



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS
COMUNIDADES DE SARAR ALTO Y BUENA VISTA, PARROQUIA LUDO,
CANTON SIGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY.**

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

AUTOR:

Paúl Ricardo Amaya Rosas

DIRECTOR:

Msc. Ing. Javier Fernández de Córdova W.

Cuenca, Ecuador

2019

DEDICATORIA

Con profundo amor y cariño quiero dedicar de una manera muy especial, el presente trabajo a mi hija Paula Anahí, por ser mi motivación día a día para terminar mis estudios universitarios y ser una mejor persona, a mis padres Santiago y Beatriz por todo el apoyo y sacrificio brindado a lo largo de mi vida, a mis hermanos Israel y Josué por todo el cariño y apoyo incondicional, por siempre extender su mano en momentos difíciles, a mi abuela Olga por ser mi segunda madre y guiarme en cada paso que doy en el camino de la vida, a mi mujer Belen por siempre ser parte de mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Javier Fernández de Córdova por ser mi guía a lo largo de este proyecto, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo de titulación.

Agradezco al Ing. Josué Larriva Vázquez por toda la ayuda brindada; a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcción, a cada uno de mis profesores y compañeros por formar parte de esta etapa de mi vida.

A toda mi familia especialmente a mis padres Santiago y Beatriz, a mi hermano Josué por todo el apoyo emocional y económico, sin Uds. no hubiese podido terminar mis estudios y alcanzar este sueño tan anhelado.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón el Sígsig por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto especialmente al Ing. Mauricio Amoroso, así como a las personas que forman parte de las comunidades de Sarar y Buena Vista especialmente al Sr. Gerardo Calle presidente de la comunidad.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
ANTECEDENTES.....	xiv
JUSTIFICACION.....	xv
ALCANCE.....	xv
OBJETIVO GENERAL.....	xvi
OBJETIVO ESPECIFICOS.....	xvi
1 CAPITULO I: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	1
1.1 Recopilación de información cartográfica.....	1
1.1.1 Localización y cobertura	1
1.1.2 Situación geográfica.....	3
1.1.3 Clima	4
1.1.4 Vialidad	6

1.1.5	Telecomunicaciones	7
1.1.6	Uso del suelo.....	8
1.2	Topografía.....	10
1.3	Estudio de suelos.....	11
1.3.1	Parámetros geotécnicos	11
1.3.2	Toma de muestras para el análisis del suelo	18
1.3.3	Resultado de los análisis.....	20
1.4	Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes	21
1.4.1	Situación actual.....	21
1.4.2	Calidad de la fuente de agua.....	21
1.4.3	Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente	30
1.4.4	Resultados de los análisis	31
1.5	Estudio de la población.....	31
1.5.1	Población	31
1.5.2	Vivienda.....	33
1.5.3	Servicios e infraestructura existente.....	34
1.5.4	Características socioeconómicas	35
1.6	Revisión de la normativa a utilizar.....	37
2	CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	38
2.1	Parámetros de diseño.....	38

2.1.1	Definiciones generales.....	38
2.1.2	Periodo de diseño	39
2.1.3	Población de diseño.....	39
2.1.4	Tasa de crecimiento.....	40
2.1.5	Niveles de servicio	40
2.1.6	Dotaciones	41
2.1.7	Caudales de consumo	41
2.2	Caudales de diseño para cada componente del sistema de agua potable.....	44
2.2.1	Captación	44
2.2.2	Conducción	44
2.2.3	Planta de tratamiento.....	44
2.2.4	Volumen de almacenamiento.....	45
2.3	Obras de captación	46
2.4	Parámetros de la línea de conducción	52
2.4.1	Selección del material de las tuberías.....	53
2.4.2	Velocidades de diseño	53
2.4.3	Cálculo de los diámetros.....	54
2.4.4	Pérdidas de carga.....	55
2.5	Estructuras complementarias	56
2.5.1	Válvulas de aire.....	56
2.5.2	Válvulas de purga.....	56

2.5.3	Tanque rompe presión	57
2.6	Parámetros de tratamiento	57
2.7	Alternativas de tratamiento, Filtración en Múltiples Etapas (FIME).....	57
2.7.1	Filtro Grueso Ascendente en capas.	59
2.7.2	Filtro Lento de Arena (F.L.A).....	62
2.7.3	Cantidad de cloro a dosificar	66
3	CAPITULO III: DISEÑOS DEFINITIVOS.....	67
3.1	Diseño de la captación.....	67
3.2	Válvulas de purga.....	67
3.3	Válvulas de aire.....	68
3.4	Tanque rompe presión	69
3.5	Planta de tratamiento	70
3.5.1	Filtro grueso ascendente en capas	70
3.5.2	Filtros lentos de arena.....	71
3.5.3	Tanque de reserva.....	72
3.6	Red de distribución.....	73
4	CAPÍTULO IV: PRESUPUESTO	74
4.1	Cuantificación de cantidades de obra.....	74
4.2	Análisis de precios unitarios	74
4.3	Presupuesto	75
4.4	Elaboración de cronograma valorado.....	75

4.5	Fórmula polinómica	76
4.6	Especificaciones técnicas.....	76
5	CONCLUSIONES	78
6	RECOMENDACIONES.....	79
7	BIBLIOGRAFIA.....	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 División política del cantón Sígsig	1
Figura 1.2 Límites políticos de la parroquia Ludo	2
Figura 1.3 Comunidades de la parroquia Ludo	3
Figura 1.4 Isoyetas de la parroquia Ludo	4
Figura 1.5 Mapa de temperaturas de la parroquia Ludo.....	5
Figura 1.6 Red vial de la parroquia Ludo	7
Figura 1.7 Mapa de uso de suelo en Ludo.	9
Figura 1.8 Topografía del sector Zhuizhi entregada por el GAD municipal del Sígsig.....	10
Figura 1.9 Características de los suelos según la AASHTO.....	14
Figura 1.10 Clasificación de suelos sistema SUCS.....	16
Figura 1.11 Toma de las muestras de suelo.	19
Figura 1.12 Toma de las muestras de agua en la vertiente Zhuizhi.	30
Figura 1.13 Densidad poblacional de la parroquia Ludo.....	33
Figura 2.1 Partes que conforman la captación de un manantial de ladera.....	47
Figura 2.2 Altura total de la cámara húmeda.	50
Figura 2.3 Esquema de línea de conducción por debajo de la línea piezométrica	53
Figura 2.4 Altura de las capas de gravas de un filtro grueso	60
Figura 2.5 Esquema de un filtro grueso ascendente	60
Figura 2.6 Esquema de un filtro lento de arena	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas de las Comunidades Sarar y Buena Vista.....	3
Tabla 1.2 Clasificación de suelos granulares	15
Tabla 1.3 Clasificación de suelos fijos	15
Tabla 1.4 Estudio de suelos, límites de Atterberg.....	20
Tabla 1.5 Características geológicas del suelo analizado.	20
Tabla 1.6 Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua ...	22
Tabla 1.7 Parámetros físicos deseables y admisibles del agua potable.	25
Tabla 1.8 Compuestos que afectan la potabilidad.....	27
Tabla 1.9 Compuestos peligrosos para la salud	27
Tabla 1.10 Compuestos tóxicos indeseables.....	28
Tabla 1.11 Compuestos químicos que indican contaminación de la fuente	28
Tabla 1.12 Calidad bacteriológica del agua.....	29
Tabla 2.1 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	40
Tabla 2.2 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	41
Tabla 2.3 Porcentaje de fugas	42
Tabla 2.4 Resumen de cálculos realizados	46
Tabla 2.5 Determinación del nivel de riesgo para tratamiento FIME	58
Tabla 2.6 Resultados obtenidos del estudio de agua	58
Tabla 2.7 Guía de diseño para filtros gruesos ascendentes.....	62
Tabla 2.8 Granulometría del lecho filtrante.....	64
Tabla 3.1 Posición de las válvulas de purga.	68
Tabla 3.2 Ubicación de las válvulas de aire dentro de la red.....	69

Tabla 3.3 Ubicación de los tanques rompe presiones en la red.	70
Tabla 3.4 Resumen del diseño del filtro grueso.	71
Tabla 3.5 Resumen de diseño del filtro Lento de arena	72
Tabla 3.6 Medidas del tanque de almacenamiento.....	72

ANEXOS

Anexo 1 Estudios de suelo

Anexo 2 Estudio de agua

Anexo 3 Encuestas socio económicas

Anexo 4 Memoria de calculo

Anexo 5 Planos de Captaciones

Anexo 6 Memoria de cálculo captación

Anexo 7 Plano de Válvula de purga

Anexo 8 Diseño de la red de agua potable

Anexo 9 Planos válvulas de aire

Anexo 10 Plano de tanque rompe presión

Anexo 11 Filtro Grueso, memoria de calculo

Anexo 12 Plano de la Planta de Tratamiento

Anexo 13 Filtro Lento de arena, Memoria de cálculo

Anexo 14 Plano del Tanque de almacenamiento

Anexo 15 Plano del análisis hidráulico de la red de distribución

Anexo 16 Análisis hidráulico de la red de distribución actual

Anexo 17 Plano de conexión domiciliaria

Anexo 18 Determinación de cantidades de obra

Anexo 19 Análisis de precios unitarios

Anexo 20 Presupuesto

Anexo 21 Cronograma Valorado

Anexo 22 Fórmula polinómica

Anexo 23 Especificaciones Técnicas

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COMUNIDADES DE SARAR ALTO Y BUENA VISTA, PARROQUIA LUDO, CANTON SIGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Sarar Alto y Buena Vista de la parroquia Ludo; se diseñaron los diferentes componentes del sistema como: conducción, planta de tratamiento, tanques de reserva y redes de distribución para un periodo de 20 años siguiendo la normativa vigente en el país. Para el diseño del sistema se emplearon softwares como AutoCAD, Civil 3d, Watercad e Interpro. La topografía fue entregada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Sígsig. Se realizaron los estudios de agua y suelo, encuestas socioeconómicas de los habitantes de las comunidades, precios unitarios, presupuesto y especificaciones técnicas. Con este proyecto se asegura la dotación de agua potable para las comunidades, en cumplimiento del convenio firmado con el GAD del Sígsig.

Palabras claves:

Diseño, agua potable, conducción, tratamiento, distribución.



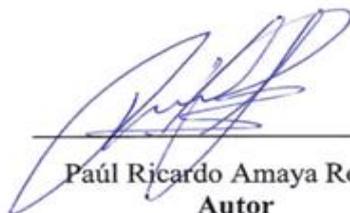
Javier Fernández de Córdova W.

Director del trabajo de Titulación



José Vásquez Calero.

Director de Escuela



Paúl Ricardo Amaya Rosas.

Autor

DESIGN OF THE POTABLE WATER SUPPLY SYSTEM FOR THE COMMUNITIES OF SARAR ALTO AND BUENA VISTA, LUDO PARISH, SIGSIG CANTON, AZUAY PROVINCE.

ABSTRACT

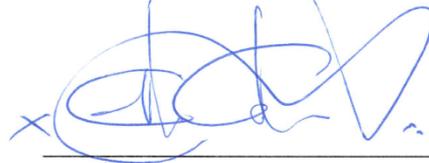
This project involves the design of a potable water supply system for the Sarar Alto and Buena Vista communities of the Ludo parish. The following system components were designed: conduction, treatment plant, reserve tanks and distribution networks, following the regulations in force in the country for a period of 20 years. Software such as AutoCAD, Civil 3d, Watercad and Interpro were used to design the system. The topography was given by the Gobierno Autónomo Descentralizado of Sígsig. Water and soil studies, socioeconomic surveys of the inhabitants of the communities, unit prices, budget and technical specifications were carried out. This project ensures the provision of potable water for these communities in compliance with the agreement signed with the GAD of Sígsig.

Keywords: Design, drinking water, conduction, treatment, distribution.



Javier Fernández de Córdova W.

Thesis Director



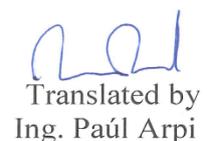
José Vázquez Calero

Faculty Director



Paúl Ricardo Amaya

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Paul Ricardo Amaya Rosas

Trabajo de graduación

Ing. Javier Fernández de Córdova W.

Junio, 2019

ANTECEDENTES

La parroquia Ludo es considerada por el INEC como la parroquia más pobre de la provincia del Azuay ya que posee índices muy elevados de desnutrición, analfabetismo, y además de una gran carencia de servicios básicos, entre ellos la poca cobertura que tiene la parroquia en sistemas de abastecimiento de agua potable para sus comunidades, el agua que consumen los habitantes de esta comunidad es obtenida de las sequías y quebradas que existen en la zona.

Es un derecho de todas las personas tener acceso al agua apta para el consumo y que cumpla con los parámetros mínimos que garantice su calidad, esto conlleva a mejorar la calidad de vida de las personas, es por esto, que es deber de todos los municipios buscar soluciones, desarrollar proyectos para llevar el líquido vital a todas las personas.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Sígsig junto con la Universidad del Azuay han desarrollado varios proyectos de sistemas de abastecimiento y mejoramiento de sistemas existentes, tratando así de mejorar la calidad de vida de los habitantes del cantón.

JUSTIFICACION

Se conoce ampliamente la importancia y necesidad de contar con un sistema de agua potable que brinde agua de calidad apta para el consumo humano, las comunidades de Sarar Alto y Buena Vista no poseen un sistema de abastecimiento de agua potable, dicho sistema mejoraría la calidad de vida de los habitantes de estas comunidades, que se ven obligados a recolectar agua de las sequias y quebradas, además que en ciertas épocas del año donde existe sequía no todos pueden acceder a esta agua por una disminución importante del caudal, es por eso que mediante un convenio firmado entre el Gobierno Autónomo Descentralizado y la Universidad del Azuay mediante el proyecto “ Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Sarar Alto y Buena Vista de la parroquia Ludo, cantón Sígsig, provincia del Azuay“ se buscar dar solución a este problema que por muchos años han tenido las 106 familias que forman estas comunidades.

ALCANCE

En el presente trabajo se espera obtener el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Buena Vista y Sarar Alto de la parroquia Ludo pertenecientes al cantón Sígsig provincia del Azuay, este sistema de abastecimiento contará con el diseño de la captación, línea de conducción, planta de tratamiento, red de distribución, conexiones domiciliarias, el diseño de la red está proyectada para una vida útil de 20 años, para esto se realizarán estudios de suelo y calidad del agua, además se elabora el presupuesto de obra para la posterior implementación del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Buena Vista, Sarar alto de la parroquia Ludo perteneciente al cantón Sígsig, provincia del Azuay, el mismo que contara con todas las obras de infraestructura que son: captación, línea de conducción, planta de tratamiento, red de distribución e instalaciones domiciliarias.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Presentar una propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Sarar Alto y Buena Vista.
- Establecer un diseño que cumpla con la normativa vigente en nuestro país para sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.
- Recopilar información existente y levantar todos los datos necesarios para el diseño de este proyecto.
- Seleccionar la mejor propuesta de diseño, que sea eficiente, económica y que garantice la calidad del proyecto.
- Realizar los estudios de agua, suelo, encuestas socioeconómicas; necesarios para el diseño de la infraestructura del proyecto.
- Determinar el presupuesto referencial del proyecto, tomando en cuenta los costos actuales de materiales, equipo y mano de obra.

1 CAPITULO I: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 Recopilación de información cartográfica

1.1.1 Localización y cobertura

El cantón Sígsig se encuentra a 60 km de la ciudad de Cuenca, se ubica al sureste de la provincia Azuay, tiene una superficie de 642.80km², la conexión física de Sígsig con Cuenca se realiza mediante la vía: Cuenca-Gualaceo-Chordeleg-Sígsig con una longitud de 70 km; Sígsig – San Bartolomé – El Valle- Cuenca con una longitud de 52 km y Cuenca – Quingeo – Ludo – Sígsig con una longitud de 50 km.

El Sígsig limita al norte con los cantones: Gualaceo y Chordeleg, al sur con los cantones: Gualaquiza (Provincia de Morona Santiago) y Nabón, al este con los cantones: San Juan Bosco y Gualaquiza, y al oeste con los cantones: Girón y Cuenca.

El cantón Sígsig está formado por una parroquia urbana que lleva el mismo nombre, y seis parroquias rurales: Güel, Ludo, Jima, San José de Raranga, San Bartolomé y Cutchil, cuya distribución se puede observar en la Figura 1.1.



Figura 1.1 División política del cantón Sígsig

Fuente: GAD municipal del Sígsig

La parroquia Ludo se encuentra ubicada al centro sur de la cordillera de los andes, al este de la provincia del Azuay y situada en el centro occidente del cantón Sígsig.

La parroquia Ludo limita:

- Al Norte con la parroquia de San Bartolomé y la periferia cantonal de Sígsig
- Al este con la parroquia Cutchil
- Al sur con la parroquia de San José de Raranga y Jima
- Al oeste con la parroquia Quingeo del cantón Cuenca.

Los limites políticos de la parroquia ludo se muestran en la Figura 1.2.



Figura 1.2 Limites políticos de la parroquia ludo

Fuente: PDOT Ludo

Elaborado por: GEOLIDERAR S.A

La parroquia Ludo está compuesta por 19 comunidades que se encuentran detalladas en la Figura 1.3, siendo su cabecera parroquial la comunidad de Buena Vista, Ludo tiene una extensión de 77.0 Km² y ocupa el 11.7% del territorio cantonal, a continuación, se detallan sus comunidades en la siguiente tabla:

COMUNIDAD	X	Y
YARIGUIÑA	735117	9653356
LA DOLOROSA	733844	9655001
HATO BOLO	734178	9656193
SERRAG	731593	9656215
LA ESPERANZA	730012	9656583
CAZHAPUGRO	732373	9657377
IGUILA	734691	9657651
VIGEN PAMBA	735048	9657834
PURANA	732912	9657953
MOROCHO QUIGUA	733887	9658278
LOMA LARGA	736771	9658840
RUMIPAMBA	733534	9658852
BUENA VISTA	738073	9659395
SARAR	739860	9659796
CAPIZHAPA	734710	9659891
COLLANA	735128	9660309
1 DE ENERO	735609	9662543
LA PAZ	736437	9662777
TUCTO	736408	9663157

Figura 1.3 Comunidades de la parroquia ludo

Fuente: PDOT Ludo

Elaborado por: GEOLIDERAR S.A

1.1.2 Situación geográfica

El presente proyecto está ubicado en las comunidades de Sarar y Buena Vista, las coordenadas UTM se encuentran en el datum WGS84 en la Zona 17S, cabe mencionar que las comunidades no se encuentran debidamente delimitadas, las coordenadas se presentan en la Tabla 1.1.

CANTÓN	PARROQUIA	COMUNIDAD	COORDENADA X	COORDENADA Y
SIGSIG	LUDO	SARAR	739860	9659796
SIGSIG	LUDO	BUENA VISTA	738073	9659395

Tabla 1.1 Coordenadas de las Comunidades Sarar y Buena Vista

Fuente: PDOT Ludo

Elaborado por: Autor

1.1.3 Clima

1.1.3.1 Isoyetas

El INAMHI realizó el mapa de precipitación del cantón Sígsig, el mismo que presenta poca variación en sus niveles medidos, los cuales están en el rango de 700 a 900 mm, siendo la zona de mayor precipitación la que se encuentran ubicada en los límites con Jima, San José Raranga y Cuchil, comprendido entre los 700 – 800 mm, la zona entre 800 – 900mm, se ubica en la mayor parte del territorio, sobre todas las comunidades de la parroquia. El problema que se da en estas comunidades con las bajas precipitaciones, es en la dificultad de almacenamiento de agua en los meses de menor promedio de precipitaciones. La Figura 1.4 indica las isoyetas de la parroquia ludo.

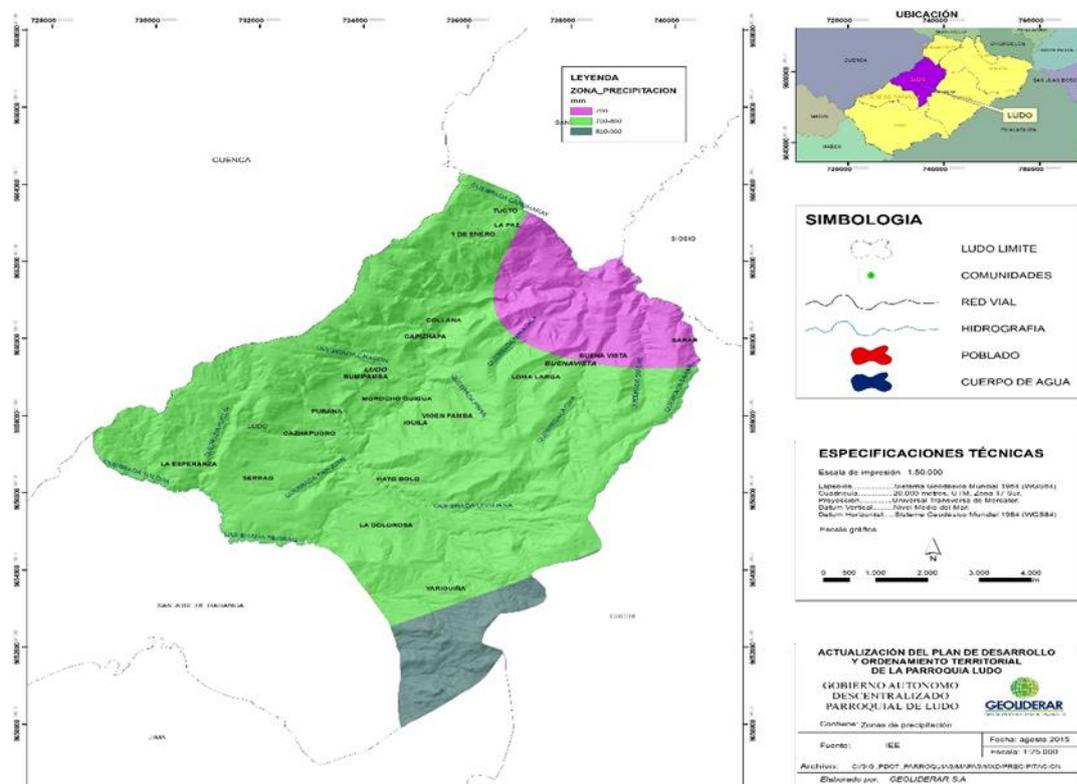


Figura 1.4 Isoyetas de la parroquia Ludo
Fuente: PDOT Ludo

1.1.3.2 Isotermas

El Instituto Espacial Ecuatoriano determinó que las temperaturas de la parroquia Ludo oscilan entre los 9 °C en las zonas de temperaturas más bajas y 17 °C para las temperaturas más altas en promedios anuales.

La zona de menor temperatura comprendida entre los 9 y 10 °C en promedios anuales, se encuentran ubicadas en la zona de los límites con el cantón Cuenca y la parroquia Cuchil, la temperatura va aumentando conforme se acerca a la parte central de la parroquia, las temperaturas más altas se registran en las riberas del río Bolo Pamar, alcanzando los 16 y 17 °C en promedios anuales. Según la Figura 1.5, el promedio anual de las temperaturas para las comunidades de Sarar y Buena vista es de 15 °C y 16 °C.

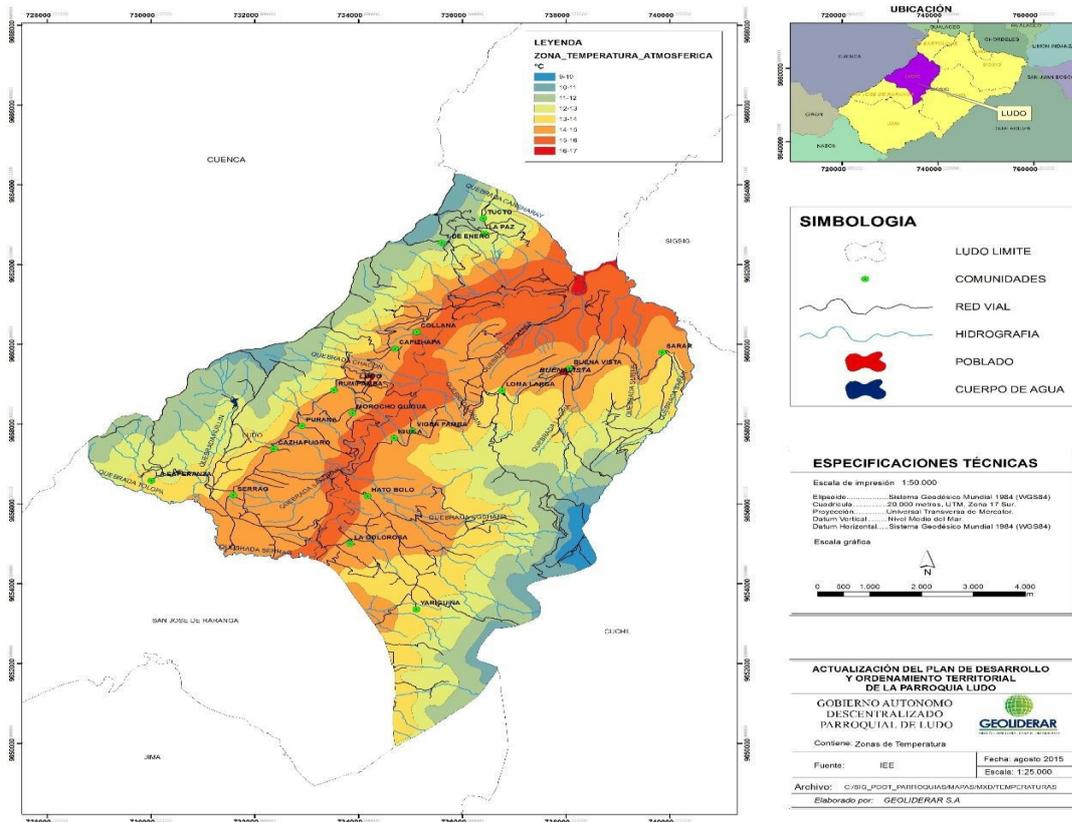


Figura 1.5 Mapa de temperaturas de la parroquia Ludo. Fuente: PDOT Ludo.

1.1.4 Vialidad

El GAD Municipal de Sígsig en el año 2012, realizó un estudio vial que describe la situación real de la vialidad parroquial, definiendo parámetros de longitud y calidad de las vías urbanas y rurales. La longitud de las vías en la parroquia Ludo es de 55020 metros y la longitud total de vías en el cantón Sígsig, es de 446.035 metros, lo que representa el 12% con respecto al total cantonal.

La parroquia Ludo tiene un total de 55020 metros de longitud conformado por vías urbanas y rurales, las mismas que se encuentra divididas de la siguiente manera; 53920 metros de vías están en el sector rural, (98% del total) y 1100 metros son vías urbanas que representa el 2% restante, la red vial de la parroquia Ludo se puede observar en la Figura 1.6.

En la parroquia Ludo según su capa de rodadura se tiene que solo 339 metros de vías están adoquinadas lo que representa el 1%, la mayoría de vías en la parroquia se encuentran lastradas, las mismas tienen una longitud de 50026 metros lo que representa el 91% de las vías de la parroquia, el 8% de vías restantes esta conformadas por vías de tierra, existe un gran problema de vialidad en la parroquia, puesto que el 99% de las vías son lastradas y de tierra.

“Con respecto a las vías por distancia y tiempo de recorrido se tiene en la parroquia Ludo que la población urbana es de 153 personas, la población para su movilización hacia la cabecera cantonal de Sígsig tiene que recorrer 29,6 km de longitud en vía lastrada en su totalidad, si la vía fuera pavimentada el vehículo de transporte de personas podría ir a una velocidad de 50 km/h y si es lastrada tendrá que ir a 30Km/h, el recorrido de los vehículos para trasladarse desde la parroquia a la cabecera cantonal de Sígsig o viceversa por vía lastrada toma el tiempo de 56 minutos” (PDOT Ludo, 2015).

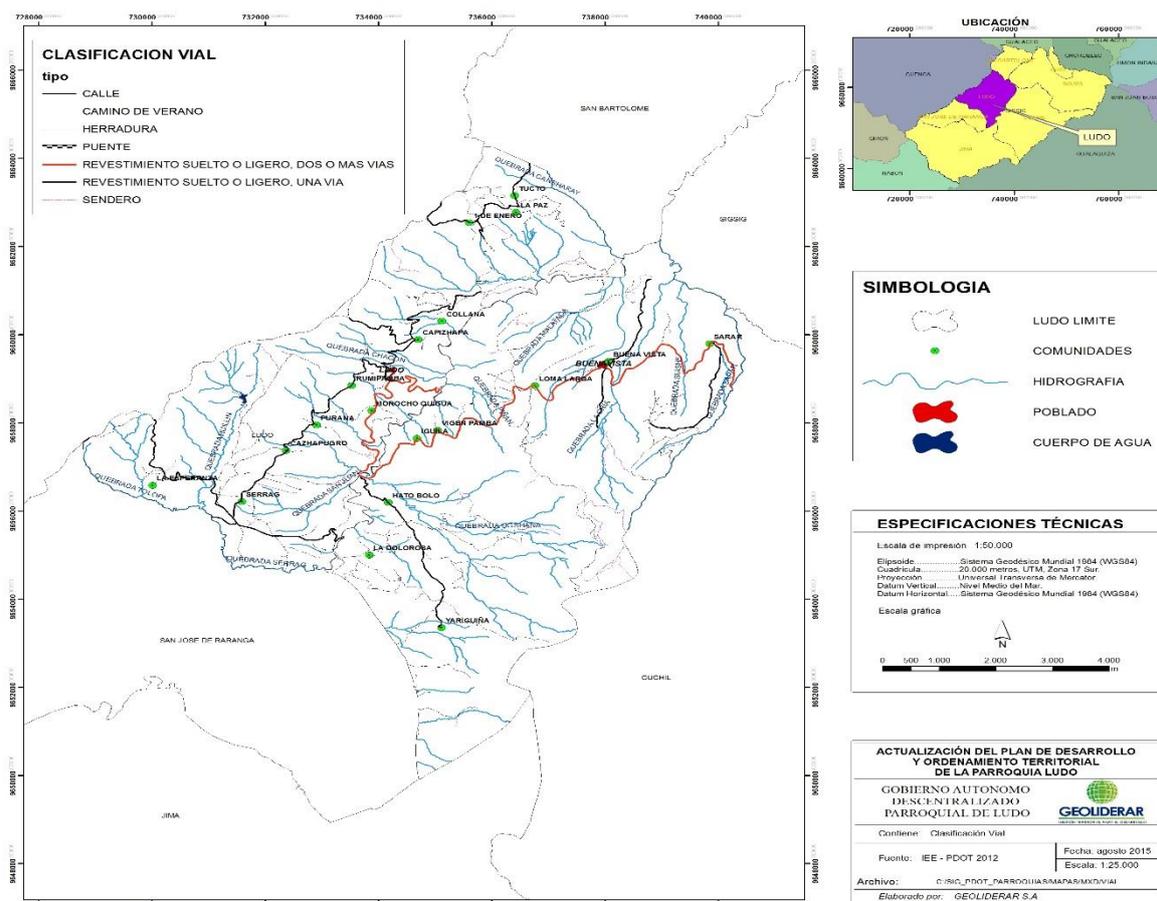


Figura 1.6 Red vial de la parroquia Ludo
 Fuente: PDOT Ludo

1.1.5 Telecomunicaciones

El principal medio de comunicación en el cantón Sígsig en la radio alcanzando una cobertura del 100% en las seis parroquias, mientras que la televisión llega al 93% de la zona, existen otros medios de comunicación como prensa escrito, el servicio de internet es muy deficiente, se brinda en el centro urbano de Sígsig, los centros urbanos de las seis parroquias y algunas de las comunidades, “Según (INEC 2011), de 7.138 hogares, 208 disponen de este servicio, valor que representa el 3% del servicio en el cantón, cabe mencionar que de este 3% de servicio de internet, el 67% pertenece al centro cantonal de Sígsig y el 3% a Ludo”. (PDOT Ludo, 2015)

En la parroquia Ludo el 100% de la parroquia tiene acceso a la televisión y radio, el 83% de los hogares del centro parroquial tienen el servicio del internet, mientras que en las comunidades de Sarar y Buena Vista también está presente en un 43% de los hogares.

1.1.6 Uso del suelo

El área total de la parroquia Ludo es 7677.20 ha, donde el 40% corresponde a cobertura vegetal natural, los habitantes se dedican principalmente a los cultivos de papa, frejol, maíz, actividades pecuarias, y plantaciones de árboles como el pino. El 60% restante corresponde a zonas que se encuentran pobladas o son improductivas, la Figura 1.7 representa el mapa de uso de suelo en Ludo.

La cobertura natural vegetal representa la mayor parte del área de la parroquia y está comprendida por paramo, bosques, matorral y vegetaciones herbáceas, existen grandes zonas donde se cultiva pasto de la especie Ray-grass (*Lolium multiflorum*), las mismas que ocupan una superficie de 1.191 ha del territorio, este se utiliza para la ganadería de producción de leche y carne.

El 39.66% está destinado para conservación y protección, son extensiones cubiertas por páramos, matorrales, bosque húmedo y matorral húmedo, el uso agropecuario comprende el 28,2% que representan 2189 ha, el uso agropecuario mixto, con 2189,29ha, es decir el 28,252 % de la parroquia, se encuentra ocupado por asociaciones de cultivos tales como los anuales: maíz-fréjol. Las plantaciones de pino y eucalipto representan el 0,63 % de la superficie, con 48,44 ha; que corresponde al uso protección o producción. El uso agrícola, con 10,12 ha, ocupando el 0,13 % del territorio, cuyo principal cultivo es el maíz.

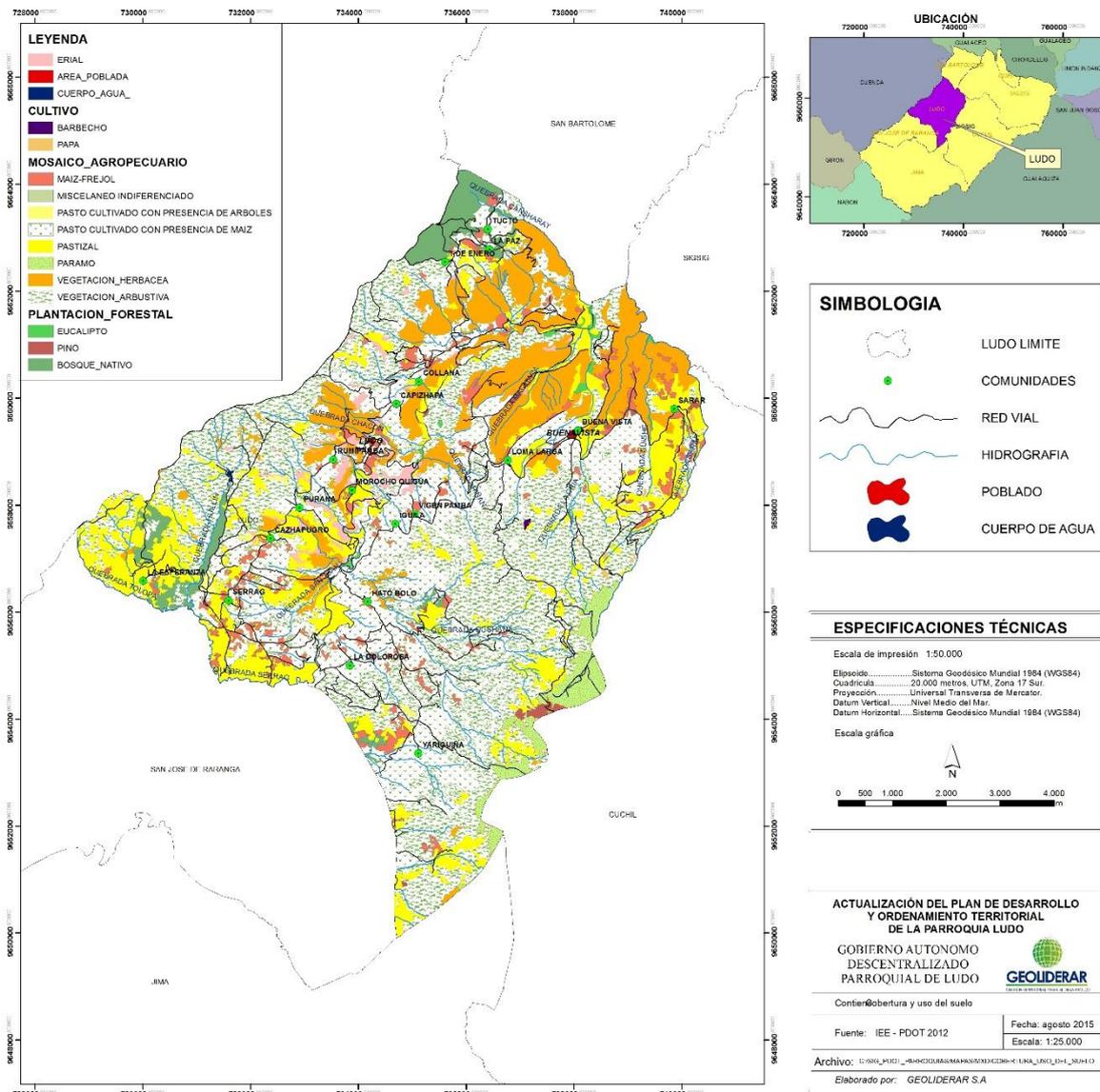


Figura 1.7 Mapa de uso de suelo en Ludo.
 Fuente: PDOT Ludo
 Elaborado por: Geoliderar SA.

1.2 Topografía

Para el presente proyecto la topografía fue entregada por el GAD municipal del cantón Sígsig la misma que detalla el lugar donde se realizara la captación; el levantamiento topográfico también detalla zonas donde se encuentran canales, vías de acceso a la comunidad y la ubicación de las casas que forman parte de este proyecto, el sector donde se realizará este proyecto se lo conoce como Zhuizhi, como lo detalla la Figura 1.8.

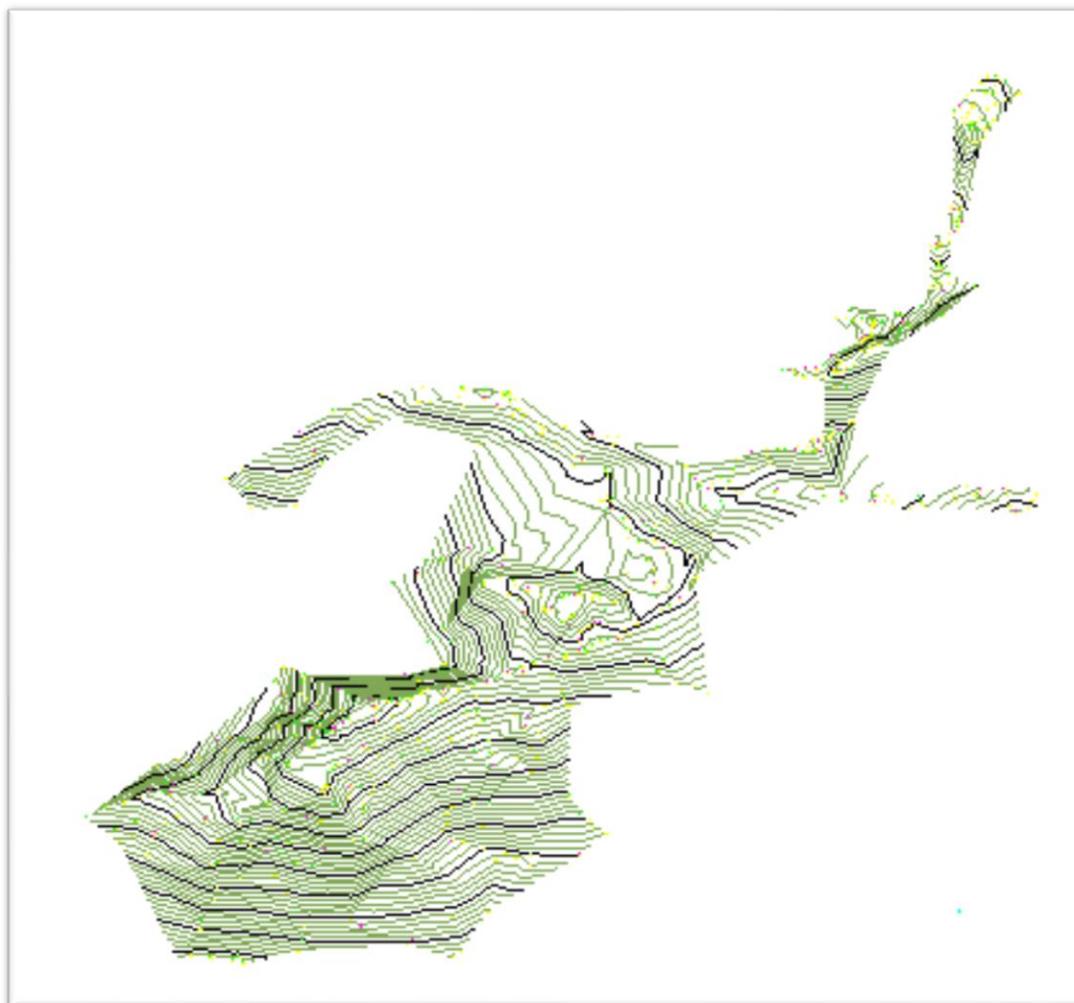


Figura 1.8 Topografía del sector Zhuizhi entregada por el GAD municipal del Sígsig.
Fuente: Autor

1.3 Estudio de suelos

1.3.1 Parámetros geotécnicos

1.3.1.1 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo y estos son:

- estado sólido
- estado semisólido
- estado plástico
- estado semilíquido o viscoso.

Estos ensayos fueron realizados por el científico sueco Atterberg, y adaptados por Casagrande para fines de mecánica de suelos de la manera que hoy se conocen.

El límite de retracción se da entre el límite del estado sólido y semisólido, el límite plástico se da entre los límites del estado semisólido y plástico, y el límite líquido se da entre el límite del estado plástico de un suelo y el límite semilíquido.

Estos límites se obtienen manipulando la muestra de suelo, obtenida en el sitio del estudio, la misma que tiene que estar en estado natural y sin alteraciones previas, se trabaja con todo el material menor que le tamiz N40, lo que quiere decir que no solo se trabaja con la parte final del suelo < tamiz #200, sino que también se utiliza la fracción de arena fina.

1.3.1.2 Límite líquido (II)

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. (Crespo Villalaz, 2004).

Es el contenido de humedad w_L requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande cierre una ranura de $\frac{1}{2}$ '' de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

1.3.1.3 Límite plástico (PL)

Es el menor contenido de humedad w_P para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuándo, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de $\frac{1}{8}$ '' sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

1.3.1.4 Sistema de clasificación del suelo

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son:

- El Sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

- El Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (por sus siglas en español SUCS)).

El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones. (Das, 2012)

1.3.1.4.1 Sistema de clasificación AASHTO

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1929 y adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

Este sistema de clasificación se basa en determinar en el laboratorio: la granulometría de un suelo, LL y LP.

Los grupos de suelos son 7, subdivididos en otros más (para llegar a 12), tal como lo muestra la Figura 1.9.

a) Grueso granulares: 35% o menos pasa el T-200 comprende:

A-1, si menos del 20% pasa el T-200 y menos del 50% pasa el T-40, pero en el P40 el $IP < 6\%$.

A-2, si menos del 35% pasa el T-200, (limoso o arcilloso), y el material no cumple con A-1 ni A-3.

A-3, si menos del 10% pasa el T-200 y 51% o más pasa el T-40, pero si el P40 no es plástico.

b) Suelos fino granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T-200

A-4 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \leq 40\%$

A-5 si $IP \leq 10$ (limo) y $LL \geq 41\%$

A-6 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \leq 40\%$

A-7 si $IP \geq 11$ (arcilla) y $LL \geq 41\%$

En consecuencia: A-1 = cascajo y arena; A-3 = arena fina; A-2 = cascajos y arenas limosas o arcillosas;

A-4 y A-5 suelos limosos, y A-6 y A-7 suelos arcillosos

A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

Grupo Suelos.	Permeabilidad	Elasticidad.	Cambio de volumen.	Capilaridad.	Bases de pavimentos.	Sub bases.	Terraplenes.	Valoración escala.
A-1	--	---	--	-	++	++	++	+++ Sobresaliente.
A-2	-	++	+	m	-	M	+	++ Muy alto.
A-3	+	-	--	-	+	+	+	+ Alto.
A-4	-	+	+.	+++	-	-	+.	m Moderado.
A-5	-	m	++	+++	---	-	--	- Deficiente.
A-6	---	-	++	++	--	--	-	-- Bajo.
A-7	--	m	++	++	--	--	--	--- Muy bajo.

Figura 1.9 Características de los suelos según la AASHTO
Fuente: (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

1.3.1.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

De acuerdo con la distribución del tamaño de las partículas del material que pasa el tamiz de 75 mm, el suelo se clasifica como granular si más del 50 % es retenido por el tamiz No 200, o suelo fino si el 50% o más pasa el tamiz No 200. Estos grupos se dividen a su vez en sub grupos; a cada grupo se le asigna un símbolo formado por una letra y un sufijo, la Figura 1.10 detalla la clasificación de suelos por el sistema SUCS.

Los suelos granulares se designan en la Tabla 1.4

Tabla 1.2 Clasificación de suelos granulares

LETRAS PREFIJO	G	grava, si el 50% o más de la fracción granular es retenida por el tamiz No 4
	S	arena, si más del 50% de la fracción granular pasa por el tamiz No 4
LETRAS SUFIJO	W	bien graduado
	P	mal graduado
	M	limoso
	C	arcilloso

Fuente: (Berry & Reid, 1998)

Los suelos finos se designan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Clasificación de suelos fijos

LETRAS PREFIJO	C	arcilla
	M	limo
	O	suelo orgánico
LETRAS SUFIJO	L	baja plasticidad
	H	alta plasticidad

Fuente: (Berry & Reid, 1998)

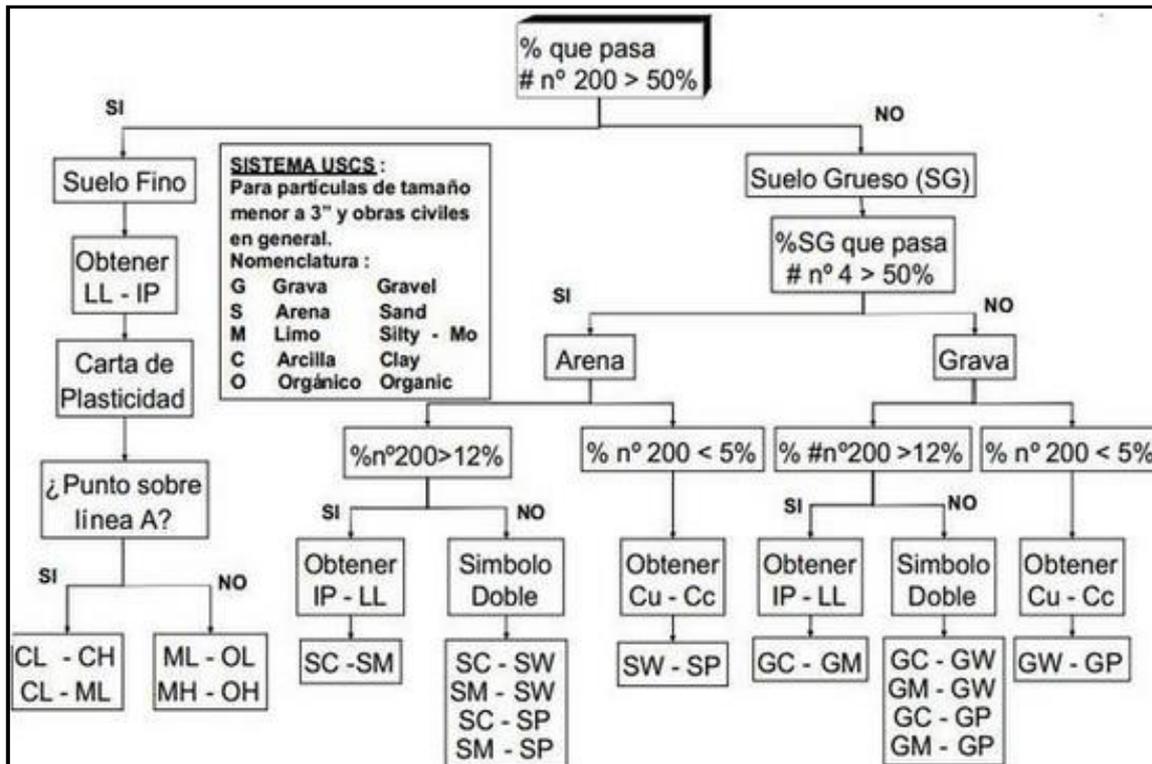


Figura 1.10 Clasificación de suelos sistema SUCS
Fuente: Mecánica de suelos (Berry & Reid, 1998)

1.3.1.5 Cohesión

Se denomina cohesión a las fuerzas moleculares que se dan entre las partículas que forman el suelo y las películas de agua, la cohesión de un suelo es variable según el contenido de humedad que posee el mismo, si la humedad del suelo cambia, también lo hará la cohesión. En los suelos conformados por arenas principalmente la cohesión es nula, mientras que en suelos limosos tienen muy poca, y los suelos arcillosos presentan una alta cohesión que va desde $0,25 \text{ kg/cm}^2$ a $1,5 \text{ kg/cm}^2$.

Para una mejor concepción de esta propiedad se la puede definir físicamente, como la propiedad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, lo que permite en el caso de una arcilla, dar forma a una muestra y esta permanezca unida.

1.3.1.6 Capacidad de carga

“La carga por área unitaria de la cimentación a la que ocurre la falla por corte en un suelo se denomina capacidad de carga” (Das, 2012), la estabilidad de un suelo depende de:

- resistencia al esfuerzo cortante
- resistencia a la compresibilidad
- su capacidad de absorber agua.

La capacidad de carga, sería la máxima fuerza que puede ponerse en un cimiento, sin que esta provoque una pérdida de estabilidad de la estructura.

1.3.1.7 Asentamientos permisibles

“El asentamiento permisible de una cimentación superficial puede controlar la capacidad de carga permisible. El asentamiento permisible lo pueden controlar los reglamentos de construcción locales. Así pues, la capacidad de carga permisible será la menor de las dos condiciones siguientes en la ecuación 1.1:

$$q_{perm} = \begin{cases} \frac{q_u}{FS} \\ 0 \\ q_{asentamiento\ permisible} \end{cases}$$

Ec 1.1

El asentamiento de una cimentación se puede dividir en dos categorías principales:

- asentamiento elástico, o inmediato
- asentamiento por consolidación.

El asentamiento inmediato, o elástico, de una cimentación tiene lugar durante o inmediatamente después de la construcción de la estructura. El asentamiento por consolidación ocurre al paso del tiempo. El agua de los poros es expulsada de los espacios vacíos de suelos arcillosos

saturados sumergidos en agua. El asentamiento total de una cimentación es la suma del asentamiento elástico y del asentamiento por consolidación.

El asentamiento por consolidación comprende dos fases: primaria y secundaria. El asentamiento por consolidación secundaria ocurre después de terminar la consolidación primaria ocasionada por el deslizamiento y la reorientación de las partículas del suelo ante una carga sostenida. El asentamiento por consolidación primaria es más importante que el asentamiento secundario en arcillas inorgánicas y en suelos limosos. Sin embargo, en suelos orgánicos, el asentamiento por consolidación secundaria es más significativo.

Para el cálculo de asentamientos de cimentaciones (tanto elástico como por consolidación), se requiere estimar el incremento del esfuerzo vertical en la masa de suelo debido a la carga neta aplicada sobre la cimentación.” (Das, 2012).

1.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo

El estudio de suelos se realizó en la zona que se ha designado (por parte de la comunidad) para la construcción de la planta de tratamiento del agua, se realizó una calita de 2m de profundidad, se tomaron muestras de los 3 tipos de estratos encontrados a las profundidades de 0.60 m, 0.80m y 1.10 m, el estudio de suelos fue realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay.

Las excavaciones de la calicata realizada fueron hechas con la ayuda de las personas de las comunidades Sarar y Buena Vista como se muestra en la Figura 1.11, las muestras obtenidas fueron sometidas a los siguientes análisis:

- Límites de Atterberg
- Granulometría
- Contenido de humedad

- Clasificación del suelo



Figura 1.11 Toma de las muestras de suelo.
Fuente: Autor

1.3.3 Resultado de los análisis

De los estudios realizados se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 1.4 y Tabla 1.5.

Tabla 1.4 Estudio de suelos, límites de Atterberg

Fuente: Autor

PROFUNDIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %
0,6	66,4	86,5	55,6
0,8	50,7	61,3	41,1
1,1	37,2	45,4	28,9

Tabla 1.5 Características geológicas del suelo analizado.

Fuente: Autor

PROFUNDIDAD	INDICE PLASTICO	INDICE DE GRUPO	GRAVA	ARENA	FINO	SUCS	AASHO
0,6	30,9	20	0	18	83	MH	A-7
0,8	20,2	1,8	25	42	33	SM	A-2
1,1	16,5	0,2	39	43	18	SM	A-2

Los análisis de suelo determinaron que el suelo de fundación se encuentra constituido por suelo con características cohesivas mayoritariamente fino de mediana plasticidad, hasta una altura de desplante de 1,40 m existe una humedad del 50%, el suelo está compuesto principalmente por arenas y limos.

De acuerdo los sistemas de clasificación de suelos se ha determinado que por medio del sistema de clasificación Unificado SUCS el suelo encontrado se cataloga como SM arena limosa con alto contenido de gravas, por el sistema de clasificación AASHO se denomina como suelos A-2 con un índice de grupo de 1,8.

Anexo 1 Estudios de suelo

1.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes

1.4.1 Situación actual

Las comunidades de Sarar y Buena Vista no poseen ningún tipo de sistema de agua potable ni tampoco poseen ningún tipo de agua entubada, las personas de estas comunidades compran agua potable en bidones para el consumo, mientras que para el riego utilizan agua provenientes de canales y sequias que pasan por el sector, la misma que es almacenada en pozos o tanques construidos por los habitantes, el gran problema radica que en algunas épocas del año estos canales no traen el suficiente caudal para abastecer a todos los habitantes de la comunidad.

1.4.2 Calidad de la fuente de agua.

Según la Organización panamericana de la salud en su guía “Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales”, dice que: “La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente atiende a los siguientes requisitos:

- libre de microorganismos que causan enfermedades
- libre de compuestos nocivos a la salud
- aceptable para consumo

- bajo contenido de color, gusto y olor aceptables
- sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

(Organización Panamericana de la Salud, 2008)

En la Tabla 1.6 se muestra sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua.

Tabla 1.6 Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua

CONCENTRACION O PROPIEDAD	CONCENTRACION MAXIMA DESEABLE	CONCENTRACION MAXIMA ADMISIBLE
SUSTANCIAS DECOLORANTES (coloración)	5 unidades	50 unidades
SUSTANCIAS olorosas	ninguna	ninguna
SUSTANCIAS QUE DAN SABOR	ninguna	ninguna
MATERIAS EN SUSPENSION	5 unidades	25 unidades
SOLIDOS TOTALES	500 mg/l	1500 mg/l
pH	7 a 8,5	6,5 a 9,2
DETERGENTES ANIONICOS	0,2 mg/l	1 mg/l
ACEITE MINERAL	0,001mg/l	0,30 mg/h
COMPUESTOS FENOLICOS	0,001mg/l	0,002mg/l
DUREZA TOTAL	2m Eq/h	10m Eq/l
NITRATOS (NO ₃)	(100mg/1CaCO ₃)	(500mg/1CaCO ₃)
CLORUROS (en Cl)	200 mg/l	45mg/h
COBRE (en Cu)	0,05mg/h	600 mg/l
CALCIO (en Ca)	75mg/i	1,5mg/l
HIERRO (en Fe)	0,1 mg/h	200 mg/l
MAGNESIO (en Mg)	30mg/l	1,0mg/l
MANGANESO (en Mn)	0,05 mg/l	150mg/l
SULFATO (en SO ₄)	200 mg/l	0,5mg/l
ZINC (en Zn)	5,0mg/l	400 mg/l

Fuente: (OMS, 1972)

1.4.2.1 Factores que afectan la calidad general del agua

En el caso de las fuentes de abastecimiento de agua, uno de los principales problemas observados es el deterioro progresivo de la calidad, aumentando los requerimientos de tratamiento y en algunos casos imposibilitando su uso para consumo doméstico. Las formas de contaminación del agua se dividen en dos tipos: (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

- Puntuales.
- No puntuales.

Formas puntuales

Son las descargas en puntos definidos, como las descargas de emisores de desagües, industrias, etc. Los desagües domésticos presentan una gran cantidad de contaminantes que pueden provocar daños al ambiente, por ese motivo deben ser tratados antes de su disposición final. En el caso específico de la disposición final en los cuerpos de agua, el grado de tratamiento debe ser el requerido para proteger su calidad. Los efluentes industriales pueden contener cantidades razonables de contaminantes que afectan la calidad de los cuerpos de agua, el desempeño de los sistemas públicos de tratamiento de desagües o que perjudican el reúso del desagüe tratado. En zonas rurales, también se observan contaminaciones puntuales por la práctica existente del lavado de ropa directamente en los ríos y quebradas. (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

Formas no puntuales

La contaminación no puntual está asociada a las aguas de lluvia, deshielo, percolación, etc. La contaminación difusa es la que está asociada a fuentes no puntuales. La contaminación difusa es transportada por la lluvia, por el deshielo, o por movilidad en el suelo. A medida que la lluvia cae, acarrea contaminantes naturales o producidos por el hombre, presentes en el aire o en el suelo, que son finalmente conducidos a los cuerpos de agua. Tales contaminantes pueden ser:

- exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, provenientes de usos agrícolas o domésticos
- aceites, grasas y contaminantes tóxicos transportados por el arrastre de agua de lluvia en zonas urbanas
- sedimentos provenientes de construcciones, zonas agrícolas o erosión
- drenaje ácido de minas abandonadas
- materia orgánica y microorganismos provenientes de zonas de ganadería
- arrastre de basura
- contaminantes en la atmósfera (material en partículas y otros compuestos)

Tienen un impacto significativo en los problemas de calidad del agua, sin embargo, normalmente son de difícil definición y cuantificación, por ese motivo muchas veces los programas de control no las tienen en consideración adecuadamente. (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

1.4.2.2 Parámetros físicos, químicos y biológicos

1.4.2.2.1 Parámetros físicos

La norma ecuatoriana para el estudio y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales (CPE INEN 5 Parte 9-1), recomienda en el artículo 5.2.1 que el valor máximo de color sea 300 unidades, una cantidad menor indica una calidad de agua cruda aceptable, pero si sobrepasa dicho valor deberá realizarse un tratamiento especial al agua, el límite para la turbiedad del agua no se encuentra fijo ya que existe un tratamiento específico para cada caso. La Tabla 1.7 muestra los parámetros físicos deseables y admisibles del agua potable.

PARAMETRO	LIMITE DESEABLE	LIMITE MAX. ADMISIBLE
TURBIEDAD (UNT)	5	20
COLOR RESIDUAL (mg/l)	0,5	0,3 - 1,5
COLIF TOTALES (nmp/100cm ³)	Ausencia	Ausencia
COLOR (UC pt-CO)	5	30
OLOR	ausencia	ausencia
SABOR	inobjetable	inobjetable

Tabla 1.7 Parámetros físicos deseables y admisibles del agua potable.

Fuente: (CPE INEN 005-9-2, 1997)

1.4.2.2.2 Parámetros químicos

Entre los principales parámetros químicos tenemos:

pH

El pH se refiere a la medida de la concentración de los iones hidrógeno en el agua, a mayor concentración de este parámetro el agua cambiara su naturaleza ácida o alcalina, por lo general el agua obtenida de fuentes naturales tienen un pH entre 6 y 8.

Alcalinidad

La alcalinidad es una medida que sirve para neutralizar ácidos, su presencia en el agua puede producir Dióxido de carbono (CO₂) cuando el agua pasa a estado gaseoso (vapor); que es muy corrosivo y también puede producir espumas lo que provoca arrastre de sólidos en la circulación normal del agua, el tratamiento empleado se da por descarbonatación con cal, intercambiadores de resinas, tratamiento ácido o desmineralización por intercambio iónico.

Coloides

Los coloides es un parámetro que nos indica el material que existe en suspensión en el agua, su tamaño está en alrededor de 10 a 4 mm, pueden ser de origen orgánico o inorgánico, entre los coloides más comunes de origen orgánico están las macromoléculas de origen vegetal, mientras que las inorgánicas tenemos el óxido de manganeso y el óxido de hierro principalmente, para eliminarlos se utilizan los floculadores y procesos de precipitación de partículas y eliminación

de barros, siempre se deberá utilizar un sistema de ultra filtración para garantizar la eliminación de estos materiales en el agua.

Dureza

Este parámetro mide la capacidad del agua para producir incrustaciones, esto se da por la presencia de sales de calcio y magnesio, es uno de los principales parámetros que se debe controlar, se las define de la siguiente manera

Contiene ≤ 50 ppm CO_3Ca blandas

Contiene ≤ 100 ppm CO_3Ca ligeramente duras

Contiene ≤ 200 ppm CO_3Ca moderadamente duras

Contiene ≥ 200 ppm CO_3Ca muy duras

Lo frecuente es encontrar aguas con menos de 300 ppm de carbonato cálcico, pero pueden llegar hasta 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

La mayor parte de fuentes de agua tienen una relación menor de 300 ppm de CO_3Ca (carbonato de calcio), pudiendo llegar hasta 2000 ppm, el tratamiento para la corrección de este parámetro se realiza mediante descalcificación o ablandamiento por intercambio iónico.

Sólidos en Suspensión

El agua cruda que proviene de una captación subterránea como son los manantiales de ladera, comúnmente tienen 1 ppm de sedimentos, el método más utilizado es la separación por filtración y decantación de sólidos, ya que los sólidos no se encuentran disueltos en el agua.

Otros Componentes químicos

Existen muchos componentes químicos que pueden afectar las características del agua a continuación se presenta unas tablas con compuestos que afectan la potabilidad del agua en la Tabla 1.8, compuesto peligrosos para la salud en la Tabla 1.9, compuestos tóxicos en la Tabla 1.10 y compuestos indicadores de contaminación en la Tabla 1.11.

Tabla 1.8 Compuestos que afectan la potabilidad

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
SOLIDOS TOTALES	1500
HIERRO	50
MANGANESO	5
COBRE	1.5
ZINC	1.5
MANGANESO + SULFATO DE SODIO	1000
SULFATO	0.5

Fuente: (Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "OBRAS SANITARIAS", 1992)

Tabla 1.9 Compuestos peligrosos para la salud

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
NITRATOS	4.5
FLUORUROS	1.5

Nota: Compuestos tóxicos cuya presencia en concentraciones sobre el máximo establecido, pueden ser base suficiente para el rechazo de la fuente, por inapropiada para el consumo público.

Fuente: (Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "OBRAS SANITARIAS", 1992)

Tabla 1.10 Compuestos tóxicos indeseables

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
COMPUESTOS FENÓLICOS	0.002
ARSÉNICO	0.05
CADMIO	0.01
CROMO EXAVALENTE	0.05
CIANUROS	0.2
PLOMO	0.05
SELENIO	0.01
RADIONÚCLIDOS	1 Bq/l

Fuente: (Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "OBRAS SANITARIAS", 1992)

Tabla 1.11 Compuestos químicos que indican contaminación de la fuente

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	6
Demanda química de oxígeno	10
Nitrógeno total (excluido NO ₃ -)	1
Amoníaco	0.05
Extracto de columna carbón	
Cloroformo (*)	0.5
Grasas y aceites	0.01
Contaminantes orgánicos	1

(*) Cualquier cantidad superior a 0,2 mg/l indicará la necesidad de determinaciones analíticas más precisas sobre la fuente y el origen.

Fuente: (Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "OBRAS SANITARIAS", 1992)

1.4.2.2.3 Parámetros bacteriológicos

Las bacterias son las causantes de grandes enfermedades y son muy perjudiciales para la salud, es conocido que el "gran enemigo" es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto. Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable, bacteriológicamente hablando son:

- *Escherichia coli*
- *Streptococos fecales*
- *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables. (Organización Panamericana de la Salud, 2008), la calidad bacteriológica del agua se muestra en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12 Calidad bacteriológica del agua.

CLASIFICACIÓN	NMP/100 ml DE BACTERIAS COLIFORMES (*)
Exige solo tratamiento de desinfección	0-50
Exige métodos convencionales de tratamiento	50-5000
Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos	5000-50000
Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Estas fuentes se utilizarán solo en casos extremos	más de 50000

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

Fuente: (Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "OBRAS SANITARIAS", 1992)

1.4.3 Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente

Las muestras de agua fueron tomadas el día miércoles 5 de junio del 2019 en la captación que se encuentra a una altura de 3104 msnm, este manantial es conocido con el nombre de vertiente Zhuizhi, sus coordenadas geográficas son: Norte: 9656430,735, Este: 739536.728, la Figura 1.12 muestra la fuente de la que se obtuvieron las muestras y los recipientes en los que fueron almacenadas.

Para la toma de las muestras se contó con la presencia del presidente de la comunidad el Sr. Gerardo Calle, se tomaron tres muestras la primera muestra fue de un galón de agua, la misma que servirá para los análisis físicos y químicos del agua, también se tomó 2 muestras en recipientes esterilizados para realizar los análisis bacteriológicos del agua, después de tomar las muestras estas fueron transportadas al laboratorio de la Universidad del Azuay en un cooler con geles refrigerantes para mantener la cadena de frío y poder realizar los análisis sin que las propiedades naturales del agua sean modificadas.



Figura 1.12 Toma de las muestras de agua en la vertiente Zhuizhi.
Fuente: Autor

1.4.4 Resultados de los análisis

Las muestras llevadas al laboratorio de la Universidad del Azuay fueron sometidas a varios análisis físicos químicos y bacteriológicos, los resultados serán comparados con la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso agua que establece parámetros permisibles para la determinación de la calidad del agua para el consumo humano y uso doméstico del Ecuador.

El resultado obtenido en el estudio de agua realizado da que el agua si es apta para el consumo humano, por lo que se optará por un tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas (FIME), que se detallará posteriormente.

Anexo 2 Estudio de agua

1.5 Estudio de la población

1.5.1 Población

El censo realizado por el INEC en el año 2010 determinó que en la parroquia Ludo tiene una población total de 3366 habitantes en la cual 1494 son hombres, lo que representa el 44,39% de la población y 1872 mujeres que representan el 55.61%, para determinar el número de habitantes de las comunidades de Sarar Alto, Buena Vista, sector Zhuizhi, se realizaron encuestas socio económicas para determinar el número de habitantes de esta comunidad; obteniendo como resultados un total de 441 habitantes, 237 adultos y 204 niños.

1.5.1.1 Tasa de crecimiento

De acuerdo a las proyecciones realizadas por el INEC la población total de la parroquia Ludo tiene una tendencia poblacional creciente, pero una tasa de crecimiento cada vez menor, para el período 2010-2020. La tasa de crecimiento establecida para la parroquia será del 1%. (PDOT Ludo, 2015).

1.5.1.2 Distribución de la población por área de residencia

El área de la parroquia Ludo es de 77,56 km² de extensión territorial de un total de 659,11 km² que corresponden al territorio cantonal del cantón Sígsig, en la parroquia habitan 43 personas por cada km² en promedio, siendo el centro parroquial de ludo el más poblado con 577 hab. Las comunidades de Sarar y Buena Vista tienen un rango de densidad poblacional 21-80 hab/km². Para mayor ilustración se representa en la Figura 1.13 por color y por población de menor a mayor los niveles de densidad poblacional en la parroquia Ludo.

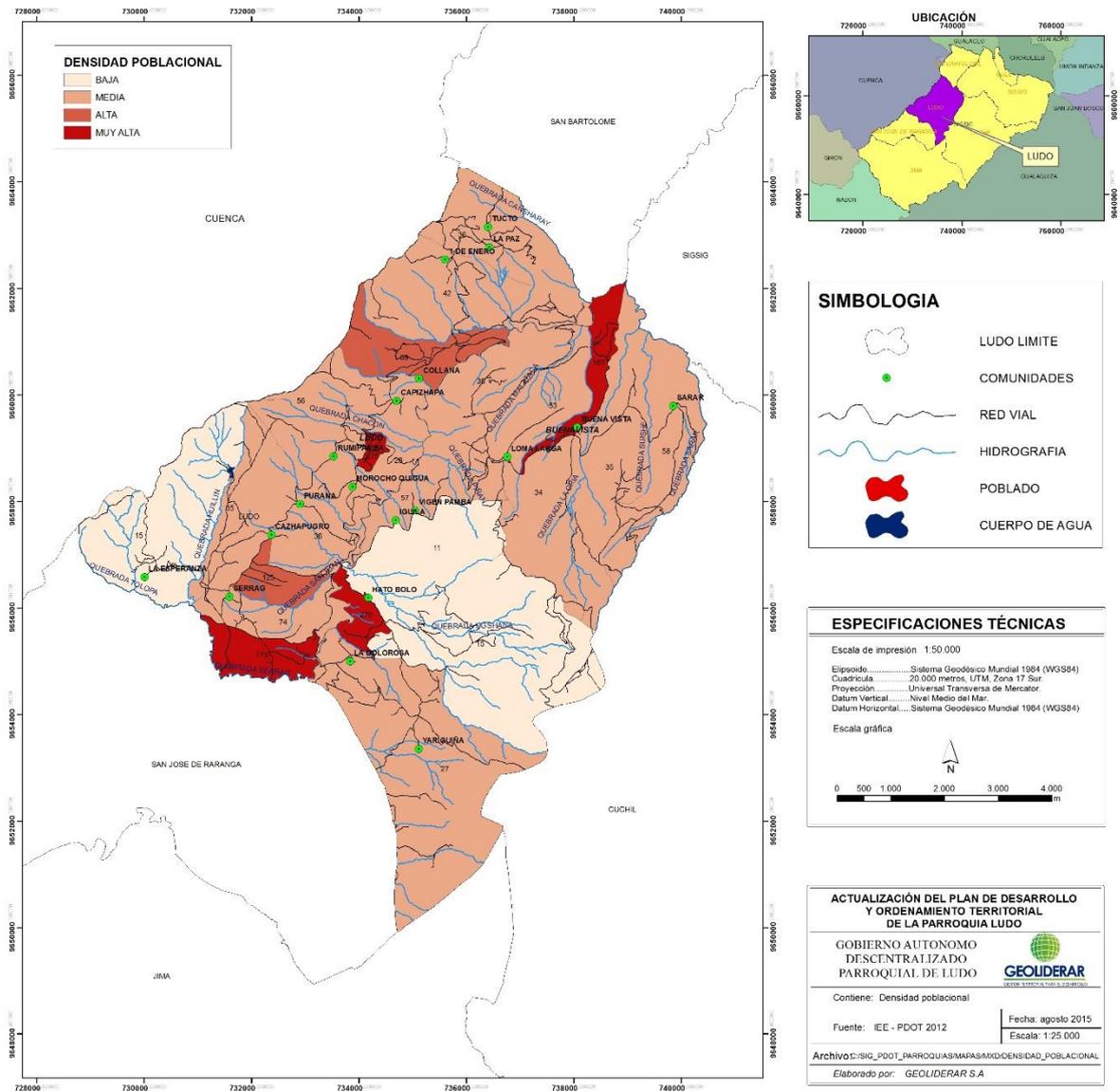


Figura 1.13 Densidad poblacional de la parroquia Ludo
 Fuente: (PDOT Ludo, 2015)
 Elaborado por: GEOLIDERAR SA.

1.5.2 Vivienda

Los resultados obtenidos en las encuestas socioeconómicas, determinaron que existen 2 tipos de viviendas en las comunidades de Sarar y Buena Vista, predominan las viviendas de una planta con un 90% y de dos plantas con el 10%, las viviendas son propias no existen viviendas de uso comercial en la comunidad.

1.5.3 Servicios e infraestructura existente

1.5.3.1 Abastecimiento de agua potable

En las comunidades Sarar Alto y Buena Vista no existe ningún tipo de sistema de abastecimiento de agua potable, por lo que el agua de consumo la compran en bidones, el agua que utilizan para lavar la ropa y riego la obtienen de las sequias y quebradas de la zona.

1.5.3.2 Energía eléctrica y servicio de telefonía

El cantón Sígsig se encuentra servido con el sistema eléctrico público a las viviendas en un total del 95%, distribuido en el sector urbano con una cobertura del 98,96% y en la zona rural del 94,46%, es decir a 6.729 viviendas. En la zona del proyecto todas las viviendas poseen energía eléctrica que es provista por la empresa regional centro sur.

Las comunidades disponen de telefonía móvil en su totalidad, en la mayoría de área de estudio cuenta con cobertura de Claro y Movistar los habitantes no disponen de servicio telefónico público.

1.5.3.3 Sistema de recolección de basura

No existe ningún medio de recolección de basura en las comunidades, por lo que los residuos sólidos orgánicos son tirados en los potreros para su descomposición, el resto de su basura es quemada.

1.5.3.4 Vialidad

La vía de acceso principal a la comunidad esta lastrada, existen vías de tierra y senderos contruidos por los habitantes de estas zonas, en estas comunidades no hay vías pavimentadas y los caminos de acceso están muy dañados.

1.5.3.5 Infraestructura sanitaria

La gran carencia de los habitantes de estas comunidades es que no existe alcantarillado ni ningún tipo de sistema de evacuación de aguas servidas por lo que las personas lo descargan directamente a los potreros, tan solo el 5% de las viviendas tiene pozo séptico.

1.5.4 Características socioeconómicas

1.5.4.1 Oficios y actividades de los habitantes

Según, el censo de Población y vivienda INEC 2010, la mayor parte de la población de la parroquia Ludo se encuentra ocupada en actividades del sector Primario que se relaciona básicamente con la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca que representa el 40,4% de la población económicamente activa. En segundo lugar, con el 32,03% se ubica el sector terciario, que es el sector encargado de brindar servicios a la población, dentro del cual los más representativos son el sector de la construcción, el comercio al por mayor y menor, el transporte y la enseñanza. En tercer lugar, se ubica el sector Secundario que representa en el caso de Ludo fundamentalmente al sector artesanal, puesto que no existen industrias manufactureras. Este sector emplea el 27,56% de la producción económicamente activa parroquial. (PDOT Ludo, 2015)

1.5.4.2 Salud

La salud es deficiente y se relaciona con los servicios y sus coberturas, a esto se suma el deficiente saneamiento ambiental, mala calidad del agua, problemas nutricionales de la población, etc. Existe el maltrato especialmente a los niños y a las mujeres, este maltrato está ligado al consumo de alcohol por parte de los hombres.

Existe un sub centro de salud que cuenta con 2 médicos, uno está a cargo del servicio de odontología, y el otro labora como médico general, hay un auxiliar de enfermería y un inspector de salud; los servicios que presta esta unidad a la parroquia es de Odontología, Medicina General, Enfermería, Estadística, Laboratorio, Farmacia; en la comunidad de Sarar hay un puesto de salud que cuentan con Medicina General y Enfermería, este es atendido por un médico y una enfermera.

1.5.4.3 Educación

En la Parroquia Ludo se cuenta con 13 centros educativos los cuales 9 cuentan con estudiantes de primero hasta séptimo de básica, en la comunidad de la Esperanza cuentan con estudiantes de segundo de básica a séptimo, otro establecimiento que se localiza en el centro parroquial cuenta con estudiantes de primero a noveno de básica, y en la comunidad de Buena Vista el centro educativo esta con estudiantes de primero a octavo de básica. Los centros educativos que cuentan con estudiantes de octavo a tercero de bachillerato son los colegios a distancia José María Velazco que se localiza en la comunidad de Cahzapugro. (PDOT Ludo, 2015)

1.6 Revisión de la normativa a utilizar

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Sarar Alto Buena Vista se empleó el Código Ecuatoriano de la Construcción “Obras Sanitarias” Norma CO 10.7- 602 Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable disposición De Excretas y Residuos sólidos en El Área Rural; la Guía para Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas de la Organización Panamericana de la Salud en el año 2005.

Para la determinación de la cantidad de cloro en el proceso de desinfección del agua se basó en Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitaria Norma CO 10.7- 601 Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural

2 CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 Parámetros de diseño

2.1.1 Definiciones generales

Período de diseño: Es el lapso de tiempo durante el cual la obra cumple con los parámetros para los que fue diseñada.

Vida útil: Es la duración estimada que una obra civil puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido diseñada.

Población futura: también llamada población de diseño, es la determinación del número de habitantes en el final del periodo de diseño.

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

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

Caudal máximo diario: Se refiere al caudal máximo consumido por la comunidad en un día.

Caudal máximo horario: Es el máximo consumo realizado por la comunidad en una hora determinada del día.

Nivel de Servicio: Parámetro que mide la facilidad con la que las personas de una comunidad, pueblo o ciudad, reciben el servicio de agua potable, disposición de excretas y residuos.

Fugas: Cantidad de agua dentro de una red de distribución que es desperdiciada.

2.1.2 Periodo de diseño

De acuerdo a la Norma Co 10.7 602 establece un periodo de 20 años para obras civiles de sistemas de agua potable en zonas rurales. Sin embargo, se puede asumir un período de diseño diferente al mencionado cuando el sistema de agua lo requiera, siempre que se justifique su utilización, se debe considerar que la población futura no debe exceder a 1.25 veces la población presente.

2.1.3 Población de diseño

La población futura de una comunidad varía según las características socioeconómicas de la población y para determinarla existen varios modelos matemáticos, en este caso se empleará el Método Geométrico, para la determinación de la población actual se realizaron encuestas socioeconómicas a las comunidades de Buena Vista y Sarar Alto.

Método geométrico.

Este método consiste en suponer que el crecimiento poblacional sigue la ley del interés compuesto según la siguiente expresión:

$$Pf = Pi (1 + r)^n \qquad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

Pf = población futura proyectada al final del periodo de diseño (hab.)

Pi = población para el año inicial (hab.)

r = tasa de crecimiento.

n = tf-ti (año final – año inicial).

Anexo 3 Encuestas socio económicas

2.1.4 Tasa de crecimiento

De acuerdo con el PDOT de la parroquia Ludo las proyecciones realizadas por el INEC la población total de la parroquia tiene una tendencia poblacional creciente, pero una tasa de crecimiento cada vez menor, para el período 2010-2020. El período inicia con una tasa de crecimiento de 1%.

2.1.5 Niveles de servicio

La norma CPE INEN 5 Parte 9-2, establece en la Tabla 2.1 los distintos niveles de servicio.

Tabla 2.1 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
	DE	
Ia	AP	Grifos públicos
	DE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	DRL	Sistema al alcantarillo sanitario
<p>Simbología utilizada:</p> <p>AP: agua potable.</p> <p>DE: disposición de excretas.</p> <p>DRL: disposición de residuos líquidos.</p>		

Fuente: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (CPE INEN 5 Parte 9.2:1).

Para las comunidades de Sarar Alto, Buena Vista se escogerá el nivel de servicio IIb, (conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa).

2.1.6 Dotaciones

En la siguiente tabla se muestra la dotación para cada nivel de servicio. De acuerdo a nuestro nivel de servicio escogido, la dotación es de 75 l/hab*día.

Tabla 2.2 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: CPE INEN 5 Parte 9.2:1997

2.1.7 Caudales de consumo

2.1.7.1 Caudal medio

El caudal medio diario o caudal medio se obtiene con la siguiente expresión:

$$Qm = \frac{Pf*Dot}{86400} * f \quad (l/s) \quad Ec. 2.2$$

En donde:

Pf = población futura

Dot= dotación futura

f = porcentaje de fugas

La Tabla 2.3 muestra el porcentaje de fugas según el nivel de servicio escogido previamente, para el caso IIb será 20%.

Tabla 2.3 Porcentaje de fugas

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

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9.2:1997

Aplicando la fórmula para obtener el caudal medio se obtiene:

$$Q_m = 0.56 \text{ l/s}$$

2.1.7.2 Caudal máximo diario

Para calcular el caudal máximo diario se usas la siguiente ecuación:

$$QMD = KMD * Q_m \quad \text{Ec. 2.3}$$

En donde:

QMD= caudal máximo diario (lt/s)

KMD= factor de mayoración máximo diario.

Qm= caudal medio diario (lt/s)

El código ecuatoriano de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, establece un factor de mayoración máximo diario (KMD) de 1,25, para todos los niveles de servicio.

Resolviendo la ecuación tenemos: $QMD = 0.7 \text{ l/s}$

2.1.7.3 Caudal máximo horario

El QMH es el consumo máximo horario durante un día para calcularlo utilizamos la ecuación 2.4:

$$QMH = KMH \times Qm \quad \text{Ec. 2.4}$$

Dónde:

QMH= Caudal máximo horario (l/s).

KMH= Factor de mayoración máximo horario.

El código ecuatoriano de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, establece un factor de mayoración máximo horario (KMH) de 3 para todos los niveles de servicio.

Resolviendo la ecuación tenemos: **QMH= 1.68 l/s**

2.1.7.4 Caudal unitario

El caudal unitario expresa el consumo por casa, se calcula dividiendo el caudal máximo horario sobre el número de casas del proyecto, su fórmula es:

$$Q \text{ unitario} = QMH / N. \text{ casas} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Dónde:

Q unitario= Caudal unitario (l/s x casa)

QMH= Caudal máximo horario (l/s).

N. casas= número de casas del proyecto

2.2 Caudales de diseño para cada componente del sistema de agua potable

2.2.1 Captación

La fuente donde se realizará la captación para el sistema de abastecimiento deberá garantizar un caudal equivalente a 1,2 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del período de diseño.

$$Q_{cap}=1,2 QMD \quad Ec. 2.6$$

QMD= Caudal máximo diario (l/s).

2.2.2 Conducción

El sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Sarar Alto, Buena vista, será diseñado por gravedad por lo que la norma CPE INEN 5 Parte 9.2 establece un caudal de diseño de 1,1 veces el caudal máximo diario calculado al final del período de diseño.

$$Q_{cond}=1,1 QMD \quad Ec. 2.7$$

QMD= caudal máximo diario (l/s).

2.2.3 Planta de tratamiento

El caudal que se necesita para la planta de tratamiento será de 1.10 veces el caudal máximo diario al final del período de diseño.

$$Q_{tr} =1,10 QMD \quad Ec 2.8$$

QMD= Caudal máximo diario (l/s).

2.2.4 Volumen de almacenamiento

El volumen del tanque de almacenamiento o reserva será del 50 % del volumen medio diario futuro. El volumen de almacenamiento mínimo será de 10 m³.

$$V_a = 0,50 (V_m) \quad \text{Ec. 2.9}$$

V_a= Volumen de almacenamiento (m³)

V_m= volumen medio diario (m³)

$$V_m = QMD * t \quad \text{Ec 2.10}$$

t= tiempo de almacenamiento (s) t= 1 día

Q_{md}= Caudal medio diario (l/s)

2.2.5 Red de distribución

La red de distribución se diseñará para el caudal máximo horario.

$$Q_{Red} = Q_{MH} \quad \text{Ec 2.11}$$

Q_{MH}= Caudal máximo horario (l/s)

La Tabla 2.4 muestra el resumen de los cálculos realizados.

Tabla 2.4 Resumen de cálculos realizados

RESUMEN		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
TASA DE CRECIMIENTO	1	%
NIVEL DE SERVICIO	llb	Nv. serv.
DOTACIÓN	75	lt/hab/día
PERIODO DE DISEÑO	20	Años
PORCENTAJE DE FUGAS	20	%
NÚMERO DE CASAS	106	Domicilios
POBLACION ACTUAL (Pa)	441	habitantes
POBLACION FUTURA (Pf)	538	habitantes
CAUDAL MEDIO DIARIO (Qm)	0.56	lt/seg
CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD)	0.70	lt/seg
CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH)	1.68	lt/seg
CAUDAL DE CAPTACION (Qcap)	0.84	lt/seg
CAUDAL DE CONDUCCION (Qcond)	0.77	lt/seg
CAUDAL DE TRATAMIENTO (Qtr)	0.77	lt/seg
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (Va)	10	m ³
CAUDAL DE DISTRIBUCION (Qdis)	1.68	lt/seg
CAUDAL UNITARIO (Qu)	0.02	lt/seg *casa
CAUDAL DE LA FUENTE	0,53	lt/seg

Fuente: Autor

Anexo 4 Memoria de calculo

2.3 Obras de captación

Las captaciones son estructuras construidas para receptor el agua proveniente de vertientes, aguas subterráneas o superficiales, la captación de este proyecto es del tipo subterránea, como se puede observar en la Figura 2.1. La captación se realizará a un manantial de ladera, para lo que se seguirá el procedimiento descrito por Agüero Pittman en su libro “Agua potable para poblaciones rurales”.

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 ese caudal, la captación constará de una cámara húmeda que sirve para regular el caudal necesario, y de una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control.

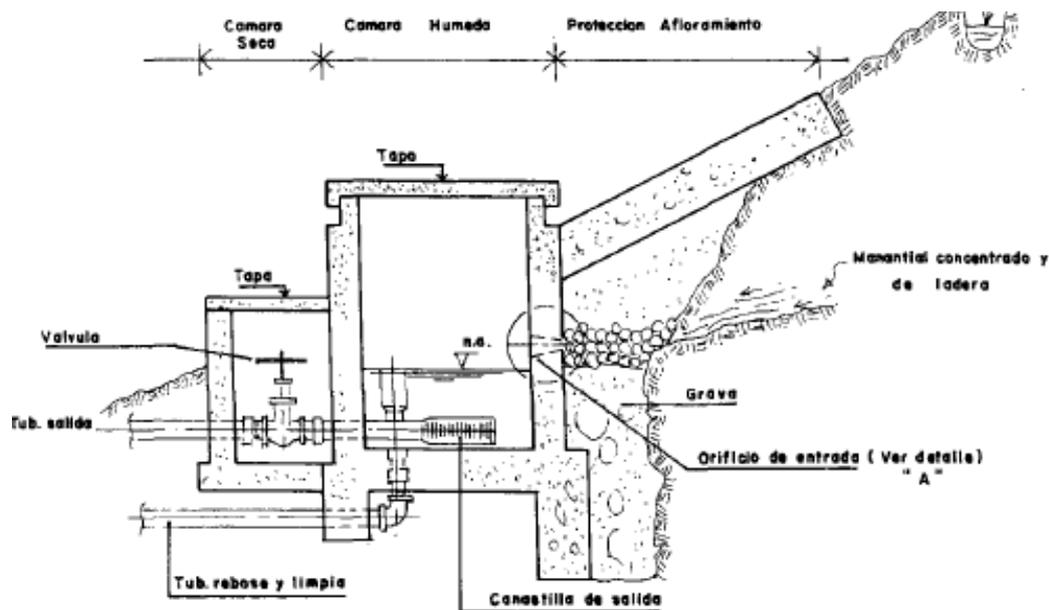


Figura 2.1 Partes que conforman la captación de un manantial de ladera.
Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

Cálculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda.

$$h_0 = 1.56 \frac{V_2^2}{2 * g} \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

h_0 = altura entre el afloramiento y el orificio de entrada, se recomienda valores entre 0.4 - 0.5 m.

V_2 = velocidad teórica en m/s. Se recomienda valores menores a 0.60 m/s

g = aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

Para determinar la pérdida de carga entre el afloramiento y la caja de captación se calcula de la siguiente manera:

$$H_f = H - h_o \quad \text{Ec.2.13}$$

Ancho de la pantalla

Para hallar el ancho de la pantalla se debe conocer el diámetro y el número de orificios para que el agua circule desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda, para esto se utilizan las siguientes formulas:

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{C_d * V} \quad \text{Ec. 2.14}$$

En donde:

Q máx.= caudal aforado de la fuente en m³/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

Cd = coeficiente de descarga (0,60 a 0,80)

El valor de D lo determinamos despejándolo de la fórmula del área de un círculo:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 2.15}$$

- **Numero de orificios**

Se debe usar diámetros menores a 2". Si el cálculo da diámetros mayores, se aumentará el número de orificios (NA), siendo:

$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 \quad \text{Ec. 2.16}$$

$$NA = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 + 1 \quad \text{Ec. 2.17}$$

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación:

$$b = 9D + 4 * NA * D \quad \text{Ec. 2.18}$$

En donde:

b = ancho de la pantalla

D = diámetro del orificio

NA = número de orificios

- **Altura de la cámara húmeda**

La altura total de la cámara húmeda (Figura 2.2), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_T = A + B + H + D + E \quad \text{Ec. 2.19}$$

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
- H = altura del agua sobre la canastilla en cm
- D = desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm)
- E = borde libre (10 - 30 cm)

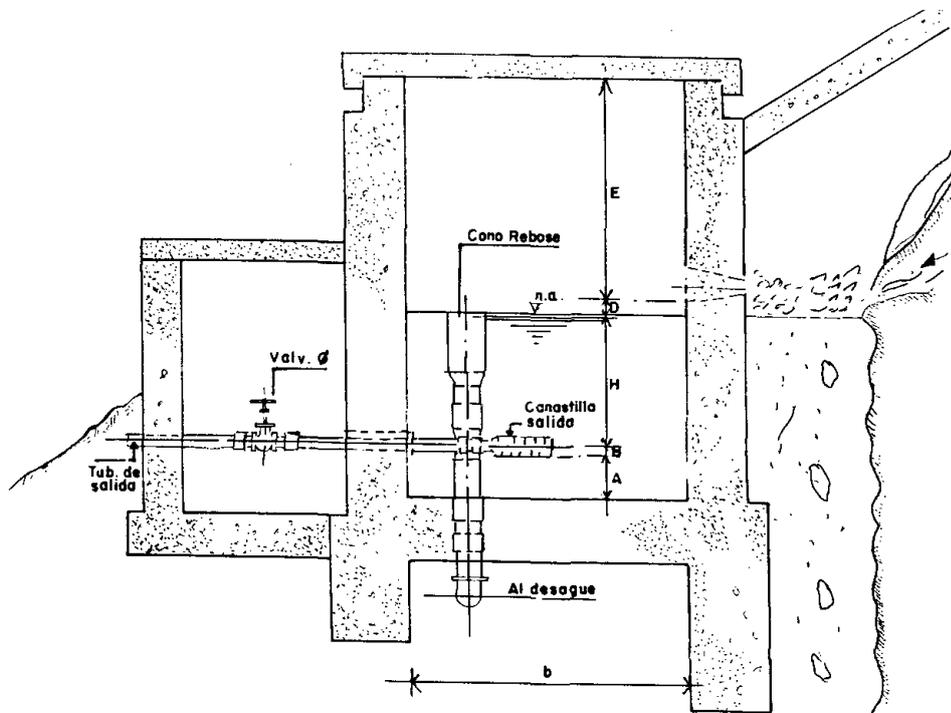


Figura 2.2 Altura total de la cámara húmeda.

Fuente: (Agüero Pittman, 1997)

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. Esta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g}$$

Ec. 2.20

Donde:

H = carga requerida en metros, se recomienda valores mínimos de 30cm.

V = velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s.

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

- **Tubería de rebose y limpieza**

En la tubería de rebose y de limpieza se recomienda pendientes entre el 1% a 1,5 %, tomando en cuenta el caudal máximo de aforo, se calcula el diámetro utilizando la ecuación de Hazen y Williams (para C=140). (Aguero Pittman, 1997)

$$D_{tr} = \frac{0.71 * Q_{max}^{0.38}}{H_f^{0.21}}$$

Ec. 2.21

Donde:

D_{tr} = diámetro en pulgadas

Q = gasto máximo de la fuente en l/s

H_f = pérdida de carga unitaria en m/m, valor recomendado 0,015 m/m

2.4 Parámetros de la línea de conducción

En un sistema de agua potable, se llama línea de conducción a todos los elementos que transportan el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento o hasta el tanque de reserva.

La línea de conducción será impulsada por la gravedad esto quiere decir que la línea piezométrica se encuentra por encima de la tubería, tal como se muestra en la Figura 2.3. Para el trazado de la red se tomó las siguientes consideraciones.

- a) El trazado se realizó a través de vías o caminos públicos existentes cuando estos son la opción más favorable.
- b) El trazado de la línea de conducción será lo más directo posible de la fuente a la planta de tratamiento. (Aguirre Morales, 2015).
- c) En el diseño de la línea de conducción se evitó tramos extremadamente difíciles o inaccesibles.
- d) La línea de conducción estará siempre por debajo de la línea piezométrica más desfavorable, a fin de evitar zonas de depresión que representan un peligro de aplastamiento de la tubería y posibilidad de cavitación.
- e) Evitar presiones excesivas que afecten la seguridad de la conducción.
- f) Se instalará accesorios especiales como válvulas de purga en los puntos bajos para realizar los trabajos de limpieza y válvulas de expulsión de aire en los puntos altos.

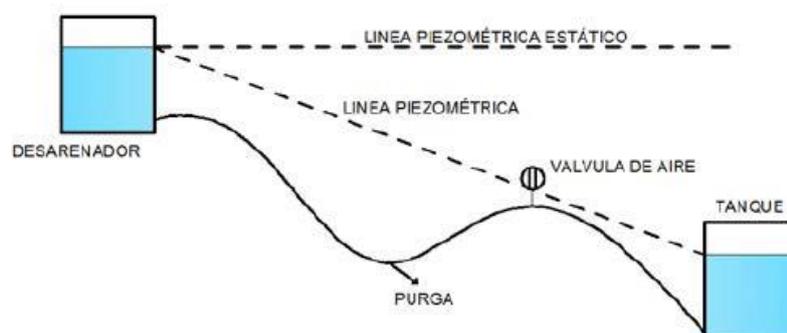


Figura 2.3 Esquema de línea de conducción por debajo de la línea piezométrica

Fuente: (Aguirre, 2015)

2.4.1 Selección del material de las tuberías

En la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales se utilizan tuberías de PVC. Este material tiene ventajas con relación a otro tipo de tuberías: es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación; además, son las tuberías que incluyen diámetros comerciales menores de 50 mm y que fácilmente se encuentran en el mercado.

2.4.2 Velocidades de diseño

Para el cálculo de diámetros de las tuberías, es factor primordial la velocidad del flujo, y los valores recomendados para no tener ruido ni demasiadas pérdidas, además de evitar daños en los accesorios como válvulas o en las mismas tuberías.

Para el cálculo de la velocidad se usará la ecuación de Manning.

$$v = \frac{S^{1/2} R^{2/3}}{n} \quad \text{Ec. 2.22}$$

Dónde:

v= Velocidad m/s

R= Radio hidráulico

$$R = D/4 \quad \text{Ec. 2.23}$$

D= Diámetro útil de la tubería

S = pendiente de carga de la línea de altura piezométrica (perdida de carga por unidad de longitud del conducto m/m)

$$S = hf/L \quad \text{Ec. 2.24}$$

hf= pérdida por fricción (m).

L= longitud de la tubería (m).

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

Se recomienda una velocidad mínima de 0,60 m/s, la máxima depende del material de la tubería, se recomienda que no exceda de 6 m/s.

2.4.3 Cálculo de los diámetros

Para el cálculo de los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde un punto de vista económico. Considerando como máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el máximo caudal de diseño con velocidades comprendidas entre 0,6 y 3,0 m/s.

El diámetro de la tubería se calcula mediante la ecuación de Hazen – Williams:

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * J^{0.54}} \right)^{1/2.63} \quad \text{Ec. 2.25}$$

En donde:

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams

D = diámetro interior de la tubería (m)

J = pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía (m/m)

Para el cálculo de la pérdida de carga unitaria se utiliza la siguiente ecuación:

$$J = \frac{H}{L} \quad \text{Ec. 2.26}$$

En donde:

H = carga hidráulica disponible (m)

L = longitud real de tubería (m)

2.4.4 Pérdidas de carga

Para determinar las pérdidas unitarias dentro de la red se utiliza la ecuación de Hazen-Williams, esta ecuación toma en cuenta al diámetro de la tubería, el caudal de circulación, la longitud del tramo analizado, y la rugosidad del material que para el PVC es de 140.

$$h_f = \frac{10,667 L}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \quad \text{Ec. 2.27}$$

Dónde:

h_f = pérdida por fricción (m).

D = diámetro de la tubería (m).

L = longitud de la tubería (m).

Q = caudal (m^3/s).

C = valor de rugosidad

2.5 Estructuras complementarias

2.5.1 Válvulas de aire

Estas válvulas sirven para evacuar el aire acumulado en los puntos altos; el aire acumulado provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo pérdida de carga y una disminución del caudal. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire pudiendo ser automáticas o manuales.

2.5.2 Válvulas de purga

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la red provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente eliminar los sedimentos que se asientan en estos puntos.

2.5.3 Tanque rompe presión

Son estructuras cuya función es reducir la presión hidrostática a cero o atmósfera local, cuando existe desnivel entre la captación y algunos puntos de la línea de la red, pueden producirse presiones mayores a las que puede soportar la tubería. En este caso es recomendable la instalación de tanques rompe presión para evitar sobrepasar la presión máxima estática.

2.6 Parámetros de tratamiento

Para que el agua sea potable debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, sobre la salud del ser humano.
- El agua debe tener baja turbidez, poco color,
- No contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión en el sistema de abastecimiento de agua.

2.7 Alternativas de tratamiento, Filtración en Múltiples Etapas (FIME)

La Organización Panamericana de la Salud recomienda para los sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales un tratamiento con Filtro Grueso Dinámico o un filtro Grueso Ascendente y un Filtro Lento de Arena; considerando siempre los parámetros de calidad del agua.

Se aplicará el sistema de filtración en múltiples etapas, este es el sistema más utilizado para el tratamiento de agua cruda en zonas rurales. Las alternativas de tratamiento de FIME dependerán de la calidad del agua superficial y la evaluación del nivel de riesgo, para el diseño de la planta de tratamiento de agua potable se adoptará el siguiente tratamiento:

NIVEL DE RIESGO			
ANALISIS	BAJO	INTERMEDIO	ALTO
Turbiedad	<= 10 UNT	< 20 UNT	< 50 UNT
Color	<= 20 UPC	< 30 UPC	< 40 UPC
Coliformes Fecales	< 500 NMP/100ml	< 10000 NMP/100ml	< 20000 NMP/100ml
No. de Niveles	F.G.D + F.L.A	F.G.D + F.L.A + F.G.C.	F.G.D+ 2 F.G.S + F.L.A
2 Niveles	2 Niveles	3 Niveles	4 Niveles

Tabla 2.5 Determinación del nivel de riesgo para tratamiento FIME.

Los parámetros descritos en la Tabla 2.5 son comparados con los que fueron obtenidos en los análisis de agua que se encuentran detallados en la Tabla 2.6.

TRATAMIENTO A EMPLEAR		
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS		
Parámetro	Resultado obtenido	Límite
Turbiedad	<3 UNT	<= 10 UNT
Color	0-10 UPC	<= 20 UPC
Coliformes Fecales	< 350 NMP/100ml	< 500 NMP/100ml
Riesgo	Bajo	

Tabla 2.6 Resultados obtenidos del estudio de agua
Fuente: UDALab.

Una vez determinado el riesgo se escogió el siguiente tratamiento para potabilizar el agua:

FILTRO GRUESO ASCENDENTE	+	FILTRO LENTO DE ARENA	+	DENSIFICACIÓN (CLORACIÓN)
→		→		

Cabe recalcar que este proceso de tratamiento termina en la etapa de desinfección, el cual funcionará como una barrera de seguridad que permita tener una calidad de agua que cumpla con la NORMA INEN 1108. Una vez elegido el proceso de tratamiento, se procede a realizar el respectivo cálculo de los filtros.

2.7.1 Filtro Grueso Ascendente en capas.

El filtro grueso ascendente es una fase de pre tratamiento que se le da al agua cruda y ayudará a remover las partículas de menor tamaño, y además ayudará reducir agentes patógenos. En esta etapa se colocan dos unidades, cada filtro está compuesto por:

- a. cámara de filtración
- b. lecho filtrante
- c. estructura de entrada y salida
- d. sistema de drenaje
- e. accesorios de regulación y control.

Según estudios realizados esta etapa de pre tratamiento remueve 52% de turbiedad, 45% de color y el 89% de coliformes fecales.

A continuación, se seguirá el procedimiento descrito para el dimensionamiento de filtros en la GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS, de la Organización Panamericana de la Salud.

Cámaras de filtración

La altura total del filtro está determinada por la altura del lecho de grava (incluyendo la capa de soporte), el nivel de agua sobrenadante, la altura de agua adicional para facilitar y mejorar el lavado hidráulico y el borde libre. Está en el rango de 1,1 a 1,5 m

Lecho filtrante

La Figura 2.4 muestra la granulometría y el espesor de las capas en el lecho filtrante.

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 - 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m):						
• Soporte	0.30	0.30	0.35	0.30	0.50	0.45
• Lecho Filt.	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45 - 0.75

Figura 2.4 Altura de las capas de gravas de un filtro grueso
Fuente: (OPS/CEPIS/06.174, 2005)

La altura del lecho de soporte puede ser superior a lo indicado en la tabla, dependiendo del tamaño de grava predominante en cada unidad, del tamaño de grava en contacto con lecho de soporte y del diámetro de los orificios en el múltiple. Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 0,1 a 0,2 m. (OPS/CEPIS/06.174, pag.16)

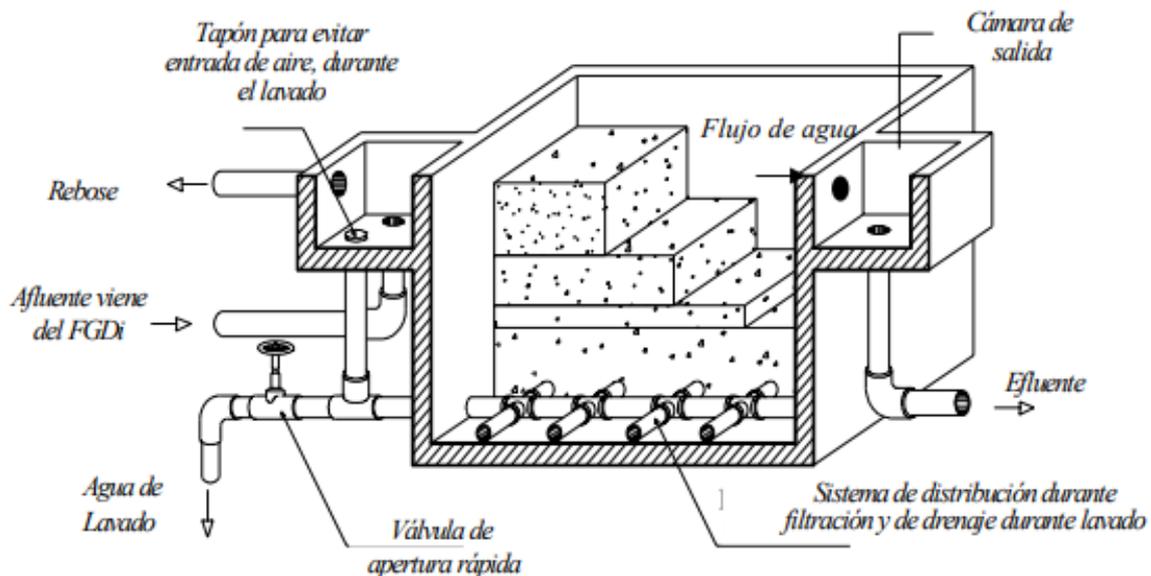


Figura 2.5 Esquema de un filtro grueso ascendente
Fuente: (OPS/CEPIS/06.174, 2005)

Estructuras de entrada y salida

La estructura de entrada consiste de un canal pequeño que conduce el agua previamente acondicionada hasta la cámara de entrada a los filtros gruesos. En ella se reúnen 3 tuberías: tubería de entrada de agua, tubería de rebose y tubería de distribución hacia el lecho filtrante. La salida es por recolección del sobrenadante en tuberías que distribuyen el agua filtrada en una cámara que contiene una tubería en la parte inferior para el efluente tratado. (OPS/CEPIS/06.174, pag.16)

Sistema de drenaje y cámara de lavado

La descarga de la tubería de drenaje, debe ubicarse entre 1,5 y 2,0 m por debajo de la losa de fondo del filtro grueso. La carga estática de agua para lavado en contraflujo, que es la diferencia entre el nivel de agua máximo en el filtro grueso ascendente durante el lavado y el nivel de descarga de la tubería de drenaje en la cámara de lavado debe de estar entre los 2,5 y 3,0 m. (OPS/CEPIS/06.174, pag.16)

El CINARA-IRC recomienda las siguientes medidas para el sistema de drenaje:

- Relación del área del orificio y el área del lecho lavado: entre $(1.5 \text{ y } 5.0) \times 10^{-3}$ a 1.0.
- Relación del área del tubo lateral a la suma de las áreas de los orificios: (2.0 a 4.0) a 1
- Relación entre el área de la tubería principal a la suma de las áreas de las tuberías laterales: entre (1,5 a 3,0) a 1.
- Diámetro de los orificios: entre 1/4" y 3/4" (de 6,35 mm a 19,05 mm).
- Espaciamiento entre los orificios: de 3 a 12". (de 7,6 a 30,5 cm).
- Espaciamiento entre laterales: aproximadamente igual al de los orificios.

Accesorios de regulación y control

Los accesorios utilizados en las unidades de Filtración Gruesa incluyen válvulas para regulación de caudal, vertederos y reglillas de aforo, dispositivos que se instalan en la estructura de entrada de cada etapa de tratamiento. (OPS/CEPIS/06.174, pag.16)

Tabla 2.7 Guía de diseño para filtros gruesos ascendentes

CRITERIO	VALORES RECOMENDADOS
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	8 - 12
PERIODO DE OPERACIÓN (h/d)	24
VELOCIDAD DE FILTRACIÓN	0,3 - 0,6
NUMERO DE UNIDADES EN SERIE	
FGAC	1,00
FGAS	2 - 3
LECHO FILTRANTE	
LONGITUD TOTAL (m)	
FGAC	0,60 - 0,90
FGAS	1,15 - 2,35
TAMAÑO (mm)	SEGÚN TABLA
LECHO DE SOPORTE TOTAL	
LONGITUD (m)	0,30 - 1,25
TAMAÑO (mm)	SEGÚN TABLA
ALTURA SOBREDRENANTE DE AGUA (m)	0,10 - 0,20
CARGA ESTÁTICA DE AGUA PARA LAVADO EN CONTRAFLUJO (m)	2,5 - 3
AREA DE FILTRACION (m ²)	15 - 25

Fuente: (OPS/CEPIS/06.174, 2005)

2.7.2 Filtro Lento de Arena (F.L.A)

Un filtro lento de arena consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada, tal como se puede observar en la

Figura 2.6. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque.

El agua cruda después de pasar por un pre tratamiento pasará a un FLA el mismo que tiene por finalidad remover el 99.9% de agentes patógenos, siempre y cuando se cumpla de manera correcta la fase de pre tratamiento.

Los FLA están compuestos de los siguientes elementos:

- cámara de filtración
- estructura de entrada
- sistema de drenaje
- lecho filtrante
- capa de agua sobrenadante

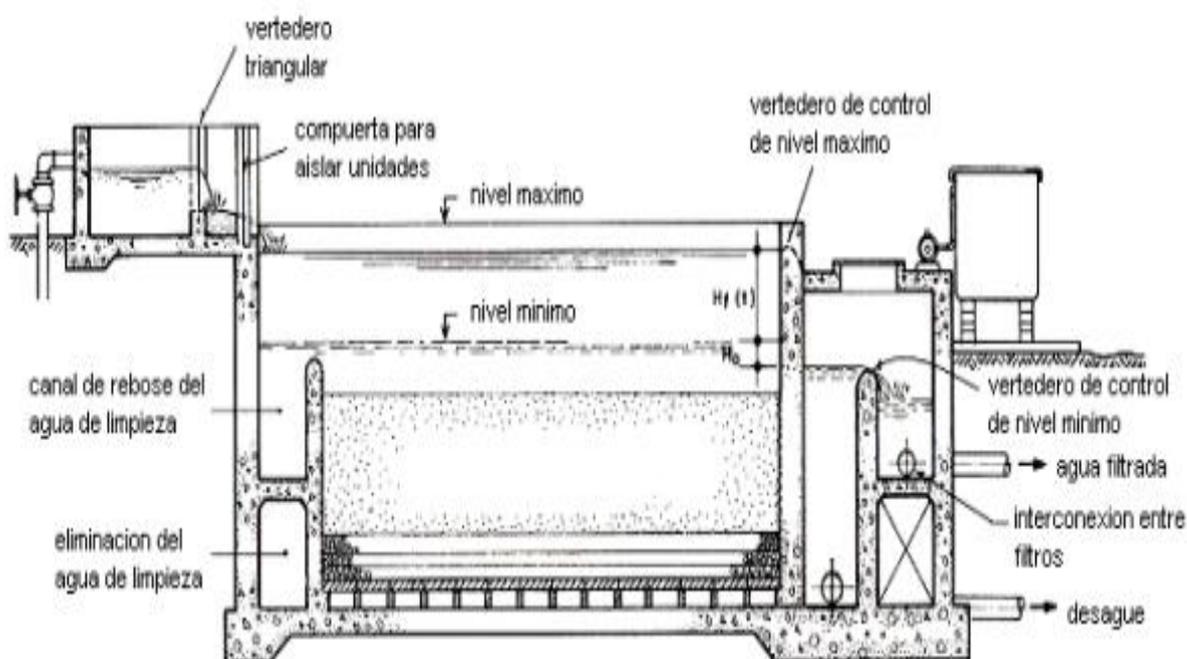


Figura 2.6 Esquema de un filtro lento de arena
Fuente: (OPS/CEPIS/06.174, 2005)

Cámara de filtración

La cámara de filtración tiene una superficie diseñada en base al caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados. Se recomiendan áreas de filtración máxima por módulo de 100 m² para facilitar las labores manuales de operación y mantenimiento del filtro. La estructura consta de un vertedero de excesos, canales o conductos para distribución, dispositivos para medición y control de flujo, cámara de entrada y ventana de acceso al filtro propiamente dicho.

Lecho filtrante

El medio filtrante está compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio según la Organización Panamericana de la Salud. La Tabla 2.8 muestra la granulometría recomendada por la Organización Panamericana de la Salud.

Tabla 2.8 Granulometría del lecho filtrante

CRITERIOS DE DISEÑO	VALORES RECOMENDADOS
ALTURA DE ARENA	
INICIAL	1,00
MINIMA	0,50
DIAMETRO EFECTIVO (mm)	0,15 - 0,35
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
ACEPTABLE	<3
DESEABLE	1,8 - 2

Fuente: (OPS/CEPIS/06.174, 2005)

La velocidad de filtración varía entre los 0,1 y 0,2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluente menor velocidad de filtración. La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1,0 y 1,50 m.

Sistema de drenaje

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel o 0,10 m. por encima de la superficie del lecho filtrante.

Capa de agua sobrenadante

Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 1,0 a 1,5 m. y un borde libre entre los 0,2 y 0,3 m.

Desinfección

La desinfección es un proceso físico o químico que elimina o inactiva agentes patógenos tales como bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos en el agua pudiendo estos ser muy perjudiciales para el humano.

La desinfección física o química, extraen los contaminantes orgánicos presentes en el agua y que sirven de nutrientes y protección de los microorganismos.

El desinfectante no solo debe eliminar a los microorganismos, sino que debe tener un efecto residual, que permite que el agente activo se mantenga en el agua después de la desinfección, el desinfectante de mayor aplicación a nivel mundial, especialmente en las zonas rurales es el Cloro.

Entre las principales características del cloro, están:

- Tiene una potencia germicida de amplio espectro.
- Posee un efecto residual que se mantiene en el agua.
- El equipo dosificador es simple, confiable y de bajo costo.
- Es económico por lo que es accesible para las comunidades rurales.

- Se lo puede encontrar en varias presentaciones, con diferentes concentraciones de cloro activo y estabilidad.

El Hipoclorito viene en presentación granulada, en polvo o tabletas con un color blanco, tiene un porcentaje de cloro activo entre el 65 a 70 % y es corrosivo.

2.7.3 Cantidad de cloro a dosificar

La cantidad de cloro a dosificar será de 0,30 y 1,5 mg/l esto dependerá de la calidad química y microbiológica del agua.

Para determinar la dosis adecuada, se realiza el ensayo a la demanda de cloro, en el caso de los sistemas rurales no existen equipos para realizar esta prueba, por lo que la cantidad de cloro a aplicar, se regula aplicando cantidades crecientes de cloro en la planta de tratamiento, hasta obtener la concentración residual adecuada en los extremos de la red de distribución.

2.7.3.1 Cálculo de la dosificación de Hipoclorito de Sodio.

Para el cálculo de la dosificación se aplicará la siguiente formula:

$$V = \frac{Q \cdot ds}{C} \quad \text{Ec. 2.28}$$

Donde:

V= volumen de hipoclorito de sodio (l/día).

Q= caudal de diseño en l/día.

ds= dosificación (mg/l)

C= concentración de cloro activo (ppm)

3 CAPITULO III: DISEÑOS DEFINITIVOS

3.1 Diseño de la captación

La captación fue diseñada siguiendo la normativa ecuatoriana vigente para sistemas de distribución de agua potable para comunidades rurales, la captación tendrá un ancho de pantalla de 0,90 m con 2 orificios de entrada de 0,051m (2 pulgadas), la distancia entre el afloramiento del manantial y la cámara húmeda será de 1,25m, la altura de la cámara húmeda es de 1m, se dimensionó la canastilla para la recolección del agua, la misma que tiene una longitud de 15 cm con un diámetro de 0.051m (2 pulgadas), la tubería de rebose tendrá un diámetro de 0.038 m (1,5 pulgadas), la tubería de limpieza tendrá también un diámetro de 0.038m (1,5 pulgadas). Para evitar el ingreso y la obstrucción de la tubería con basura, ramas y hojas, etc. Se le colocará grava y una malla geo textil a los costados de la estructura de captación.

Anexo 5 Planos de Captaciones.

Anexo 6 Memoria de cálculo captación.

3.2 Válvulas de purga

Las válvulas de purga se colocarán en los puntos bajos de la red de abastecimiento de agua potable, en los cuales se ha considerado que se pueden acumular sedimentos, a continuación, se muestra una tabla con la ubicación de las 19 válvulas de purga ubicadas en la red, las válvulas estarán protegidas de una caja de hormigón. La Tabla 3.1 muestra la ubicación de las válvulas de purga dentro de la red.

Tabla 3.1 Posición de las válvulas de purga.

VALVULAS DE PURGA	
ABSCISA	TRAMO
0+193	2
0+811	4
1+271	6
1+731	8
2+099	9
2+869	12
3+568	15
0+072	r1
0+389	r4
0+102	r5
1+317	r5
0+702	r6
0+634	r8
0+051	r11
0+465	r11
0+341	r12
0+028	r13
0+348	r15
0+230	r19

Anexo 7 Plano de Válvula de purga

Anexo 8 Diseño de la red de agua potable

3.3 Válvulas de aire

Se instalará un total de 10 válvulas en las partes más altas de la red, estas válvulas serán las encargadas de eliminar el exceso de aire dentro de la red, al igual que las válvulas de purga también irán protegidas por una caja construida en hormigón cuyo diseño se adjunta en los anexos. La Tabla 3.2 muestra la ubicación de las válvulas dentro de la red.

Tabla 3.2 Ubicación de las válvulas de aire dentro de la red.

VALVULAS DE AIRE	
ABSCISA	TRAMO
0+197	2
0+724	4
1+071	5
2+321	10
2+840	12
3+105	13
0+608	r3
1+365	r5
0+175	r6-c
0+234	r12

Anexo 9 Planos válvulas de aire

3.4 Tanque rompe presión

El tanque rompe presión sirve para controlar la presión dentro de la red para que esta no sobrepase los 70 mca. que recomienda la norma ecuatoriana para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales. Se trata de una estructura rectangular de hormigón que lleva la presión existente a presión atmosférica, se colocaran 27 tanques rompe presiones ubicados en la red principal y los ramales, a continuación, se muestra la tabla con la ubicación de los tanques rompe presiones en la red.

Tabla 3.3 Ubicación de los tanques rompe presiones en la red.

TANQUE ROMPEPRESION		TANQUE ROMPEPRESION	
ABSCISA	TRAMO	ABSCISA	TRAMO
0+541	3	0+012	r8
1+440	7	0+235	r8
1+746	8	0+455	r8
2+537	11	0+068	r9
3+437	15	0+266	r11
3+508	15	0+184	r13
0+715	r5	0+015	r14
1+086	r5	0+221	r14
0+418	r6	0+081	r15
0+557	r6	0+143	r15
0+019	r7	0+079	r16
0+162	r10	0+133	r16
		0+067	r17

Fuente: Autor

Anexo 10 Plano de tanque rompe presión

3.5 Planta de tratamiento

3.5.1 Filtro grueso ascendente en capas

Siguiendo el procedimiento indicado en el numeral 2.7, se diseñaron 2 filtros gruesos ascendentes en capas, la planta debe que tener como mínimo 2 filtros para poder realizar tareas de mantenimiento sin tener que interrumpir el servicio, estos filtros recibirán agua cruda proveniente de la captación, el filtro grueso tiene las medidas que se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resumen del diseño del filtro grueso.

RESUMEN CALCULOS DEL FILTRO GRUESO ASCENDENTE	
Diámetro de la cámara de filtración (m)	2,15
Área de la unidad (m ²)	3,63
Caudal de lavado (m ³ /s)	0,0040
Laterales	6
Diámetro de orificio (mm)	6
Lecho filtrante	tamaño de la grava
0.3m	(13 mm -25 mm)
0.2m	(6 mm -13 mm)
0.2 m	(6 mm -3 mm)
0.1 m	borde libre
Caudal de lateral (m ³ /s)	0,00067
Total de numero de orificios	186
φ de la tubería lateral (mm)	90
φ del colector principal (mm)	110

Fuente: Autor

Anexo 11 Filtro Grueso, memoria de calculo

Anexo 12 Plano de la Planta de Tratamiento

3.5.2 Filtros lentos de arena

El agua cruda después de tener un proceso de pre filtración por el filtro grueso ascendente va hacia el filtro lento de arena, cuya finalidad es eliminar la turbiedad del agua, la materia orgánica e inorgánica, microorganismos patógenos que no fueron eliminados en el proceso de pre filtración. Se diseñaron dos FLA cuyas medidas se especifican en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5 Resumen de diseño del filtro Lento de arena

RESUMEN CALCULOS DEL FILTRO LENTO EN ARENA (FLA)	
Cámara de entrada dimensiones	0.6m * 0.6m * 0.55m
Dimensiones de la cámara de filtro	4m de diámetro
Área de la unidad (m ²)	12
Caudal de lavado (m ³ /s)	0.0010
numero de orificios del lateral	31
numero de laterales	8
diámetro del orificio (mm)	6
diámetro de la tubería lateral (mm)	75
diámetro del colector principal (mm)	90

Fuente: Autor

Anexo 13 Filtro Lento de arena, Memoria de cálculo**3.5.3 Tanque de reserva**

El tanque de reserva se diseñó para cumplir con la función de guardar el agua necesaria para la población futura de los próximos 20 años, garantizando siempre un caudal constante para el sistema de abastecimiento, el volumen calculado para abastecer dicha demanda es de 31 m³ sus dimensiones calculadas se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Medidas del tanque de almacenamiento.

Tanque de Almacenamiento	
Diámetro (m)	4
altura (m)	2,5
Área (m ²)	12,57
Volumen (m ³)	31,4

Fuente: Autor.

Anexo 14 Plano del Tanque de almacenamiento

3.6 Red de distribución

El cálculo de la red de distribución se realizó en el programa Watercad 5.0 donde previamente se calculó el consumo por vivienda también llamado caudal unitario el mismo que es 0,02 lt/s, también se tomó en cuenta la topografía del terreno con el fin de encontrar el diseño más óptimo de la red, los planos constructivos de la red fueron diseñados con el software civil 3d 2019, la red de agua fue diseñada para 106 viviendas que forman parte de este proyecto.

Se utilizaron 3 diámetros de tubería; 110 mm para llevar el agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento, tubería de 63 mm para la red principal y tubería de 40 mm para los ramales, todas las tuberías utilizadas en el diseño deberán resistir la presión de 1 Mega Pascal (1Mpa), se instalaron válvulas de control para facilitar el mantenimiento de la red y en caso de que se quiera reparar un tramo dañado.

Anexo 8 Diseño de la red de agua potable

Anexo 15 Plano del análisis hidráulico de la red de distribución

Anexo 16 Análisis hidráulico de la red de distribución actual

Anexo 17 Plano de conexión domiciliaria

4 CAPÍTULO IV: PRESUPUESTO

4.1 Cuantificación de cantidades de obra

Después de haber realizado el diseño del sistema de agua potable, se realizó el presupuesto general del proyecto definiendo los rubros que intervienen en la ejecución del mismo, se cuantificó las cantidades de obra basándose en los planos y especificaciones técnicas. El transporte de material fue tomado desde el centro cantonal del Sígsig hasta el sector de Zhuizhi, el mismo que fue de 25 km.

Anexo 18 Determinación de cantidades de obra

4.2 Análisis de precios unitarios

Para el análisis de precios unitarios de cada rubro empleado en el presupuesto se tomaron en cuenta costos directos e indirectos, así como los precios actuales de la mano de obra empleada y los materiales que conforman cada uno de los rubros, los datos de precios unitarios como rendimientos pertenecen al GAD parroquial del cantón Sígsig, los mismos que entregaron su base actualizada a la fecha para la elaboración del proyecto; el porcentaje de costos indirectos por tratarse del sector rural fue establecido en 20%.

Anexo 19 Análisis de precios unitarios

4.3 Presupuesto

El presupuesto está conformado por 9 capítulos los cuales son:

- Captación
- Red de distribución
- válvula de aire
- válvula de purga
- tanque rompe presión
- tanque de reserva de 31 m³
- conexiones domiciliarias
- filtro lento de arena
- filtro grueso ascendente en capas

Para la determinación del presupuesto se utilizó el software INTERPRO 3, concluyendo que el precio del proyecto es DOSCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE CON 62/100 DOLARES, se consideró el IVA del 12%.

Anexo 20 Presupuesto

4.4 Elaboración de cronograma valorado

El cronograma valorado es una herramienta que ayuda a determinar el grado de avance del proyecto mediante la distribución de los fondos solicitados por etapa o periodos, el tiempo que se ha planteado para la ejecución del proyecto es de 90 días con una distribución acumulada de los fondos de un 15% para el 1er periodo de un 50% para el 2do periodo y el 100% para el último periodo.

Para el cronograma valorado se utilizó el software INTERPRO 3, se realizó un análisis mensual de cantidad y porcentaje mensual.

Anexo 21 Cronograma Valorado

4.5 Fórmula polinómica

El cálculo de la fórmula polinómica también fue realizado en el software INTERPRO 3, a las variables que conforman la fórmula polinómica se le asignaron los siguientes términos:

- B = Mano de obra
- C= Tubos y Acc. de cobre para conducción de gases y líquidos.
- D= Cemento Portland tipo I- sacos
- E= Equipo y maquinaria de construcción vial
- F= Acero en barras
- H= Tubos y accesorios de hierro y acero
- M= Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada
- P= Materiales pétreos (Azuay)
- T= Tubos y accesorios de PVC - Para presión
- X= Sist. Agua Potable (redes y planta de tratamiento)- zona rural

Anexo 22 Fórmula polinómica

4.6 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas que se incluyen en el Anexo serán una guía para la elaboración de ofertas económicas y técnicas para el presente proyecto, las especificaciones técnicas fueron

elaboradas en base a anteriores proyectos desarrolladas por el GAD municipal del cantón Sígsig.

Anexo 23 Especificaciones Técnicas

5 CONCLUSIONES

- Las comunidades de Sarar Alto y Buena Vista en el sector conocido como Zhuizhi no dispone de un sistema de abastecimiento de agua potable, en un convenio entre la UDA y el GAD municipal se propuso la elaboración de este proyecto, en este documento se presenta el diseño definitivo del mismo.
- El diseño del sistema de abastecimiento se basó en el código ecuatoriano de la construcción con el fin de garantizar un diseño apegado a la normativa vigente en el país y que garantice la calidad del mismo.
- Se recopiló toda la información existente sobre características socioeconómicas de la población, se realizaron estudios de suelo y se realizaron análisis químicos físicos y bacteriológicos de la vertiente Zhuizhi.
- El diseño del sistema de abastecimiento se realizó buscando las mejores opciones en costos para buscar la alternativa más económica para el proyecto, sin que esto influya con algún incumplimiento de la normativa vigente en el país para sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.
- Según los resultados del estudio de agua, se propuso una planta de tratamiento de agua cruda que está conformada por dos filtros gruesos ascendentes en capas, 2 filtros lentos de arena, una caseta de cloración y un tanque de almacenamiento para el agua tratada de la planta cuyo volumen será de 31 m³.

- Se realizó el presupuesto determinando el precio total del proyecto, el mismo consta de 9 capítulos que abarcan todas las obras de ingeniería para llevar a cabo este proyecto, se realizó el análisis de precios unitarios y un cronograma valorado del proyecto con la finalidad de que pueda ser financiado por el GAD municipal del Sígsig.

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Municipio del Sígsig que toda la información que se ha entregado en este proyecto sea tomada en cuenta en la construcción del mismo.
- Se recomienda que se realicen análisis de muestras de agua de la planta potabilizadora a lo largo de la vida útil del sistema de abastecimiento, con el fin de garantizar siempre la correcta dosificación de cloro para la desinfección del agua, y la calidad de esta siempre sea la planteada en este proyecto.
- En caso de que se construyan futuras viviendas que no fueron contempladas en este proyecto como escuelas, centros de salud, deberán ser notificadas mediante un estudio al GAD municipal del Sígsig para que se evalúe de nuevo el proyecto.

7 BIBLIOGRAFIA

- Aguero Pittman, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. (2da ed.). LIMA.
- Aguirre Morales, F. (2015). *Abastecimiento de Agua para comunidades rurales*. (1ra ed.). Machala, Ecuador: UTMACH.
- Berry, P., & Reid, D. (1998). *Mecanica de suelos* (5ta ed.). Bogota, Colombia: McGraw-Hill.
- Código ecuatoriano de la construcción, parte IX "Obras Sanitarias". (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.
- CPE INEN 005-9-2. (1997). *Código de práctica para el diseño de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. (1a ed.). Quito.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones* (5a ed.). MEXICO: Limusa.
- Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma ed.). Mexico DF.: Cengage Learning.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. (2002). *Mecanica de los suelos*. (1a ed.). Manizales, Colombia: McGRAW-HILL.
- Organizacion Panamericana de la Salud. (2008). *Orientaciones sobre Agua y Sanamiento*. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de:
http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d21/019_SER_OrientacionesA&Szonasrurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf

PDOT Ludo. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Sigsig:

Geoliderar.