
Ilb	AP ERL	Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa. Sistema de Alcantarillado Sanitario.
<p>Donde:</p> <p>AP: Agua potable</p> <p>DE: Disposiciones de excretas</p> <p>DRL: Disposición de residuos líquidos.</p>		

Fuente: (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)

Lo que para el caso de las comunidades de Rurcag - Chacopamba y siguiendo la norma para sistemas de agua potable CPE INEN 5 el nivel de servicio elegido según la tabla 3 es **Nivel Ila** que corresponde a. **Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.**

3.4. Usos y consumo de agua

Uno de los principales objetivos del proyecto, es el de mejorar el nivel de salud de los habitantes. Por lo en el caso concreto de cada comunidad se deben analizar datos estadísticos acerca del consumo de agua, de tal manera que tenemos que mantener presente factores tales como:

- Factores económico – sociales.
- Factores meteorológicos.

- Clima.
- Costumbres.
- Disponibilidad de agua.
- Nivel de vida.
- Calidad del agua.
- Costo del servicio.

Son factores que influyen en la cantidad de agua necesaria para el consumo humano. Generalmente, en las comunidades rurales el agua esta destinada principalmente para:

- Bebida.
- Preparación de alimentos.
- Limpieza e higiene personal.
- Riego.
- Abrevadero de animales.
- Eliminación de desechos.

3.4.1. Dotación futura

Siguiendo las Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 la dotación se establece tomando en cuenta los niveles de servicio por lo que se presenta la siguiente tabla:

Tabla 4: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

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: (Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 - Parte 9.2, V Parte, Numeral 4.4.1, TABLA 5.3)

Dotación = 60 - 85 l/hab/día

Por lo que optaremos por elegir la media aritmética entre ambos intervalos debido a las comunidades en estudio poseen clima frío en invierno y clima cálido en verano.

Dotación = 75 l/hab/día

3.5. Variaciones del consumo

Debido a que el consumo de agua de la comunidad no es constante durante todo el año, sino que depende de factores locales como el tamaño de la población; el consumo de agua tiende a fluctuar, por lo que existirán variaciones como:

Variación Mensual:

Este tipo de variación se debe principalmente a la presencia de población flotante en la localidad especialmente cuando es una zona de atracción turística o es un paso obligado de turistas.

Variaciones de tipo diario:

Este tipo de variación se determina por medio de la actividad doméstica. Tratándose de zonas rurales, la población en su mayoría se desplaza a sus lugares de trabajo de lunes a viernes, y se concentran en sus domicilios los fines de semana o días feriados, originando un mayor consumo en estos días.

Variaciones de tipo horario:

También depende de la actividad doméstica diaria, tal es el caso que se presenta un mayor consumo en las primeras horas de la mañana, al medio día y al final del día, mientras que en horas de la noche el consumo es mínimo.⁶

3.5.1. Caudal medio

El caudal medio según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos, es la siguiente:

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

Donde:

Q_m = Caudal medio (l/s).

f = Factor de fugas.

P = Población al final del período de diseño (hab).

D = Dotación futura (l/hab/día).

Tabla 5: Factor de fugas

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS (f)
Ia y Ib	10%
IIa y IIb	20%

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5 - Parte 9.2, V Parte, Numeral 4.5.4, TABLA 5.4)

Debido a que el nivel de servicio para las comunidades de Rurcag-Chacopamba es IIa el porcentaje de fugas obtenido será **f= 1,20**

Remplazando valores obtenemos:

⁶(Resumido de variaciones de consumo
Web:<http://civilgeeks.com/2010/10/07/variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable/>)

$$Q_m = 1,20 \cdot \frac{580 \text{ hab} \times 75 \text{ l/hab/día}}{86400}$$

$$Q_m = 0,60 \text{ l/s.}$$

3.5.2. Caudal máximo diario

Las necesidades de agua de la población no son constantes a lo largo del año, los días más calurosos se consumirá más agua que en los días fríos. El caudal máximo diario se calculara por medio de la siguiente ecuación:

$$QMD = (KMD \times Q_m)$$

En donde:

QMD= Caudal máximo diario (l/s).

KMD= Factor de Mayoración máximo diario.

Siguiendo las Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de **KMD= 1,25** para todos los niveles de servicio.

Remplazando valores, obtenemos:

$$Qmd = (1,25 \times 0,60 \text{ l/s})$$

$$Qmd = 0,75 \text{ l/s}$$

3.5.3. Caudal máximo horario

Debido a que el consumo de agua no es constante a lo a lo largo de las 24 horas del día, debemos considerar esta variación, por medio de la siguiente ecuación:

$$QMH = KMH \times Qm$$

Donde:

QMH= Caudal máximo horario (l/s)

KMH= Factor de mayoración máximo horario

Siguiendo las Normas de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. El factor de mayoración máximo (KMH) tiene un valor de $KMH=3$ para todos los niveles de servicio.

Remplazando valores, obtenemos:

$$QMH = 3 \times 0,60 \text{ l/s}$$

$$QMH = 1,8 \text{ l/s}$$

3.6. Caudales de diseño

3.6.1. Fuente de abastecimiento

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. El caudal de la fuente de abastecimiento deberá ser mínimo de 2 veces el caudal máximo diario calculado, donde:

$$Qmd * 2 = 2,5 \text{ l/s}$$

3.6.2. Captación

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. La estructura de captación deberá tener una capacidad tal, que permita derivar el sistema de agua potable un caudal mínimo equivalente a 1,2 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño, donde:

$$Q_{md} + 20\% = 0,75 \text{ l/s} + 20\% = \mathbf{0,9 \text{ l/s}}$$

3.6.3. Conducción

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. Y debido a que el sistema de conducción para las comunidades de Rurcag – Chacopamba es mediante gravedad el caudal de diseño será de 1,1 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño, donde:

$$Q_{md} + 10\% = 0,75 \text{ l/s} + 10\% = \mathbf{0,825 \text{ l/s}}$$

3.6.4. Planta de tratamiento

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. La capacidad de la planta de potabilización será de 1,10 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño, donde:

$$Q_{md} + 10\% = 0,75 \text{ l/s} + 10\% = \mathbf{0,825 \text{ l/s}}$$

3.6.5. Red de distribución

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. Cualquiera sea el nivel de servicios, la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario

$$Q_{MH} = \mathbf{1,8 \text{ l/s}}$$

3.7. Planta de almacenamiento

Según la norma de diseño para sistemas de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN 5. La capacidad de almacenamiento será del 50% del volumen medio diario futuro correspondiente al final del periodo de diseño, donde:

$$V_r = \frac{0,5 \times Q_m \times 86400}{1000}$$

Reemplazando valores, obtenemos:

$$V_r = \frac{0,5 \times 0,60 \text{ l/s} \times 86400 \text{ s}}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$V_r = 25,92 \text{ m}^3$$

Constructivamente la capacidad de almacenamiento será:

$$V_r = 30 \text{ m}^3$$

Por lo que este valor nos indica la cantidad de agua que se debería almacenar diariamente para servir sin problemas a la población. El almacenamiento de agua garantiza el caudal requerido para ambas comunidades hasta en las horas de mayor consumo como las horas pico.

Tabla 5: Cuadro resumen de caudales de diseño

CAUDALES DE DISEÑO	
Captación	0,9 l/s.
Conducción	0,825 l/s.
Planta de tratamiento	0,825 l/s.
Red de distribución	1,8 l/s.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

4.1. Trabajos de gabinete

4.1.1. Diseño de los componentes del sistema de agua potable

La alternativa seleccionada para el sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un sistema nuevo compuesto de las siguientes unidades:

- Fuente de abastecimiento.
- Captación.
- Desarenador.
- Conducción principal.
- Planta de tratamiento.
- Tanque de reserva.
- Redes de distribución.

4.1.1.1. Fuente de abastecimiento

Según documentos de la SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA (SENAGUA) – DEMARCACION HIDROGRAFICA SANTIAGO junto con su personal técnico y jurídico, se ha participado en las discusiones con los usuarios, y en las inspecciones de campo, viéndose así que las fuentes de abastecimiento, dispongan de caudales suficientes, y que es imperiosa la necesidad de redistribuir priorizando el consumo humano en la búsqueda de una distribución equitativa consensuada y justa del recurso hídrico, por lo que según las necesidades de las comunidades Rurcaja y Chacopamba del cantón

Sígsig, de disponer del recurso para consumo humano ha sido otorgado como fuente de abastecimiento, las fuentes conocidas con el nombre de “AYACSELA CINCO Y SEIS”, para lo cual se tiene la autorización de uso, en un caudal total de 2 litros por segundo, de la cual los moradores poseen la adjudicación legal (Anexo 2).

• **Análisis de la cantidad de agua disponible en la fuente:**

Según documentos otorgados por SENAGUA han sido adjudicadas a la comunidad Rurcaja y Chacopamba del cantón Sígsig, las fuentes conocidas como “AYACSELA CINCO Y SEIS” con un caudal aforado de 2 litros por segundo.

• **Análisis de la calidad de agua en la fuente:**

El análisis para determinar la calidad de agua en la fuente seleccionada, se realiza de dos tipos: inspección sanitaria y análisis físico–químico bacteriológicos de la fuente.

Inspección sanitaria de la fuente:

Esta inspección se la efectúa con la finalidad de describir los efectos que ha podido recibir durante algún tiempo la fuente evaluada.

Por consiguiente tenemos las siguientes características de la fuente evaluada:

- En forma visual se ha determinado que el agua de la fuente tiene buen color y no tiene sabor.
- La fuente no está bien protegida, por lo cual es susceptible de contaminación por factores externos como pastoreo y actividades humanas.

Análisis físico – químico bacteriológico:

Los resultados de los análisis de laboratorio nos permiten hacer una evaluación correcta de la calidad del agua de la fuente.

Las muestras, según las especificaciones de laboratorio, han sido tomadas de la siguiente forma:

- Tres muestras en un recipiente esterilizado de plástico
- Tres muestras para análisis bacteriológico en recipientes esterilizados.

Para obtener valores confiables, las muestras se han tomado siguiendo la normativa dicha por el laboratorio de la Universidad del Azuay.

Las muestras han sido protegidas cuidadosamente hasta su llegada al laboratorio con el fin de conservar sus propiedades en el momento de la obtención.

Los exámenes fueron realizados en laboratorio de la Universidad del Azuay donde se hicieron los exámenes completos que nos permiten obtener todos los parámetros para proponer el tratamiento de agua más adecuado.

Se han analizado tres tipos de características de la fuente de abastecimiento: Características físicas, características químicas y características bacteriológicas.

Características físicas:

Color: Se produce debido a compuestos orgánicos en estado coloidal muy finos y a inorgánicos en solución.

El color ocasiona una apariencia desagradable, igual que la turbiedad, siendo causante en un medio adecuado para el crecimiento de algas. También ocasiona inconvenientes en el agua consumida por las industrias.

Se determina el color aparente por la facilidad de la lectura en los comparadores colorimétricos.

Turbiedad: La turbiedad es el parámetro más utilizado para determinar la calidad del agua cruda y tratada. Es uno de los factores que indica si se requiere pre tratamiento o únicamente filtración lenta convencional.

En general existe una relación entre la turbiedad y la concentración de sólidos suspendidos, de allí la importancia de conocer este parámetro, ya que a mayor concentración de partículas se tiene mayor turbiedad, aunque esa relación no es igual en todas las aguas crudas y tratadas.

La materia en suspensión puede ser arcilla, sílice, materia orgánica, plancton y diferentes microorganismos que pueden obstruir el material filtrante.

La turbiedad es considerada en la calidad del agua filtrada por razones estéticas. Además; una excesiva turbiedad del agua cruda, especialmente la inorgánica obstruye rápidamente la superficie filtrante y ocasiona limpiezas más frecuentes.

Temperatura: El agua fresca es generalmente más agradable que el agua caliente. Las elevadas temperaturas favorecen la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de sabor, olor, color, etc.

Olor y Sabor: Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl⁻ y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁻. EL CO₂ libre en el agua le da un gusto “picante”. Trazas de fenoles u otros compuestos le confiere un olor y sabor desagradable. (Memoria Descriptiva “Plan de Saneamiento 2012-2014 ETAPA”)⁷

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El agua potable no debe contener sustancias químicas y minerales en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud de los consumidores. Las sustancias minerales contenidas en el agua deben quedar comprendidas entre los límites que la experiencia ha encontrado necesario o tolerable, los cuales en su mayor parte han sido fijados por normas. Los compuestos químicos se dividen en cuatro grupos:

⁷Memoria Descriptiva “Plan de Saneamiento 2012-2014 ETAPA”

- Compuestos que afectan la potabilidad: sólidos disueltos, hierro, manganeso, cobre, zinc, magnesio y sulfato sódico.
- Compuestos peligrosos para la salud: nitratos y fluoruros.
- Compuestos tóxicos; entre los principales tenemos: compuestos fenólicos, arsénico, cadmio, cromo, cianuro, plomo, selenio.

Compuestos químicos indicadores de contaminación; entre estos tenemos: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total (excluido nitratos), amoníaco, extractos de carbón con cloroformo, contaminantes orgánicos.

Sulfatos.- Se encuentran en concentraciones considerables en aguas duras, es decir subterráneas, en concentraciones mayores a 500 mg/l. ocasionan efectos laxantes en la población y corrosión de tuberías metálicas, los sulfatos provienen del yeso y en concentraciones mayores a 200 mg/L. no es apta para riego, pues ejerce un efecto nocivo para las plantas.

b) Nitritos y nitratos.-Se encuentran generalmente en aguas subterráneas y en el caso de aguas superficiales cuando hay contaminación orgánica, los desechos industriales también ocasionan presencia de nitratos, son indicadores de contaminación orgánica, cuando los nitratos son abundantes la contaminación es remota, pero si los nitritos son mayores a los nitratos, la contaminación es reciente y por ende grave. Los niveles altos de nitratos son peligrosos para la salud y de manera especial para los niños menores de un año, pudiendo causar en ellos la cianosis (coloración azul de la piel).

c) Cloruros.- Es indispensable medir los cloruros ya que es un indicador de contaminación con aguas servidas y aguas negras, este es otro contaminante del

organismo. Los cloruros pueden encontrarse en forma natural cuando el agua en su recorrido atraviesa minas de sal.

d) Hierro.- Generalmente se encuentran como óxidos o hidróxidos o como sulfatos y bicarbonatos. No ocasionan problemas en la salud pero si producen color en el agua y manchas rojizas (hierro) en las instalaciones. En altas concentraciones de hierro el tratamiento del agua es muy costoso, ya que se los elimina con tratamientos químicos como por ejemplo la aireación que se utiliza para eliminar el color especialmente del hierro.

e) pH.- La alcalinidad y acidez del agua, se expresa frecuentemente en función de su pH, que simboliza la concentración de iones hidrógeno. Mediante los ensayos del pH, se determina la intensidad del ácido o álcali presentes. La acidez se debe a la presencia de iones hidrógeno H⁺, cargado positivamente y la alcalinidad a los iones hidróxido OH⁻, cargado negativamente.

f) Dureza.- Se genera igual que la alcalinidad y es ocasionada por la presencia de sales de calcio y magnesio. Es una de las características más objetables desde el punto de vista económico y se presenta casi solo en aguas subterráneas. (Ingeniería sanitaria –UTN-FRRO Capitulo 3)⁸

CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. Para que el agua sea potable debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que son las que pueden transmitir enfermedades.

a) Bacterias saprofitas.- Son arrastradas desde el suelo, llevan una vida independiente sin necesitar de otros organismos vivos para encontrar su alimento, se

⁸http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf

alimentan de bacterias muertas a las que atacan y descomponen posteriormente en sustancias. (Microbiología del agua conceptos básicos.)

b) Bacterias Parásitas.- No pueden llevar una vida independiente, tienen que asociarse con otros organismos para obtener su alimento, son causadas por los desperdicios de animales, debido a la vieja costumbre del hombre de arrojar los desperdicios en la corriente más cercana. Dentro de las bacterias parásitas se pueden distinguir dos grupos:

- **Bacterias patógenas.-** Son peligrosas para el hombre; estas en su proceso biológico mientras van creciendo, excretan sustancias que son venenosas y que provocan enfermedades al hombre.

Bacterias coliformes.- Se albergan en los intestinos de los animales de sangre caliente. Se las considera como indicadoras de contaminación con aguas negras y de la posible existencia de bacterias patógenas provenientes de desechos del hombre y de animales. Su número aumenta proporcionalmente con la contaminación fecal. (Microbiología del agua conceptos básicos.)⁹

Por lo que mediante los análisis químicos físicos y bacteriológicos se puede analizar que la fuente cumple con las normas vigentes para la calidad de agua cruda tanto en el aspecto físico-químico como bacteriológico.

De acuerdo a los análisis y resultados se determina que para dotar a la comunidad se debe realizar un tratamiento de desinfección del agua. De forma general podemos concluir que la calidad física química y bacteriológica del agua es buena.

Los resultados del análisis de las muestras de agua se presentan en el (Anexo 3)

⁹http://www.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf

4.1.1.2. Selección del método de tratamiento

La selección del método de tratamiento para la potabilización del agua involucra un gran número de factores, entre otros se incluyen las condiciones socio económicas y culturales de la comunidad, la disponibilidad de recursos, materiales de construcción, insumos químicos, además del soporte institucional y características de la calidad del agua. El objetivo de la selección es en consecuencia contribuir a la sostenibilidad de los sistemas a través de implementar un sistema con cobertura adecuada que suministra agua apta para el consumo humano con criterios de continuidad, cantidad y calidad a un costo manejable por los usuarios.

El escoger la tecnología FiME (filtración en múltiples etapas) guarda armonía con la capacidad de gestión, operación y mantenimiento de la comunidad ya que muchas veces no se puede garantizar la disponibilidad de químicos necesarios para el funcionamiento del sistema. Adicionalmente, la tecnología FiME tiene buena aceptación por parte de las comunidades y su administración, operación y mantenimiento son comparativamente más simples que para otros sistemas de tratamiento de agua para consumo humano.

La tecnología FiME potencializa el uso la filtración lenta en arena como tratamiento para la potabilización del agua, teniendo como base los conceptos básicos de multibarrera y de tratamiento integrado.

El concepto de multibarrera, o múltiples etapas de tratamiento, implica tener más de una etapa de tratamiento. Juntas, estas etapas remueven progresivamente los contaminantes para producir agua de buena calidad. Idealmente, se debe tener agua de bajo riesgo sanitario antes de la etapa final de tratamiento, la cual se convierte entonces en una barrera de seguridad.

Al aplicar el concepto de tratamiento en múltiples etapas es importante reconocer que cada una de ellas puede diferir en los mecanismos y eficiencias de remoción de los diferentes contaminantes. Según el concepto de tratamiento integrado, las fortalezas y debilidades de cada etapa deben ser reconocidas, estimadas y balanceadas para remover los contaminantes efectiva y económicamente. En general la experiencia ha establecido la conveniencia de separar primero el material más pesado o de mayor

tamaño y gradualmente de ir priorizando la remoción del material más pequeño, que incluye los microorganismos.

El nivel de riesgo asociado a la fuente de abastecimiento se ha determinado en base a la inspección sanitaria de la microcuenca abastecedora y a los parámetros obtenidos en los diferentes análisis considerándose como básicos la turbiedad, el color, el PH y el número de coliformes fecales.

Por lo que se presentan parámetros que rigen la calidad del agua potable a nivel nacional (Basado en las Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud) que son difundidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Tabla 6: Parámetros que rigen la calidad de agua

REQUISITOS	UNIDAD	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	MAX
Color	EscalaPt-Co FTU	5	30	
Turbiedad	---	5	20	
Olor	---	Ausencia	Ausencia	
Sabor	--- mg/ L	Inobjetable	Inobjetable	
Ph	mg/l	7 - 8. 5	6.5 - 9.5	
Sólidos totales	mg/l	500	1000	
disueltos	mg/l			
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 ⁴)	mg/l	50	200	
Cloruros(Cl)	mg/l	50	250	
Nitratos (NO ³)	mg/l	10	40	
Nitritos (NO ²)	mg/l	cero	cero	
Dureza CO ³ 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
Coliformes	NMP/100 cm ³	Ausencia	residual
NMP/100cm ³			Ausencia
Bacterias	Colonias/ cm ³	Ausencia	
Aerobias total.			30
Estroncio 90	Pc/l	Ausencia	8
Radio 226	Pc/l	Ausencia	3
Radiación total	Pc/l	Ausencia	1000

Fuente: Memoria descriptiva, Subgerencia de ingeniería y proyectos plan de saneamiento 2012-2014" ETAPA"

Tabla 7: Parámetros que rigen la calidad de agua potable

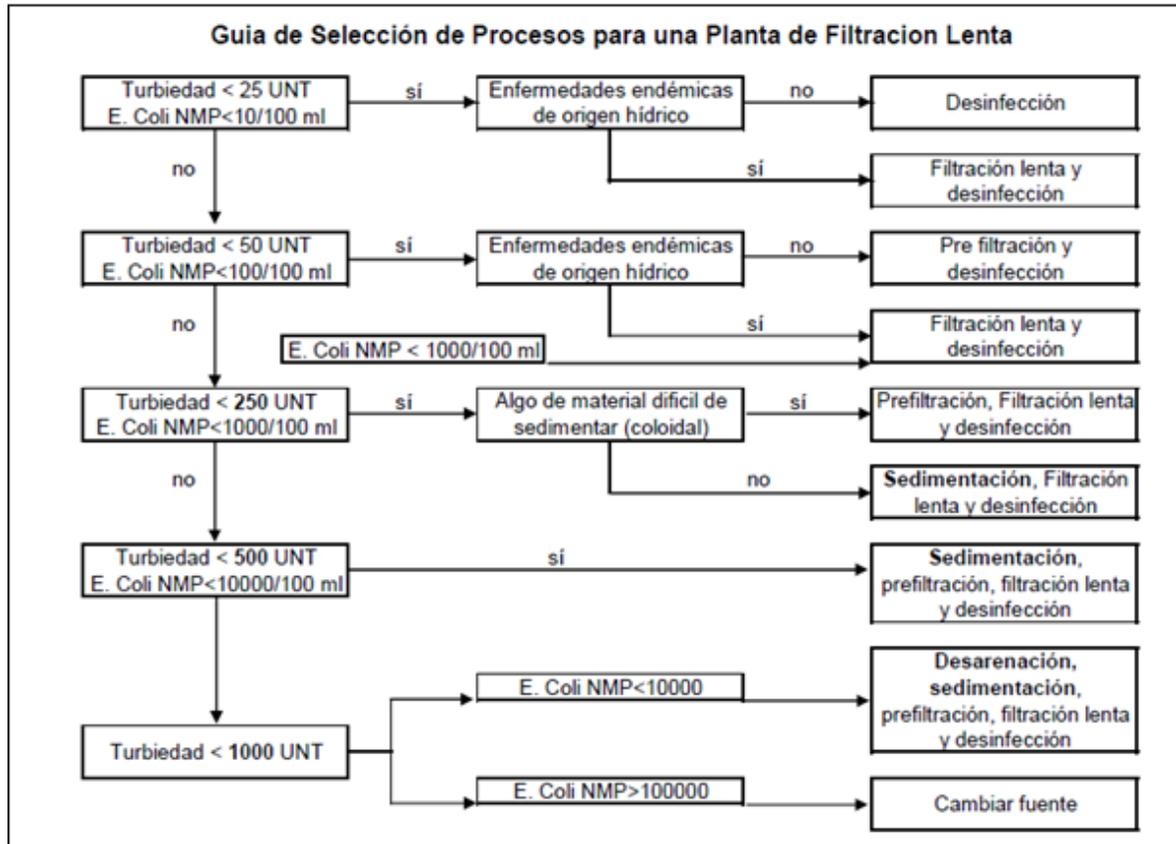
PARAMETROS	DESEABLE PERMISIBLE		UNIDAD
	DESEABLE	PERMISIBLE	
TEMPERATURA	10	16	°C in situ
TURBIEDAD	5	20	NTU,FTU
COLOR APARENTE			UC,Pt Co
COLOR REAL	5	30	UC,Pt Co
CONDUCTIVIDAD			microsiemens/cm
SOLIDOS DISUELOTOS TOTALES	500	1000	mg/l
PH	7 - 8,5	6,5 - 9,5	

ALCALINIDAD TOTAL	150		mg/l, CaCO ³
ALCALINIDAD F.			mg/l, CaCO ³
ACIDEZ			mg/l, CaCO ³
CO ₂			mg/l
DUREZA TOTAL	120	300	mg/l, CaCO ³
Ca ⁺⁺ °	75	200	mg/l
Mg ⁺⁺ °	50	150	mg/l
Na ⁺ °	200		mg/l
K ⁺ °	10	500	mg/l
HIERRO TOTAL	0,2	0,8	mg/l
MANFANESO	0,05	0,3	mg/l
CLORUROS		250	mg/l
SULFATOS	-----	400	mg/l
N.NITRATOS	0,1	0,5 - 1	mg/l como N
FLUOR (12,1-14,6 °C)	3	4,5 -10	mg/l como N
	1,17-1,06	1,5	mg/l
RECUESTO DE PLACA			
COLIFORMES TOTALES	ausencia	ausencia	colonias/ml a 35 °C
COLIFORMES FECALES	ausencia	inobjetable	NMP/100ml
			NMP/100ml
COLORO RESIDUAL	0,5	0,3 - 1,0	
COLORO LIBRE	2,5	5	mg/l
OLOR	ausencia	ausencia	mg/l
SABOR	inobjetable	inobjetable	

Fuente: Memoria descriptiva, Subgerencia de ingeniería y proyectos plan de saneamiento 2012-2014" ETAPA"

Se utilizo lo que recomienda la bibliografía técnica sobre el tema, representado en las siguientes tablas:

Tabla 8: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores



Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

Se siguieron las recomendaciones generales planteadas en las tablas anteriores de lo cual se deriva que se debe utilizar al menos los siguientes procesos:

- a. Desarenación
- b. FLA (Filtro Lento de Arena)

4.1.1.3. Captación

Las obras de captación son las obras civiles que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente el agua superficial o subterránea. Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento su localización y magnitud. Para nuestro

estudio y diseño se consideró una fuente de captación tipo vertiente o manantial de ladera.

El punto de captación del agua para las comunidades de Rurcaja-Chacopamba fue establecido por la SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA-DEMARCACION DEMOGRAFICA SANTIAGO que es la unión de las fuentes de agua conocidas como "AYACSELA CINCO Y SEIS". Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable, se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser transportada mediante tuberías de conducción hacia el tanque de almacenamiento.

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerá de la topografía de la zona, buscando no modificar los aspectos naturales del agua así como su calidad y su temperatura, además se debe tomar en cuenta no alterar la corriente y el caudal de la fuente, debido a que esto puede traer consecuencias que harían que la fuente desaparezca.

Es importante incorporar características en el diseño que nos permitan desarrollar una estructura de captación que permitan un control adecuado de la calidad del agua, así como también la prevención de una futura contaminación. (Guía de saneamiento básico para pequeñas comunidades)¹⁰

La captación consta de las siguientes partes:

- Dos muros laterales que permiten el encauzamiento del caudal hacia la cámara húmeda y adicionalmente sirven como protección.
- Un vertedero metálico de regulación del caudal de salida.

¹⁰http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#2.3Principales_sistemas_rurales_de_abastecimiento_de_agua

- Una cámara de válvulas que permitan una adecuada operación y mantenimiento de la unidad.

Diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar el máximo caudal. Conocido el caudal, se diseña el área de orificio en base a una velocidad de entrada y al coeficiente contracción de los orificios.

- **Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda (L).**

Velocidad de Pase

$$V = \left(\frac{2gh}{1,56} \right)^{1/2}$$

Donde:

h_o = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomienda valores de 0.4 a 0.5m).

V = Velocidad de pase se recomienda valores (menores o iguales a 0.6 m/s).

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Remplazando valores, obtenemos:

Para un valor asumido de h = 0,45

$$V = \left(\frac{2 \times 9,81 \times 0,45}{1,56} \right)^{1/2}$$

V = 2,3789 m/s

NOTA: Dicho valor es mayor que la velocidad máxima recomendada de 0,6 m/s por lo que asumimos la velocidad máxima recomendada

Velocidad de Pase V= 0,6 m/s

Pérdida de carga en el orificio

$$h_o = 1,56 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_o = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomienda valores de 0.4 a 0.5m).

V = Velocidad de pase se recomienda valores (menores o iguales a 0.6 m/s).

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Remplazando valores, obtenemos:

$$h_o = 1,56 \cdot \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

h_o = 0,0286m

$$H_f = H - h_o$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga en el orificio.

h_o = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada.

H = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada asumida.

Remplazando valores, obtenemos:

$$H_f = 0,45 - 0,0286$$

$$\mathbf{H_f = 0,421}$$

Pérdida de carga en el orificio hf = 0,421m

El valor de L se define mediante:

$$L = H_f/0,30$$

Donde:

L = Distancia entre en punto de afloramiento y la cámara húmeda.

H f = Pérdida de carga en el orificio.

Remplazando valores, obtenemos:

$$L = 0,421/0,30$$

$$L = 1,404\text{m}$$

Distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda L = 1,404m

- **Cálculo del ancho de la pantalla (b)**

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permitirán que el agua fluya de la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda.

Para el cálculo del diámetro (D) de la tubería de entrada:

$$A = \frac{Q_{\max}}{C_d \times V}$$

Donde:

Q_{máx}= Caudal máximo de la fuente en (l/s)

V= Velocidad de paso (Se asume 0,50 (m/s), siendo menor que el valor máximo recomendado de 0,60 (m/s)

A =Área de la tubería en (m²)

C_d= Coeficiente de descarga (0,6 a 0,8)

Remplazando valores, obtenemos: m³

$$A = \frac{0,0009 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\mathbf{A = 0,003 \text{ m}^2}$$

El valor D será definido mediante:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003}{\pi}}$$

$$D = 0,0618 \text{ m}$$

Por lo tanto D = 6,18cm

Para el cálculo del número de orificios (NA):

$$NA = \frac{\text{Area del diametro calculado}}{\text{Area del diametro asumido}} + 1$$

Remplazando valores, obtenemos:

$$NA = \frac{6,18}{2} + 1$$

$$NA = 4,09$$

Constructivamente:

$$\mathbf{NA = 4}$$

Para el cálculo del ancho de la pantalla se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la Figura

Siendo: "D" el diámetro de la tubería de entrada.

"b" el ancho de la pantalla.

Conociendo el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada se calcula el ancho de la pantalla (b).

Para el cálculo del ancho de pantalla b.

$$b = 2 \cdot (6 \cdot D) + NA \cdot D + 3D \cdot (NA - 1)$$

Donde:

b = Ancho de la pantalla.

D = Diámetro del orificio.

NA = Numero de orificios.

Remplazando los valores, obtenemos:

$$b = 2 \cdot (6 \cdot 6,18) + 4 \cdot 6,18 + 3 \cdot 6,18 \cdot (4 - 1)$$

$$b = 154,5 \text{ cm}$$

Constructivamente:

$$\mathbf{b = 155 \text{ cm.}}$$

- **Cálculo de la altura de la cámara húmeda.**

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción.

Para el cálculo de la carga requerida:

$$h_0 = 1,56 \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h₀ = Carga requerida, en (m)

V = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción, valor máximo recomendado 0,6 m/s.

g = Aceleración de la gravedad igual a 9,81 (m/s²)

Remplazando valores, obtenemos:

$$h_0 = 1,56 \cdot \frac{(0,6 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_0 = 0,0477 \text{ m}$$

Para facilitar el paso del agua se asume la altura mínima de:

$$h_0 = 30\text{cm}$$

Por lo que la altura total de la cámara húmeda:

$$H_t = A + B + H + D + E$$

Donde:

A = Se considera una altura mínima de 10 cm que permite la sedimentación de la arena.

B = Se considera el diámetro de salida en (cm) 6,18 cm.

H = Altura de agua sobre la canastilla en (cm) $h_0 = 0,50\text{cm}$.

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm).

E = Borde libre (mínimo 30cm).

Remplazando los valores, obtenemos:

$$H_t = 20\text{cm} + 6,18\text{cm} + 30\text{cm} + 10\text{cm} + 30\text{cm}$$

$$H_t = 101,18\text{cm}$$

Para el diseño se considerará una altura total de 110 cm

- **Dimensionamiento de la canastilla**

Se considera que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c); que e la rea total de ranuras (A_t) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 D_c y menor que 6 D_c .

Para el cálculo del área total de las ranuras (A_t)

$$A_t = 2 \cdot A_c$$

Donde:

$$A_c = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4}$$

$$A_c = \frac{3.14.16 \cdot 2,5cm^2}{4}$$

$$A_c = 4,91cm^2$$

$$A_t = 2 * A_c$$

$$A_t = 2 * 4,91cm^2 = 9,82cm^2$$

Área de cada ranura considerando perforaciones de 0,25cm

$$A_r = \frac{3.14.16 \cdot (0,25cm)^2}{4}$$

$$A_r = 0,0491cm^2$$

Conociendo los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$\text{Número Ranuras} = \frac{\text{Area total de ranuras}}{\text{Area de ranuras}} + 1$$

$$\text{Número Ranuras} = \frac{9,82}{0,0491\text{cm}^2} + 1 = 2,01$$

Tubería de rebose y limpieza

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazem y Williams (para C=140).

Donde:

$$D = \frac{0,71 * Q^{0,89}}{S^{0,21}}$$

D = Diámetro en pulg.

Q = Gasto máximo de la fuente en l/s

S = Pérdida de carga unitaria en m/m

$$D = \frac{0,71 * 0,9^{0,89}}{0,01^{0,21}} = 0,99 \text{ pulg}$$

Asumimos tubería de 1 1/4" pulg.

4.1.1.4. Desarenador

El desarenador es aquel componente destinado a la remoción de las arenas y solidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

Tiene por objeto separar del agua todas las partículas de cierto tamaño, que la captación de una fuente permite pasar con el fin de evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento.

La función que desempeña es muy importante y, solo en el caso de circunstancias especiales como es el caso de disponer o captar aguas muy limpias se podría omitir su utilización; además:

- Permite preservar los equipos hidromecánicos de la acción abrasiva de los sedimentos gruesos contenidos en el agua.
- Garantiza la clarificación del agua mediante la retención y sedimentación de las partículas.
- Permite un abastecimiento ininterrumpido del agua.
- Permite la evacuación de los sedimentos depositados en cámaras, con el mínimo consumo de agua.

El desarenador esta constituido de los siguientes componentes:

1. Zona de entrada:

Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez su velocidad.

2. Zona de desarenación:

Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

3. Zona de Salida:

Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

4. Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada:

Con una pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos. (Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, Cap. III, Lima2005)¹¹

Diseño hidráulico y dimensionamiento del desarenador

Datos:

Caudal de Diseño: 0,825 l/s.

Densidad relativa de la arena:

Diámetro de la partícula: 0,005

Temperatura del agua: 15° C

Criterios de diseño:

- El periodo de operación es de 24 horas por día.
- El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- La carga superficial será entre los valores de 60 - 120 m³/m²/día.
- La profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.

¹¹<http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/desarenadores/sedimentadores.pdf>

Cálculo del volumen del desarenador:

$$V = Q \times t$$

Donde:

V= Volumen del desarenador (m³)

Qd= Caudal de diseño m³/s

t = Periodo de retención en segundos (s)

Remplazando valores, obtenemos:

$$V = \frac{0,825l/s}{1000 * 1min} * 15min * 60s$$

$$V = 0,7425m^3$$

Cálculo del área superficial del desarenador:

$$S = \frac{Qd}{Cs}$$

Donde:

S= Área superficial en m²

Qd= Caudal de diseño en m³/s

Cs= Carga Superficial, m/s 60m³/m²/día

Remplazando valores, obtenemos:

$$A = \frac{0,825l/s}{\frac{1000}{\frac{60}{86400}}} = 1,188m^2$$

Cálculo de la profundidad del desarenador:

$$H = \frac{Vu}{S}$$

Donde:

H= Profundidad del desarenador, en m²

Vu = Volumen útil del desarenador, en m³

S= Área horizontal del desarenador, en m²

Reemplazando valores, obtenemos

$$H = \frac{0,7425m^3}{1,188m^2} = 0,625m$$

Constructivamente 0,7m

Cálculo de la longitud del desarenador:

$$L = 3 * B$$

Donde:

L= Longitud requerida en m

B = Ancho adoptado, (1,10m adoptado)

Reemplazando valores, obtenemos:

$$L = 3 * 1,10m = 3,30m$$

Chequeo de velocidades:

Cálculo de la velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{g \cdot d^2}{18} \left(\frac{\rho - 1}{n} \right)$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación (cm/s)

d = Diámetro de la partícula (cm)

n = Viscosidad cinemática del agua (cm²/seg) a 15°C = 0,0017cm²/s

ρ = Densidad relativa de la arena 2,65 g/cm³

Remplazando valores, obtenemos:

$$V_s = \frac{9,81 \cdot 0,015^2}{18} \left(\frac{2,65 - 1}{0,0017} \right) = 0,1190 \text{ cm/s}$$

Cálculo de la Velocidad de arrastre:

$$V_a = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\delta_s - 1)\phi}$$

Donde:

V_a= Velocidad de arrastre, en cm/s

K= Coeficiente varia entre 3 y 4,5

δ_s= Densidad relativa de la arena

g = Velocidad de la gravedad 9,81 m/s²

Remplazando los valores, obtenemos:

$$V_a = \sqrt{\frac{8 * 3}{0,7} 9,81(2,65 - 1) * 0,015}$$

$$V_a = 8,32\text{cm/s}$$

Calculo de la velocidad horizontal de flujo

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

Donde:

Q= Caudal de diseño, en m³/s

AT = Área transversal en m²

Remplazando valores, obtenemos:

$$V_h = \frac{0,000825 \text{ m}^3/\text{s}}{0,56\text{m}^2} = 0,00147$$

$$V_h = 0,014\text{cm/s}$$

Estructura de entrada

$$AO = \frac{\pi * DO^2}{4}$$

Donde:

AO= Área de los orificios en cm²

DO= Diámetro de los orificios impuesto 0,01m

Reemplazando valores, obtenemos

$$AO = \frac{\pi * 0,01^2}{4} = 0,00008m^2$$

Área requerida de los orificios

$$AR = \frac{Q}{VO}$$

Donde:

AR= Área requerida de los orificios en m²

Q = caudal de diseño en m³/s

VO = Velocidad en los orificios impuesto 0,08m/s

Reemplazando valores, obtenemos

$$AR = \frac{0,000825m^3/s}{0,08m/s} = 0,00103$$

Numero de orificios

$$NO = \frac{AR}{AO}$$

Donde:

NO = Numero de orificios

AR = Área requerida de orificios en m²

AO = Área de los orificios en m²

Reemplazando valores, obtenemos:

$$NO = \frac{0,00103m^2}{0,00008m^2} = 12,875$$

Adoptamos 13 orificios

Estructura de salida

En la estructura de salida se calculo la carga sobre el vertedero

$$H = \frac{Q^{0,67}}{1,84 * B}$$

Donde:

H= carga sobre el vertedero, en m²

Q = Caudal de diseño en m³/s

B =ancho igual al de la cámara (0,8m)

Reemplazando valores, obtenemos:

$$H = \frac{0,000825m^3/s^{0,67}}{1,84 * 0,80} = 0,006630 = 0,66cm$$

Volumen de tolva de lodos

1.- Altura del primer tercio de la cámara.

$$h = \frac{l}{3} \times j$$

Donde:

h = Altura del primer tercio de la cámara

l = Longitud adoptada (2,85m)

j = pendiente adoptada 20%

Remplazando valores, obtenemos:

$$h = \frac{2,85}{3} \times 0,2 = 0,18$$

Por lo tanto por cuestiones constructivas 20cm

2.- Volumen de la tolva de lodos.

$$Vt = \frac{As \times h}{3}$$

Donde:

Vt = Volumen de la tolva de lodos en m³

As = Área Superficial 1,76m²

h = Altura del primer tercio de la cámara en m

$$Vt = \frac{1,88 \times 0,20}{3} = 0,125m^3$$

Las medidas obtenidas corresponden al mínimo recomendado por facilidad de construcción. Adicionalmente se ha considerado las estructuras de entrada salida y volumen adicional para lodos.

4.1.1.5. Sistema de filtración lenta descendente

La filtración lenta es un proceso de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través de capas de arena que constituyen el medio filtrante; el cual luego de pasar por varios procesos ayuda a reducir el número de microorganismos (bacterias, quistes, virus, etc.), eliminación de materia en suspensión, de materia coloidal y cambios en la composición química.

En la parte superior del lecho, se forma una capa gelatinosa constituida de algas y microorganismos biológicamente muy activos, que descomponen la materia orgánica, mientras que la materia inorgánica en suspensión queda retenida por acción del colado; de tal manera que se produce un principio de floculación llegando inclusive a eliminar la turbidez del agua.

La filtración lenta en arena como tratamiento principal

La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos, reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente, la presencia de subproductos de desinfección en el agua final. Los filtros lentos de arena también eliminan parte de las impurezas más finas que se encuentran en el agua. Por esta razón se localizan al final de la línea de tratamiento.

Los procesos biológicos en la filtración lenta son más importantes que los procesos físicos. La materia orgánica presente o disuelta en forma de sólidos inestables, es biológicamente degradada en presencia de oxígeno hasta productos inorgánicos estables. En ausencia de oxígeno esta degradación termina en productos ofensivos para los sentidos y por eso es importante airear el agua cruda cuando presente niveles muy bajos de oxígeno. La capa biológica que se forma encima del lecho filtrante en

buena parte responsable de la oxidación de los compuestos orgánicos y de la remoción de los organismos patógenos.

La necesidad de limpieza de las unidades de filtración lenta es normalmente determinada por el nivel de carga máxima permisible y no por el deterioro de la calidad del efluente. Esto ofrece algunas ventajas ya que el registro de un criterio hidráulico es más fácil que medir los parámetros de la calidad de agua.

Mediante este proceso se produce una separación de bacterias y partículas que no han sido detenidas en los procesos previos. Esto se establece haciendo atravesar el agua a través de un medio poroso que en la mayoría de casos está constituido por arena de determinada granulometría y diámetro efectivo. (Guía para el diseño de sistemas de filtración en múltiples etapas.)¹²

Diseño hidráulico de filtro lento descendente

- Se diseñara dos unidades funcionando con el 65% del caudal de diseño cada una.
- Caudal a tratarse 0.536l/s por cada unidad.
- Tasa de filtración de 3 m³/m²/día. (Según las Normas vigentes, la tasa de filtración debe estar entre 2.4 a 4.8 m³/m²/día.)

Cámara de filtración:

1. Área de la cámara de filtración:

$$A_f = \frac{Qd}{2 * T_f}$$

Donde:

A_f = Área de la cámara de filtración, en m²

Q_d = caudal por filtrar en m³/día

¹²http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf

Tf= Tasa de filtración en m³/m²/día

$$Af = \frac{48,64}{3 * 2} = 8,10$$

2. Diámetro de los filtros:

$$d = \sqrt{\frac{Af * 4}{\pi}}$$

Remplazando valores, obtenemos:

$$d = \sqrt{\frac{8,10 * 4}{\pi}} = 3,20m$$

Sistema de drenaje y recolección de agua filtrada

Q por cada filtro = 0,563 l/s

Velocidad de filtración Vf estará comprendida entre 0,10 – 0,20 m/h

1.- Área de Orificio

Diámetro de orificio adoptado = 5mm

Ao= 1,96E-5

2.- Caudal de ingreso por orificio

Velocidad en cada orificio adoptada= 0,1 m/s

Qo = Ao x V = 1,96E-6

3.- Número de orificios

$$\text{Numero Orficios} = \frac{Q_{\text{filtrado}}}{Q_{\text{cada orificio}}}$$

Orificios = 28 orificios

Asumimos cuatro laterales, dos a cada lateral del colector principal

Material filtrante

Las especificaciones técnicas dada la normativa para filtros lentos nos indican que el lecho filtrante debe cumplir con las siguientes características:

Tabla 9: Características Lecho filtrante

Posición en el lecho	Espesor de capa	Diámetro
Borde libre	0,2	
Película de agua	1	
Capa de arena	1	1,15- 0,35
CAPA DE SOPORTE		
1 Capa	0,1	1 - 1,40
2 Capa	0,1	4 - 5,60
3 Capa	0,1	16 - 23,0
ALTURA TOTAL	2,5	

$$h_f = \frac{0,00608 \times V \times L_o}{d^2}$$

Donde:

H_f= Pérdida en lecho filtrante cm.

D= Diámetro de las partículas del material filtrante (0,015cm).

V = Velocidad de filtración (0,10m/h).

L_o = Espesor o altura de la capa filtrante (100cm).

Remplazando valores, obtenemos:

Arena seleccionada

L (espesor de la capa) = 100cm

D (diámetro efectivo grava) = 0,015cm

$$hf1 = \frac{0,00608 \times 2,77E - 3 \times Lo}{d^2}$$

hf1= 7,50cm

Primera capa de soporte

L (espesor de la capa) = 100cm

D (diámetro efectivo grava) = 0,020cm

Remplazando valores, obtenemos:

$$hf2 = \frac{0,00608 \times 2,77E - 3 \times Lo}{d^2}$$

hf2= 4,22cm

Segunda capa de soporte

L (espesor de la capa) = 100cm

D (diámetro efectivo grava) = 0,5cm

Remplazando valores, obtenemos:

$$hf3 = \frac{0,00608 \times 2,77E - 3 \times Lo}{d^2}$$

hf3 = 0,00675

Tercera capa de soporte

L (espesor de la capa) = 100cm

D (diámetro efectivo grava) = 1,6cm

Remplazando valores, obtenemos:

$$hf_4 = \frac{0,00608 \times 2,77E - 3 \times L_0}{d^2}$$

hf4 = 0,000659

Perdida total de material filtrante

$$H_{ft} = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4$$

hfT = 11,72cm

2.- Pérdidas en Orificios

$$h_o = \frac{Q^2}{C_d^2 \times A^2 \times 2 \times g}$$

Donde:

Ho = pérdida de carga en orificios

Cd= 0,60 para orificios

A = área total de orificios en m²

g = Aceleración de la gravedad

Remplazando valores, obtenemos

$$h_o = \frac{0.563^2}{0,60^2 \times 1,96E - 5 \times 2 \times 9,81}$$

ho= 0,00228 m

Perdida total

PÉRDIDA TOTAL MATERIAL FILTRANTE + PÉRDIDA ORIFICIOS

HT = 11,94cm

4.1.1.6. Sistema de desinfección

Para completar el proceso de tratamiento, el sistema debe estar constituido por un sistema de desinfección previo a su almacenamiento y distribución.

A continuación se presentan los posibles métodos de desinfección:

Métodos físicos:

Son procesos físicos a los cuales es sometida el agua, permiten eliminar o inactivar los microorganismos presentes en la misma.

El método físico más empleado y aplicado en las zonas rurales es:

Hervido:

Es el método más usado y aplicado a menor a escala, es un método útil y eficaz, ya que la explosión de los patógenos transmitidos por las aguas más comunes (bacterias, virus y parásitos) a temperatura de agua de 90 a 100 grados durante un corto tiempo los eliminará.

Métodos químicos:

Consiste, en la aplicación de un compuesto químico en el agua para destruir o inactivar los microorganismos. (Guía para la selección de sistemas de desinfección en zonas rurales, Lima 2007)¹³

Los productos químicos mas usados son:

- Compuestos del cloro, que son los desinfectantes de uso corriente a nivel mundial
- Yodo, para uso doméstico

Tabla 10: Selección de los sistemas de desinfección

Físicos		Químicos	
Ultrafiltración Ultrasonido Ósmosis inversa Electroforético Ebullición Congelación	Cloro	Gas	
		Hipoclorito	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sodio ○ Calcio
		Dióxido de cloro Cloraminas	
		Permanganato de potasio Yodo Bromo Ozono Peróxido de hidrógeno Plata	
Radiación ionizante	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gamma ○ Ultravioleta 		

Fuente: <http://www.bvsde.opsoms.org/tecapro/documentos/agua/guiaseleccsistdesinf.pdf>

Un desinfectante de agua para consumo humano, debe satisfacer ciertos criterios generales

- Rápido y efectivo.
- Debe destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a tratar.

¹³<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiaseleccsistdesinf.pdf>

- De ser posible, no debe introducir ni producir sustancias tóxicas.
- Que no afecte el sabor, olor y color del agua.
- Fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar.
- El costo del equipo, su instalación, operación, mantenimiento y reparación, debe ser razonable.

Por lo que bajo estas circunstancias el método que se propone como desinfectante del agua, es la desinfección mediante tabletas de cloro.

Ventajas de la desinfección del agua mediante cloro:

- Accesible.
- Tiene potencia germicida de espectro amplio.
- Capacidad oxidante, que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica.
- El equipo para su dosificación es usualmente sencillo, confiable y de bajo costo.
- Es eficaz en relación a su costo.

Productos disponibles

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- Cloro gaseoso (no aplicable al ámbito rural) El uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores a 500 m³/día, lo que a una dotación de 100 litros por habitante por día, típica del medio rural, significa que **el cloro gas solo es recomendable para poblaciones mayores de 5 000 habitantes.**

- Cal clorada.
- Hipoclorito de sodio.
- Hipoclorito de calcio.

Po lo que la alternativa de cloración más adecuada será por medio del hipoclorito de calcio en tabletas, a continuación un a breve descripción:

Hipoclorito:

Cal clorada: Polvo fino de color blanco amarillento e higroscópico con densidad aparente entre $0,61 \text{ g/cm}^3$ - $0,85 \text{ g/cm}^3$, que contiene entre 25% y 37% en peso de cloro disponible. El material contiene algo de cal libre. (Normativa de productos químicos para uso industrial)¹⁴

Hipoclorito de calcio:

El hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{OCI})^2$ es una sustancia blanco amarillenta, presentada en forma de polvo granular, gránulo o tableta, que contiene de 65% a 70% en peso de cloro disponible. La densidad aparente del polvo granular es cerca de $0,51 \text{ g/cm}^3$ - $0,80 \text{ g/cm}^3$, y la densidad aparente del gránulo es de $1,1 \text{ g/cm}^3$ - $1,3 \text{ g/cm}^3$. (Normativa de productos químicos para uso industrial)¹⁵

Se ha elegido las tabletas de cloro como método de desinfección con los siguientes parámetros:

- Eficiencia
- Facilidad de manejo
- Fácil de conseguir en el mercado local

¹⁴<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3664-01.pdf>

¹⁵<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3664-01.pdf>

Para poder dar un buen uso a las tabletas de cloro se usará un dosificador los cuales usan como producto desinfectante a los compuestos del cloro, a continuación las diferentes alternativas de dosificadores usados en zonas rurales:

4.1.1.6.1. Primera alternativa de desinfección

Hipoclorador por difusión:

Realizada la desinfección del sistema de agua potable, se procede a clorar el agua. Se utilizan los hipocloradores de flujo difusión, que son unidades relativamente sencillas de PVC y diseñadas para ser ubicadas en recipientes donde el flujo es constante, de preferencia en los reservorios.

Cada hipoclorador está diseñado para entregar un promedio de 40 a 50 gramos por día con un gasto constante de un litro por segundo, es decir, permite una concentración de 0.5 ppm.

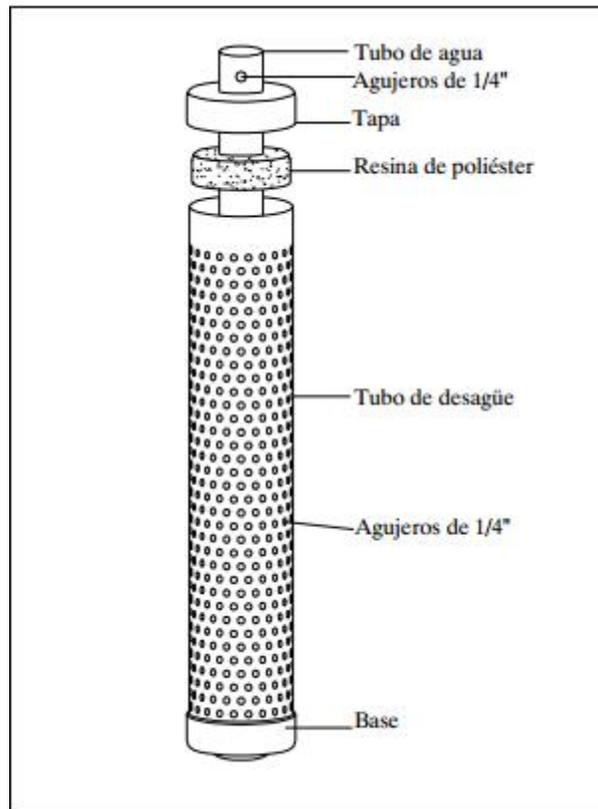
Se instalará un hipoclorador por cada l/s que ingrese a la unidad a ser tratada.

Montaje y aplicación:

- Cargar el hipoclorador con cloro en su forma de hipoclorito de calcio al 30%.
- Colocar en posición vertical el hipoclorador; remover la tapa de ingreso, y llenar el espacio con aproximadamente 2 kg de hipoclorito (sólido); apisonar con una varilla hasta el borde superior y volver a tapar.
- Ubicar el hipoclorador colgándolo en posición vertical mediante una cuerda y totalmente sumergido dentro de la instalación.
- Cuando al medir el cloro residual del agua por medio del comparador, se tenga un valor menor de 0.2 mg/l, se debe renovar el cloro del hipoclorador; en caso que no se tuviera comparador se debe renovar el cloro cada 20 días. Con el comparador

de cloro se determina el cloro residual. El procedimiento se basa en llenar el tubo de vidrio con la muestra de agua, agregar una pastilla de cloro y ver el color que ha tomado. Luego de 60s comparar el color producido con la escala de valores y obtener el cloro residual de la muestra.¹⁶

Tabla 11: Hipoclorador por difusión



Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiaseleccsistdesinf.pdf>

4.1.1.6.2. Segunda alternativa de desinfección

Dosificador por erosión de tabletas:

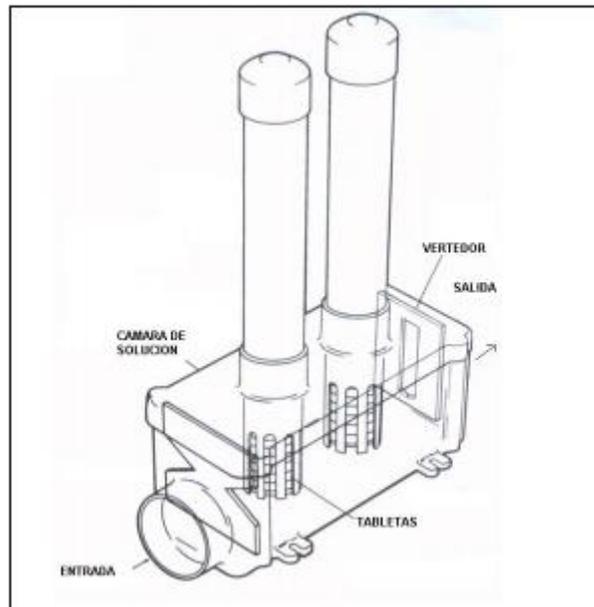
Utilizan tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración, las que se pueden obtener de distribuidores o pueden prepararse localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema ha encontrado un lugar

¹⁶<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xxxv.pdf>

importante para comunidades pequeñas. Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito hasta una predeterminada dosis, mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo se remplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrada alimenta el tanque de almacenamiento para su posterior distribución.

Tabla 12: Dosificador por erosión de tabletas



Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiaseleccsistdesinf.pdf>

Instalación de un dosificador por erosión:

La forma de instalar el equipo es relativamente fácil y económica debido a que el agua pasa por el clorador por medio de un impulso natural o mecánico y se captura el agua clorada en el tanque de almacenamiento. Además puede o no necesitar una caseta para su instalación.

La instalación para nuestro caso es por gravedad, el agua pasa por el clorador por medio de un impulso natural o mecánico y se captura el agua clorada en un tanque de almacenamiento.

La cloración se realiza mediante una corriente de agua que ingresa al equipo por la parte inferior interna, que va disolviendo controladamente las tabletas que se localizan en el plato de contacto del clorador. Las tabletas están contenidas en un cartucho dosificador suministrando el cloro al agua sobre un caudal específico y en la concentración deseada.

La cantidad de cloro liberado por las tabletas se controla mediante el flujo de agua que se suministra al clorador. Esto controlado con una válvula de compuerta y medido con un flujómetro.

Las tabletas están contenidas en cartucheras, las cuales entran por la parte superior del clorador a través de las guías del equipo. Una vez que la cartuchera se vacía se saca del equipo y se coloca una nueva.

Operación y mantenimiento:

Los dosificadores por erosión de tabletas son sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. Una vez calibrado el equipo, si no hay grandes variaciones en el flujo, normalmente requieren de poca atención, excepto para cerciorarse de que el depósito este lleno de tabletas para asegurar la dosificación continua. El mecanismo del dosificador de tabletas se debe inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones; se tendrá cuidado de limpiarlo bien, volver a ponerlo en la posición correcta y calibrarlo. La inspección y el relleno de tabletas dependerán de la instalación específica, de la dosificación de cloro y del volumen de agua tratada.

En cuanto a la seguridad, en general las tabletas de hipoclorito son más fáciles y seguras de manejar y almacenar que otros compuestos de cloro; sin embargo es necesario observar precauciones de seguridad mínimas.

Por lo que analizando las dos alternativas, se optó por el uso del dosificador por erosión debido a la facilidad y sencillez de su aplicación e instalación; además es mucho más seguro debido a que la pastilla de cloro se coloca en seco en el dosificador

Ventajas:

- No necesita de energía eléctrica por lo que se puede utilizar manualmente.
- Nunca se está en contacto con las tabletas por lo que se tiene más seguridad en el manejo del producto químico.
- Tiene alta estabilidad en almacenaje y aplicación.
- Posee una concentración de cloro del 60%.
- No afecta la dureza ni el pH del agua.
- Facilidad de instalación.
- Es económicamente rentable.
- La cantidad de cloro liberado por las tabletas se controla mediante el flujo de agua que se suministra al clorador; controlado con una válvula de compuerta y medido con un flujómetro. (Guía para la instalación de sistemas de desinfección, Lima 2007)¹⁷

4.2. Cálculo del costo diario y mensual

En nuestro caso, el cálculo del costo de este sistema ha sido concebido para las siguientes condiciones.

¹⁷<http://www.bvsde.ops-oms.org>

- Para un caudal de 0,825l/s y con el sistema funcionando las 24 horas del día y 30 días al mes

Kilogramos de provichlor al día:

$$TP = Q \times D \times Cc \times H$$

Donde:

TP = Tabletas de provichlor en kg

Q = Caudal de diseño en l/min

D = Dosificación en ppm = 1

Cc = Concentración de cloro = 62,5 %

H = Horas de inyección en h.

Remplazando los valores, obtenemos:

$$TP = \frac{49,5 \times 1 \times 1,625 \times 24 \times 60}{1000000}$$

TP = 0,11 kg/día

Kilogramos de provichlor hora:

$$TPh = Q \times D$$

Donde:

TPh = Tabletas de provichlor en kg, consumidas en una hora

Q = Caudal de diseño en l/s

D = Dosificación en ppm

$$TP = \frac{49,5 \times 1 \times 60}{1000000}$$

TP = 0,0297 kg/día

Resultados:

Costo diario = 0,22\$

Costo mensual = 6,76\$

Según lo consultado el valor del equipo clorador provichlor tab cuesta alrededor de 1000 dólares esto incluye el flujómetro y todos los accesorios de instalación.

4.3. Almacenamiento

Luego de la desinfección, se deberá implantar un tanque que permita mantener una cantidad de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo, según la capacidad del almacenamiento será del 50% del volumen medio diario futuro. En ningún caso, el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m³.

Esta unidad será construida de ferrocemento y con todos los accesorios y obras adicionales que garanticen su operación y mantenimiento. (Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, Norma CO 10.7-601, 6ta parte, numeral 5.5)¹⁸

4.4. Calculo hidráulico de las redes

4.4.1 Red de conducción

Diseño hidráulico: Son los cálculos más importantes dentro del diseño de la red de agua potable, ya que en base a estos, se calculan los diámetros y presiones de la tubería.

¹⁸Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, Norma CO 10.7-601, 6ta parte, numeral 5.5

El diseño hidráulico ha sido realizado tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Presión dinámica mínima 10 m.
- Presión estática máxima: la presión que pueda resistir la tubería a utilizarse
- Tubería de PVC con una resistencia de 1MPA Y 1,6MPA.
- Para los cálculos necesarios se utilizó las fórmulas de Hazem Williams.

Perdida de carga: Representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento.

Para la perdida de carga se tomo en cuenta una perdida máxima de 12 m por kilometro

Cota piezometrica: Es la altura a la que se elevaría el agua en el Sistema Hidráulico, cuando se instala en él un tubo abierto a la atmósfera llamado Piezómetro. La Altura Total, en cambio, sería la altura a la que se elevaría el agua si instalamos en el Sistema un Tubo de Pitot, el cual es similar al piezómetro pero además toma en cuenta la velocidad del fluido. (Principios de la hidráulica. El principio de energía).¹⁹

Presión estática: Es la presión total que ejerce el agua. De esta manera, cualquier presión ejercida por un fluido la cual no es ejercida por el movimiento o velocidad del fluido es llamada presión estática del fluido.

Para fluidos en reposo (estáticos) la presión dinámica es nula y la presión estática es igual a la presión total. Mientras que la presión dinámica actúa únicamente en la dirección del flujo, la presión estática actúa por igual en todas las direcciones y siempre en ángulo recto con todas las superficies que contengan al fluido.²⁰

Presión dinámica: Se puede decir que cuando los fluidos se mueven en un conducto, la inercia del movimiento produce un incremento adicional de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular al movimiento. Esta fuerza se produce por la

¹⁹ <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/principios-de-la-hidraulica-que-necesitas-conocer-el-principio-de-energia/>

²⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Presion_estatica

acción de la presión conocida como dinámica. La presión dinámica depende de la velocidad y la densidad del fluido. (Presión estática y dinámica, Wikipedia).²¹

4.4.2. Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías y accesorios que permiten llevar el agua hasta los consumidores.

Por las características topográficas del sector las redes de distribución están conformadas de circuitos abiertos cuyos diámetros están de acuerdo a los caudales requeridos por cada sector a servirse.

La Norma CO 10.7-602 recomienda seguir los siguientes criterios de diseño de redes de distribución:

- Caudal de diseño = caudal máximo horario.
- Presión estática máxima = 70m.
- Presión dinámica mínima = 5m.
- Diámetro mínimo de redes = 25 mm (3/4").

Tanque rompe presión:

Se hace necesaria la instalación de este accesorio cuando existe un fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, los cuales pueden generar presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería.

Permite garantizar el funcionamiento de las tuberías en cualquier régimen.

Válvulas de aire:

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire, para este caso concreto se ha

²¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_din%C3%A1mica

considerado válvulas de aire de doble acción la cual expulsa el aire durante el llenado de la tubería, permite la descarga eficiente de bolsas de aire en las tuberías presurizadas y admite grandes volúmenes de aire en caso de vaciado de la tubería.

Válvulas de purga:

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con la topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.²²

Válvulas de sectorización:

Son aquellas válvulas que previenen el paso de agua de una porción a otra y la característica común del conjunto de tuberías es el origen de su alimentación

En el caso de que el sistema tenga una falla no se puede racionar el agua por sectores de tal manera que no interrumpir toda la red.

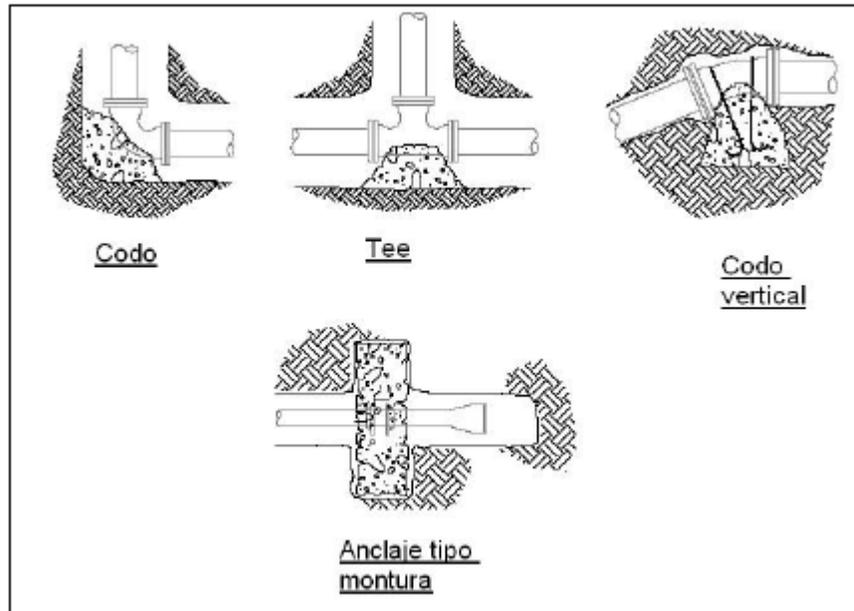
ANCLAJES

(Para presión de 100 MPa, 160MPa y resistencia del suelo de 1 kg/cm2.)

- Todos los accesorios como: codos, tees, válvulas, tapones deberán ser anclados.
- El anclaje deberá estar cimentado en suelo no alterado
- El concreto será de 300 Kg./cm²
- Todos los accesorios deberán estar forrados de papel o plástico antes de la colocación de hormigón
- Se deberán proteger los pernos y tuercas de las juntas (de haberlas) y no serán embebidas

²²<http://www.bermad.com/data/uploads/WW-C70-Spanish-PCAWS11-C70%20FINAL.pdf>

Tabla 13: Anclajes de hormigón



4.5. Evaluación ambiental del proyecto

La evaluación del impacto ambiental de un proyecto es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo. A continuación se describe el posible impacto causado al medio circundante durante las etapas: de estudio, construcción y en funcionamiento.

Impacto ambiental en la etapa de estudios: Luego de realizado el estudio para el sistema de agua potable, podemos señalar que el impacto causado al medio ambiente natural será mínimo durante esta fase, pues que para su ejecución no ha sido necesario realizar ninguna actividad que altere el paisaje del lugar.

Impacto ambiental en la etapa de construcción: Es la más crítica para el medio ambiente, ya que se utilizará equipos y materiales que pueden ocasionar algunos cambios en el paisaje.

Impacto ambiental en la captación:

- No habrá impacto negativo alguno ya que habrá un caudal ecológico que garantizará la permanencia de la fuente de agua.
- Se debe realizar la limpieza de hojas y basuras con el fin de mantener limpia la vertiente.
- Para poseer una buena calidad de agua, se debe evitar el pastoreo y los cultivos junto a la misma, y además se debe construir un cerramiento alrededor de la vertiente.

Impacto ambiental en conducción y redes de distribución:

- En los tanques rompe presión y uniones de la tubería, se debe evitar las fugas de agua, para no ocasionar socavaciones o deslizamientos en los terrenos aguas abajo.
- En cuanto a la compactación del relleno se lo debe hacer de acuerdo con las especificaciones técnicas de construcción, para evitar cualquier caso de asentamiento del suelo.

Impacto ambiental en planta de tratamiento y tanque de reserva:

- En el lugar donde se va a construir la nueva planta de tratamiento, existe maleza y pastizales, por lo que, el paisaje no se alterará enormemente, manteniendo así el ecosistema del lugar.
- El terreno en donde se realizará la construcción de la planta tiene una pendiente moderada, por lo que no habrá desestabilización de taludes.
- Adicionalmente se debe realizar la construcción de un sistema de drenaje para evitar la formación de corrientes que puedan erosionar el suelo.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1. Presupuesto

El presupuesto ([ver Anexo 5](#)), es una estimación del costo de un proyecto.

La estimación más exacta del costo de una obra se obtiene por un presupuesto basado en el análisis de precios unitarios ([ver Anexo 6](#)).

Costos directos:

Se obtienen de la valoración de todos los elementos que se encuentran íntimamente ligados a la construcción de la obra como tal. Estos elementos fundamentalmente se dividen en mano de obra y equipos, los cuales serán analizados de manera que puedan obtenerse un precio unitario que determine adecuadamente el costo de cada uno de los rubros considerados.

Costos indirectos:

Se obtienen a partir de los gastos técnicos necesarios para la realización de la obra, se determinan de acuerdo con su relación directa respecto al tipo de obra que se va a ejecutar.

Una vez realizado el diseño del Sistema de Agua Potable, se procedió a obtener las cantidades de obra requeridas para cada parte del proyecto.

Con estos datos se ha generado un presupuesto referencial de construcción con su respectivo análisis de precios unitarios realizado en el programa INTERPRO.

El presupuesto detallado a continuación, se ha realizado con la base de datos de precios unitarios del Municipio del Sígsig.

Presupuesto captación

UNIVERSAD DEL AZUAY						
Oferente:	Martín Ismael Solano Rodríguez - Pedro Agustín Deidan Idrovo					
Ubicación:	SIGSIG					
PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		CAPTACIÓN				902,58
1.001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	4,03	9,34	37,64
1.002	502003	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 2 y 4 m	m3	1,00	11,06	11,06
1.003	508002	Replantillo de Piedra, e=20 cm	m2	5,04	8,32	41,93
1.004	501003	Encofrado Recto	m2	14,08	11,32	159,39
1.005	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	1,95	130,31	254,10
1.006	540003	Sum.-Ins, Malla electrosoldada R257	m2	8,05	7,07	56,91
1.007	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	14,57	11,84	172,51
1.008	517014	Preparado y pintado de superficie	m2	8,35	3,78	31,56
1.009	535072	Sum, Tubería PVC E/C 1,00 MPA - 63mm	m	1,00	1,85	1,85
1.010	509001	Colocacion Tubería PVC E/C D= 63 mm	m	1,00	0,23	0,23
1.011	540957	Sum.-Ins, Codo PVC E/C R/L D=63 mm 90 grad	u	1,00	6,41	6,41
1.012	540958	Sum.-Ins, Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	1,00	4,26	4,26
1.013	540959	Sum.-Ins, Valvula compuerta BB DN 40	u	1,00	114,48	114,48
1.014	522030	Replanteo y nivelación de áreas	m2	5,08	1,30	6,60
1.015	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	1,00	3,64	3,64

Presupuesto desarenador

2		DESARENADOR				3.445,24
2.001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	16,64	9,34	155,42
2.002	502003	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 2 y 4 m	m3	1,00	11,06	11,06
2.003	508002	Replantillo de Piedra, e=20 cm	m2	6,37	8,32	53,00
2.004	540963	Sum.-Ins, Codo PVC E/C R/L D=63 mm 90 grad	u	1,00	6,53	6,53
2.005	501003	Encofrado Recto	m2	12,51	11,32	141,61
2.006	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	15,34	130,31	1.998,96
2.007	540003	Sum.-Ins, Malla electrosoldada R257	m2	11,06	7,07	78,19
2.008	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	18,45	11,84	218,45
2.009	517014	Preparado y pintado de superficie	m2	12,67	3,78	47,89
2.010	535A01	Sum, Adaptador H PVC E/C 40 mm	u	1,00	1,00	1,00
2.011	535072	Sum, Tubería PVC E/C 1,00 MPA - 63 mm	m	7,50	1,25	9,38
2.012	509001	Colocacion Tubería PVC E/C D= 63 mm	m	7,50	0,23	1,73
2.013	540960	Sum.-Ins, Tee PVC E/C D=40 mm	u	1,00	3,56	3,56
2.014	540961	Sum.-Ins, Nudo Universal PVC D=1 1/4"	u	8,00	25,55	204,40
2.015	540959	Sum.-Ins, Valvula compuerta BB DN 40	u	4,00	114,48	457,92
2.016	540957	Sum.-Ins, Codo PVC E/C R/L D=40 mm 90 grad	u	2,00	6,41	12,82
2.017	522030	Replanteo y nivelación de áreas	m2	5,33	1,30	6,93
2.018	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	10,00	3,64	36,40

Presupuesto Conducción

3	CONDUCCIÓN				120.217,71	
3.001	522037	Replanteo	km	5,70	430,32	2.452,82
3.002	502012	Excavación a mano en zanja	m3	6.001,24	9,34	56.051,58
3.003	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	4.769,27	3,64	17.360,14
3.004	540128	Sum. Tubería PVC E/C 1,00 MPA - 63 mm	m	4.558,39	1,75	7.977,18
3.005	535072	Sum. Tubería PVC E/C 1,00 MPA - 63 mm	m	5.569,19	1,25	6.961,49
3.006	509001	Colocacion Tubería PVC E/C D= 63 mm	m	10.127,58	0,23	2.329,34
3.007	535A02	Sum. e Ins Reductor PVC E/C D=63mm x 40 mm	u	3,00	3,05	9,15
3.008	540962	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=63 mm 45 grad	u	1,00	5,22	5,22
3.009	540963	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=50 mm 22.5 grad	u	4,00	4,70	18,80
3.010	540964	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=63 mm 11.5 grad	u	2,00	4,09	8,18
3.011	540965	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=63 mm 45 grad	u	2,00	4,78	9,56
3.012	540966	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=63 mm 22.5 grad	u	7,00	4,70	32,90
3.013	540967	Sum.-Ins. Codo PVC E/C R/L D=63 mm 11.5 grad	u	5,00	3,62	18,10
3.014	540A06	material de MEJORAMIENTO COMPACTADO	m3	1.215,30	21,97	26.700,14
3.015	540A07	Pozo de revision con tubo 600 mm, tapa 700 inc. cerco interior y exterior	U	2,00	141,55	283,10

Presupuesto Válvulas de aire

3001	VALVULAS DE AIRE				29,00	2.043,60
3.001.001	540968	Sum.-Ins. Valvula de aire 1/2" Doble Accion	u	10,00	153,48	1.534,80
3.001.003	540709	Sum.-Ins. Collarin D=63 mm x 1/2" (Especif. Normas Internacionales)	u	10,00	50,88	508,80
3002	VALVULAS DE PURGA					793,55
3.002.001	540971	Sum.-Ins. Valvula de purga D= 63 mm	u	5,00	158,71	793,55

Presupuesto Tanque rompe presión

3003	TANQUE ROMPE PRESION					12.125,14
3.003.001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	112,00	9,34	1.046,08
3.003.002	502003	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 2 y 4 m	m3	2,00	11,06	22,12
3.003.003	501003	Encofrado Recto	m2	54,68	11,32	618,98
3.003.004	540003	Sum.-Ins. Malla electrosoldada R257	m2	50,68	7,07	358,31
3.003.005	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	4,70	130,31	612,46
3.003.006	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	17,40	11,84	206,02
3.003.007	540005	Sum.-Ins. Tapa metalica	m2	15,00	142,56	2.138,40
3.003.008	540981	Sum.-Ins. Neplo HG D=40MM mm L=40 cm	u	15,00	12,00	180,00
3.003.009	540982	Sum.-Ins. Universal HG D=1 1/4"	u	15,00	5,62	84,30
3.003.010	540959	Sum.-Ins. Valvula compuerta BB DN 40	u	15,00	114,48	1.717,20
3.003.011	540983	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM mm L=15 cm	u	2,00	7,48	14,96
3.003.012	540984	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM mm L=60 cm	u	2,00	12,42	24,84
3.003.013	540985	Sum.-Ins. Valvula flotadora D=1 1/4"	u	15,00	46,32	694,80
3.003.014	540986	Sum.-Ins. Codo HG D=1 1/4" 90 grad	u	30,00	3,94	118,20
3.003.015	540987	Sum.-Ins. Tee HG D=1 1/4"	u	15,00	3,98	59,70
3.003.016	540988	Sum.-Ins. Union HG D=1 1/4"	u	30,00	3,54	106,20
3.003.017	540958	Sum.-Ins. Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	30,00	4,26	127,80
3.003.018	540989	Sum.-Ins. Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	60,00	5,78	346,80
3.003.019	540990	Sum.-Ins. Union HG D=1 1/2"	u	60,00	4,33	259,80
3.003.020	540991	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM mm L=30 cm	u	4,00	12,55	50,20
3.003.021	540038	Sum.-Ins. Universal HG D=1 1/2"	u	30,00	7,08	212,40
3.003.022	540992	Sum.-Ins. Valvula compuerta BB DN 50	u	15,00	124,96	1.874,40
3.003.023	540993	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM L=15 cm	u	4,00	9,50	38,00
3.003.024	540994	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM L=55 cm	u	4,00	12,56	50,24
3.003.025	540154	Sum.-Ins. Valvula flotadora D=1 1/2"	u	15,00	48,84	732,60
3.003.026	540151	Sum.-Ins. Codo HG D=1 1/2" 90 grad,	u	60,00	4,39	263,40
3.003.027	540995	Sum.-Ins. Neplo HG D=63MM L=70 cm	u	2,00	13,40	26,80
3.003.028	540152	Sum.-Ins. Tee HG D=1 1/2"	u	30,00	4,55	136,50
3.003.029	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	1,00	3,64	3,64

Presupuesto filtro lento de arena

4001		FILTRO LENTO DE ARENA				3.536,06
4.001.001	540989	Sum.-Ins, Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	1,00	5,78	5,78
4.001.002	540996	Sum.-Ins, Nudo Universal PVC D=1"	u	6,00	3,83	22,98
4.001.003	540997	Sum.-Ins, Valvula compuerta BB DN 32	u	4,00	108,91	435,64
4.001.004	535090	Sum, Codo PVC E/C D=32 mm 90 grad.	u	6,00	2,90	17,40
4.001.005	535A06	Sum, Ins Cruz PVC U/E D=32 mm	u	4,00	20,20	80,80
4.001.006	540999	Sum.-Ins, Nudo Universal PVC D=3/4"	u	2,00	3,41	6,82
4.001.007	540A00	Sum.-Ins, Codo PVC E/C R/L D=63 mm 90 grad	u	1,00	6,83	6,83
4.001.008	535A07	Sum, Ins Tubería PVC E/C 0,63 MPA - 63 mm	m	1,00	5,27	5,27
4.001.009	501002	Encofrado Curvo	m2	54,00	13,62	735,48
4.001.010	504003	Mortero Cemento:Arena 1:2 con impermeabilizante	m3	3,40	209,16	711,14
4.001.011	507001	Enlucido con mortero 1:3	m2	26,52	10,08	267,32
4.001.012	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	53,14	2,00	106,28
4.001.013	540003	Sum.-Ins, Malla electrosoldada R257	m2	55,00	7,07	388,85
4.001.014	540005	Sum.-Ins, Tapa metalica	m2	0,50	142,56	71,28
4.001.015	535064	Sum, Candado de 40 mm	u	1,00	12,00	12,00
4.001.016	540028	Sum.-Ins, Escalera metálica	m	4,00	31,56	126,24
4.001.017	505001	Mampostería de Ladrillo con mortero 1:3	m2	8,00	22,33	178,64
4.001.018	540998	Drenes tubería PVC D=32 mm	m	9,60	2,82	27,07
4.001.019	540094	Sum, y colocacion Arena para filtro	m3	1,20	164,42	197,30
4.001.020	540095	Sum, y colocacion Grava para filtros	m3	1,00	61,22	61,22
4.001.021	517014	Preparado y pintado de superficie	m2	9,34	3,78	35,31
4.001.022	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	10,00	3,64	36,40

Presupuesto caseta de cloración

4002		CASETA DE CLORACION				1.862,71
4.002.001	502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	2,03	9,34	18,96
4.002.002	502003	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 2 y 4 m	m3	1,00	11,06	11,06
4.002.003	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	4,80	130,31	625,49
4.002.004	505001	Mampostería de Ladrillo con mortero 1:3	m2	13,56	22,33	302,79
4.002.005	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	13,56	11,84	160,55
4.002.006	516003	Sum.-Ins, Puerta metalica,	m2	3,50	117,36	410,76
4.002.007	535064	Sum, Candado de 40 mm	u	2,00	12,00	24,00
4.002.008	540570	Pintura acrílica impermeabilizante	m2	5,60	5,74	32,14
4.002.009	540989	Sum.-Ins, Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	1,00	5,78	5,78
4.002.010	540A01	Sum, Ins Tubería PVC E/C 1,25 MPA - 25 mm	m	2,56	2,40	6,14
4.002.011	540999	Sum.-Ins, Nudo Universal PVC D=3/4"	u	2,00	3,41	6,82
4.002.012	540975	Sum.-Ins, Valvula compuerta BB DN 25	u	2,00	101,09	202,18
4.002.013	535A08	Sum, Ins Codo PVC E/C D=25 mm 90 grad	u	3,00	4,13	12,39
4.002.014	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	20,00	2,00	40,00
4.002.015	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	1,00	3,64	3,64

Presupuesto tanque ferrocemento

5	TANQUE DE FERROCEMENTO V=30 M3				5.575,87	
5.001	540104	Drenes tubería PVC D=110 mm	m	19,00	7,96	151,24
5.002	508001	Replanteo de Piedra, e=15 cm	m2	22,05	7,36	162,29
5.003	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	2,78	130,31	362,26
5.004	540359	Sum.-Ins, Malla electrosoldada R188	m2	22,05	5,36	118,19
5.005	540003	Sum.-Ins, Malla electrosoldada R257	m2	1,00	7,07	7,07
5.006	540010	Sum.-Ins, Malla exagonal 5/8	m2	213,61	5,70	1.217,58
5.007	507004	Enlucido 1:2 + Impermeabilizante	m2	42,17	11,84	499,29
5.008	501002	Encofrado Curvo	m2	45,44	13,62	618,89
5.009	507008	Enlucido 1:2	m2	45,44	10,94	497,11
5.010	504001	Mortero Cemento:Arena 1:2	m3	1,42	173,16	245,89
5.011	540062	Sum.-Ins, Malla de cerram, 50/12 h=2,0 con tubo poste 2"	m	28,27	31,18	881,46
5.012	596052	Alambre galvanizado	LB	239,00	1,09	260,51
5.013	516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	15,00	2,00	30,00
5.014	540584	Sum.-Ins, Plancha de tool (Para tapa tanque)	m2	0,16	39,72	6,36
5.015	540A03	Sum,Ins Tubería HG D=2"	m	7,00	12,34	86,38
5.016	540109	Sum.-Ins, Universal HG D=2"	u	5,00	8,44	42,20
5.017	540A04	Sum.-Ins, Neplo HG D=2" mm L=15 cm	u	7,00	7,86	55,02
5.018	540A05	Sum.-Ins, Valvula compuerta BB DN 63	u	2,00	131,35	262,70
5.019	540108	Sum.-Ins, Tee HG D=2"	u	1,00	5,69	5,69
5.020	540107	Sum.-Ins, Codo HG D=2" 90 grad,	u	2,00	5,04	10,08
5.021	540106	Sum.-Ins, Adaptador PVC/HG D=63 mm	u	2,00	4,91	9,82
5.022	540109	Sum.-Ins, Universal HG D=2"	u	5,00	8,44	42,20
5.023	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	1,00	3,64	3,64

Presupuesto caja de válvulas

6	CAJA DE VALVULAS				1.534,22	
6.001	508002	Replanteo de Piedra, e=20 cm	m2	2,00	8,32	16,64
6.002	506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	1,56	130,31	203,28
6.003	505001	Mampostería de Ladrillo con mortero 1:3	m2	28,00	22,33	625,24
6.004	507001	Enlucido con mortero 1:3	m2	4,00	10,08	40,32
6.005	540005	Sum.-Ins, Tapa metálica	m2	4,16	142,56	593,05
6.006	517001	Preparado y pintado de superficie	m2	15,00	3,47	52,05
6.007	514004	Relleno compactado con material de sitio	m3	1,00	3,64	3,64

Medidas de mitigación

8	MEDIDAS DE MITIGACION				3.296,70	
8.001	593032	Suministro e instalación de Letrero Informativo (2.00 x 1.50 m)	u	4,00	800,60	3.202,40
8.002	543053	Protección de plástico para equipos, y otros	m2	35,00	0,34	11,90
8.003	593031	Suministro e instalación de Malla de seguridad	m	80,00	1,03	82,40
SUBTOTAL					293.808,26	
IVA					0,00	
TOTAL					293.808,26	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Después de ejecutadas las respectivas visitas a campo y realizadas las encuestas a las comunidades, se pudieron recolectar datos importantes para poder obtener información indispensable para el diseño del sistema de agua potable para las comunidades, que abarque todas sus necesidades para mejorar su status de vida y cumplir con la demanda actual y futura del consumo de agua potable tanto para Chacopamba como Rurcaja, comunidades del cantón del Sígsig.

Este documento se realizó bajo normativas aceptadas por la República del Ecuador, de manera que queda listo para su revisión y posterior aceptación para dar de inmediato paso a su ejecución.

La implementación de un sistema de agua potable contribuirá a cumplir con las necesidades de las comunidades como salubridad, crecimiento de los habitantes, pues con los datos obtenidos se llegó a la conclusión de que sin la ayuda del municipio este proyecto hubiera resultado muy costoso para las comunidades.

Recomendaciones

Se recomienda tomar especial atención en la salud pública de las comunidades, ya que aunque de realizarse el proyecto existen otros tipos de afluentes de agua que pueden afectar la salud de los habitantes, seguir estrictamente con todos los detalles y especificaciones técnicas que se encuentran en los planos.

Brindar el mantenimiento necesario para que el proyecto cumpla su periodo de vida sin ningún tipo de atrasos. Es muy importante la participación de todos los habitantes de las comunidades y del municipio para proteger y evitar la contaminación de la fuente.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas:

- APAZA HERRERA; "Redes de abastecimiento de Agua Potable". Edit. Servilaser, Lima 1989.
- CHRISTOPHER R. SCHULZ, DANIEL A. OKUN "Tratamiento de aguas superficiales para paises en desarrollo; Editorial Limusa S.A; Mexico 1998.
- Código ecuatoriano para el diseño de construcción de obras sanitarias MDGIF-MIDUVI (2010), Norma CO10.7-602; agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.
- JORGE ARBOLEDA VALNCIA; "Teoría y práctica de la purificación del agua"; Tomo1; Colombia; 2000.
- MINISTERIO DE SALUD; "Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable y letrinas en el Medio Rural". División de Saneamiento Básico Rural.
- Normas para estudios y diseño de sistemas de agua potable disposición de agua residuales para poblaciones menores a 1000 habitantes; MIDUVI; 1993; Subsecretaría de saneamiento Ambiental.
- Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de excretas y residuos líquidos. CPE INEN; 2000.

Referencias Electrónicas:

- Departamento de Turismo del Municipio del Sígsig, Pág. Web: <http://www.sigsig.gob.ec>
- Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales, Cap. III, OPS/CEPIS, Lima2004. Web: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e107-04disenomanant.pdf>
- Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, OPS/CEPIS/05.158, Lima2005. Web: http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/035_dise%C3%B1o%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores/Dise%C3%B1o%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf
- Guía de diseño para líneas de conducción y sistemas de distribución CAP.IV ,OPS/CEPIS, Lima2004. Web: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e107-04disenomanant.pdf>.
- Sistemas rurales de abastecimiento de agua http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#2.3Principales_sistemas_rurales_de_abastecimiento_de_agua
- Guía para desinfección del agua <http://www.bvsde.opsoms.org/tecapro/documentos/agua/guiaselectcsistdesinf.pdf>
- Agua zona rural <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>