



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN

CONSTRUCCIONES

**Ampliación del sistema de agua potable para las
comunidades de Banguir y San Martín de la parroquia San
José de Raranga, en el Cantón Sígsig**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

Autora:

MARÍA ELIZABETH CABRERA LITUMA

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

En este presente trabajo de grado está dedicado a mis padres María Lituma y Saúl Cabrera, mis hermanos Esteban, Freddy, Alexandra y Michelle, y mi enamorado Dario Feican por haber formado parte de este proceso de culminación de mi carrera profesional y siempre contar con su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Josué Larriva Vázquez por guiarme en éste proceso de trabajo de grado; así también a mi tribunal al Ing. Javier Fernández de Córdoba y al Ing. Christian Moyano; a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcción por brindarme la oportunidad de formarme intelectualmente y personalmente, y a cada uno de mis profesores y compañeros.

A toda mi familia especialmente a mis padres María Lituma, Saúl Cabrera y a mis hermanos Esteban, Freddy, Alexandra y Michelle por apoyarme sentimentalmente y económicamente para la obtención de mi título profesional. Agradezco a mi enamorado Dario Feican por siempre brindarme su cariño y comprensión en éste proceso.

Al Municipio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón el Sígsig por darme la oportunidad de formar parte del proyecto, así como la Junta Administrativa de Agua Potable especialmente al Sr. Andrés Fernández y cada uno de los habitantes de las comunidades.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCION	iii
CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	1
1.1 Recopilación de información cartográfica.....	1
1.1.1 Localización y cobertura	1
1.1.2 Situación geográfica.....	4
1.1.3 Clima.....	6
1.1.3.1 Isoyetas	6
1.1.3.2 Isotermas.....	7
1.1.4 Topografía.....	8
1.1.5 Vialidad.....	9
1.1.6 Telecomunicaciones.....	10
1.1.7 Uso del suelo	10
1.1.8 Geomorfología y geología.....	11
1.1.9 Ordenamiento territorial.....	13
1.2 Topografía.....	15
1.2.1 Levantamiento topográfico.....	15
1.2.2 Modelo digital del terreno	17
1.3 Análisis de suelos.....	18
1.3.1 Parámetros geotécnicos	18
1.3.1.1 Límites de atterberg.....	18
1.3.1.2 Límite líquido (ll).....	19
1.3.1.3 Límite plástico (PL)	19
1.3.1.4 Sistema de clasificación del suelo	20

1.3.1.4.1 Sistema de clasificación AASHTO	20
1.3.1.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).....	21
1.3.1.5 Cohesión	22
1.3.1.6 Capacidad de carga	22
1.3.1.7 Asientos admisibles.....	22
1.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo	23
1.3.3 Resultado de los análisis	24
1.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes	25
1.4.1 Situación actual	25
1.4.1.1 Captaciones	26
1.4.1.2 Línea de conducción.....	29
1.4.1.3 Planta de tratamiento	31
1.4.1.4 Red de distribución	34
1.4.1.5 Cloración.....	40
1.4.2 Análisis de fuentes	41
1.4.2.1 Evaluación de fuentes.....	41
1.4.2.2 Calidad de fuente.....	44
1.4.2.2.1 Factores que afectan la calidad general del agua	45
1.4.2.2.2. Impactos sobre la calidad del agua de superficie - factores naturales.	45
1.4.2.2.3 Riesgos de la calidad del agua:	47
1.4.2.2.4Índice de calidad del agua (WQI):	49
1.4.2.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos.....	49
1.4.2.3.1 Parámetros físicos	50
1.4.2.3.2 Parámetros químicos	52
1.4.2.3.3 Parámetros biológicos:	54
1.4.3 Toma de muestras para el análisis del agua de la fuente.....	55
1.4.4 Resultados de los análisis	57
1.5 Distribución de la población, características socioeconómicas.....	61
1.5.1 Población	61
1.5.1.1 Tasa de crecimiento.....	61
1.5.1.2 Distribución de la población por área de residencia	61
1.5.2 Vivienda.....	63
1.5.3 Servicios e infraestructura existente	63
1.5.3.1 Abastecimiento de agua potable	63
1.5.3.2 Energía eléctrica y servicio de telefonía.....	66
1.5.3.3 Establecimientos educativos y de salud.....	66

1.5.3.4 Servicio de transporte	66
1.5.3.5 Sistema de riego	67
1.5.3.6 Sistema de recolección de basura	67
1.5.3.7 Vialidad.....	67
1.5.3.8 Infraestructura sanitaria.....	68
1.5.4 Características socioeconómicas	68
1.5.4.1 Oficios y actividades de los habitantes	68
1.5.4.2 Salud	69
1.5.4.2 Educación.....	69
1.5.5 Encuesta – adquisición del servicio.....	70
1.6 Revisión de la normativa a utilizar	71

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

2.1 Parámetros de diseño.....	72
2.1.1 Definiciones generales	72
2.1.2 Periodo de diseño	73
2.1.3 Población de diseño.....	73
2.1.3 Tasa de crecimiento.....	73
2.1.4 Niveles de servicio	74
2.1.5 Dotaciones.....	74
2.1.6 Variaciones de consumo.....	75
2.1.7 Parámetros de diseño para la captación	77
2.1.8 Parámetros de la línea de conducción.....	79
2.1.9 Parámetros de tratamiento	82
2.1.9.1 Tratamiento a emplear.....	83
2.1.9.1.1 Alternativas de tratamiento fime	83
2.1.9.1.2 Alternativas de tratamiento según la Norma Ecuatoriana	84
2.1.9.2 Factores de la selección del proceso de tratamiento	85
2.1.9.2.1 Remoción de contaminantes	86
2.1.9.2.2 Calidad del agua original.....	86
2.1.9.2.3 Fiabilidad	87
2.1.9.2.4 Condiciones existentes	87
2.1.9.2.5 Flexibilidad de proceso	88

2.1.9.3 Filtro lento de arena (FLA)	88
2.1.9.4 Cloración.....	93
2.1.10 Parámetros de almacenamiento	94
2.1.11 Parámetros de la red de distribución.....	95
2.2 Análisis de alternativas de tratamiento	96
2.3 Sectorización de la red de distribución	96
2.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar.....	97
2.4.1 Criterios de selección	97
2.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales	98
2.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios	100
2.5 Diferentes alternativas de diseño para discusión.	101
2.5.1 Captación	102
2.5.2 Línea de conducción	102
2.5.3 Planta de tratamiento.....	102
2.5.4 Red de distribución	102
CAPÍTULO 3: DISEÑO DEFINITIVO	103
3.1 Diseño de la captación	103
3.2 Diseño de la línea de conducción	104
3.2.2 Válvulas de purga.....	105
3.2.3 Tanque rompe presión.....	105
3.3.1 Filtros lentos de arena	105
3.3.2 Tanque de reserva	106
3.4 Red de distribución	106
3.4.1 Manual de mantenimiento	107
CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO	108
4.1 Cuantificación de cantidades de obra	108
4.2 Análisis de precios unitarios.....	108
4.3 Presupuesto	109
4.4 Elaboración de cronograma valorado	109
4.5 Fórmula polinómica	109
4.6 Especificaciones técnicas	110

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 División política de la Provincia del Azuay	1
Figura 1.2 División política del cantón Sígsig	2
Figura 1.3 Comunidades de San José de Raranga.....	4
Figura 1.4 Comunidad de Banguir	5
Figura 1.5 Comunidad de San Martín.....	5
Figura 1.6 Isoyetas San José de Raranga	6
Figura 1.7 Isotermas San José de Raranga.....	7
Figura 1.8 Rango de pendientes de San José de Raranga	9
Figura 1.9 Red vial San José	10
Figura 1.10 Cobertura y Uso del Suelo	11
Figura 1.11 Estructura geomorfológica de San José de Raranga.....	13
Figura 1.12 Ordenamiento territorial de San José de Raranga.....	15
Figura 1.13 Levantamiento topográfico de las vertientes de Tuñi y Sarar	16
Figura 1.14 Levantamiento topográfico del sector de las Peñas.....	16
Figura 1.15 Levantamiento topográfico del sector Zhiripe.....	17
Figura 1.16 Modelo digital del terreno	18
Figura 1.17 Prueba de límite líquido.....	19
Figura 1.18 Prueba de límite plástico.....	20
Figura 1.19 Perforación del terreno	23
Figura 1.20 Muestra del suelo a 1.5m.....	23
Figura 1.21 Muestra del suelo a 3.5m.....	24
Figura 1.22 Captaciones actuales.....	27
Figura 1.23 Captación 1	27
Figura 1.24 Captación 2	28
Figura 1.25 Tanque de captación 1	28
Figura 1.26 Tanque de captación 2	28
Figura 1.27 Línea de conducción.....	29
Figura 1.28 Vista frontal de la válvula de purga 1 de conducción.....	30
Figura 1.29 Vista frontal del tanque rompe presión 1 de la conducción.....	30
Figura 1.30 Vista frontal del tanque rompe presión 2 de la conducción.....	30
Figura 1.31 Planta de Tratamiento	31
Figura 1.32 Filtro lento de arena 1	32
Figura 1.33 Caja de aguas claras.....	33
Figura 1.34 Caseta de cloración.....	33
Figura 1.35 Tanque de Reserva.....	33
Figura 1.36 Red de distribución.....	34
Figura 1.37 Vista frontal de la válvula de aire 1	35
Figura 1.38 Válvula de aire 1	35
Figura 1.39 Vista frontal de la válvula de purga 4.....	35
Figura 1.40 Interior de la válvula de purga 4	35

Figura 1.41 Vista frontal del tanque rompe presión 2.....	36
Figura 1.42 Interior del tanque rompe presión 2.....	36
Figura 1.43 Presencia de agua.....	37
Figura 1.44 Presencia de óxido en las llaves y tuberías.....	37
Figura 1.45 Condición general de las válvulas de purgas.....	38
Figura 1.46 Presencia de agua en las válvulas de purgas.....	38
Figura 1.47 Presencia de óxido en llaves y tuberías en las válvulas de purgas	38
Figura 1.48 Condición general de las válvulas de aire.....	39
Figura 1.49 Presencia de agua en las válvulas de aire	39
Figura 1.50 Presencia de óxido en las llaves y tuberías en las válvulas de aire.....	40
Figura 1.51 Panel de control de la máquina de cloración	40
Figura 1.52 Máquina de cloración	41
Figura 1.53 Proceso de cloración en la planta de tratamiento.....	41
Figura 1.54 Vertientes.....	42
Figura 1.55 Aforo de la vertiente de Tuñi.....	42
Figura 1.56 Diferentes formas de sólidos presentes en el agua	51
Figura 1.57 Muestra de agua de la vertiente de Lliguil.....	56
Figura 1.58 Muestra de agua de la vertiente del Chorro	56
Figura 1.59 Muestra de agua de la vertiente del Tuñi.....	57
Figura 1.60 Muestra de agua de la vertiente del Sarar.....	57
Figura 1.61 Muestra de agua tratada.....	57
Figura 1.62 Rangos de densidades	62
Figura 1.63 Tipo de edificación	63
Figura 1.64 Tipos de abastecimiento de agua en las comunidades.....	64
Figura 1.65 Población que dispone del servicio de agua potable.....	64
Figura 1.66 Proyección de conexiones domiciliarias en comunidad	65
Figura 1.67 Ubicación de las conexiones.....	65
Figura 1.68 Red vial Banguir - San Martin.....	67
Figura 1.69 Disponibilidad de pago por el servicio de agua potable	70
Figura 1.70 Aceptación del servicio de agua potable	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ubicación de la Comunidad de San José de Raranga	3
Tabla 1.2 Rango, área de pendiente y porcentaje de la parroquia San José de Raranga	8
Tabla 1.3 Litología de San José de Raranga	12
Tabla 1.4 Categorías de ordenamiento territorial de San José de Raranga	13
Tabla 1.5 Parámetros geotécnicos obtenidos de las muestras.....	24
Tabla 1.6 Capacidad soportante del sondeo 1	25
Tabla 1.7 Asentamientos del sondeo 1.....	25
Tabla 1.8 Resultados de la Clasificación del Suelo	25
Tabla 1.9 Caudales aforados de las vertientes	43
Tabla 1.10 Caudales de las vertientes	44
Tabla 1.11 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	44
Tabla 1.12 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran desinfección.....	44
Tabla 1.13 Riesgos de la calidad de agua	48
Tabla 1.14 Interpretación de la calidad (WQI)	49
Tabla 1.15 Coordenadas de las muestras	56
Tabla 1.16 Resultados del índice de calidad de agua (WQI)	58
Tabla 1.17 Resultados de la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos respecto a la normativa.....	59
Tabla 1.18 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente de Lliguil.....	59
Tabla 1.19 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente del Chorro	59
Tabla 1.20 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente de Tuñi	60
Tabla 1.21 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente del Sarar	60
Tabla 1.22 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para el Agua Tratada.....	60
Tabla 1.23 Población estimada por comunidades	61
Tabla 1.24 Rangos de densidades	62
Tabla 1.25 Ramas de actividad de la población económicamente activa de la parroquia San José de Raranga	68
Tabla 1.26 Centros Educativos de la Parroquia San José de Raranga	70
Tabla 2.1 Tasa de crecimiento poblacion.....	73
Tabla 2.2 Niveles de servicios	74
Tabla 2.3 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	74

Tabla 2.4 Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	76
Tabla 2.5 Datos de parámetros de diseño.....	77
Tabla 2.6 Resultados de los parámetros de diseño.....	77
Tabla 2.7 Velocidades máximas recomendadas para el escurrimiento del agua en los distintos tipos de tuberías, y coeficientes de rugosidad correspondientes	82
Tabla 2.8 Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FIME. (Todas las opciones incluyen FGDI 2.0 y FLA0.15).....	83
Tabla 2.9 Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones de FIME	84
Tabla 2.10 Tratamiento probable	85
Tabla 2.11 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua.....	94
Tabla 2.12 Tabla de Sectorización de la red de distribución	96
Tabla 2.13 Ventajas y desventajas de materiales	98
Tabla 2.14 Criterios de selección del material de tuberías y accesorios	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estudio de suelos

Anexo 2. Formularios de evaluación de tanque rompe presión, tanque de captación, válvula de purga y válvula de aire.

Anexo 3. Fotografías de las captaciones

Anexo 4. Fotografías de los tanques rompe presiones y los tanques de captación

Anexo 5. Evaluación de los tanques rompe presiones y los tanques de captación

Anexo 6. Fotografías de las válvulas de purga

Anexo 7. Evaluación de las válvulas de purga

Anexo 8. Fotografías de la planta de tratamiento

Anexo 9. Evaluación de válvulas de aire

Anexo 10. Fotografías de cloración del agua

Anexo 11. Autorización de la SENAGUA

Anexo 12. Fotografías del aforamiento de las fuentes

Anexo 13. Determinación de caudales de las fuentes

Anexo 14. Estudio de agua

Anexo 15. Determinación de WQI

Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

Anexo 17. Formato de encuesta socio-económicas

Anexo 18. Encuestas socio-económicas realizadas a las comunidades Banguir y San Martin

Anexo 19. Memoria de cálculo

Anexo 20. Areas de aporte de 3 sectores

Anexo 21. Planos de Captaciones

Anexo 22. Plano de tanques rompe presión y tanques de captaciones

Anexo 23. Planos de perfiles de la línea de conducción

Anexo 24. Plano constructivo del Sistema de Agua Potable

Anexo 25. Plano de la Válvula de Aire

Anexo 26. Plano de la Válvula de Purga

Anexo 27. Plano de la Planta de Tratamiento vista de planta

Anexo 28. Plano de la Planta de Tratamiento corte

Anexo 29. Plano de tanque de Reserva de 30m³

Anexo 30. Plano del análisis hidráulico de la red de distribución

Anexo 31. Análisis hidráulico de la red de distribución actual

Anexo 32. Análisis hidráulico de la red de distribución del proyecto de ampliación

Anexo 33. Plano de conexión domiciliaria

Anexo 34. Manual de operación y mantenimiento

Anexo 35. Cuantificación de cantidades de obra

Anexo 36. Determinación de cantidades

Anexo 37. Agrupado por rubros

Anexo 38. Análisis de precios unitarios

Anexo 39. Presupuesto

Anexo 40. Cronograma Valorado

Anexo 41. Asignación de términos

Anexo 42. Fórmula polinómica

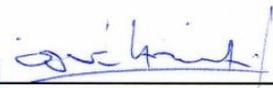
Anexo 43. Especificaciones Técnicas

**AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LAS
COMUNIDADES DE BANGUIR Y SAN MARTIN DE LA PARROQUIA SAN
JOSÉ DE RARANGA, EN EL CANTÓN SÍGSIG.**

RESUMEN

En el presente trabajo se recopiló información del sistema actual de agua potable para su evaluación y posterior propuesta de ampliación de captaciones, línea de conducción, planta de tratamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias, con el empleo de softwares como AutoCAD, ArcGIS, EPANET e Interpro. La topografía fue entregada por el GAD del Sígsig. Se realizó los estudios de agua de las cuatro fuentes y el agua tratada, y el estudio de suelo en la planta de tratamiento. Con la propuesta de ampliación se asegura la dotación de agua potable para las comunidades, finalmente se elaboró la propuesta económica. Al culminar con el estudio se entregarán los documentos correspondientes al GAD del Sígsig.

Palabras claves: Evaluación, agua potable, ampliación, estudio, dotación.



Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director del Trabajo de Titulación



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela

Eliza Cabrera L.

María Elizabeth Cabrera Lituma

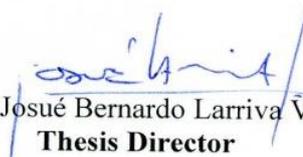
Autora

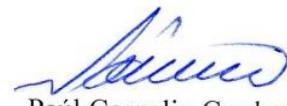
EXPANSION OF THE DRINKING WATER SYSTEM FOR *BANGUIR* AND *SAN MARTIN* COMMUNITIES AT *SAN JOSE DE RARANGA* PARISH, *SIGSIG* CANTON

ABSTRACT

This paper presents the collection of information on the current water system for its evaluation and subsequent expansion proposal of water transfers, pipeline, treatment plant, distribution network and household connections with the use of software such as AutoCAD, ArcGIS, EPANET and Interpro. The topography study was delivered by the GAD (Decentralized Autonomous Government) of *Sigsig*. Water studies of the four sources and of the treated water, as well as a soil study in the treatment plant were performed. With the expansion proposal, the provision of potable water for communities is assured. Finally, the economic proposal was developed. The documents for the *Sigsig* GAD will be delivered upon the study completion.

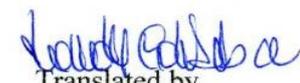
Keywords: Evaluation, Drinking Water, Expansion, Study, Supply.


Josué Bernardo Larriva Vásquez
Thesis Director


Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director

Eliza Cabrera L.
María Elizabeth Cabrera Lituma
Author


UNIVERSIDAD DE AZUAY
Dpto. Idiomas,


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

María Elizabeth Cabrera Lituma

Trabajo de grado

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez. M.Sc.

Octubre, 2016

**AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LAS
COMUNIDADES DE BANGUIR Y SAN MARTÍN DE LA PARROQUIA SAN
JOSÉ DE RARANGA, EN EL CANTÓN SÍGSIG**

INTRODUCCION

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sígsig con el fin de lograr satisfacer los servicios básicos a sus comunidades realizan el convenio con la Universidad del Azuay y la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones estableciendo el estudio de ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Banguir y San Martín de la parroquia san José de Raranga, en el Cantón Sígsig.

El sistema de agua potable en la actualidad no cumple con la dotación de servicio a todos los habitantes, provocando que la población busque otros tipos de abastecimiento como: el consumo de agua del canal de riego, el abastecimiento del servicios de conexiones vecinas o familiares; en algunas ocasiones traer el agua embotellas o tanque de plásticos de otros comunidad vecinas.

El objetivo principal de este trabajo de grado es realizar el diseño de ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Banguir y San Martin de la parroquia San José de Raranga que incluirá: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución. Con el fin de mejor la calidad de vida de los habitantes.

Alcance

Mediante el desarrollo del trabajo se espera obtener una propuesta de diseño del ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Banguir y San Martín de la parroquia San José de Raranga ubicada en el cantón Sígsig el mismo que incluirá: captación, conducción, planta de tratamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias. El cual solucionara la problemática que se presenta en el actual sistema, aumentando el número de usuarios alcanzados por la red de distribución, mejorando la calidad de vida de los habitantes. Adicionalmente la nueva red de distribución planteada tendrá una vida útil estimada de 20 años.

Antecedentes

Las comunidades de Banguir y San Martín disponen actualmente de un sistema de agua potable que fue diseñado en el año de 2002, por el Ingeniero Juan Cazorla, y construido en el año de 2004, por los Ingenieros Rubén Ríos y Rene Vásquez; el proceso tardó en construirse 8 meses y contó con la ayuda de la comunidad con aporte de mano de obra.

La Junta Administrativa del proyecto es la encargada del mantenimiento del sistema, para ello dispone con mano de obra de todos los usuarios; cabe aclarar que se ha establecido un valor mensual fijo de \$2 por el servicio sin considerar la cantidad de consumo mensual, lo que provoca que no exista un control adecuado por pérdidas de fugas y mal uso en las domiciliarias.

El sistema existente tiene una cobertura para 110 usuarios conexiones domiciliarias y está constituido por: dos captaciones –Lliguil y El Chorro-, la línea de conducción tiene aproximadamente 2.8km; la planta de tratamiento está emplazada en una superficie de 288m² y está conformada por: dos filtros lentos de arena, una caja de aguas claras, una caseta de cloración y un tanque de reserva de 15m³. Además, la red de distribución tiene cobertura geográfica de 500 Ha conformada por: red de tuberías de 25 y 40 mm de PVC, tanques rompe presiones, válvulas de purga, válvulas de aire, tanques de reservas y 110 conexiones domiciliarias

Justificación

Actualmente la comunidad de Banguir y San Martín de la parroquia San José de Raranga, en el cantón Sígsig presentan problemas en el servicio básico de agua

potable, ya que poseen un sistema que no cumple con la dotación a todos los habitantes. Provocando así que la población busque otras alternativas de abastecimiento como: el consumo de agua del canal de riego, el abastecimiento del servicios de conexiones vecinas o familiares; en algunas ocasiones traer el agua embotellas o tanque de plásticos de otros comunidad. Estos abastecimientos no garantizan que el agua sea apta para el consumo humano y uso doméstico.

Por ello es necesaria la recopilación de información actualizada, la evolución y la propuesta de diseño del sistema de agua potable que incluye captaciones, línea de conducción, planta de tratamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias; para brindar un servicios básico en buena calidad a los habitantes en las comunidades.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sígsig con el fin de lograr satisfacer el servicio de agua potable a sus comunidades presenta el Plan de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Rural del Cantón, realizando convenio con la Universidad del Azuay, proponiendo a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones la realización de estudios y diseños de sistemas de agua potable y alcantarillado.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño de ampliación del sistema de agua potable para las comunidades de Banguir y San Martin de la parroquia San José de Raranga ubicada en el cantón Sígsig, el mismo que incluirá: captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución.

Objetivos específicos

- Levantar y recopilar la información de campo correspondiente a topografía, análisis de agua, análisis de suelos, encuestas, situación socioeconómica, datos del sistema existente.
- Realizar el diseño de ampliación del sistema, el mismo que consta de: captación, línea de conducción, planta de tratamiento y red de distribución.

- Realizar un presupuesto económico; basado en la cuantificación de cantidades de obra, análisis de precios unitarios, presupuesto, cronograma valorado, fórmula polinómica y especificaciones técnicas

CAPÍTULO 1

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1 Recopilación de información cartográfica

1.1.1 Localización y cobertura

El cantón Sígsig se ubica al sureste de la provincia Azuay, tiene una superficie de 642.80km². La conexión física de Sígsig con Cuenca - polo de desarrollo del austro - se realiza mediante el anillo vial: Cuenca-Gualaceo-Chordeleg-Sígsig (70km); Sígsig – San Bartolomé – El Valle- Cuenca (52 Km.) y Cuenca – Quingeo – Ludo Sígsig (50 Km.).

El cantón Sígsig está limitado:

- Al Norte, Cantones Gualaceo, Chordeleg y Cuenca.
- Al Sur, Cantón Nabón, y la Provincia de Morona Santiago.
- Al Este, Provincia de Morona Santiago.
- Al Oeste, Cantones Cuenca y Girón.

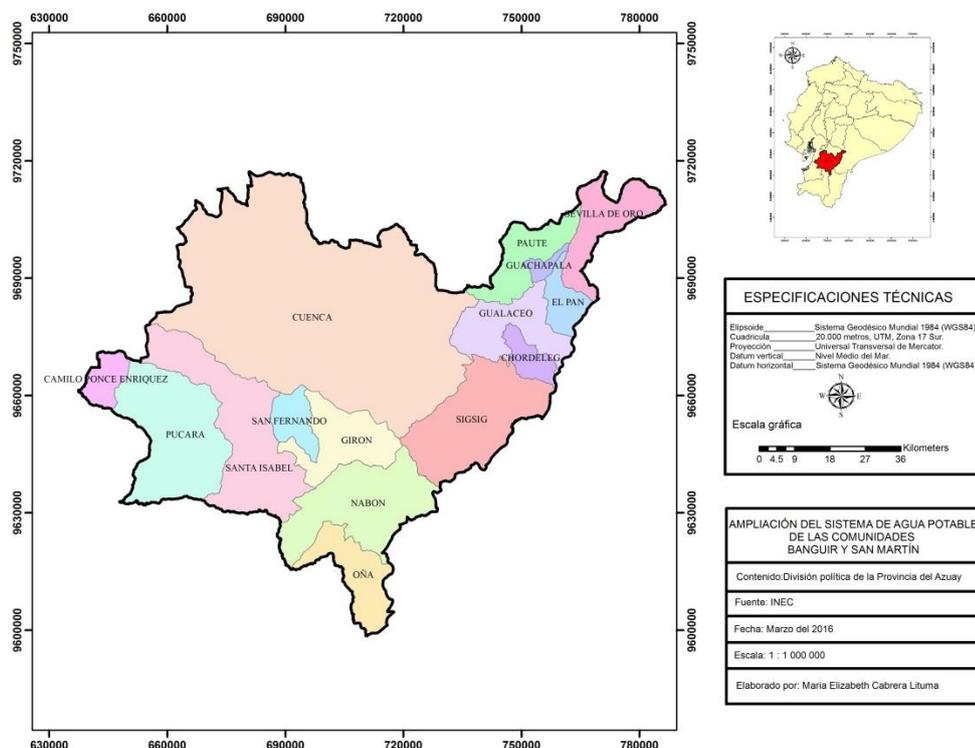


Figura 1.1 División política de la Provincia del Azuay
 Fuente: (INEC, 2010)

El cantón Sígsig está constituido por seis parroquias rurales y una parroquia urbana que lleva el mismo nombre:

- Güel
- Cutchil
- San José de Raranga
- San Miguel de Jima
- San Bartolomé
- Ludo
- Sígsig

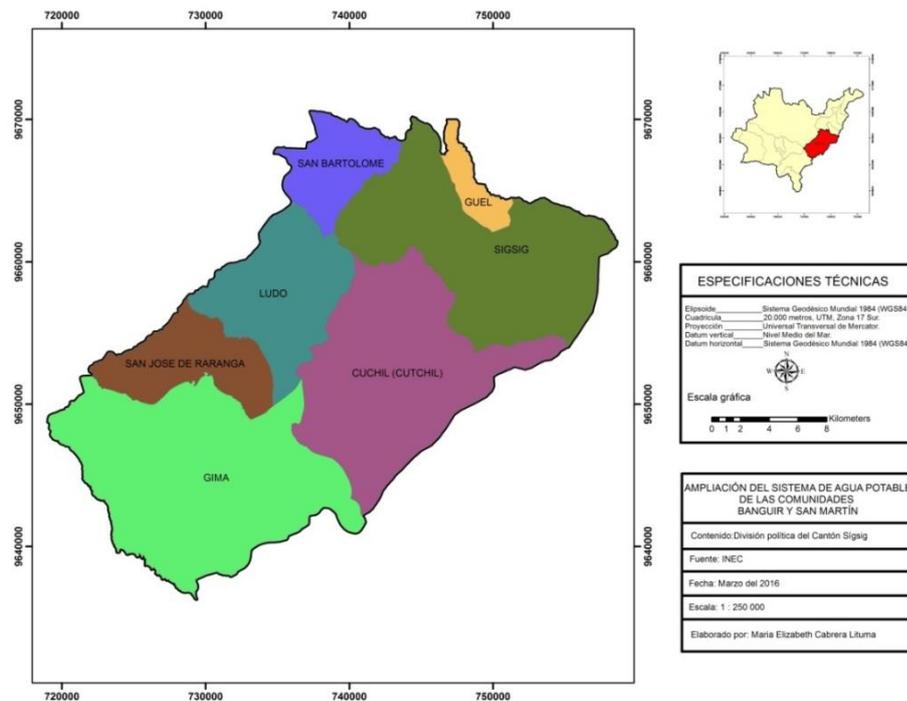


Figura 1.2 División política del cantón Sígsig
Fuente: (INEC, 2010)

La parroquia San José de Raranga está conformada por su centro o cabecera parroquial que es San José y por 16 comunidades, es importante mencionar que estas no están delimitadas; las mismas que son:

- 25 de Diciembre
- 3 de Mayo
- Banguir
- Baulir

- Capulíes
- Jatunuco
- La Esmeralda
- La Esperanza
- La Unión
- La Verbenita
- Rumipamba
- San Martín
- Simir
- Turupama
- Virgen de las aguas
- Zhitiquín.

Tabla 1.1 Ubicación de la Comunidad de San José de Raranga

COMUNIDADES	X	Y
25 de Diciembre	726070	9653128
3 de Mayo	726019	9653298
Banguir	733870	9651693
Baulir	726376	9652567
Capulíes	725801	9652402
Jatunuco	726172	9653593
La Esmeralda	730484	9652255
La Esperanza	728797	9656501
La Unión	726056	9653397
La Verbenita	727553	9653863
Rumipamba	725006	9653123
San Martín	733007	9653375
Simir	725827	9653375
Turupama	726176	9653596
Virgen de las aguas	733165	9650291
Zhitiquín	726790	9651819

Fuente: (PDOT San José, 2015)

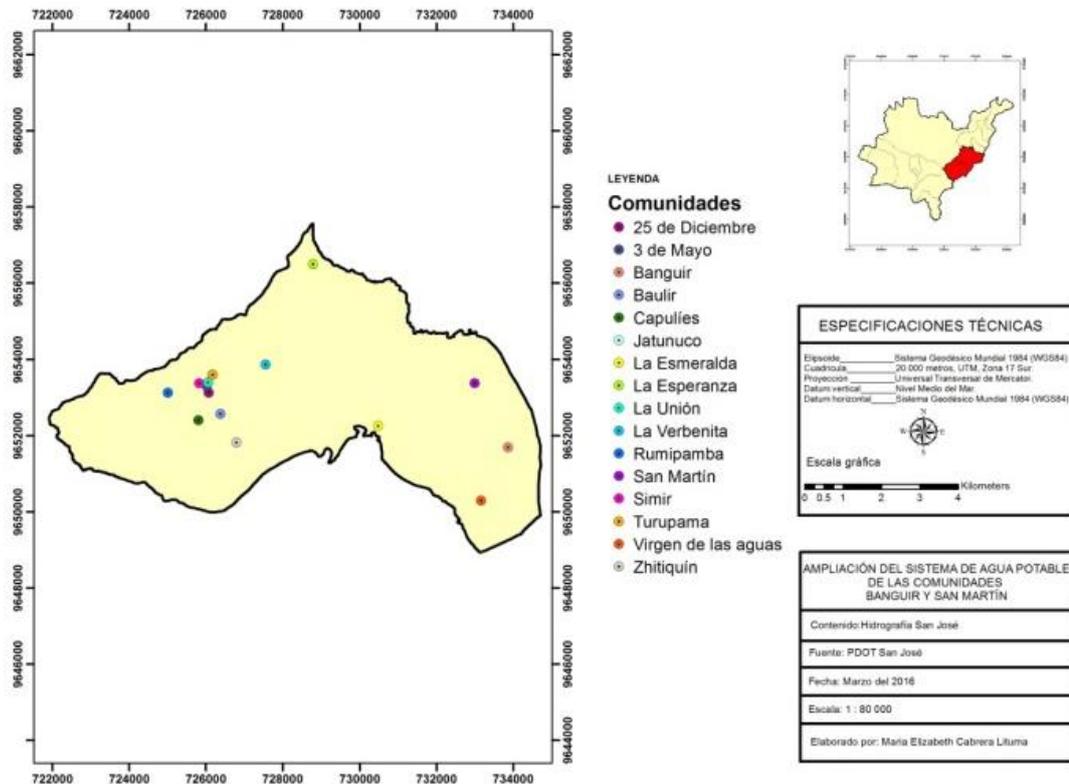


Figura 1.3 Comunidades de San José de Raranga
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

La parroquia está limitada:

- Al Norte: al noreste con la parroquia Ludo y al noroeste con la ciudad de Cuenca.
- Al Sur: con la parroquia Jima.
- Al Este: al noreste con la parroquia Ludo y al sureste con la parroquia Jima.
- Al Oeste: con la parroquia Quingeo del cantón Cuenca.

1.1.2 Situación geográfica

Las coordenadas UTM se encuentran en el Datum WGS84 en la Zona 17M, para las comunidades de:

- Banguir: Coordenada Este: 733870 m E y Coordenada Norte: 9651693m S
- San Martín: Coordenada Este: 733007 m E y Coordenada Norte: 9653375m S

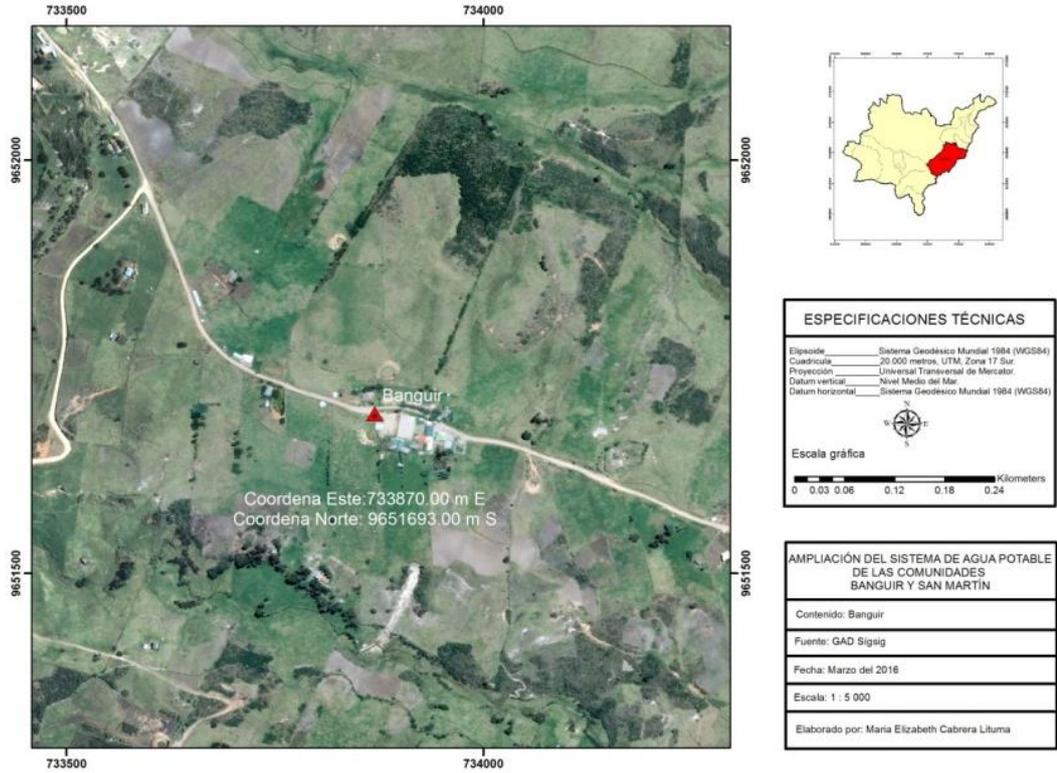


Figura 1.4 Comunidad de Banguir
Fuente: (GAD Sigsig, 2013)

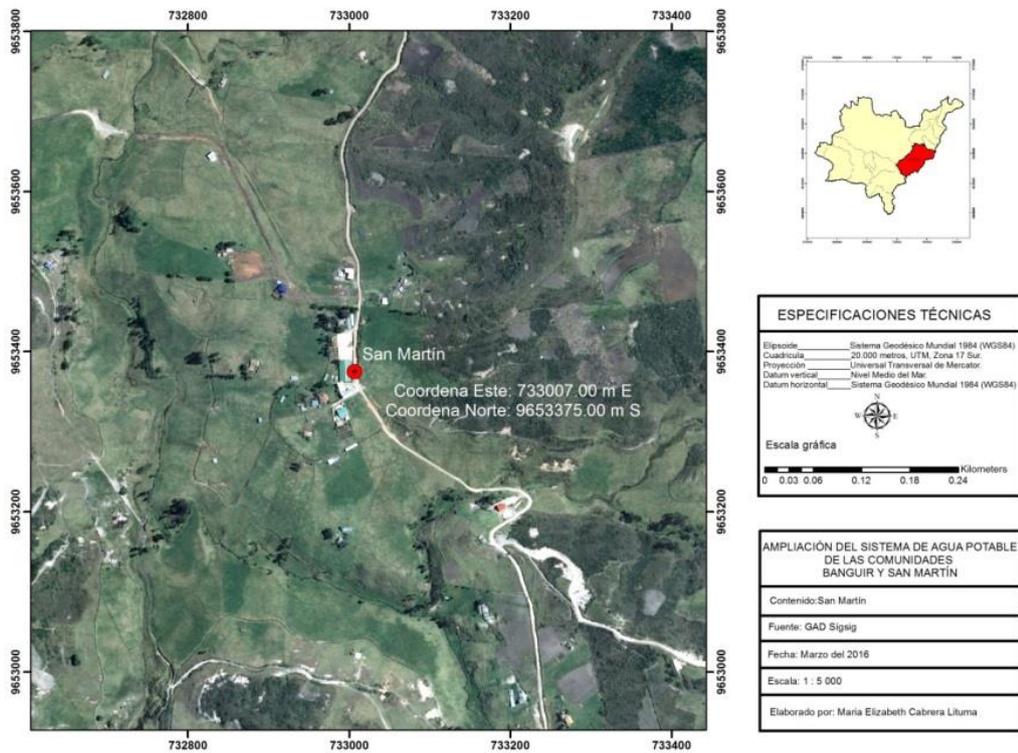


Figura 1.5 Comunidad de San Martin
Fuente: (GAD Sigsig, 2013)

1.1.3 Clima

1.1.3.1 Isoyetas

La parroquia San José de Raranga no presenta variaciones relevantes en sus niveles de precipitación variando de 700 a 900 mm; siendo el rango de 700 - 800 mm el más representativo; se destaca la variación de nivel de precipitaciones entre las comunidades de 100 mm, San Martín presenta un rango de precipitaciones de 700 – 800 mm y Banguir de 800 – 900 mm; dándonos a conocer que la comunidad de Banguir presenta un mayor nivel de precipitación. La problemática más relevante que presentan las comunidades son las bajas precipitaciones, éstas influyen de manera directa en la agricultura y ganadería, ya que no disponen de suficiente agua; afectando a la economía de la parroquia.

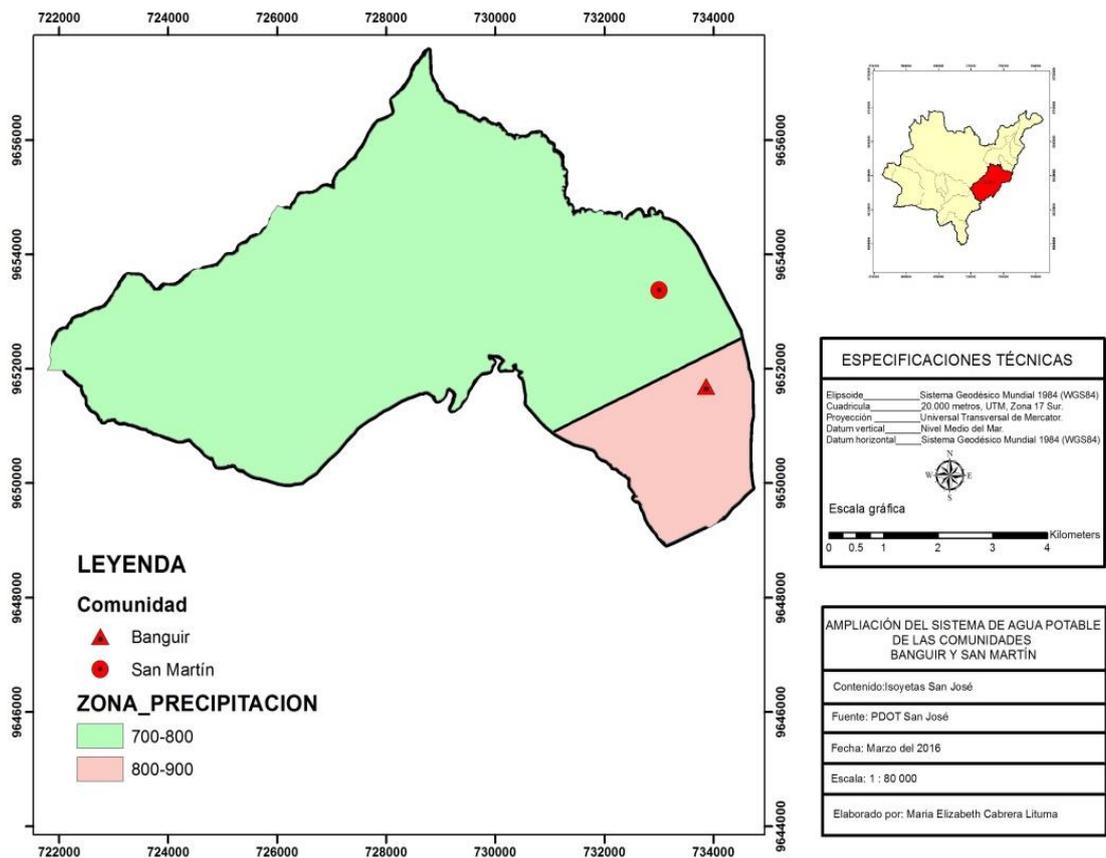


Figura 1.6 Isoyetas San José de Raranga
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.1.3.2 Isotermas

El cantón Sígsig presenta un promedio anual temperaturas que van desde 3 a 4 ° C en las zonas más bajas, mientras que en las zonas más altas van desde 16 a 17 ° C.

Para el caso de la parroquia San José de Raranga se tiene que su temperatura está entre los 10 a 16 ° C, donde su temperatura más baja se encuentra ubicada en el límite con el cantón Cuenca y la parroquia Jima y su temperatura más alta se ubica en las cercanías del río Bolo Pamar cerca de la comunidad San Martín.

La comunidad de Banguir presenta una temperatura de 14 a 15 ° C, la comunidad de San Martín en cambio presenta una temperatura de 15 a 16 ° C en promedio anual, destacando que existe una variación de temperatura entre las dos comunidades de 2°C.

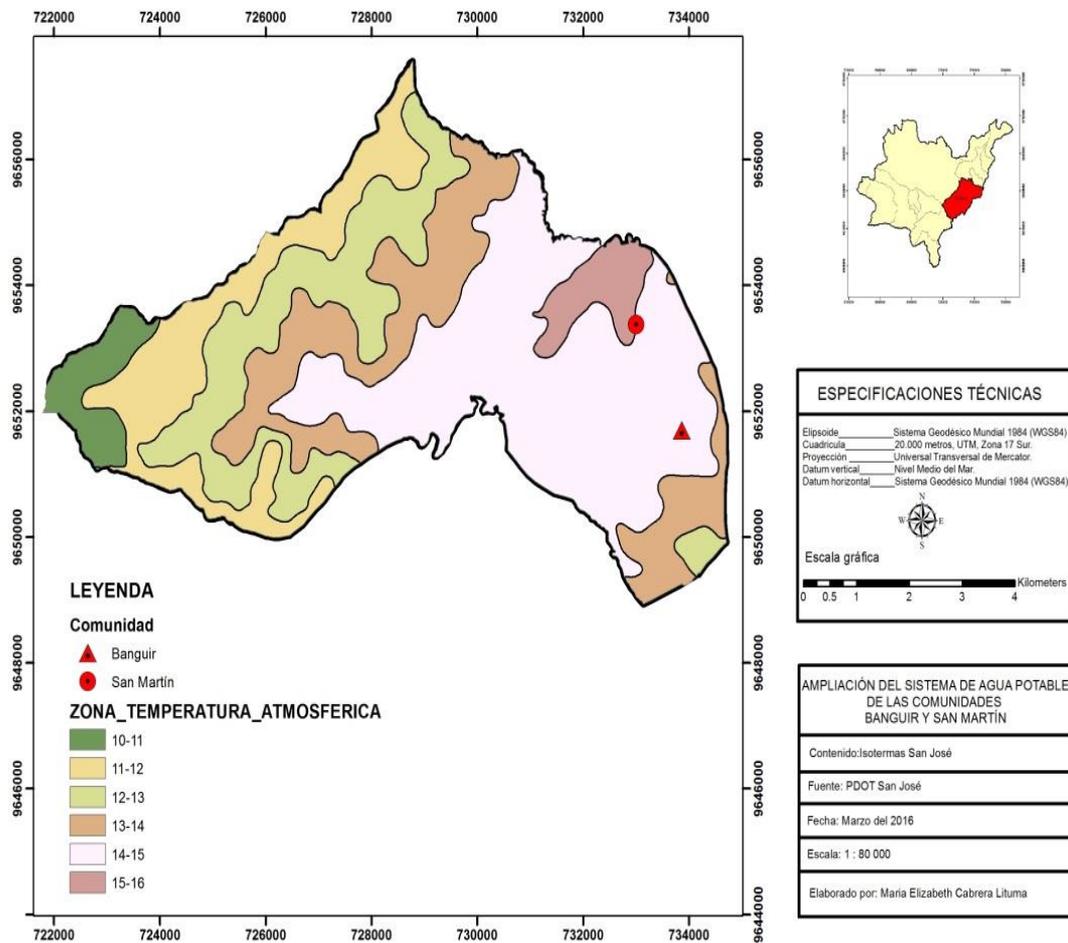


Figura 1.7 Isotermas San José de Raranga
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.1.4 Topografía

La topografía de la parroquia es irregular, esto se debe a que se encuentra en zonas de cotas muy elevadas, desniveles profundos y pendientes fuertes. De acuerdo con el análisis topográfico, la parroquia presenta pendientes de rango muy suave, suave, media, media a fuerte, fuerte y muy fuerte. Se observa que el rango Media a Fuerte (25 – 50 %) es el predominante con 46.84% con una extensión de 2440,36 Ha, seguido de rango Media (15 – 15 %) con 24.44% en una superficie de 1273.32 Ha, mientras que Fuerte y Muy fuerte (50 – 70 %, mayor a 70) con 17.56% en una zona de 1085.26 Ha , por último los rangos Muy suave y Suave (0 – 2 %, 2 – 5 %, 5 – 12 %) solo llegan al 7.88 % en un área de 410.78 Ha. Las comunidades de Banguir y San Martín se caracterizan por estar formadas de pendientes de rango Media, Media a fuerte y Fuerte, lo cual limita a la zona a ciertas actividades.

Tabla 1.2 Rango, área de pendiente y porcentaje de la parroquia San José de Raranga

Descripción	Pendiente	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Muy suave	0-2	23.09	0.44
Muy suave	2-5	74.07	1.42
Suave	5-12	313.62	6.02
Media	12-25	1273.32	24.44
Media a fuerte	25-50	2440.36	46.84
Fuerte	50-70	722.61	13.87
Muy fuerte	mayor a 70	362.65	6.96
		5209.72	

Fuente: (PDOT San José, 2015)

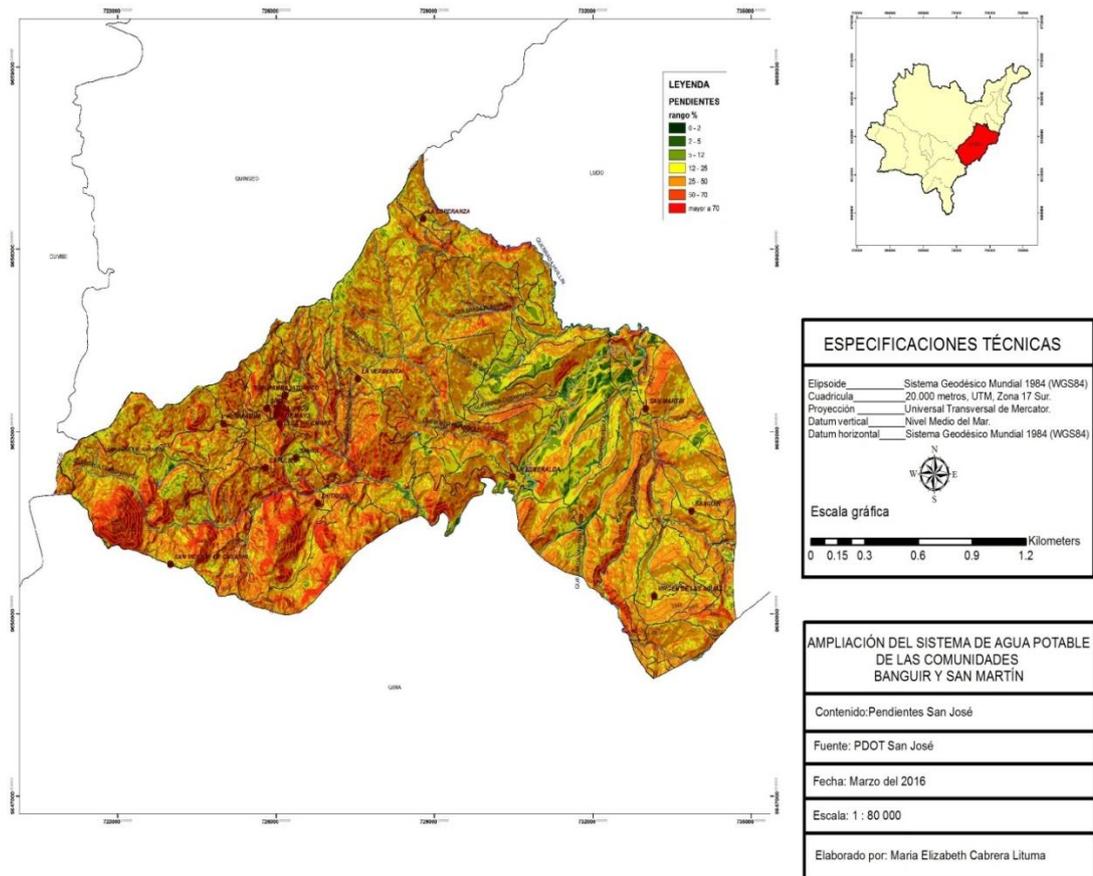


Figura 1.8 Rango de pendientes de San José de Raranga
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.1.5 Vialidad

El cantón Sígsig cuenta con una longitud total vial de 446.035 metros y la parroquia San José tiene una longitud de 72.248 metros, lo que representa el 16% con respecto al cantón, en el cual se tiene un total de 68.717 metros de vías rurales lo que representa el 95% y 3.531 metros de longitud de vías urbanas, que representa el 5%.

Las vías de la parroquia según la capa de rodadura que tienen, es decir en la parroquia, existe 295 metros de longitud con adoquín, que representa 0,41% del total de la vialidad parroquial, vías lastradas 66.032 metros de longitud que da el 91,40% y vías de tierra 5.922 metros de longitud lo que corresponde al 8,20%.

“Con respecto a las vías por distancia y tiempo de recorrido se tiene en la parroquia San José de Raranga que la población urbana es de 648 personas, la población para su movilización hacia la cabecera cantonal de Sígsig tiene que recorrer 40,3 km de longitud en vía lastrada en su totalidad, si la vía esta pavimentada el vehículo 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 Sigüig o viceversa por vía lastrada toma el tiempo de 77 minutos.” (PDOT San José, 2015).

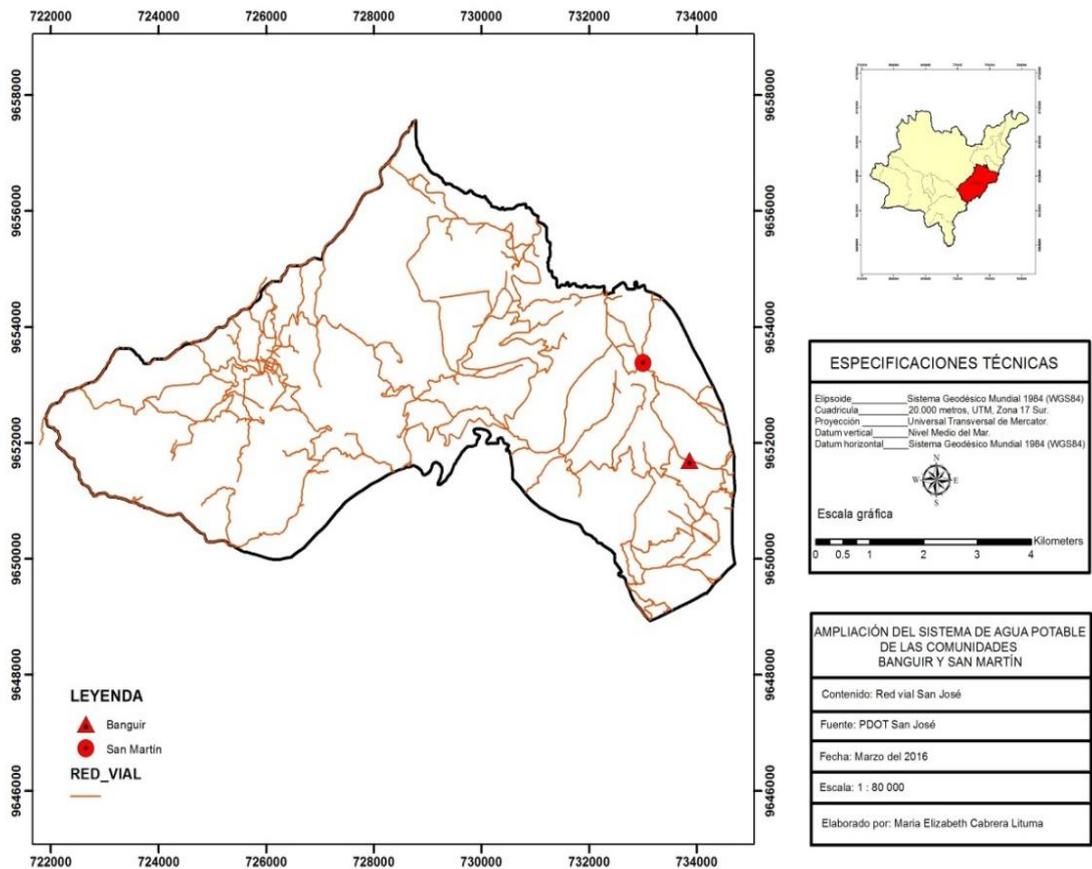


Figura 1.9 Red vial San José
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.1.6 Telecomunicaciones

La parroquia San José de Raranga cuenta con tres medios de comunicación los cuales son: radio, televisión e internet. La radio posee una cobertura del 100 % alcanzando las 16 comunidades; seguido de la televisión con un cobertura del 81.25 % llegando a 13 comunidades; por último el internet cubre solo 18.75 %, el cual comprende el centro parroquial conformado por 3 comunidades.

1.1.7 Uso del suelo

La superficie total de San José de Raranga es de 5209,76 Ha, donde el 29,44% del total corresponde a la cobertura vegetal neutral. Sus principales actividades agropecuarias son en su mayoría los cultivos de maíz – frejol, papa, explotaciones pecuarias, plantaciones forestales de pino y cultivos de ciclo corto tales como: zanahoria, cebolla, nabo, brócoli, etc.

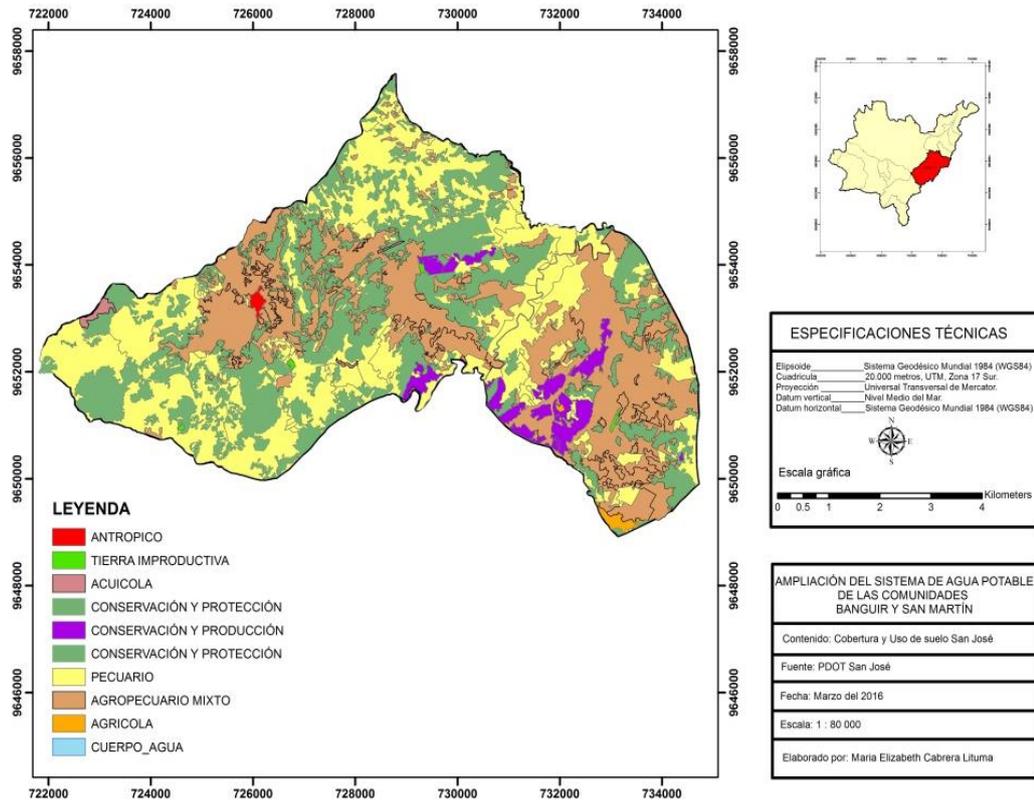


Figura 1.10 Cobertura y Uso del Suelo
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.1.8 Geomorfología y geología

La parroquia San José de Raranga está constituido por litologías ligadas a procesos intrusivos, efectos de metamorfismo y potentes secuencias volcánicas asociadas a eventos continentales; la geología se caracteriza por secuencias metamórficas relacionadas con procesos de creación, presenta una alta influencia volcánica Terciaria-Cuaternaria, donde predominan composiciones de riolitas, andesíticas a dacíticas asociados a las formaciones Saraguro, Nabón y Tarqui productos de volcanismo efusivo; la geomorfología está representada en su mayoría por relieves y vertientes superiores, y de los márgenes de la zona interandina derivadas de los Andes producto de grandes derrames volcánicos cuyas características estructurales repercuten en la diversidad de los relieves asociados a la Formación Tarqui, Nabón. (PDOT San José, 2015).

La parroquia San José de Raranga presenta distintas formaciones geológicas, las mismas que son:

1. Formación Saraguro (Eoceno)
2. Formación Nabón (Pleistoceno)

3. Formación Tarqui (Pleistoceno Superior)
4. Depósitos Superficiales (Holoceno)
 - 4.1 Depósitos Aluviales
 - 4.2 Depósitos Coluvio Aluviales
 - 4.3 Depósitos Coluviales
5. Origen: Volcánico
 - 5.1 Relieve volcánico montañoso (Rv7)
 - 5.2 Relieve colinado volcánico muy alto (Rv6)
 - 5.3 Relieve colinado volcánico alto (Rv5)
6. Origen: Denudativo
 - 6.1 Coluvión antiguo (Can)
7. Origen: Depositional o acumulativo
 - 7.1 Valle intramontano (Vn)

Tabla 1.3 Litología de San José de Raranga

Litología	Área (ha)	% área ha
Piroclastos; aglomerados dacíticos, andesíticos en matriz limo arenosa con presencia de tobas	4995.3132	63.16
Tobas estratificadas de color amarillo pardo, aglomerados finos y grawacas	1412.4526	17.86
Limos y arenas de grano fino a medio con presencia de gravas	387.6301	4.90
Bloques métricos de rocas dacíticas-andesíticas, fragmentos angulosos en matriz limo arenosa	378.1132	4.78
Brechas; aglomerados dacíticos, andesíticos en matriz limo arenosa con presencia de tobas	316.5156	4.00
Depósitos de gravas, arenas finas a medias con clastos andesíticos-dacíticos meteorizados	246.9832	3.12
Andesitas piroxénicas, riolitas, presencia de tobas aglomeráticas	121.914	1.54
No aplicable	50.1434	0.63

Fuente: (PDOT San José, 2015)

Cabe recalcar que la parroquia está constituida principalmente por piroclastos; aglomerados dacíticos, andesíticos en matriz limo arenosa con presencia de tobas que conforma el 63.16% de toda la superficie.

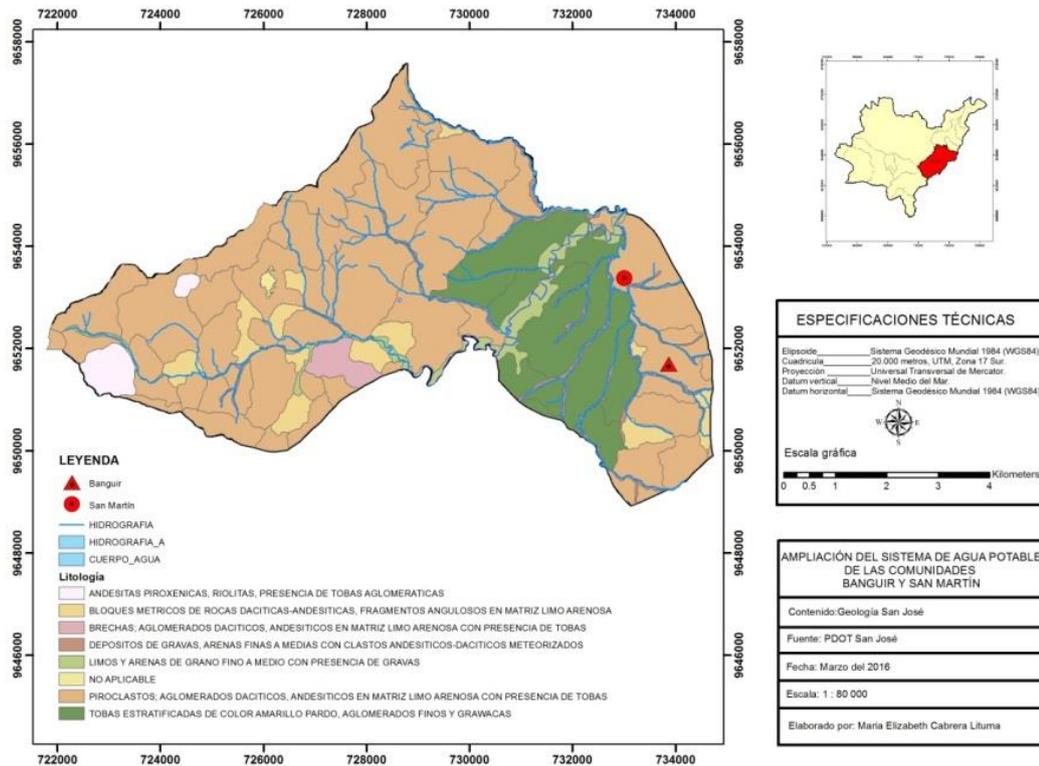


Figura 1.11 Estructura geomorfológica de San José de Raranga
 Fuente: (PDOT San José, 2015)

En las comunidades de Banguir y San Martín predominan tobas estratificadas de color amarillo pardo, aglomerados finos y gravas, y piroclastos aglomerados dacíticos, andesíticos en matriz limo arenosas con presencia de tobas. En menor porcentaje de bloques métricos de rocas dacíticas-andesíticas, fragmentos angulosos en matriz limo arenosa.

1.1.9 Ordenamiento territorial

De acuerdo al plan de ordenanza territorial de la parroquia San José de Raranga se ha determinado la siguiente tabla:

Tabla 1.4 Categorías de ordenamiento territorial de San José de Raranga

Categorías de ordenamiento territorial	Área ha	Porcentaje
Áreas agrícolas de producción sin limitaciones destinados a la seguridad y soberanía alimentaria	547.283	10.505
Áreas agrícolas de producción sin limitaciones y aprovechamiento racional del recurso suelo	152.402	2.92534

Áreas con limitaciones muy fuertes destinados a producción agroecológica bajo sistemas agrosilvopastoriles para sostener el aprovechamiento racional del recurso suelo	1249.1	23.9763
Áreas con limitaciones muy fuertes destinadas a la protección y conservación de los bosques con parches pequeños para producción agroecológica	744.898	14.2982
Áreas con moderadas limitaciones aptas para agricultura y ganadería con énfasis en producción pecuaria bajo el aprovechamiento racional del suelo	1085.08	20.828
Áreas destinadas a la protección y conservación de los recursos hídricos con restricción para usos antrópicos	184.651	3.54435
Áreas urbanas consolidadas y de expansión destinadas al desarrollo urbanístico	9.49947	0.182341
Conservación de los recursos forestales para el control del avance de la frontera agrícola	1236.81	23.7404

Fuente: (PDOT San José, 2015)

La tabla indica que la mayor área con respecto a la ordenanza territorial son: Conservación de los recursos forestales para el control del avance de la frontera agrícola con una área aproximada de 1236.81 Ha y Áreas con limitaciones muy fuertes destinados a producción agroecológica bajo sistemas agrosilvopastoriles para sostener el aprovechamiento del recurso suelo con 1249.1 Ha. También nos indica aquellos que presentan una área reducida como las Áreas urbanas consolidadas y de expansión destinadas al desarrollo urbanístico con una área de 9.49947 Ha.

La comunidad de San Martín se encuentra en Áreas con moderadas limitaciones aptas para la agricultura y ganadería con énfasis en producción pecuaria bajo el aprovechamiento racional del suelo mientras que la comunidad de Banguir se ubica en Áreas agrícolas de producción sin limitaciones destinadas a la seguridad y soberanía alimentaria.

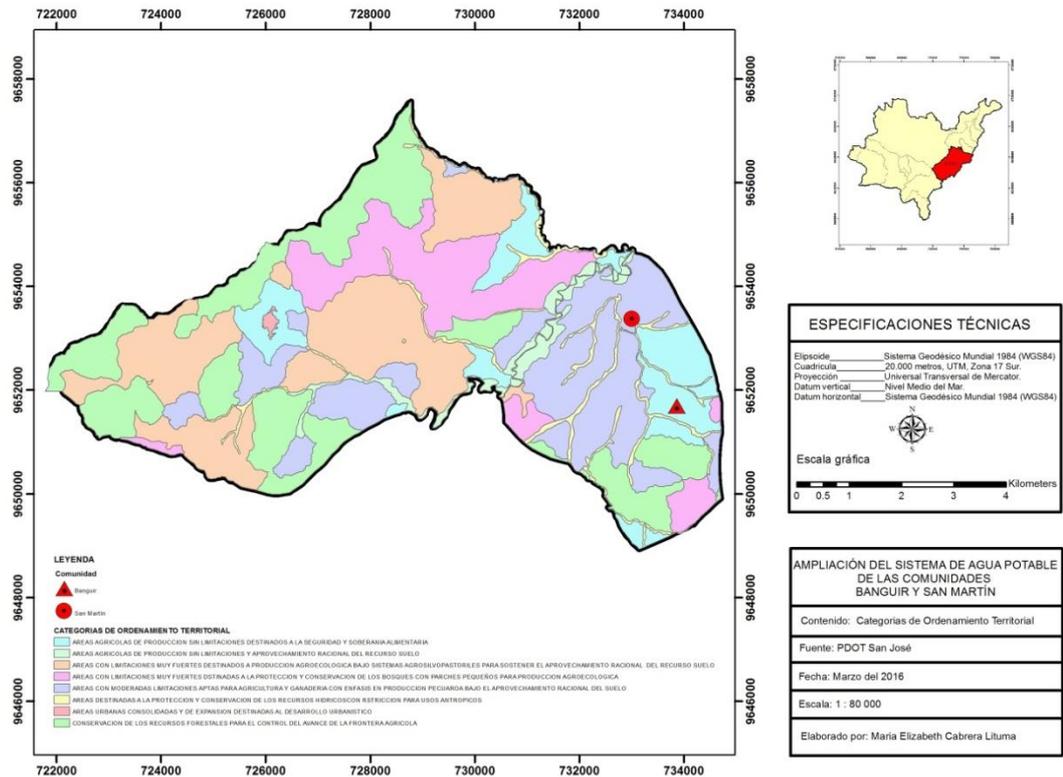


Figura 1.12 Ordenamiento territorial de San José de Raranga
Fuente: (PDOT San José, 2015)

1.2 Topografía

1.2.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó conjuntamente con el equipo técnico topográfico del GAD Sigsig dirigido por el Ingeniero Cesar Galarza, con ellos se levantó información topográfica de tres sectores primordiales para el proyecto de Ampliación del Sistema de Agua Potable, el primer sector fue Tuñi en el que se localizan dos fuentes: las vertientes -Tuñi y Sarar-; el segundo sector fue Peñas ubicado en la parte baja de la comunidad de Banguir, y por último el sector de Zhiripe localizado al Este de la comunidad de Banguir colindante de la comunidad de la Esmeraldas.

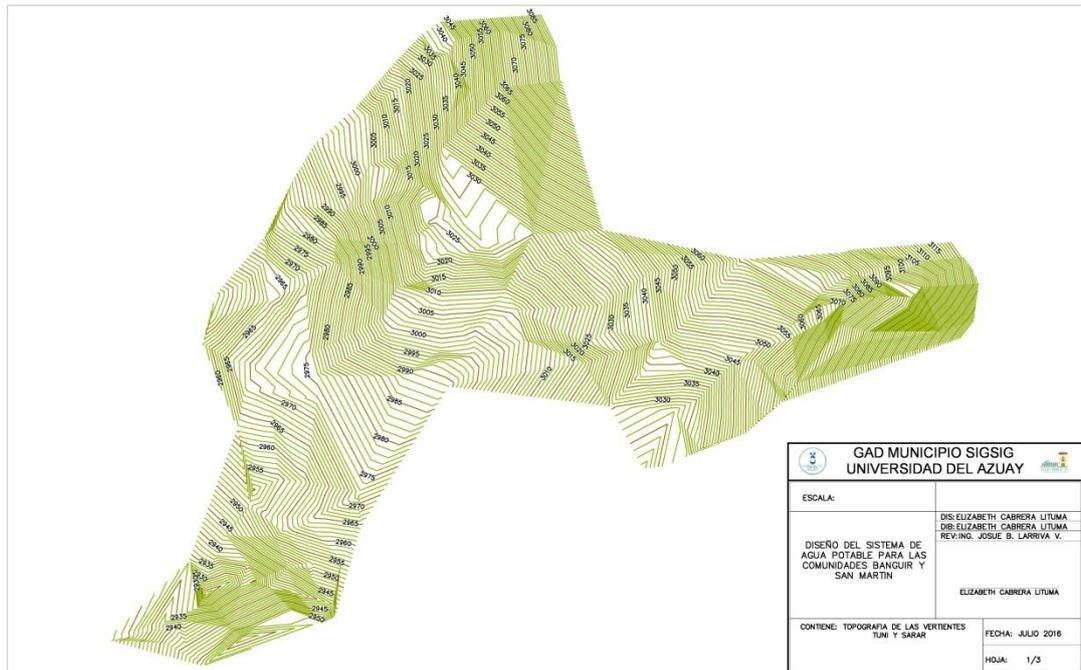


Figura 1.13 Levantamiento topográfico de las vertientes de Tuñi y Sarar



Figura 1.14 Levantamiento topográfico del sector de las Peñas



Figura 1.15 Levantamiento topográfico del sector Zhiripe

1.2.2 Modelo digital del terreno

Se generó el mapa del Modelo Digital del Terreno (MDT) del área de estudio, a partir del MDT del Cantón Sígsig realizado por SIGTIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica) en el año 2010 a base de datos Lidar (Light Detection and Ranging). Se consideró que el MDT del área de estudio posee una resolución espacial de 3m tomado en cuenta la relación $1\text{mm}=3\text{m}$; se generaron curvas de nivel a escala 1: 3 000, con intervalos de curvas cada 3m.

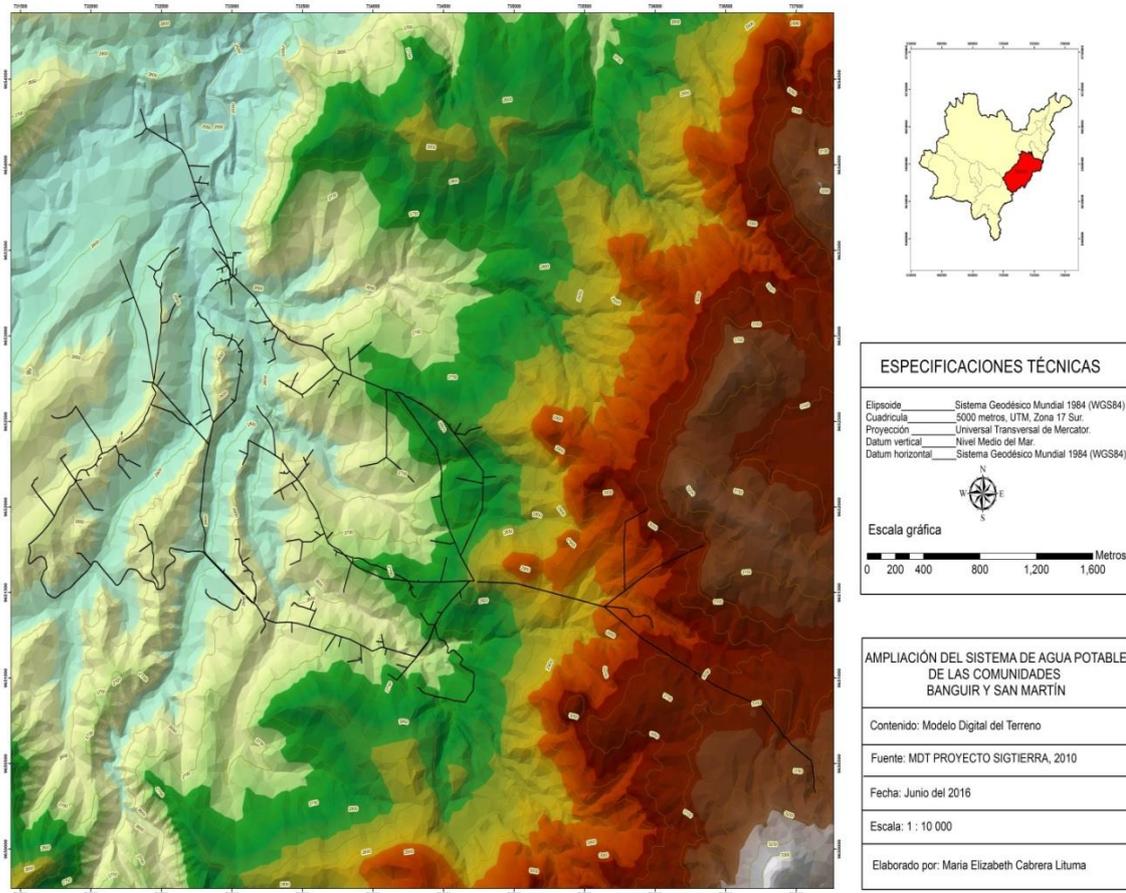


Figura 1.16 Modelo digital del terreno
Fuentes: (SIGTIERRAS, 2010)

1.3 Análisis de suelos

1.3.1 Parámetros geotécnicos

1.3.1.1 Límites de atterberg

El científico sueco Albert Mauritz Atterberg en 1900, desarrolló un método para determinar la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de humedad variables. Se observó que a bajo contenido de humedad el suelo se comporta como un sólido frágil, mientras que cuando el contenido de humedad es alto este se comporta como un fluido. Concluyendo que el contenido de humedad y su naturaleza influyen en el estados del suelo, el cual puede ser sólido, semisólido, plástico y líquido.

El contenido de humedad permite la transición de un estado semisólido a un estado plástico se conoce como límite plástico, mientras que cuando el suelo cambia de estado plástico a un estado líquido se llama límite líquido a este punto de transición.

1.3.1.2 Límite líquido (II)

El límite líquido de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes. (Das, 2001)

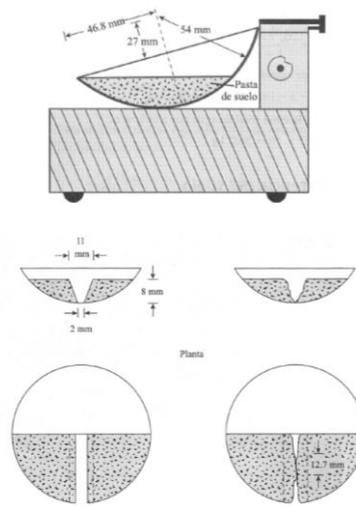


Figura 1.17 Prueba de límite líquido
Fuente: (Das, 2001)

1.3.1.3 Límite plástico (PL)

Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. La prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal. (Das, 2001)

El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

$$PI = LL - PL$$

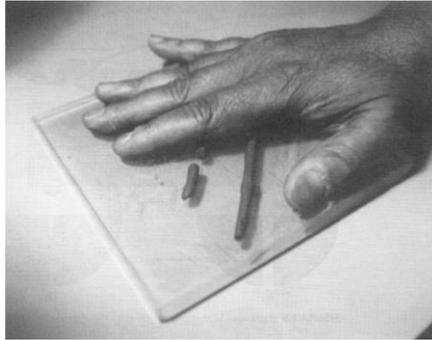


Figura 1.18 Prueba de límite plástico
Fuente: (Das, 2001)

1.3.1.4 Sistema de clasificación del suelo

La función principal que cumple la clasificación es agrupar suelos con propiedades similares y posteriormente asignarles en grupos y subgrupos debido a su comportamiento ingenieril para su fácil identificación. Así mismo, proporciona un lenguaje común para expresar de manera directa las características generales del suelo en estudio. Los criterios de clasificación se basan principalmente en tres aspectos: distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico.

1.3.1.4.1 Sistema de clasificación AASHTO

El suelo se clasifica en siete grupos mayores del A-1 al A-7; en A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz No. 200. En cambio; los suelos que más del 35% pasan por el tamiz No. 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 Y A-7, la mayoría de estos formados por materiales tipo limo y arcilla. (Das, 2001)

El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño del grano:

Grava: Fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz No. 10 (2 mm) de Estados Unidos

Arena: Fracción que pasa el tamiz No. 10 (2 mm) U.S. y es retenida en el tamiz No. 200 (0.075mm) U.S.

Limo y arcilla: Fracción que pasa el tamiz No. 200 US.

2. Plasticidad:

El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

3. Cantos rodados y boleos de tamaños mayores que 75 mm:

Estos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra. (Das, 2001)

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (GI) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación. (Das, 2001)

$$GI = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01 (F - 15) (PI - 10)$$

Dónde:

F = porcentaje que pasa la malla No. 200

LL = límite líquido

PI = índice de plasticidad

1.3.1.4.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Originalmente este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942. En la actualidad es ampliamente utilizado en la ingeniería para identificar y caracterizar el suelo, volviéndose un sistema universal. El suelo se clasifica en dos grandes categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por el tamiz No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por el tamiz No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. (Das, 2001)

1.3.1.5 Cohesión

Los suelos pueden clasificarse en dos categorías, según tengan o no cohesión, la definición mecánica de la cohesión permite a la vez precisar la existencia de ésta y medirla; desde el punto de vista físico, la cohesión es la propiedad que permite en el caso de una arcilla o una mezcla moldeable, dar forma a una muestra que permanece unida. Se llaman suelos no coherentes a los que no presentan ninguna cohesión, también se les puede definir como aquellos que no tienen resistencia propia a la compresión simple sin presión lateral. (Graux, 1975)

1.3.1.6 Capacidad de carga

“La capacidad de carga, que a menudo se llama estabilidad, es la capacidad del suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa. Es análoga a la capacidad de una viga para soportar una carga sin romperse. La capacidad de un suelo para soportar una carga varía no solamente con la resistencia del suelo, sino también con la magnitud y distribución de la carga. Cuando una carga “V” se aplica a un suelo en forma de incrementos graduales, el suelo se deforma y la curva de carga-asentamiento es similar a las curvas de esfuerzo-deformación. Cuando se alcanza la carga crítica o de falla V, la razón de deformación con respecto a la carga se aumenta. La curva de carga-asentamiento pasa por un punto de máxima curvatura, que indica que se ha producido la falla de la masa de suelo.” (Cabrera, 2005)

1.3.1.7 Asientos admisibles

Los asientos admisibles son los asientos totales y diferenciales que puede soportar la estructura con sus forjados y tabiques, sin que se produzcan daños incompatibles con el servicio de la misma o en caso extremo su rotura. (López García & López Perales, 1999)

Los asientos diferenciales se miden en función de la distorsión angular que se produce por la diferencia de asientos totales entre dos cimentaciones separadas una distancia determinada. Para evitar los asientos diferenciales debe procurarse que la tensión del terreno bajo las diferentes cimentaciones sea la misma. No obstante, como el terreno no es homogéneo ni las dimensiones de las cimentaciones son constantes, siempre se producirán inevitablemente asientos diferenciales. (López García & López Perales, 1999)

1.3.2 Toma de muestras para el análisis del suelo

Se estudió el suelo de la planta de tratamiento de agua potable de las comunidades Banguir y San Martín, debido a que soporta estas cargas permanentes de filtros lentos de arena y tanque de reserva de agua potable de 15 m³. Para esto se extrajeron muestras de suelos hasta llegar al rechazo del suelo que fue 3.5 m de profundidad, para ello se contó con la presencia del presidente de la Junta de Agua Potable el Señor Andrés Fernández. Las muestras se sometieron a análisis de contenido de humedad natural, la granulometría y los límites de atterberg, para posteriormente identificar su clasificación por los sistemas SUCS y ASSHTO, además se determinaron parámetros geotécnicos como cohesión, esfuerzo del suelo en condiciones húmedas, módulo de elasticidad del suelo, capacidad soportante, capacidad admisible por limitación de asentamiento.



Figura 1.19 Perforación del terreno



Figura 1.20 Muestra del suelo a 1.5m



Figura 1.21 Muestra del suelo a 3.5m

1.3.3 Resultado de los análisis

Los resultados obtenidos de las muestras de suelos analizadas fueron que el suelo de fundación se encuentra constituido por suelo con características cohesivas mayoritariamente fino de mediana plasticidad, con consistencia que varía de media para los primeros 1.5m de espesor y se incrementa a dura por debajo de los 3m de profundidad.

De acuerdo los sistemas de clasificación de suelos se ha determinado que por medio del sistema de clasificación Unificado SUCS en suelo encontrado se cataloga como ML -limo inorgánico-, mediante que por el sistema de clasificación AASHO se denomina como suelos A-5 con un índice de grupo de 8. Además no se ha podido determinar nivel freático hasta la profundidad alcanzada en el sondeo.

Se realizó un sondeo hasta alcanzar el rechazo determinando que la capacidad soportante en el área de estudio varía de un lugar a otro, obteniendo así que la capacidad soportante es de 19 ton/m².

Se deberá dotar de drenaje y subdrenaje, para evitar saturación de los terrenos de emplazamiento de la planta de agua potable, ya que el agua incide negativamente en la profundidad al esfuerzo cortante del suelo de fundación.

Tabla 1.5 Parámetros geotécnicos obtenidos de las muestras

Profundidad (m)	C (Kg/cm ²)	γ húmedo (Kn/m ³)	E (Kg/cm ²)
1.50	27.50	16.00	63.75
2.50	97.50	17.00	78.00
3.50	187.50	17.50	101.25

Tabla 1.6 Capacidad soportante del sondeo 1

Profundidad (m)	Q adm. Kn/m²	Q adm. Ton/m²
1.00	55.84	5.69
1.50	186.31	18.99
2.00	194.71	19.85

Tabla 1.7 Asentamientos del sondeo 1

Profundidad (m)	Asentamiento al borde de cimiento (mm)	Asentamiento al centro de cimiento (mm)
1.00	0.64	2.24
1.50	1.94	6.76
2.00	1.86	6.46

Tabla 1.8 Resultados de la Clasificación del Suelo

CLASIFICACIÓN:	
SUCS	ML (Limo inorgánico)
AASHTO	A-5
COLOR:	CAFÉ
LIMITE LIQUIDO	41.11
LIMITE PLASTICO	31.55

Ver Anexo 1. Estudio de suelos

1.4 Abastecimiento actual del agua y análisis de las fuentes

1.4.1 Situación actual

Las comunidades de Banguir y San Martín cuentan actualmente con un sistema de agua potable, el cual fue diseñado en el año 2002 por el Ingeniero Juan Cazorla y construido en el año 2004 por los Ingenieros Rubén Ríos y Rene Vásquez; el proceso constructivo duró 8 meses y se contó con la ayuda de la comunidad como mano de obra.

La Junta administrativa de Agua Potable de Banguir y San Martín es la encargada de realizar el mantenimiento del sistema, para ello cuentan con la mano de obra de todos

los usuarios; cabe recalcar que se han establecido un valor mensual fijo de \$2 por el servicio sin considerar el consumo mensual, provocando así que no exista un control adecuado de pérdidas de fugas domiciliarias.

El sistema existente tiene una cobertura de 547 Ha aproximadamente y está constituida por: dos captaciones, la primera nace en la vertiente de Lliguil y la segunda captación proveniente de la vertiente del Chorro; la línea de conducción es de aproximadamente 2.83km que nace en las captaciones y termina en la planta de tratamiento, la misma que posee una cobertura de 47Ha; la planta de tratamiento tiene una superficie de 288 m² y está conformada por: dos filtros lentos de arena, una caja de aguas claras, una caseta de cloración y una tanque de reserva de 15m³. Además, la red de distribución cubre una área de 500 Ha aproximadamente y está conformada por: tanques rompe presiones, válvulas de purga, válvulas de aire, tanques de reservas y 110 conexiones domiciliarias.

Para determinar las condiciones del sistema se realizó una evaluación de cada elemento hidráulico, para lo cual se contó con la presencia de los diferentes miembros de la Junta de Agua Potable de las comunidades en cuestión y el operario del sistema.

Ver Anexo 2. Formularios de evaluación de tanque rompe presión, tanque de captación, válvula de purga y válvula de aire.

1.4.1.1 Captaciones

Las comunidades disponen de dos captaciones ubicadas en las siguientes coordenadas:

- Captación 1: Coordenada Este: 737136 m E y Coordenada Norte: 9650334 m S, elevación 3158 m.s.n.m.
- Captación 2: Coordenada Este: 735986 m E y Coordenada Norte: 9651293 m S, elevación 3001 m.s.n.m.

Las captaciones están bajo el poder de la Junta Administrativa de Agua Potable de las comunidades Banguir y San Martín; la captación 1 proviene de la vertiente de Lliguil y posee un tanque de captación, la misma que está localizada a 2.83km de la planta de tratamiento; la captación 2 nace de la vertiente del Chorro y también cuenta con un tanque de captación a 1.28km de la planta. Estas captaciones se conservan desde el año 2002 con la autorización de la SENAGUA para el consumo doméstico y

disponen de concesiones territoriales para conservar así la calidad de agua en las captaciones; además con la ayuda de la Junta Administrativa se ha cercado los terrenos y reforestado las zonas de influencia.

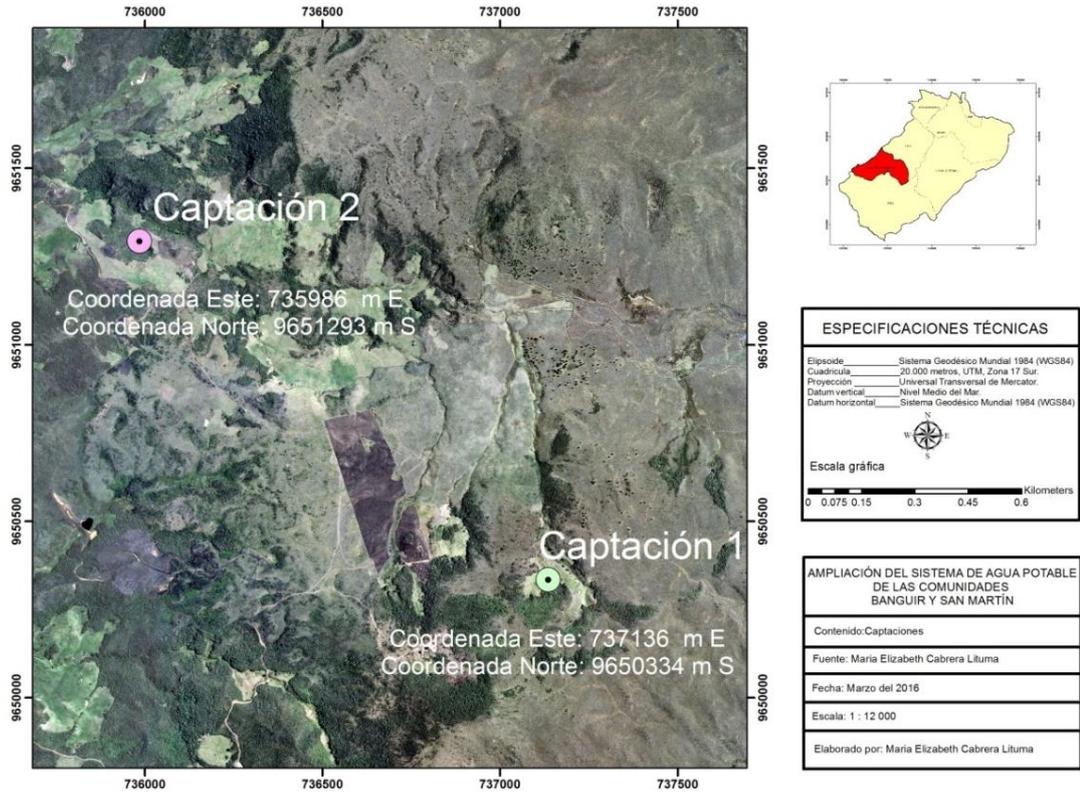


Figura 1.22 Captaciones actuales



Figura 1.23 Captación 1



Figura 1.24 Captación 2



Figura 1.25 Tanque de captación 1



Figura 1.26 Tanque de captación 2

Ver Anexo 3. Fotografías de las captaciones

Ver Anexo 4. Fotografías de los tanques rompe presiones y los tanques de captación

Inicialmente las captaciones fueron construidas en forma de espina de pescado, debido a las constantes obstrucciones de las tuberías, la Junta Administrativa de Agua Potable optó por retirar la tubería en forma de espina de pescado y dejar una sola tubería de PVC de 110mm perforada al descubierto desde las vertientes, las mismas están cubiertas por un material geo textil hasta los tanques rompe presiones de cada captación para así evitar el ingreso de vegetación.

Mediante el análisis de los tanques de captación se observó que el caudal de agua cruda entra directamente desde las vertientes al tanque, dificultando con esto la

regulación del caudal ya que no cuentan con cámaras de entrada, ni llaves de regulación. Además las cámaras de salida se encuentran con agua, la cual provoca la presencia de óxido en las tuberías de desagüe y conducción. Finalizada la evaluación general de los tanques se concluyó que estos se encuentran en condiciones regulares de funcionamiento.

Ver Anexo 5. Evaluación de los tanques rompe presiones y los tanques de captación

1.4.1.2 Línea de conducción

La línea de conducción es la encargada de transportar el agua cruda desde las captaciones hasta la planta de tratamiento, la misma se subdivide en tres tramos: el primer tramo tiene una extensión de 1918 m comenzando desde la captación 1 hasta el tanque rompe presión 2 de conducción; el segundo tramo tiene una longitud de 369 m empezando desde la captación 2 y terminando en el tanque rompe presión 2 de conducción, por último el tercer tramo tiene una amplitud de 912m iniciando en el tanque rompe presión 2 de la conducción y finalizando en la planta de tratamiento.

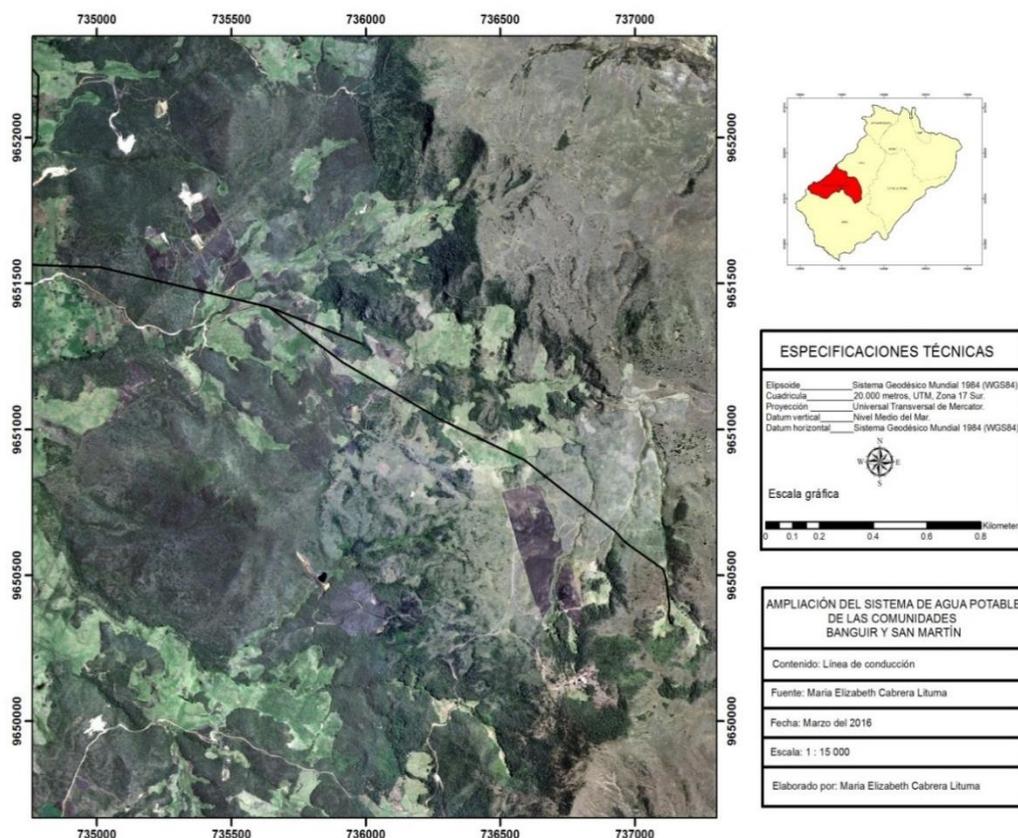


Figura 1.27 Línea de conducción



Figura 1.28 Vista frontal de la válvula de purga 1 de conducción



Figura 1.29 Vista frontal del tanque rompe presión 1 de la conducción



Figura 1.30 Vista frontal del tanque rompe presión 2 de la conducción

Ver Anexo 6. Fotografías de las válvulas de purga

Ver Anexo 4. Fotografías de los tanques rompe presiones y tanques de captación

Los tramos anteriormente mencionados están construidos por tubería de PVC de 40mm enterrada 60 cm desde la superficie, disminuyendo con esto conexiones ilegales y evitando daños en las tuberías, logrando así disminuir pérdidas en su línea de conducción. En el tanque rompe presión 2 de la conducción se unen las tuberías provenientes de las captaciones. De acuerdo con la evaluación del sistema se determinó que la válvula de purga y los dos tanques rompe presiones se encuentran

en condiciones regulares, observando que las tuberías y llaves de conducción y desagüe en cada elemento hidráulico presentan oxidación.

Ver Anexo 7. Evaluación de las válvulas de purga

Ver Anexo 5. Evaluación de los tanques rompe presiones y tanques de captación

1.4.1.3 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento está ubicada en las coordenadas Este: 7347125 m E, coordenada Norte: 9651566 m S en el Datum WGS84 17S, elevación 2865 m.s.n.m. y posee una superficie de 288 m². La planta de tratamiento está constituida por: dos filtros lentos de arena, una caja de aguas claras, una caseta de cloración y por último un tanque de reserva de 15 m³ ubicado al final de la planta.

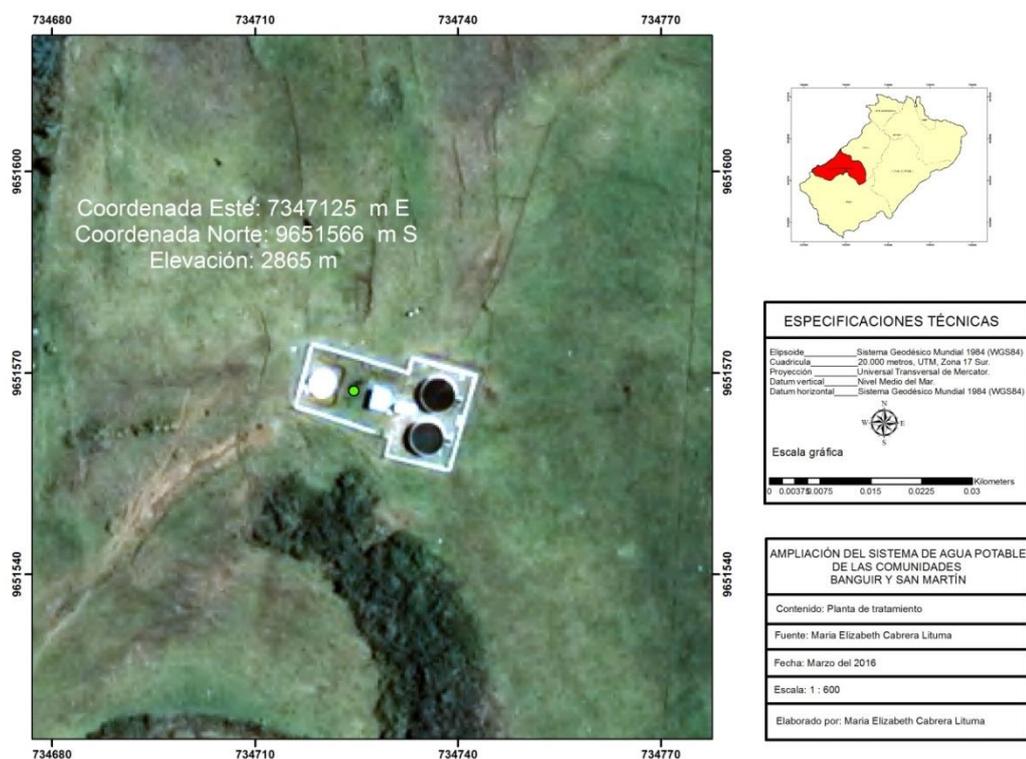


Figura 1.31 Planta de Tratamiento

Los filtros lentos de arena tienen una altura de 2.8m y 25 cm de cimentación, con un diámetro externo de 5.5 m y espesor de 10 cm, los mismos están construidos con hormigón de 210 kg/cm² y recubiertos con epoxico de espesor 5mm, debido que, anteriormente los filtros presentaban fisuras imperceptibles al ojo humano, por las cuales filtraba el agua al exterior del tanque, provocando pérdidas y deterioro del filtro mismo; el nivel del lecho filtrante es de 1m aproximadamente desde el fondo

del filtro y está compuesto de arena, grava. Cada cuatros meses se realiza el mantenimiento de los filtros, para ello se cuenta con la mano de obra de los usuarios; primero vacían el filtro abriendo la llave de desagüe, posteriormente se conduce el agua cruda a la caja de aguas claras para no interrumpir el servicio, este proceso de vaciado dura 24 horas; después se saca la arena y se lava retirando las impurezas, luego se coloca nuevamente en el filtro.

La caja de aguas claras posee una área de 2.05 m² y una altura de 2m, y es la encargada de retener los sedimentos provenientes de los filtros mediante un flujo ascendente, transportando el agua a la caseta de cloración para su proceso de desinfección, cuando se realiza el mantenimiento de los filtros, el agua cruda llega directamente a la caja de aguas claras.

La caseta de cloración tiene una superficie de 4.8 m² y una altura de 2.15m, está conformado de un tanque plástico de almacenamiento de 200 litros en el cual se coloca el cloro producido en la máquina cloradora, además tiene un vertedero de 1.2 m de base y 0.6 m de altura, por el cual llega 1 litro de agua tratada y se une a 6.67×10^{-4} litros de cloro modificado.



Figura 1.32 Filtro lento de arena 1



Figura 1.33 Caja de aguas claras



Figura 1.34 Caseta de cloración



Figura 1.35 Tanque de Reserva

Ver Anexo 8. Fotografías de la planta de tratamiento

1.4.1.4 Red de distribución

La red de distribución está constituida por tres tramos: el primer tramo conocido como San Martín tiene una longitud de 8.17km comenzando desde la planta de tratamiento hasta la conexión domiciliar del señor Segundo Yari Mejía; el segundo tramo denominado Banguir Centro, con una extensión de 3.5km iniciando en la planta de tratamiento y finalizando en la conexión domiciliar del señor Tomín Fernández Mora; y el tercer tramo llamado Zhaquir con una amplitud de 8.05km, empezando en la planta de tratamiento y termina en la conexión domiciliar del señor Andrés Fernández. En toda su extensión la red de distribución está construida por: tubería de PVC de 25 mm para conexiones y tubería de PVC de 40 mm para la red principal, estas tuberías se encuentran enterradas aproximadamente 60 cm desde la superficie; así mismo la red posee 15 tanques rompe presiones, 5 válvulas de aires y 6 válvulas de purga.

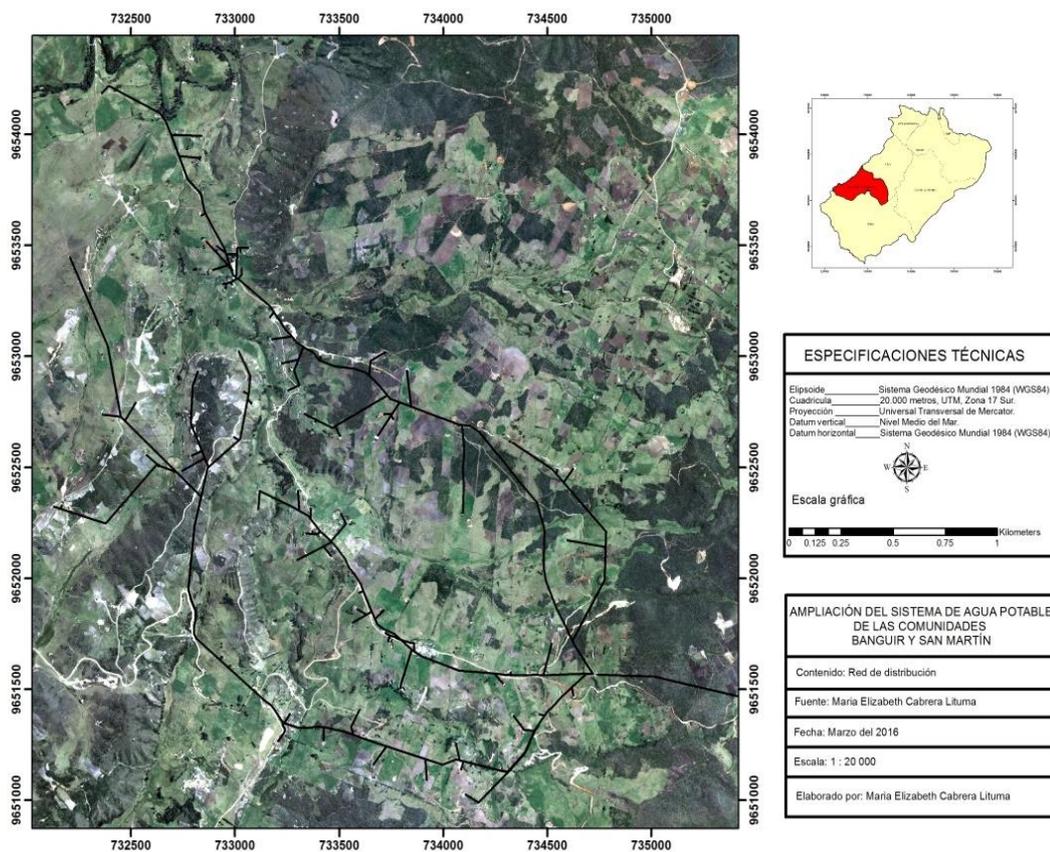


Figura 1.36 Red de distribución



Figura 1.37 Vista frontal de la válvula de aire 1



Figura 1.38 Válvula de aire 1



Figura 1.39 Vista frontal de la válvula de purga 4



Figura 1.40 Interior de la válvula de purga 4



Figura 1.41 Vista frontal del tanque rompe presión 2

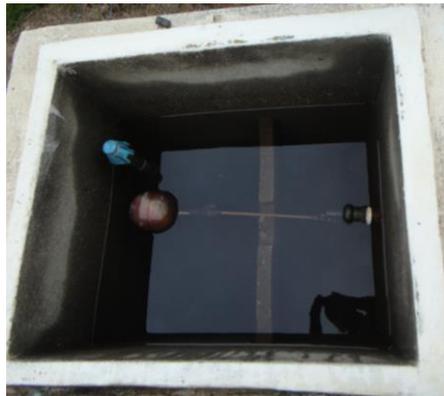


Figura 1.42 Interior del tanque rompe presión 2

Ver Anexo 4. Fotografías de los tanques rompe presiones y los tanques de captación

Ver Anexo 9. Fotografías de válvulas de aire

Ver Anexo 6. Fotografías de válvulas de purga

De acuerdo a la evaluación realizada a los tanques rompe presiones se determinó que el 78% se encuentra en condiciones regulares, el 18 % en condiciones buenas, y por último el 4% en condiciones malas; también que el 35% de los tanques se encuentran obstruidos; además el 82% de las tuberías y llaves de conducción y desagüe se hallan oxidadas; Las cámaras de los tanques muestran alturas de agua las cuales se clasifican en: condiciones altas (> 15cm) el 26%, media (5 a 15 cm) el 23%, baja (< 5cm) el 10% y no presentan altura de agua con el 41%. Se destaca que el 100 % de los vertederos muestran condiciones regulares, las boyas lucen en 7% en condiciones buenas, 21% en condiciones malas y 72% en condiciones regulares; así mismo las alturas de éstas son: el 57% nivelada y la diferencia sobrepasa el nivel recomendado.

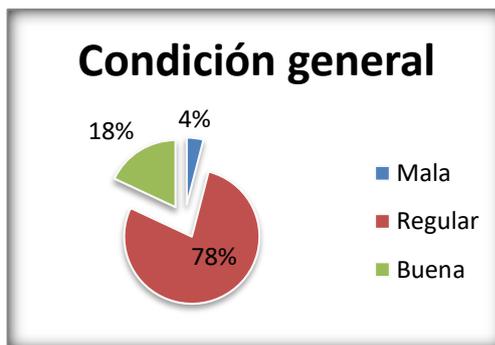


Figura 1.43 Presencia de agua



Figura 1.44 Presencia de óxido en las llaves y tuberías

Ver Anexo 5.Evaluación de tanque rompe presiones y los tanques de captación

Las válvulas de purga indican que el 71 % se encuentran en condiciones regulares y el 29 % en condiciones buenas; además el 57% de las válvulas se encuentran obstruidas; así mismo el 71% de las tuberías y llaves de conducción y desagüe se encuentran oxidadas; presentando las siguientes alturas de agua: en condiciones altas (> 15cm) 43%, media (5 a 15 cm) 14%, baja (< 5cm) 14%, y no presentan altura de agua con un 29%.

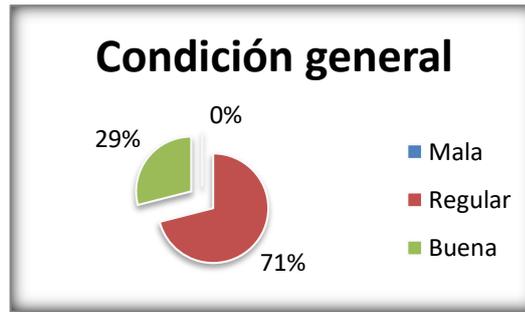


Figura 1.45 Condición general de las válvulas de purgas

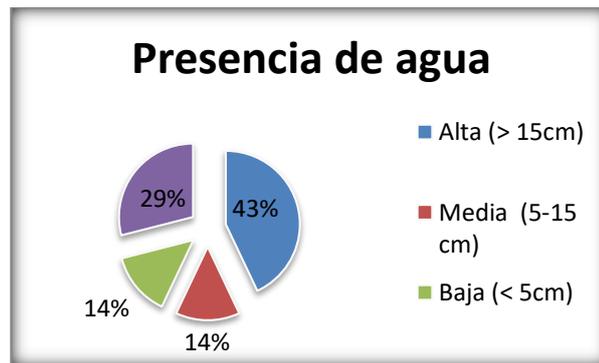


Figura 1.46 Presencia de agua en las válvulas de purgas



Figura 1.47 Presencia de óxido en llaves y tuberías en las válvulas de purgas

Ver Anexo 7.Evaluación de válvulas de purga

Las válvulas de aire presentan las siguientes condiciones generales: 60 % en condiciones regulares, el 20 % en condiciones buenas y 20% en condiciones malas; así mismo el 60% de las tuberías y llaves de conducción y desagüe se encuentran

oxidadas; presentando las siguientes alturas de aguas: altas (> 15cm) 20%, media (5 a 15 cm) 20%, baja (< 5cm) 0%, y no presentan agua con un 60%; además las condiciones de las válvulas indican que el 20% se encuentran en condiciones malas y el 80% en condiciones buenas.

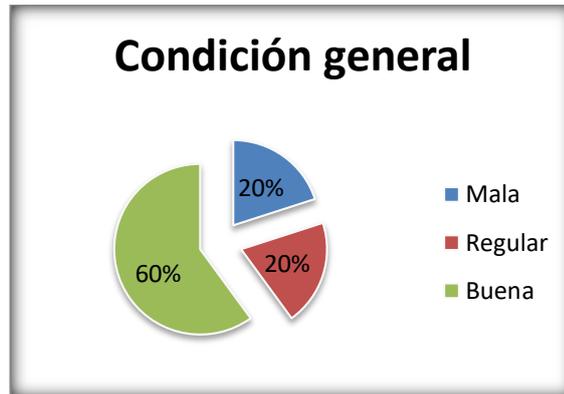


Figura 1.48 Condición general de las válvulas de aire

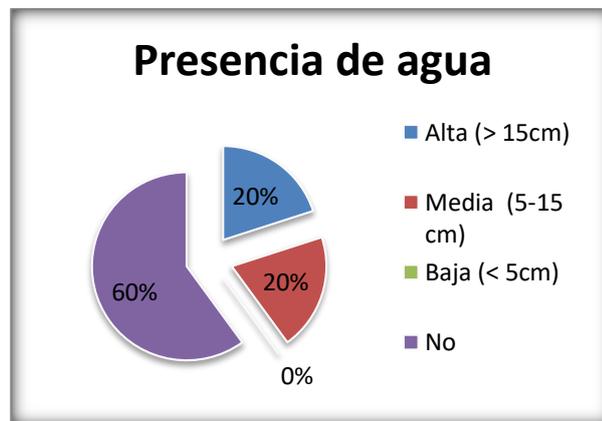


Figura 1.49 Presencia de agua en las válvulas de aire



Figura 1.50 Presencia de óxido en las llaves y tuberías en las válvulas de aire

Ver Anexo 9.Evaluación de válvulas de aire

1.4.1.5 Cloración

El proceso de desinfección empieza con la producción del cloro en la maquina cloradora, normalmente se dosifica 1 kg de sal en 30 litros de agua potable; mientras que el fabricante especifica colocar 1 kg de sal en 14.2 litros de agua potable, su relación sal-agua es de 0.07 especificada por el fabricante y se reduce a 0.033, disminuyendo en un 53 % su dosificación. Este proceso se realiza con la ayuda de una máquina, la cual demora 24 horas en realizar el cloro. La Junta Administrativa de Agua Potable de las comunidades Banguir y San Martín es la encargada de dirigir este proceso.

El cloro producido por la maquina se traslada a la Planta de Tratamiento el cual se coloca en un tanque de 200 lt de plástico. La dosificación que se realiza en el tanque es de 46 litros de cloro fabricado y 154 litros de agua provenientes de la cámara de aguas claras; es decir que en un 1 litro de cloro se coloca 3.34 litros de agua filtrada. El cloro modificado se une con el agua que proviene de la cámara de aguas claras la cual se une 1 litro de aguas claras en 6.67×10^{-4} litros de cloro modificado.



Figura 1.51 Panel de control de la máquina de cloración



Figura 1.52 Máquina de cloración



Figura 1.53 Proceso de cloración en la planta de tratamiento

Ver Anexo 10. Fotografías de cloración del agua

1.4.2 Análisis de fuentes

1.4.2.1 Evaluación de fuentes

Las comunidades disponen de cuatro fuentes, las cuales son Vertiente de Lliguil, Vertiente del Chorro, Vertiente del Sarar y la Vertiente de Tuñi, con las siguientes coordenadas UTM con Datum WGS84 17S:

- Vertiente de Lliguil: Coordenada Este: 737136 m E y Coordenada Norte: 9650334m S, elevación 3158 m.s.n.m.
- Vertiente del Chorro: Coordenada Este: 735986 m E y Coordenada Norte: 9651293 m S, elevación 3001 m.s.n.m.
- Vertiente del Sarar: Coordenada Este: 735941 m E y Coordenada Norte: 9651982m S, elevación 3072 m.s.n.m.
- Vertiente de Tuñi: Coordenada Este: 736340 m E y Coordenada Norte: 9651775 m S, elevación 3091 m.s.n.m.

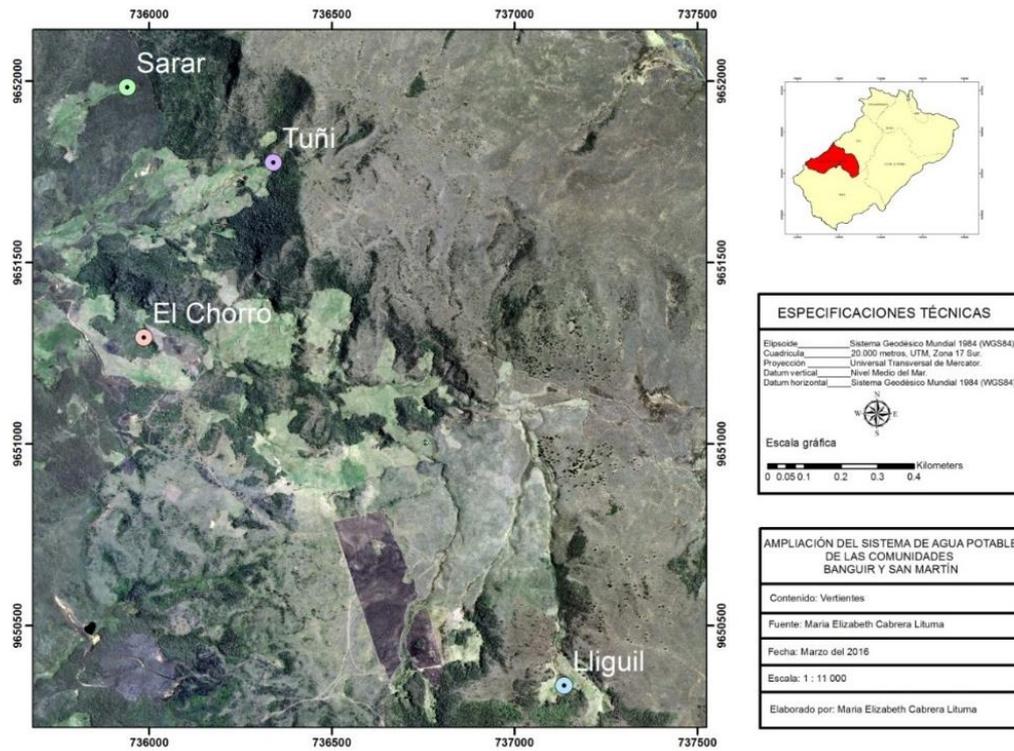


Figura 1.54 Vertientes

La Junta Administrativa de Agua Potable de las comunidades Banguir y San Martín disponen del poder jurídico de las fuentes de agua conservando la autorización de la SENAGUA para consumo humano y uso doméstico desde el año 2002; así mismo dispone de concesiones territoriales de las áreas de influencia para conservar la calidad de las fuentes, por ello se ha cercado los terrenos y reforestado el superficie delimitada.

Ver Anexo 11. Autorización de la SENAGUA



Figura 1.55 Aforo de la vertiente de Tuñi

En la actualidad se utiliza las vertientes de Lliguil y el Chorro para el consumo humano y uso doméstico, conjuntamente las vertientes disponen de una caudal de 1.66m³/s; recalcando que la vertiente de Lliguil es la fuente que dispone del mayor caudal con 1.27m³/s, mientras que la vertiente del Chorro cuenta con un caudal de 0.39 m³/s. Las otras dos vertientes de Tuñi y el Sarar se encuentran aproximadamente a unos 450 m entre ellas. El menor caudal proviene de la vertiente de Tuñi con 0.18 m³/s.

Tabla 1.9 Caudales aforados de las vertientes

Vertiente	Caudal (l/s)
Lliguil	1.27
El chorro	0.39
Tuñi	0.18
Sarar	0.44
Total	2.28

Ver Anexo 12. Fotografías del aforamiento de las fuentes

Ver Anexo 13. Determinación de caudales de las fuentes

De acuerdo a la SENAGUA en el año 2002 se establece la autorización del derecho de uso y aprovechamiento de las aguas las fuentes corresponden a las vertientes denominadas: Sarar con un caudal 0.11 l/s; Tuñi con un caudal aforado 0.15 l/s, El Chorro con un caudal 0.25 l/s; Lliguil con un caudal de 0.7 l/s; caudal total concedido 1.21 l/s con fines exclusivamente domésticos para beneficio de 570 habitantes.

Como se puede observar en la siguiente tabla el caudal de las vertientes, los cuales presentan un crecimiento significativo en el caudal aforado del año 2016 con respecto al año 2002 dado por la SENAGUA. Los datos obtenidos dan como resultado final que existe un 31.79% de incremento del caudal y otro dato a tomar en cuenta es que la vertiente del Sarar ha tenido en estos últimos años un incremento del 175% en su caudal, y la vertiente de Tuñi posee un decrecimiento de 18.18%.

Tabla 1.10 Caudales de las vertientes

Vertiente	Caudal aforado en invierno 2002	Caudal aforado en invierno 2016	Incremento de caudal	% Incremento
Lliguil	1	1.27	0.27	27.00
El choro	0.35	0.39	0.04	11.43
Tuñi	0.22	0.18	-0.04	-18.18
Sarar	0.16	0.44	0.28	175.00
Total	1.73	2.28	0.55	31.79

1.4.2.2 Calidad de fuente

Según la Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes de recursos de agua se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

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

Tabla 1.11 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes totales	nmp/ 100 ml		3 000
Coliformes fecales	nmp/ 100 ml		600
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Turbiedad		UTN	100
Potencial de hidrógeno	PH		6-9

Fuentes: (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2002)

Tabla 1.12 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran desinfección

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes totales	nmp/ 100 ml		50*
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Turbiedad		UTN	10
Potencial de hidrógeno	PH		6-9

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

Fuentes: (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2002)

1.4.2.2.1 Factores que afectan la calidad general del agua

Los factores que afectan la calidad del agua origen, se clasifican como naturales o humanos, en origen, y de impacto (puntual o no puntual). Las fuentes puntuales son aquellas que comúnmente son evacuadas por una tubería o punto de descarga, en cambio las fuentes no puntuales son difíciles de identificar por ser difusas, estas se localizan en cuencas de agua o lechos fluviales.

Los factores naturales que afectan principalmente a la calidad del agua son: el clima, topografía y geología de los lechos de agua nutrientes, incendios forestales, intrusión de aguas minerales y densidad de estratificación de lagos o depósitos.

“Los factores típicos humanos, según la categoría del origen puntual, incluyen los vertidos de aguas residuales e instalaciones de residuos de riego, fugas y desprendimiento. En la categoría de fuente no puntal, los factores humanos comprenden los ciclos de agua agrícola y urbana, desarrollo temporal, deposición atmosférica y actividades de recreo”. (García Brage, 2002)

La identificación de los factores en el área de influencia permite gestionar sobre los impactos que estos causan en la calidad del agua, minimizando así los costos de deterioro de la calidad.

1.4.2.2.2. Impactos sobre la calidad del agua de superficie - factores naturales.

Clima:

“Las condiciones extremadamente húmedas y secas afectan a la calidad del agua. Los períodos de precipitaciones severas pueden volver a poner en suspensión los sedimentos e incrementar la turbidez, carga microbiana, color, metales y otros contaminantes. Las precipitaciones abundantes pueden introducir una acumulación de compuestos orgánicos que podrían formar subproductos de desinfección durante el proceso de desinfección.” (García Brage, 2002)

“Los climas secos o períodos de sequía pueden producir retención en los depósitos y lagos, contribuyendo al desarrollo de las algas. Las condiciones secas pueden incrementar el impacto de los vertidos o descargas de las fuentes – origen reduciendo el efecto de dilatación y atenuación natural de la fuente origen. La temperatura puede jugar un importante papel al afectar en la actividad biológica, saturando los niveles

de oxígeno y las tasas de transferencia de masas. En las precipitaciones estacionales, se ha observado que se incrementan la concentración.” (García Brage, 2002)

Características de los cauces de agua:

“La topografía, vegetación y vida natural juegan un importante papel en la calidad del agua de la fuente. Durante la escorrentía pesada, los derrames puntuales pueden introducir desechos, sedimentos y nutrientes que pueden afectar al color, turbidez y a las algas. La vegetación puede tener un efecto benéfico sobre la calidad del agua suministrar un filtro natural para la corriente contaminante de fuente no puntual.” (García Brage, 2002)

Geología:

“La geología incide en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, las características geológicas del subsuelo se relacionan con los contenidos de calcio, manganeso, y la radioactividad (uranio, radón y radio) en ciertas zonas. La vegetación y el estiércol de los animales aportan beneficiosamente en el taponamiento de las precipitaciones ácidas, su capacidad influye en la actividad biológica de lagos y depósitos, a las tasas de los procesos y corrosión de los sistemas de distribución. Las tasas de erosión están en función en las características climáticas de la geología local, se demuestra que los suelos cohesivos resisten más a la erosión del agua lluvia que los suelos desprendidos.” (Robbins, Glicker, Bloem, & Niss, 1991)

Nutrientes:

“El ciclo de vida humana de una lago o depósito implica tres etapas o niveles tróficos, donde los factores distintivos son los nutrientes y la actividad biológica. La etapa megrotófica implica una moderada cantidad de nutrientes y de actividad biológica en la etapa eutrófica, los niveles de nutrientes son altos, junto con la actividad microbiológica.” (García Brage, 2002)

Estratificación:

“La densidad estacional o estratificación térmica varía para los lagos y depósitos desde los pozos profundos (menos de 6 metros) a los más profundos (más de 6 metros). En los depósitos poco profundos, la temperatura de agua en verano y las

concentraciones de oxígeno dependerán de la cantidad de mezcla inducida por el viento. A medida que las temperaturas del agua superficial aumentan en relación con las del agua de fondo, se formarán capas estratificadas por densidad en el volumen de agua.” (García Brage, 2002)

Vida natural y deforestación:

“En épocas de sequía los incendios forestales son más frecuentes destruyendo la capa o cubierta vegetal esto hace que disminuya el filtrado natural de las corrientes de agua, esto se debe al incremento potencial de la erosión. La calidad del agua de las fuentes se ven beneficiadas por la presencia de cubiertas vegetales en su extensión de aporte, ya que esta influye reduciendo la erosión y filtrando el agua lluvia, promoviendo así la recogida biológica de nutrientes y contaminantes.” (Robbins, Glicker, Bloem, & Niss, 1991)

1.4.2.2.3 Riesgos de la calidad del agua:

Los parámetros de riesgos de la calidad del agua incluyen las partículas sólidas, turbidez, nutrientes (incluyendo nitrógeno y fosforo), carbono orgánico, bacterias coliformes, metales, aceites, grasas, sodio, productos químicos tóxicos, algas, oxígeno disuelto y sustancias que degradan la calidad estética de agua. Muchos de estos factores están afectados por múltiples condiciones ambientales.

Los aspectos estéticos incluyen sabor y olor, cobre, turbidez y sedimentos. Estos parámetros comprenden:

- Sabor y olor – Productos químicos industriales, algas y metabolitos, materia orgánica natural, urea y otras sustancias que puedan reaccionar con el cloro en el proceso de tratamiento.
- Color- metales, materiales orgánica natural, algas.
- Sedimentación-metales

Tabla 1.13 Riesgos de la calidad de agua

PARAMETROS	ORIGENES(FUENTES)	EFFECTOS SOBRE EL SUMINISTRADOR DE AGUA
Sólidos, turbidez	Desagües y alcantarillado doméstico, escorrentía urbanos y agrícolas, actividad constructora y minera.	Procesos que se enfrentan al tratamiento de agua. Reducen la efectividad del tratamiento. Protegen a los microorganismos contra desinfectantes. Reducen la capacidad del depósito.
Nutrientes	Lixiviados del sistema séptico, vertidos de las plantas residuales, escorrentías de prados y carreteras, granjas de animales, terrenos agrícolas, paisajes erosionados, lixiviados de terrenos, lluvias (especialmente nitrógeno).	Los nitratos pueden ser tóxicos para niños y fetos no nacidos. Aceleran la entrofización: alto nivel de algas. Deficiencia de oxígeno disuelto. Incrementa la actividad de algas. Intensifican color y turbidez. Formación de subproducto y desinfectante. Problemas de sabor y color.
Materia orgánica natural (NOM)	Aparición natural; las tierras secas en los cursos de agua tienden a aumentar las concentraciones.	Influye en la disponibilidad de nutrientes. Moviliza los compuestos orgánicos hidrofóbicos. Formulación de subproductos de desinfección.
Contaminantes orgánicos sintéticos	Actividades domésticas e industriales, fugas y derrames, vertidos de aguas residuales, corrientes urbanas y agrícolas, lixiviados, tratamiento y transición de aguas residuales.	Impactos adversos sobre la vida humana y acuática.
Bacterias coliformes	Vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos animales.	Los coliformes fecales son indicadores de contaminación fecal que impone tratamiento para la salud humana con los patógenos microbianos como el Giardia, cryptosporidium y virus.
Metales	Actividades industriales y aguas residuales.	Efecto adverso para la vida acuática y la salud pública.
Aceites y grasas	Corriente de agua contenido queroseno, aceites lubricantes y de automóviles, corrientes de gasolineras, industrias domésticas, alcantarillado comercial e industrial así como alcantarillado institucional, residuos alimentación y aceite de cocinas.	Interfieren con el tratamiento de residuos biológicos causando problemas de mantenimiento. Interfieren en la vida acuática. Impacto estético. Asociados con los hidrocarburos en su impacto con la salud humana.
Sodio	Tratamiento de heladas y nieves en carreteras y almacenamiento de sal.	Alta presión sanguínea y enfermedades del corazón.

Productos tóxicos	Agricultura, cuidado de prados, zonas industriales, carreteras y aparcamientos, aguas residuales.	Tóxicos para el hombre y la vida acuática.
Estética	Sabor y olor: productos químicos industriales, algas metabólicas, NOM, urea. Color: metales, NOM, algas AOC. Turbidez: sólidos y algas. Manchas: metales.	Problemas estéticos. Reduce la confianza del público en la seguridad del agua suministrada.
Algas	Vertidos de plantas de aguas residuales, sistemas sépticos, lixiviados del terreno y campos, escorrentía urbana y agrícola, precipitaciones.	Sabor y olor. Algunas especies de algas son tóxicas para la vida acuática.
Oxígeno disuelto	Materia orgánica, vertidos de aguas residuales, escorrentía, consumo para la vida acuática y por las sustancias químicas.	Problemas de tratamiento de agua. Desprendimiento de hierro y manganeso. Problemas de sabor y olor. Amoníaco.

Fuentes: (García Brage, 2002)

1.4.2.2.4 Índice de calidad del agua (WQI):

Según el National Sanitation Foundation-USA en 1995 el WQI (Water Quality Index), resume numéricamente la información de múltiples parámetros de calidad de agua en un solo valor.

Tabla 1.14 Interpretación de la calidad (WQI)

Rango	Calidad
90-100	Excelente
70-90	Bueno
50-70	Medio
25-50	Malo
0-25	Muy malo

Fuentes: (Water Quality Index Calculator)

1.4.2.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos

Para determinar la calidad del agua es necesario identificar sus parámetros, los cuales se clasifican en físicos, químicos y microbiológicos. La metodología de identificación o caracterización de los parámetros dependerá de la forma y el tipo.

1.4.2.3.1 Parámetros físicos

Conductividad:

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o Siemens/cm. La conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos. De acuerdo con la experiencia se pueden correlacionar con la siguiente expresión:

$$\text{Sólidos totales disueltos (mg/L)} = 0,55 \text{ a } 0,7 * \text{conductividad } (\mu\text{mhos/cm})$$

Las aguas que contienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas. (Sierra Ramírez, 2001)

Sólidos totales:

“Los sólidos totales se dividen en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente. En el agua la mayoría de los sólidos se hayan disueltos (SD) y consisten principalmente en sales y gases.” (Sierra Ramírez, 2001)

“Los sólidos disueltos: se calculan pasando la muestra por un papel de filtro y luego determinando los sólidos totales del filtrado. Si se somete la muestra filtrada a evaporación en una mufla a aproximadamente 600°C y se pesa el residuo se obtienen los sólidos disueltos fijos (SDF). Por diferencia se determinan los sólidos disueltos volátiles (SDV).” (Sierra Ramírez, 2001)

“Los sólidos suspendidos (SS): se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. Los SS son, tal vez, el tipo de sólidos más importantes de determinar en los estudios de calidad del agua en nuestro medio, principalmente porque se utilizan para el cobro de las tasas retributivas y el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.” (Sierra Ramírez, 2001)

“Los sólidos suspendidos fijos (SSF) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV) se determinan de forma análoga a los SDF y SDV.” (Sierra Ramírez, 2001)

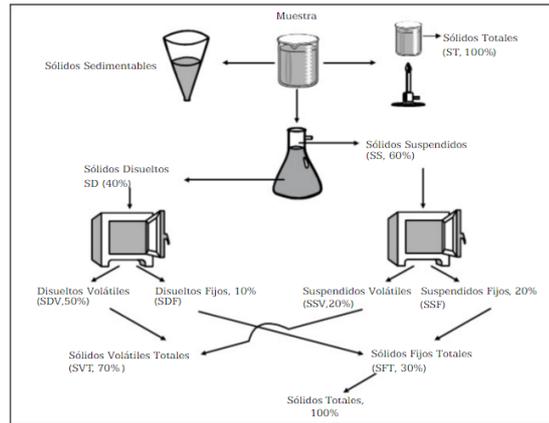


Figura 1.56 Diferentes formas de sólidos presentes en el agua
Fuente: (Sierra Ramírez, 2001)

Turbiedad:

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre las más importantes de estas causas están: (Sierra Ramírez, 2001)

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos. (Sierra Ramírez, 2001)

Como se puede apreciar, la turbiedad tiene desde un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico (microorganismos, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas. (Sierra Ramírez, 2001)

La turbiedad es importante en el tratamiento del agua potable por las siguientes razones:

- **Estética:** La presencia de turbiedad en el agua causa rechazo en el consumidor. Además, existen ciertos procesos industriales (fabricación de textiles, alimentos) que requieren agua exenta de turbiedad.
- **Selección de los procesos de tratamiento:** La turbiedad es un parámetro fundamental en la determinación de los procesos más adecuados para tratar el

agua de abastecimiento. Procesos como coagulación, sedimentación y filtración se diseñan y operan teniendo en cuenta el valor de la turbiedad.

- Filtración y cloración del agua. La turbiedad puede incidir en la eficiencia de determinados procesos de tratamiento del agua, por ejemplo, la filtración y la desinfección. La filtración del agua se vuelve más difícil y costosa cuando la turbiedad es alta; la turbiedad obstruye los filtros, genera problemas de operación en el tratamiento del agua y ocasiona un aumento en la frecuencia de lavado de las unidades. Cuando la turbiedad es alta se necesitan dosis mayores de cloro para desinfectar el agua. Esto debido a que los microorganismos se ocultan entre las partículas de turbiedad por lo que se requieren mayores cantidades de cloro para eliminarlos. (Sierra Ramírez, 2001)

1.4.2.3.2 Parámetros químicos

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana heterogénea. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia orgánica biodegradable. (León Gil, 2009)

El parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se usa para determinar la contaminación biológica del agua, midiendo los requerimientos de oxígeno demandados por una población de microorganismos, tanto en agua tratada como contaminada. También, se utiliza para determinar la eficiencia de un proceso de tratamiento de aguas y para dimensionar las instalaciones para el tratamiento de las mismas. Sin embargo, las limitantes encontradas a este parámetro, han originado estudios dirigidos a la investigación de un método más práctico, más preciso, y sobre todo más rápido, para utilizarse como parámetro indicador de contaminación en el agua. (Sanchez, 1994)

Dureza

Se denomina dureza a la propiedad que tienen ciertas aguas de cortar el jabón, es decir, requieren grandes cantidades de jabón para producir espuma. Las aguas duras también tienen la particularidad de que a elevadas temperaturas forman

incrustaciones en los equipos mecánicos y las tuberías. Las aguas duras, fuera de las molestias ocasionadas con el jabón, no presentan ningún problema sanitario. Sin embargo, si van a ser utilizadas en la industria, deben ser tratadas. La dureza ingresa al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo. (Sierra Ramírez, 2001)

PH

El PH de un agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrio de disolución de CO₂ en un agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el PH de cualquier agua. Asimismo, la actividad fotosintética reduce el contenido en CO₂ mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce dióxido de carbono causando un efecto contrario con respecto el PH del medio acuático. (Marín Galvín, 2003)

Por otro lado, el aporte de ácidos que naturalmente pueden acceder a un medio hídrico lo podría acidificar: así, por ejemplo el HS₂ formado en aguas poco oxigenadas y con fuerte ambiente reductor, o los ácidos húmicos (ácidos débiles) provenientes de la mineralización de la materia orgánica. Tampoco debe olvidarse el fenómeno de la lluvia ácida. Efectos de alcalinización natural de un agua de forma opuesta, pueden detectarse vía disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno drenado por el agua. En cualquier caso, el valor del PH de las aguas superficiales se encuentran en el intervalo de 6 a 8.5 u. PH, pudiendo las aguas subterráneas presentar más bajos valores que las superficiales. (Marín Galvín, 2003)

En lagos y embalses, el PH experimenta una evolución espacial y temporal ligada a la dinámica térmica y fisicoquímica del lago, de forma que esta variable disminuye a lo largo de la columna de agua. Además, durante la mezcla la variación es de apenas 0.1 a 0.15 u PH desde la superficie al fondo, en cambio, durante la estratificación térmica, en las aguas superficiales ricas en fitoplancton (que metaboliza CO₂) se hallan valores de PH bastante más altos que en profundidad. En estas últimas zonas, pobres en oxígeno y con abundantes microorganismos anaerobios, los valores de PH son más bajos, del orden de 1 u PH inferiores a los de las aguas de superficie. (Marín Galvín, 2003)

Con relación al agua de consumo, aguas con valores extremos de PH pueden provocar irritaciones de las mucosas y órganos internos, e incluso procesos de ulceración. Asimismo, aguas con PHs <7 favorecen procesos corrosivos en la red de distribución de aguas y la aparición de condiciones fisicoquímicas que permiten la formación de HS2 en casos extremos, mediante concurso microbiano. Finalmente, otro efecto asociado al PH de una agua de consumo es que valores altos se encuentran generalmente asociados a aguas coloreadas y/o con presencia de olores/sabores, siendo, por tanto, no agradable para el consumidor. (Marín Galvín, 2003)

1.4.2.3.3 Parámetros biológicos:

Coliformes fecales:

Los coliformes fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5°C), es el mejor indicador de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal. Además, la densidad de la contaminación fecal es normalmente mucho más baja que las de los coliformes totales, así que no se utilizan como indicador de la efectividad del tratamiento y de la contaminación post-tratamiento. (García Brage, 2002)

Coliformes totales:

Los coliformes totales son un grupo de bacterias relacionadas de cerca (familia de las Entero bacterias), que has sido utilizadas durante muchas décadas como el indicador idóneo para el agua potable. El grupo se define como aeróbico y anaerobio facultativamente, gram-negativo, no formador de esporas, bacterias de formas redondeadas que fermentan la lactosa del azúcar lácteo para producir ácido y gas en el plazo de 48 horas a 35°C. Pocas bacterias distintas de las coliformes pueden metabolizar los lácteos; por razón, la lactosa se usa como base para la identificación (la hidrólisis de o-nitrofenil-β.d.galactopiranoxido, o ONPG, se usa también para identificación en algunas pruebas de coliformes). El grupo de coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros Citrobacter, Enterobacter, Websiella y Escheridiacoli. También incluyen algunas especies de Serratia y otros géneros. Aunque todos los géneros coliformes pueden encontrarse en el intestino de

los animales, la mayoría de estas bacterias están muy diseminadas en el medioambiente, incluyendo el agua potable y las aguas residuales. Una excepción quizá en el agua caliente en los climas tropicales. (García Brage, 2002)

Los coliformes totales se utilizan para fijar la efectividad del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. También se utilizan como test o prueba de cribado para la contaminación fecal reciente. El tratamiento que proporciona el agua libre de coliformes debería también reducir los patógenos a niveles mínimos. Un avance principal para el uso de los coliformes de protozoos patógenos, quistes, oocistos y algunos virus, porque los coliformes totales bajo ciertas sustancias pueden proliferar en los biofilms de los sistemas de distribución de agua, oscureciendo o nublando su uso como indicador de contaminación externa. (García Brage, 2002)

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

El sistema de agua potable de las comunidades Banguir y San Martín cuentan en la actualidad con el abastecimiento de dos fuentes –Lliguil y El Chorro-, y para su ampliación se pretende contar con dos nuevas fuentes –Tuñi y Sarar-; se destaca que las cuatro fuentes cuentan con una área cercada evitando así la contaminación antrópica de las fuentes.

Para la determinación de la calidad del agua de las fuentes se realizó un análisis físico, químico y microbiológico de las cuatro vertientes y una de agua tratada, las muestras de las vertientes Lliguil y El Chorro se tomaron en el tanque rompe presión que une las dos líneas de conducción; en cambio para las vertientes de Tuñi y Sarar se realizaron las tomas en las fuentes respectivamente, para la muestra de agua tratada se tomó en la casa comunal de la Junta de Agua Potable. Estas muestras se fueron tomadas en botellas esterilizadas de plástico de 1 litro y 25 mililitros, las cuales fueron transportadas de la comunidad al laboratorio de ciencias químicas de la Universidad de Cuenca en un cooler con geles refrigerantes manteniendo su temperatura y calidad.

Tabla 1.15 Coordenadas de las muestras

Muestra	Coordenadas UTM	
	X	Y
Lliguil	735637	9651417
El Chorro	735637	9651417
Tuñi	736356	9651773
Sarar	735964	9651990
Agua Tratada	733969	9651658



Figura 1.57 Muestra de agua de la vertiente de Lliguil



Figura 1.58 Muestra de agua de la vertiente del Chorro



Figura 1.59 Muestra de agua de la vertiente del Tuñi



Figura 1.60 Muestra de agua de la vertiente del Sarar



Figura 1.61 Muestra de agua tratada

De las muestras tomadas se determinaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos como el PH, conductividad, turbiedad, solidos totales, dureza total, demanda bioquímica de O₂, coliformes totales y coliformes fecales.

1.4.4 Resultados de los análisis

Con los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluamos el estado de las fuentes de aguas y del agua tratada, a

través del índice de calidad de agua Water Quality Index (WQI), además estos 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.

Índice de calidad de agua (WQI)

Estos datos obtenidos del análisis físico-químico de las diferentes muestras se introdujeron en la página oficial del organismo de la Water Quality Index Calculator, la cual determinó el índice de la calidad del agua (WQI) para cada muestra, se obtuvo que las cinco muestras analizadas se caracterizaran con una índice de calidad **Buena**, obteniendo un rango entre 70 y 79 en los resultados.

Tabla 1.16 Resultados del índice de calidad de agua (WQI)

Muestra	Resultados	Clasificación
Lliguil	74	Buena
El Chorro	70	Buena
Tuñi	73	Buena
Sarar	79	Buena
Agua tratada	74	Buena

Ver Anexo 14. Estudio de agua

Ver Anexo 15. Determinación de WQI

Análisis físicos, químicos y microbiológicos de acuerdo a la normativa nacional.

De acuerdo a la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso agua para aguas de consumo humano y uso doméstico se observa que las muestras en estudio **cumple** con los criterios de calidad, destacando que no existe la presencia de coliformes fecales y la mayor concentración de coliformes totales es >3 NMP en las fuentes de Tuñi y Sarar. Además que el nivel de pH se encuentra en un rango de 6.2 – 7.1; y la turbiedad varia de 0.22 a 3.7 indicando que se encuentra muy por debajo de lo establecido en la norma.

Tabla 1.17 Resultados de la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos respecto a la normativa

Muestra	Evaluación
Lliguil	Cumple
El Chorro	Cumple
Tuñi	Cumple
Sarar	Cumple
Agua tratada	Cumple

Tabla 1.18 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente de Lliguil

Lliguil				
Parámetro físico, químico y microbiológico	Resultados	Unidades	Criterio de calidad	Evaluación
PH	6.7	u. pH	6-9	CUMPLE
Turbiedad	1	UNT	10	CUMPLE
Solidos totales	18.3	mg/l	500	CUMPLE
Dureza total	48	mg/l CaCO ₃	500	CUMPLE
Coliformes Totales	Negativo	NMP/100ml	50	CUMPLE
Coliformes Fecales	Negativo	NMP/100ml	Negativo	CUMPLE

Tabla 1.19 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente del Chorro

El Chorro				
Parámetro físico, químico y microbiológico	Resultados	Unidades	Criterio de calidad	Evaluación
PH	6.2	u. pH	6-9	CUMPLE
Turbiedad	3.7	UNT	10	CUMPLE
Solidos totales	29.9	mg/l	500	CUMPLE
Dureza total	32	mg/l CaCO ₃	500	CUMPLE
Coliformes Totales	Negativo	NMP/100ml	50	CUMPLE
Coliformes Fecales	Negativo	NMP/100ml	Negativo	CUMPLE

Tabla 1.20 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente de Tuñi

Tuñi				
Parámetro físico, químico y microbiológico	Resultados	Unidades	Criterio de calidad	Evaluación
PH	6.3	u. pH	6-9	CUMPLE
Turbiedad	0.22	UNT	10	CUMPLE
Solidos totales	18.05	mg/l	500	CUMPLE
Dureza total	47	mg/l CaCO ₃	500	CUMPLE
Coliformes Totales	3	NMP/100ml	50	CUMPLE
Coliformes Fecales	Negativo	NMP/100ml	Negativo	CUMPLE

Tabla 1.21 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para la vertiente del Sarar

Sarar				
Parámetro físico, químico y microbiológico	Resultados	Unidades	Criterio de calidad	Evaluación
PH	7.1	u. pH	6-9	CUMPLE
Turbiedad	2.12	UNT	10	CUMPLE
Solidos totales	33.007	mg/l	500	CUMPLE
Dureza total	60.3	mg/l CaCO ₃	500	CUMPLE
Coliformes Totales	3	NMP/100ml	50	CUMPLE
Coliformes Fecales	Negativo	NMP/100ml	Negativo	CUMPLE

Tabla 1.22 Evaluación de los parámetros respecto a la normativa para el Agua Tratada

Agua Tratada				
Parámetro físico, químico y microbiológico	Resultados	Unidades	Criterio de calidad	Evaluación
PH	6.8	u. pH	6-9	CUMPLE
Turbiedad	3	UNT	10	CUMPLE
Solidos totales	22.3	mg/l	500	CUMPLE
Dureza total	46	mg/l CaCO ₃	500	CUMPLE
Coliformes Totales	1	NMP/100ml	50	CUMPLE
Coliformes Fecales	Negativo	NMP/100ml	Negativo	CUMPLE

1.5 Distribución de la población, características socioeconómicas

1.5.1 Población

Mediante el Censo Poblacional realizado en el año 2010 en la parroquia San José de Raranga se obtuvo como información que posee una población de 2.351 habitantes; donde el mayor porcentaje de habitantes son mujeres con un 56% del total de habitantes de la parroquia, mientras que los hombres poseen el 44% restante. Esta población representa el 8,74% de la población total del Cantón Sígsig.

Por otra parte, otro dato importante del Censo es que la comunidad de Banguir tiene 158 habitantes y la comunidad de San Martín 94 habitantes.

Tabla 1.23 Población estimada por comunidades

Comunidad	Población
Banguir	158
San Martín	94

Fuentes: (INEC, 2010)

Mediante las encuestas socio-económicas realizadas a los habitantes de las comunidades Banguir y San Martín, las comunidades presentan 647 personas entre niños y adultos que transcurren para realizar sus diferentes actividades: agrícolas, agropecuarias y comercial, provocando con eso un déficit en los servicios.

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.1.1 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento de la parroquia San José de Raranga obtenida en el último periodo inter censal (2001 – 2010) es de 1,57%, con un crecimiento anual del 14,68% dando un incremento de 301 habitantes en dicho periodo.

1.5.1.2 Distribución de la población por área de residencia

La parroquia San José de Raranga cuenta con 7,88km² de extensión territorial de un total de 659,11 km² que corresponden al territorio cantonal. Cabe indicar que por cada km² habitan 45 personas en promedio.

Según la clasificación, se puede decir que las comunidades con muy alta densidad poblacional son: 25 de Diciembre, 3 de Mayo, Jatunuco, La Unión y Turupamba; así mismo con una densidad de población alta están las comunidades de Bauril y Simir;

conjuntamente la densidad de población media están las comunidades de Banguir, La Esmeralda, San Martín, La Esperanza, Rumipamba y Virgen de las aguas; al mismo tiempo las comunidades de Zhitiquín, La Verbenita y Los Capulíes tiene una densidad poblacional baja.

Tabla 1.24 Rangos de densidades

Comunidad	Población (Hab.)	Rango de densidad	Tipo de densidad
Banguir	158	21-80 hab/km ²	Media
San Martín	94	21 – 80 hab/km ²	Media

Fuente: (PDOT San José, 2015)

A continuación se muestra un mapa donde se indica por color y por población de menor a mayor los niveles de densidad poblacional en la parroquia de San José de Raranga.

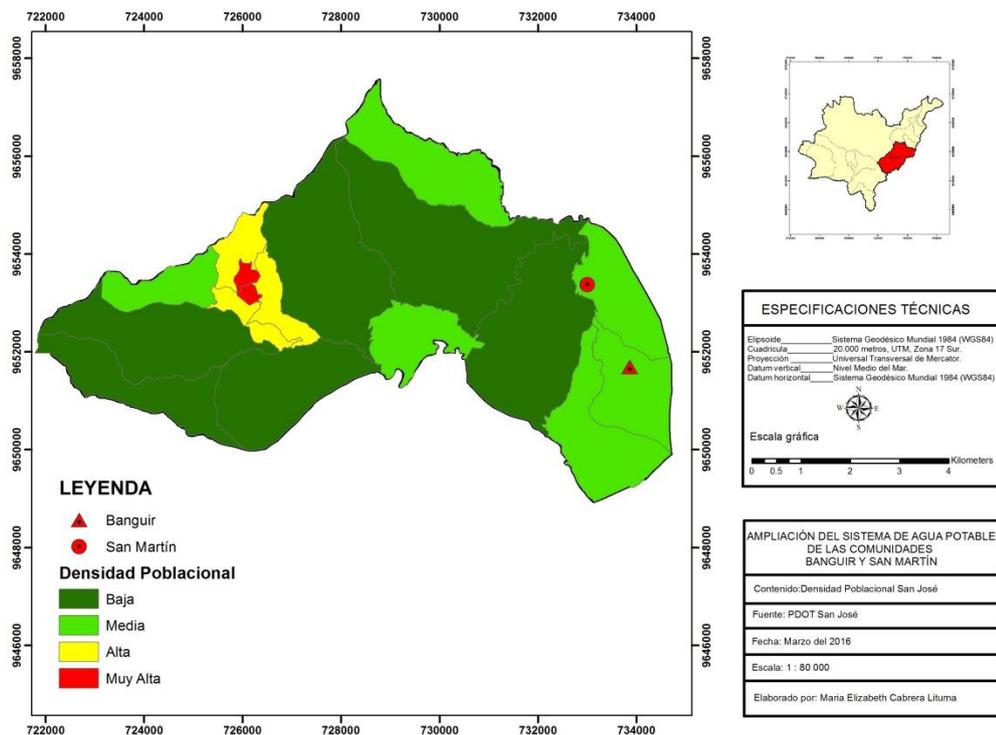


Figura 1.62 Rangos de densidades
 Fuentes: (PDOT San José, 2015)

1.5.2 Vivienda

Las comunidades de Banguir y San Martín presentan dos tipos de edificación, en su mayoría viviendas de una planta con una 75% del total, por otro lado las viviendas de dos plantas poseen solo un 25%. Otro dato importante que se observa es que predomina el uso de las edificaciones tipo viviendas con una 96%, y en menor cantidad el uso de vivienda - comercial y otros. El 95% de todas las edificaciones son propias, un 3% son usufructuarias y el 2% de uso público.



Figura 1.63 Tipo de edificación

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.3 Servicios e infraestructura existente

1.5.3.1 Abastecimiento de agua potable

En la actualidad existen 110 conexiones domiciliarias donde 80 de estas pertenecen a la comunidad de Banguir representando el 73% del total de conexiones, mientras que las 30 conexiones restantes pertenecen a la comunidad de San Martín con un 27% del total de conexiones. De acuerdo a los tipos de abastecimiento de agua el 71% de abastece de la red pública, el 22% de conexiones vecinas, el 4% en botellas y tanques y el 3% consumen el agua del canal del riego.

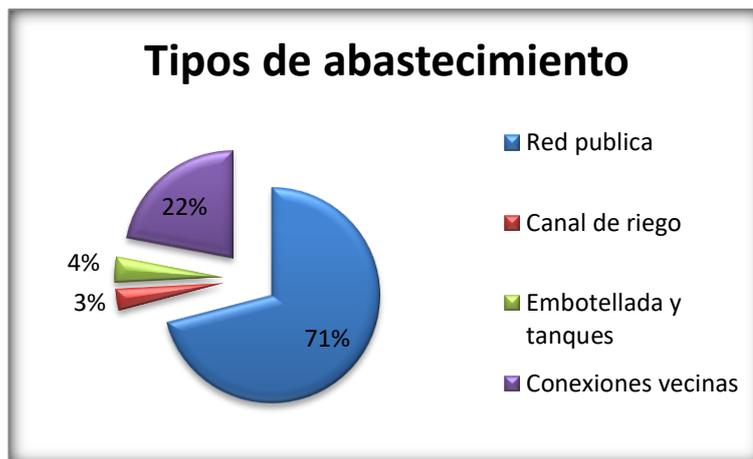


Figura 1.64 Tipos de abastecimiento de agua en las comunidades

Las 110 conexiones existentes abastecen a 250 adultos que representan el 59% del total de la población y 183 niños que representan el 41% del total de la población.

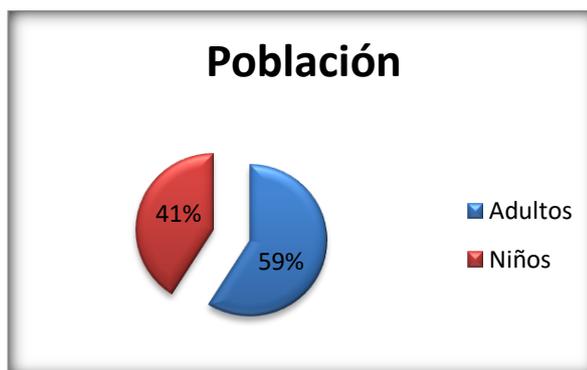


Figura 1.65 Población que dispone del servicio de agua potable

En la ampliación del sistema de agua de agua potable se van a aumentar 79 conexiones domiciliarias, donde 63 de estas nuevas conexiones pertenecen a la comunidad de Banguir representando el 80% del total de conexiones nuevas, mientras que las 16 conexiones restantes pertenecen a la comunidad de San Martín con un 20% del total de conexiones nuevas.

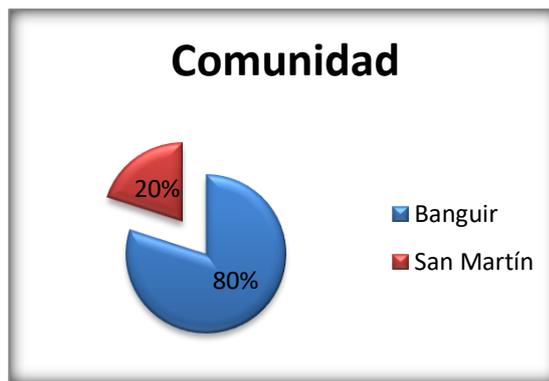


Figura 1.66 Proyección de conexiones domiciliarias en comunidad

La ampliación del sistema de agua de potable abastecerá a 146 adultos que representan el 71% del total de los nuevos usuarios y 60 niños que representan el 29% del total de los nuevos usuarios.

Las 110 conexiones domiciliarias del sistema de agua potable se encuentran en condiciones buenas presentando el 100% de todas las conexiones y por otra parte los estados de conexión regular y mala son cero.

Las conexiones domiciliarias mencionadas se ubican dentro y fuera de las viviendas donde el 66 de las conexiones se encuentran en el exterior de las viviendas representando el 60%; mientras que las 44 conexiones restantes se localizan en el interior las viviendas con un 40% del total.

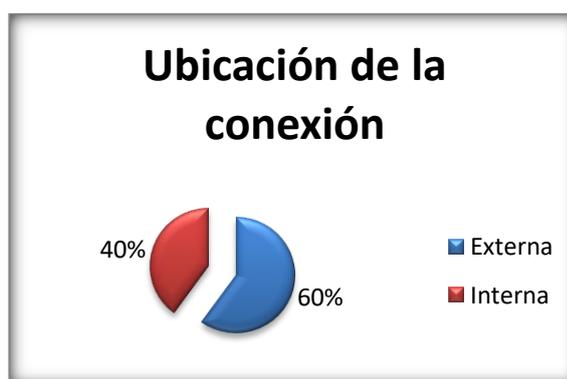


Figura 1.67 Ubicación de las conexiones

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.3.2 Energía eléctrica y servicio de telefonía

La empresa Eléctrica Centro Sur es la encargada de brindar el servicio de energía eléctrica a las comunidades, se cuenta con alumbrado público deficiente en los centros comunales, en cambio en las edificaciones solo el 33% carecen de este servicio.

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

1.5.3.3 Establecimientos educativos y de salud

Las comunidades carecen de servicios de salud, para abastecerse de este servicio vital la población se traslada al Subcentro Básico de Salud de San José de Raranga ubicado en el centro parroquial de San José de Raranga o al Subcentro Básico San Sebastián localizado en la comunidad de Zhamar, los cuales brindan servicios de consulta externa, consulta odontológica, hospitalización, centro quirúrgico y obstétrico, laboratorio clínico, imageneología estación de vacunación y farmacia.

La comunidad de Banguir cuenta solo con la escuela fiscal Judith Lucrecia Abad Ochoa que dispone de educación básica hasta el 7mo de básica, ubicada en el centro de la comunidad, debido a la falta de infraestructura que presenta la escuela la Junta Administrativa de Agua Potable facilita la infraestructura de la Casa Comunal para las actividades educativas.

El nivel de instrucción de los jefes del hogar que predomina en las comunidades es el primario con un 55%, seguido de un 41% de los jefes del hogar no tienen ningún nivel de instrucción, los niveles de instrucción secundaria y superior solo representan un 4%.

1.5.3.4 Servicio de transporte

El mayor medio de movilización dentro de las comunidades es la movilización a pie, seguido del uso de motos y camionetas, por último la movilización en animales como caballos o burros, dentro de las comunidades no se disponen del servicio de alquiler de camionetas. Respecto al transporte público de buses existen dos empresas de buses, la Cooperativa 25 de Agosto que realiza el recorrido Cuenca – San José de Raranga con aproximadamente dos horas de viaje y la Cooperativa Austrorutas que

recorre el cantón Sígsig - San José de Raranga con aproximadamente una hora de viaje.

1.5.3.5 Sistema de riego

El sistema de riego dentro de las comunidades está constituido principalmente de canales de tierra y lagunas artificiales que abastece principalmente a zonas ganaderas y agrícolas, la población ha construido este sistema de riego y así mismo es la encargada de realizar el mantenimiento y reparaciones necesarias.

1.5.3.6 Sistema de recolección de basura

El sistema más utilizado para la recolección de basura en las comunidades con un 57% es el carro recolector ya que 88 viviendas utilizan este servicio, 16 viviendas queman la basura equivalente a un 10%, esto se debe a la lejanía que existe de las viviendas a los sitios de recolección, 50 viviendas que representan el 33% restante en cambio no generan basura debido a que las personas no habitan en las viviendas, solamente utilizan las viviendas para realizar sus diferentes actividades.

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.3.7 Vialidad

Las dos comunidades en cuestión Banguir y San Martín cuentan con vías de lastre, la vía que une las dos comunidades es lastrada y posee una longitud de 2253 metros, contando también con caminos de tierras en las dos comunidades.

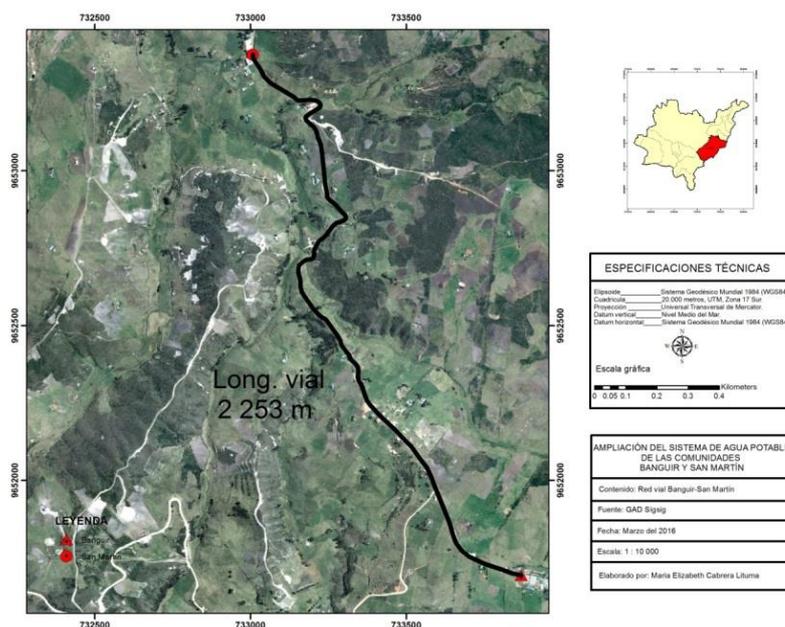


Figura 1.68 Red vial Banguir - San Martín

El 56% de los habitantes de las comunidades dispone de vía lastrada para el acceso a sus viviendas, en cambio los que disponen de este servicio cuenta con caminos de tierras y senderos contruidos por los propios habitantes.

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.3.8 Infraestructura sanitaria

Las comunidades Banguir y San Martín no cuentan con el servicio de alcantarillado público, por lo que las habitantes utilizan fosas sépticas, se observa que el 71% de las edificaciones disponen de fosas sépticas y el resto no disponen de ningún sistema para la eliminación de excretas.

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

1.5.4 Características socioeconómicas

1.5.4.1 Oficios y actividades de los habitantes

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado en la parroquia San José de Raranga en el año 2010, la principal actividad que desempeña la población económicamente activa es la rama de la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con 78,94% del total, destacando una mayor participación de las mujeres con un 59,66% de la población. Seguido de la rama de la construcción con un 8,24% donde existe el 100% de la participación de hombres, en tercer puesto la industria manufacturera con el 3,97%. El resto de las ramas actividades de la población económicamente activa se encuentran entre el 0,1 y el 1,73 %.

Tabla 1.25 Ramas de actividad de la población económicamente activa de la parroquia San José de Raranga

Ramas de actividad	Hombre	Mujer	Total	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	313	463	776	78,94%
Explotación de minas y canteras	1	0	1	0,10%
Industrias manufactureras	17	22	39	3,97%
Construcción	81	0	81	8,24%

Comercio al por mayor y menor	13	4	17	1,73%
Transporte y almacenamiento	11	1	12	1,22%
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	1	3	4	0,41%
Información y comunicación	1	0	1	0,10%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	1	0	1	0,10%
Administración pública y defensa	3	1	4	0,41%
Enseñanza	2	1	3	0,31%
Otras actividades de servicios	1	1	2	0,20%
Actividades de los hogares como empleadores	0	5	5	0,51%
No declarado	9	19	28	2,85%
Trabajador nuevo	8	1	9	0,92%
Total	462	521	983	100,00%

Fuente: (INEC, 2010)

1.5.4.2 Salud

La parroquia San José de Raranga dispone de dos Subcentro de Salud a cargo del Ministerio de Salud Pública, el más grande es del Subcentro de Salud San Sebastián ubicado en la comunidad de Zhamar con una horario de atención de 24 horas que dispone de los siguientes servicios: hospitalización (18 camas), consulta externa, emergencia, centro quirúrgico y obstetra, laboratorio clínico, imageneología. En cambio el Subcentro de Salud de San José de Raranga localizado en el centro parroquial ofrece los servicios de: consulta externa, estación de vacunación y farmacia, solo atiende de 8am a 5 pm.

1.5.4.2 Educación

La parroquia San José de Raranga cuenta con seis centro educativos, los cuales dos de ellos se encuentra en el centro parroquial y el resto distribuidas en las comunidades. A continuación se muestra el nivel de instrucción de los diferentes Centros Educativos.

Tabla 1.26 Centros Educativos de la Parroquia San José de Raranga

Centro Educativo	Nivel de instrucción
Alfonso Ayora	1ero a 7mo de Básica
5 de Noviembre	1ero a 7mo de Básica
Gonzalo Cordero Dávila	8vo de Básica a 3ero de Bachillerato
Judith Lucrecia Abad Ochoa	2do a 7mo de Básica
Isaac María Peña	1ero a 7mo de Básica
David Emilio Cali Murillo	2do a 7mo de Básica

1.5.5 Encuesta – adquisición del servicio

En las encuestas socioeconómicas se formuló dos preguntas para determinar el nivel de aceptación y la disposición de paga por mejorar. La primera pregunta fue ¿Está de acuerdo con el proyecto de mejoramiento del servicio de agua?; y la segunda pregunta fue ¿Para mejorar el servicio de agua potable está dispuesto a pagar?; los resultados fueron que hay un 99% de aceptación en la población.

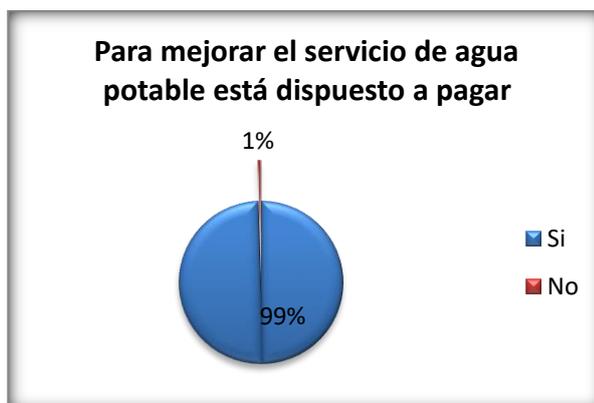


Figura 1.69 Disponibilidad de pago por el servicio de agua potable

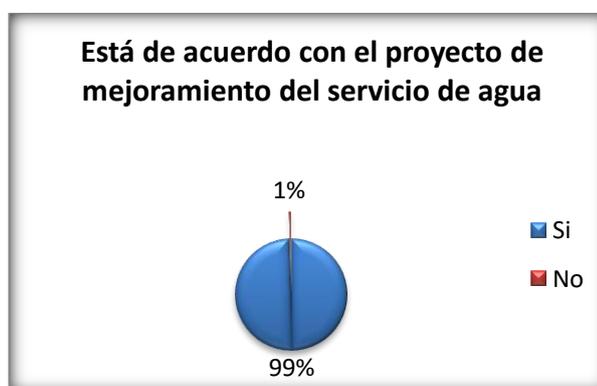


Figura 1.70 Aceptación del servicio de agua potable

Ver Anexo 16. Tabulación de encuestas socio-económicas

Ver Anexo 17. Formato de encuesta socio-económicas

Ver Anexo 18. Encuestas socio-económicas realizadas a las comunidades Banguir y San Martín

1.6 Revisión de la normativa a utilizar

De acuerdo las características físicas, poblacionales y socio-económicas propias de las comunidades – Banguir y San Martín- se empleó el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitaria Norma CO 10.7- 602 Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas y Residuos Líquidos 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 el diseño de abastecimiento de agua potable.

En la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua analizadas se utilizó la Normativa de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: recurso agua Anexo IV, Criterios de calidad del agua para el consumo humano y uso doméstico. Así como para la obtención del índice de calidad de agua Water Quality Index (WQI) se empleó la página oficial del organismo del Water Quality Index Calculator la cual se basa en la Normativa de la Environmental Protection Agency.

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 Urbana.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 Parámetros de diseño

2.1.1 Definiciones generales

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

Vida útil: Lapso de tiempo en el cual la obra o equipo debe ser reemplazado por uno nuevo.

Población futura o de diseño: Número de habitantes que se espera tener al final del período de diseño.

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

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

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

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

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

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

Fugas: Cantidad no registrada de agua perdida por escape en el sistema.

Factor de mayoración máximo diario (KMD): Es la relación entre el caudal máximo diario al caudal medio.

Factor de mayoración máximo horario (KMH): Es la relación entre el caudal máximo horario al caudal medio.

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. En cambio los equipos a emplearse en el sistema se diseñan para el período de vida útil especificado por los fabricantes.

2.1.3 Población de diseño

La población de diseño se calculará en función a la población presente determinada mediante las encuestas socio-económicas realizadas a la población de las comunidades de Banguir y San Martín.

Para el cálculo de la población futura, se empleará el método geométrico:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

En Dónde:

P_f = Población futura (habitantes).

P_a = Población actual (habitantes).

r = Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal.

n = Periodo de diseño (años)

2.1.3 Tasa de crecimiento

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censo del Ecuador cuenta con la base de datos estadísticos de crecimiento poblacional de provincias, cantones y parroquias, el cual se obtiene la tasa de crecimiento, en caso de no contar con los datos para el área de estudio la Norma Co 10.7 602 establece índices de crecimiento geométrico.

Tabla 2.1 Tasa de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r%
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuentes: (MIDUVI)

2.1.4 Niveles de servicio

El nivel de servicio del proyecto depende directamente de las características de las comunidades, nivel de vida y actividades laborales predominantes.

Tabla 2.2 Niveles de servicios

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
O	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos de aguas, preferencias y capacidad económica del usuario.
Ia	AP EE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua.
IIa	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada:		
AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas. ERL: Eliminación de residuos líquidos.		

Fuentes: (MIDUVI)

2.1.5 Dotaciones

Basándose en el nivel de servicio que se pretende dar y al clima que posee las comunidades se establece las siguientes dotaciones recomendadas:

Tabla 2.3 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

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

Fuentes: (MIDUVI)

La Dotación expresa la cantidad de litros que un habitante consume en un día tomando en cuenta el clima y el nivel de servicio.

2.1.6 Variaciones de consumo

Caudal medio

EL caudal medio Q_m expresa el consumo promedio diaria que está en función del factor de fugas, población proyectada y dotación, su fórmula es:

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

Dónde:

Q_m = Caudal medio (l/s)

f= Factor de fugas

P= Población al final o población futura del período de diseño

D= Dotación (l/hab x día)

Caudal máximo diario

El caudal máximo diario QMD expresa el consumo máximo, se determina multiplicando el caudal medio por el factor de mayoración de consumo máximo diario KMD, su fórmula es:

$$QMD = KMD \times Q_m$$

Dónde:

QMD= Caudal máximo diario (l/s).

KMD= Factor de mayoración máximo diario.

KMD= 1.25 Área Rural

KMD= 1.25 Área Urbana

Caudal máximo horario

El caudal máximo horario QMH expresa el consumo máximo horario durante un día para esto se calcula, multiplicando el caudal medio por el factor de mayoración de consumo máximo horario KMH, su fórmula es:

$$QMH = KMH \times Q_m$$

Dónde:

QMH= Caudal máximo horario (l/s).

KMH= Factor de mayoración máximo horario.

$$KMH = 3 \text{ Área rural}$$

Fugas

El porcentaje de fugas corresponde directamente al nivel de servicio del proyecto, este porcentaje se toma en cuenta debido a las pérdidas ocasionadas en la red de distribución.

Tabla 2.4 Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable

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

Fuente: (MIDUVI)

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:

$$Q_{unitario} = \frac{QMH}{N. \text{casas}}$$

Dónde:

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

QMH= Caudal máximo horario (l/s).

N. casas= número de casas del proyecto

Resumen de resultados

Tabla 2.5 Datos de parámetros de diseño

DATOS	
Pa (hab.)	647
Número de casas	154
r (%)	1.57
n (años)	20
Nivel de servicio	IIb
Dotación (l/hab*día)	75
f (%)	20
KMD	1.25
KMH	3

Tabla 2.6 Resultados de los parámetros de diseño

RESULTADOS	
Pf (hab)	884
Qm (l/s)	0.92
QMD (l/s)	1.15
QMH (l/s)	2.76
Q unitario (l/s *casa)	0.0179

Ver Anexo 19. Memoria de cálculo

2.1.7 Parámetros de diseño para la captación

La Norma Co 10.7 602 establece que la capacidad mínimo de la estructura de captación sea aquella que permita derivar al sistema de agua potable un caudal equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario al final de su periodo de diseño.

La evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las fuentes determinó que las características de agua cumplen los criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico, se valoró la capacidad de los tanques de captación para cada vertiente, por un tiempo de recolección de 5min, además la

captación en las vertientes se propone un dique pequeño de hormigón con tubería de perforada.

Volumen requerido del tanque de captación

$$V_r = Q \cdot t$$

Dónde:

V_r = volumen requerido del tanque de captación (m^3)

Q = caudal (m^3/s)

t = tiempo de retención (s)

$$t = 5 \text{ min}$$

Volumen del tanque de captación real

$$V = A \cdot h$$

Dónde:

V = volumen del tanque de captación real (m^3)

A = área del fondo (m^2)

h = altura desde el fondo del tanque hasta el tubo de desagüe (m)

Comprobación

$$V > V_r$$

Dónde:

V = volumen del tanque de captación real (m^3)

V_r = volumen requerido del tanque de captación

Caudal del orificio

$$q_o = V_o A_o$$

Dónde:

q_o = caudal del orificio (m³/s)

V_o = velocidad del orificio (m/s)

$$V_o \leq 1 \text{ m/s}$$

A_o = área del orificio (m²)

Numero de orificios

$$N \text{ orificios} = \frac{Q}{q_o}$$

Dónde:

N_o = Numero de orificios

Q = Caudal de diseño (m³/s)

Q_o = Caudal de un orificio (m³/s)

Área de la tubería principal

$$\frac{A_o}{A_p} = (0.3 - 0.5)$$

Dónde:

A_o = área de los orificios

A_p = área de la tubería principal

2.1.8 Parámetros de la línea de conducción

Las condiciones topográficas propias de las comunidades permite la realización de la línea de conducción a gravedad para ellos se utilizó la Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.

Los parámetros fundamentales en el diseño de la línea a tomarse en cuenta son: caudal, cotas, presión, pérdidas unitarias, diámetros, velocidad, longitudes y tipo de material.

Caudal de diseño:

Cuando la conducción no requiera bombeo, el caudal de diseño será de 1.1 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño.

Pérdidas unitarias

Las pérdidas de presión que se produce por fricción de un fluido entre si y en contacto con las paredes de la tubería son considerables por lo que se determinó el valor de pérdidas unitarias con fin de garantizar que el agua llegue a su destino en óptimas condiciones.

Fórmula de Hazen – Williams

La fórmula o ecuación de Hazen-Williams permite determina las pérdidas de un fluido que circula por la tubería trabaja a presión es decir es un conducto cerrado en temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C) tomando en cuenta al diámetro de la tubería, al caudal de circulación, longitud de trama analizada, y la rugosidad del material.

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

Dónde:

h_f = pérdida por fricción (m).

D = diámetro de la tubería (m).

L = longitud de la tubería (m).

Q = caudal (m³/s).

C = valor de rugosidad

$C=140$ para tubería de PVC

Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli expresa el comportamiento de un fluido en movimiento a lo largo de un conducto cerrado manteniendo su energía constante.

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

Dónde:

Z = Cota del punto de evaluación (m)

P = presión (kg/m²)

γ = peso específico del fluido

$$\gamma = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

v = velocidad en el punto de evaluación (m/s)

g = gravedad (m/s²)

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

hf = pérdida de carga que existe de un punto a otro(m)

Velocidad

La velocidad de circulación de un fluido en una tubería es un parámetro importante debido a que sino si tienes control de velocidad en las tuberías están ocasionan daños en la tubería por lo cual se utilizó la fórmula de Manning.

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

Dónde:

V = Velocidad m/s

R = Radio hidráulico

$$R = \frac{D}{4}$$

D= Diámetro útil de la tubería

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

$$S = \frac{hf}{L}$$

hf= pérdida por fricción (m).

L= longitud de la tubería (m).

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla 2.7 Velocidades máximas recomendadas para el escurrimiento del agua en los distintos tipos de tuberías, y coeficientes de rugosidad correspondientes

Tubería	Velocidad máximas permisibles (m/s)	n Coeficiente de rugosidad de Manning
Concreto simple hasta 0.45 m de diámetro	3.00	0.011
Concreto Reforzado de 0.60 m de diámetro o mayor	3.50	0.011
Fibro-cemento	5.00	0.010
Acero galvanizado	5.00	0.014
Acero sin revestimiento	5.00	0.014
Acero con revestimiento	5.00	0.011
Polietileno de alta densidad	5.00	0.009
PVC (policloruro de vinilo)	5.00	0.009

Fuentes: (Valdez, 1994)

2.1.9 Parámetros de tratamiento

La Norma Co 10.7 602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural expresa:

- La capacidad de la planta de potabilización será de 1.1 veces del caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño.
- En cualquier tipo de agua se considerará la desinfección como tratamiento mínimo.

2.1.9.1 Tratamiento a emplear

Para determinación el tipo de tratamiento a emplearse se debe analizar la calidad de las fuentes basándose básicamente en los parámetros de turbiedad, color real y coliformes fecales.

2.1.9.1.1 Alternativas de tratamiento fime

El mínimo tratamiento recomendado por el Organización Panamericana de la Salud es un tratamiento con un Filtro Grueso Dinámico y un Filtro Lento Arena; se debe considerar para le elección del tipo de tratamiento los parámetros de calidad del agua, eficiencia del proceso y costos del proyecto primordialmente.

Tabla 2.8 Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FIME. (Todas las opciones incluyen FGDI 2.0 y FLA0.15)

Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Turbiedad (UNT)	< 10	10-20	20-50	50-70 (*)
	Color Real (UC)	< 20	20-30	30-40	30-40 (*)
< 500	Sin FGA		FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS ₃ _{0.3}
500 - 10000		FGAC _{0.6}	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS ₃ _{0.3}
10000 - 20000 (*)		FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAS ₃ _{0.3}

(*) Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

(El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h)

Clasificación de fuentes según el rango de calidad:

-  Bajo
-  Medio
-  Alto

FGDI - FILTRO GRUESO DINAMICO

FGAC - FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS

FGAS3 - FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN SERIE (3 ETAPAS)

FGH3 - FILTRO GRUESO HORIZONTAL (3 ETAPAS)

FLA - FILTRO LENTRO ARENA

Fuentes: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Tabla 2.9 Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones de FIME

RANGO	NIVEL PROMEDIO
Bajo	Turbiedad < 10 UNT Coliformes Fecales < 500 UFC/100 ml Color Real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad 10 - 20 UNT Coliformes Fecales 500 - 10000 UFC/100 ml Color Real 20 - 30 UPC
Alto	Turbiedad 20 - 70 UNT Coliformes Fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml Color Real 30 - 40 UPC

Fuentes: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

2.1.9.1.2 Alternativas de tratamiento según la Norma Ecuatoriana

La Norma Co 10.7 601 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área urbana expresa cinco clasificaciones de agua naturales según las características de las fuentes, cuales son:

- Tipo A: Aguas subterráneas libre de contaminación, y que satisface a las normas de calidad del agua potable.
- Tipo B: Aguas superficiales provenientes de cuencas protegidas, con características físicas y químicas que satisfacen las normas de calidad para agua potable, y con un NMP medio mensual máximo de 50.
- Tipo C: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que pueden encuadrarse dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no exija coagulación.

- Tipo D: aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, y cuyas características exigen coagulación y los procesos necesarios para cumplir con las normas de calidad para agua potable.
- Tipo E: aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas sujetas a contaminación industrial, y que por tanto exigen métodos especiales de tratamiento para cumplir con las normas para agua potable.

Ademas presenta la preselección de algunas alternativas de tratamiento en función al tipo de agua que anteriormente se mencionaron y de las normas de calidad de agua potable, así mismo considera conocimientos y experiencia la diseñador, algunas guías para este proceso son:

- Todas las aguas deberán ser desinfectadas ante de su distribución.
- Las aguas tipo C podrá requerir además pre tratamiento, sedimentación simple y/o filtración lenta, según los siguientes criterios:

Tabla 2.10 Tratamiento probable

Características de agua	Tratamiento probable
Turbiedad media <10 UNT NMP < 1000 col/100ml	Filtración lenta
Turbiedad media <50 UNT NMP < 1000 col/100ml	Filtración lenta con pretratamiento
Turbiedad media <150 UNT NMP < 5000 col/100ml	Filtración lenta con sedimentación simple y pretratamiento.

Fuentes: (MIDUVI)

2.1.9.2 Factores de la selección del proceso de tratamiento

La selección del proceso de tratamiento del agua es una tarea compleja. Las circunstancias suelen ser bastante diferentes para cada instalación de agua y quizás sean distintas para cada fuente o procedencia usada por la instalación. La selección de uno o más procesos a utilizar en una situación determinada está influenciada por la necesidad de cumplir los objetivos de calidad reglamentada, el deseo de la instalación y de sus clientes de cumplir los objetivos de calidad del agua (como los de aspecto o estética) y la necesidad de proporcionar el servicio de agua al más bajo

costo razonable. Los factores que deberían estar incluidos en las decisiones de los procesos de tratamiento del agua comprenden: (García Brage, 2002)

- Renovación de contaminantes
- Calidad de la fuente original del agua
- Fiabilidad
- Condiciones existentes
- Flexibilidad del proceso
- Capacidades de la instalación
- Costos
- Compatibilidad ambiental
- Calidad del sistema de distribución de agua
- Realización del proceso a escala

2.1.9.2.1 Remoción de contaminantes

Le remoción de contaminantes es el propósito principal del tratamiento para muchas fuentes de agua, particularmente las aguas de superficie. Cuando los consumidores de la instalación de agua y la gerencia de la instalación pongan un énfasis fuerte en la excelente calidad del agua, los máximos niveles de contaminantes de las regulaciones o normativas del agua potable pueden contemplarse como un nivel superior de los contaminantes de agua que raramente o nunca debería acercarse como una guía o línea de guía de calidad tratadas. Muchas instalaciones de agua escogen producir agua que es de mucho mejor calidad que el agua que tan sólo cumple las regulaciones. Tales instalaciones pueden emplear los mismos procesos de tratamiento que sería necesario para dar la calidad que cumplierse con la normativa, pero trabajan estos procesos con una mayor efectividad. Otras instalaciones pueden usar procesos adicionales de tratamiento para alcanzar la elevada calidad de agua tratada buscan. (García Brage, 2002)

2.1.9.2.2 Calidad del agua original

Una comparación de la calidad de la fuentes de agua (o del agua en origen) y de la calidad del agua trata es esencial para la selección del proceso de tratamiento. Con el conocimiento de los cambios que deben alcanzarse en la calidad del agua que debe conseguirse, el ingeniero puede identificar uno o más procesos de tratamiento que podrían ser capaces de conseguir la mejora o incremento de calidad. Dependiendo de

la pasada experiencia de la instalación del agua con una fuente de agua (o clases de agua en origen), la cantidad de datos disponibles sobre la calidad del agua original, puede alcanzar desde la casi inexistente la ampliamente dotada. Aprender o conocer acerca de la fuente u origen del agua bruta puede ser útil para estimar la naturaleza de los posibles problemas de calidad y para desarrollar un programa de monitorización para definir la calidad del agua. Para aguas de superficie, la información acerca de la vertiente puede revelar focos de contaminantes, bien natural o producida por el hombre. Además un usuario de aguas arriba o aguas abajo puede poseer datos sobre la calidad del agua en origen. Puede ser muy útil para las aguas de superficie, el conocimiento del acuífero específico del agua, especialmente si tras instalaciones de agua próximas están utilizado el mismo acuífero. (García Brage, 2002)

La capacidad de una planta de tratamiento de agua para dar agua consistente tratada y de calidad que cumpla los requisitos regulatorios y los objetivos de agua de la instalación, está fuertemente acrecentada cuando el rango de claridad del agua origen está siempre dentro del rango de calidad que la planta puede tratar con éxito. (García Brage, 2002)

2.1.9.2.3 Fiabilidad

La fiabilidad del proceso es una consideración importante y en algunos casos puede ser un aspecto clave al decidir qué proceso seleccionar. La desinfección del agua de superficie es obligatoria, por esto es un proceso de tratamiento que podría ser esencialmente seguro y a prueba de fallos. La única acción aceptable a tomar para un fallo de desinfección en una planta de tratamiento hasta que el problema esté corregido y se proporcione una desinfección adecuada o hasta que se promulgue in situ una orden de << hervir el agua >> de modo que el público no beba agua superficial no desinfectada.

La fiabilidad del proceso sería un factor muy importante al evaluar alternativas a los sistemas de desinfección así como a otros sistemas cuyo fallo puede tener consecuencias inmediatas para la salud pública. (García Brage, 2002)

2.1.9.2.4 Condiciones existentes

La elección de procesos para incorporar en un tren de tratamiento puede estar fuertemente influida por los procesos existentes cuando se evalúa una planta de

tratamiento para mejoría o expansión. Los condicionamientos locales pueden ser cruciales en la selección del proceso, especialmente en el pretratamiento cuando hay disponibles una u otras alternativas a los procesos de clarificación, algunos de los cuales requieren solo una pequeña fracción del espacio necesario para un tratamiento de sedimentación convencional. Las restricciones hidráulicas pueden ser importantes cuando se implementan las plantas con ozono o absorción con carbono granular activo (GAC). La extra columna o extra presión necesaria para algunos procesos de tratamiento pueden resultar de la necesidad de incrementar el bombeo in situ para acomodarse a las necesidades hidráulicas del proceso. Esto añade mejoras al coste total de la planta y, en algunos casos, puede dar como resultado un proceso diferente al que está siendo seleccionado de proceso. La filtración a presión puede ser seleccionada para tratamiento del agua subterránea después de la oxidación para la remoción del hierro o manganeso. En esta situación, el uso de la filtración por gravedad implicaría romper la columna (o altura) y bombear después de la filtración, mientras con los filtros de presión debe ser posible bombear directamente desde el pozo a través de los filtros de almacenamiento. (García Brage, 2002)

2.1.9.2.5 Flexibilidad de proceso

La gestión de las fuentes de agua requieren una comprensión de los factores naturales y humanos que inciden sobre la calidad de agua y de los medios para controlar, reducir o eliminar aquellos impactos donde sea posible. Los riesgos de calidad, importantes para los abastecedores que proporcionan y utilizan agua superficial, son la turbidez, eutrofización y contaminación provenientes de microbios, pesticidas y precursores de trihaometano. (García Brage, 2002)

2.1.9.3 Filtro lento de arena (FLA)

El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua. 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. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Caudal de diseño

$$Q_d = 1.1 Q_{MD}$$

Dónde:

Q_d = Caudal de diseño (m³/s)

Q_{MD} = Caudal máximo diario (m³/s)

Caudal filtrante en un filtro

$$Q_f = \frac{Q_d}{N}$$

Dónde:

Q_f = caudal filtrante en un filtro (m³/s)

Q_d = caudal de diseño (m³/s)

N = número de filtros

$N = 2$ mínimo

Área de filtración

$$A = \frac{Q_f}{CH}$$

Dónde:

A = Área de filtración (m²)

Q_f = caudal filtrante en un filtro (m³/d)

CH = Carga hidráulica (m/d)

$CH = 2-5$ m/d

Velocidad máxima del filtro

$$V_{max} = \frac{Q_f}{A_f}$$

Dónde:

V_{max} = velocidad máxima de filtración

Q_f = caudal filtrante en un filtro (m³/s)

A_f = área del filtro (m²)

Caudal del orificio

$$q_o = V_o A_o$$

Dónde:

q_o = Caudal del orificio (m³/s)

V_o = Velocidad del orificio (m/s)

A_o = Área del orificio (m²)

Numero de orificios

$$N_{orificios} = \frac{Q_f}{q_o}$$

Dónde:

$N_{orificios}$ = número de orificios

Q_f = caudal filtrante de un filtro (m³/s)

q_o = caudal de un orificio (m³/s)

Relación Ao/Alat

$$(0,3 - 0,5) = \frac{\# Ao}{Alat}$$

Dónde:

Ao = área de un orificio (m²)

= número de orificios en una lateral

A lat = área de una tubería lateral (m²)

Relación Alat/A prin

$$(0,3 - 0,7) = \frac{A lat}{A prin}$$

Dónde:

A lat = área de una tubería lateral (m²)

A prin = área de la tubería principal (m²)

Perdidas de lecho durante el filtrado

$$hf = \frac{1,067 * cd * L * V^2}{e^4 * d * g}$$

Dónde:

hf= pérdida (m).

d= diámetro medio de la arena (m).

$$d = 0,225 \text{ mm}$$

L= altura del lecho filtrante (m).

V= velocidad máxima del filtro (m/s)

e = porosidad

Cd = coeficiente de arrastre

$$Cd = \frac{24}{Re} \text{ Si } Re < 1$$

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \text{ Si } 1 \leq Re \leq 3200$$

$$Cd = 0,34 \text{ Si } Re > 3200$$

Re = número de Reynolds

$$Re = \frac{v \text{ max } * d}{\nu}$$

ν = viscosidad cinemática ($1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a una temperatura de 10°)

Pérdidas en tuberías:

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

Dónde:

h_f = pérdida en tubería

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería principal (m)

Q = caudal de un filtro (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidad

$C = 140$ tubería de PVC

Pérdidas en los orificios

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

Dónde:

V = velocidad del filtro (m/s)

α = coeficiente de orificio 0.61

$$\alpha = 0.61$$

$$\beta = \frac{\#A_o}{A_f}$$

Pérdidas en los accesorios

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

Dónde:

k= sumatoria de accesorios

$$k= 1.5$$

v=velocidad en la tubería principal (m/s)

g= gravedad (m²/s)

2.1.9.4 Cloración

El agua destinada el consumo humano y uso doméstico requerirá como mínimo proceso la desinfección según la Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua del Ecuador, además la Norma CO 10.7 – 601 Sistemas de abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana estable que todas las aguas con fines de consumo deberán ser desinfectadas antes de su distribución presenta además una tabla de concentración en donde se indica la cantidad de cloro en función a la concentración de pH que posea el agua a tratarse.

El agua que proviene de la caja de aguas claras, la cual anteriormente fue circulada por los filtros lentos de arena se someterá al proceso de desinfección en la caseta de cloración y posteriormente se almacenara en los tanque de reserva para lo distribución por las comunidades.

El cloro a emplear es fabricado propiamente por la Junta de Agua Potable la cual se dosificara de acuerdo a los establecido del fabricante de la maquina fabricadora de cloro en cual expresa que en 1Kg de sal se disuelva en 14.2 litros de agua potable y procesada a la colocación en la maquina cloradora, el proceso de fabricación de cloro dura aproximadamente es de 24 horas.

De acuerdo al análisis de agua de las fuentes se determinó que el rango de Ph es 6.2 a 7.1 se obtuvo un promedio de 6.6 Ph basando en la se estable que la concentración de cloro es de 1mg/l con un tiempo de contacto de 60 minutos.

Tabla 2.11 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua

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

Fuente: (MIDUVI)

2.1.10 Parámetros de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento o reserva cumple la función primordial de almacenar agua tratada para su posterior distribución de la red en la Norma CO 10.7 – 602 establece que la capacidad de almacenamiento en la red será el 50% del volumen medio diario futuro, así como el volumen mínimo de almacenamiento es de 10 m³.

Volumen de almacenamiento

$$V = 0.5 Vm$$

Dónde:

V= Volumen de almacenamiento (m³)

Vm= volumen medio diario (m³)

$$Vm = QMD * t$$

QMD= caudal máximo diario (m³/s)

t= tiempo de almacenamiento (s)

$t = 1$ día

2.1.11 Parámetros de la red de distribución

La Norma Co 10.7 602 para obras civiles de sistemas de agua potable en zonas rurales establece que para cualquier nivel de servicio, la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario y la red podrá estar conformada por ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos sistemas. Así como el tipo a red a seleccionar debe disponer de válvulas que permitan independizar sectores para su operación o mantenimiento, sin necesidad de suspender el servicio en toda la localidad.

Además menciona parámetros de presiones:

- La presión estática máxima será de 4 kg/cm²
- La presión dinámica máxima será de 3 kg/cm²
- La presión dinámica mínima será de 0.7 Kg/cm².
- El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19 mm (3/4")

Red Ramificada

Un sistema ramificado de tuberías consta de una tubería principal por la cual se derivan una tubería secundaria, terciaria y cuaternaria en forma de ramas. Los puntos de demanda reciben el caudal de un solo camino; el caudal y el diámetro van disminuyendo mientras más se aleja de la red principal. Cuando existe taponamiento o daños en la tubería principal todo el sistema deja de funcionar.

Este tipo de red es muy común en zonas rurales con poblaciones pequeñas ya que la distancia entre viviendas con grandes, por lo que se opta por este sistema de red ramificada y se construye un red principal en donde se bifurca ramales para las casas alejadas.

Cuando se emplee este tipo de red se debe considerar un abastecimiento constante y la provocación de estancamiento de agua en los extremos de los ramales, produciéndose acumulación de sedimentos y pérdida de velocidad; se recomienda el mantenimiento de la red con la colocación de elementos de purga.

Red Mallada

Los Ramales de la red se unen entre si formando una malla o retículo, y un punto de demanda se puede abastecer por varios caminos. La red mallada presenta varios sentidos de circulación dependidos de la variación de caudal en el día. En caso de existir baños u obstrucción de una tubería el sistema sigue funcionando y solo el tramo con problema deja de funcionar y se puede realizar la reparación sin afectar a todo los usuarios.

2.2 Análisis de alternativas de tratamiento

Las fuentes analizadas cumplen con la calidad de agua en fuentes **Baja** concluyendo que el proceso de tratamiento según el tratamiento fime es un Filtro Grueso Dinámico, un Filtro Lento Arena y un proceso de desinfección. Así también **Cumple** con los Criterios de límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional y desinfección por lo cual se optó por la evaluación de los filtros lento de arena ya que Planta de tratamiento tiene dos filtros lentos de arena de 34.55 m³ de capacidad.

2.3 Sectorización de la red de distribución

La red de distribución de Agua Potable de las comunidades Banguir y San Martin nace en la Planta de tratamiento y está constituido por una red ramificada, por lo que se divido a la red tres grandes sectores el primero denominado San Martin, el segundo Banguir Centro y el tercero Zhaquir. Además se subdivido los sectores en áreas de aporte de acuerdo a las demandas, topografía, ubicación, distancia a las tuberías.

Tabla 2.12 Tabla de Sectorización de la red de distribución

Sector	Área (Ha)
San Martin	167
Banguir	104
Zhaquir	324

Ver Anexo 20. Areas de aporte de 3 sectores

2.4 Análisis de alternativas de materiales y accesorios a utilizar

Los diferentes proyectos de agua potable presentan varios tipos de materiales en tuberías, válvulas, accesorios, etc. Por lo que es necesario garantizar que los elementos a utilizar sean apropiados del proyecto, ya que este posee características propias de ubicación, condición climática, topografía, caudales, población, entre otros.

2.4.1 Criterios de selección

La calidad de los materiales a emplearse juega un papel fundamental en el proyecto, ya que influyen directamente en el diseño, en el presupuesto, en la operación y mantenimiento del sistema entre otros. Se debe considerar que la comunidad no dispone de abastecimiento de materiales de construcción y para proveerse de estos la Junta se traslada a diferentes lugares para su obtención.

Todo material de construcción tiene una finalidad y para ello poseen características que los relacionan a diferentes condiciones de emplazamiento.

Condiciones de servicio

- Debido a que la tubería trabaja a presión se debe considerar la presión que va a soportar este elemento.
- Se debe considerar la capacidad soportante del suelo en la Planta de tratamiento ya que este resiste cargas considerables.
- Debido a problemas de corrosión en tuberías, válvulas de aire y purga y tanques rompe presión anteriores se debe de considerar el análisis de este parámetro.

Aplicabilidad

- Deberá existir un control adecuado de la instalación de las tuberías y accesorios que garantice la correcta unión para evitar las fugas.

Propiedades de la tubería

- Debido a la fricción que existe entre el fluido y la pared de la tubería se debe considerar el tipo de material a emplearse en el diseño hidráulico.

- Al momento de emplazar la tubería en el terreno, debido a las pendientes que varían en el sitio, la flexibilidad de la tubería juega un papel importante.
- El diámetro de la tubería es directamente proporcional a la capacidad de circulación del fluido.

Costos

- El costo de los materiales influyen en el análisis económico del proyecto.
- Es importante el análisis del costo de la colocación o instalación de las tuberías y accesorios ya que su precio varía del tipo de material y la calidad del material
- El periodo de vida útil real de los materiales dependerá de la operación y mantenimiento del mismo.

2.4.2 Ventajas y desventajas de los materiales

Para la determinación de los materiales a emplearse se debe de considerar las ventajas y desventajas que presenta cada material en los sistemas de agua potable para una correcta selección de material propia del proyecto, por lo cual a continuación se describe mediante una tabla las ventajas y desventajas de ciertos materiales:

Tabla 2.13 Ventajas y desventajas de materiales

TIPO DE TUBERÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Hierro dúctil	Tensión de fluencia igual a 42.000 PSI.	El costo es alto.
	Módulo de elasticidad E = 166*106 PSI.	No se puede soldar fácilmente.
	Elongación hasta un 10%.	Pueden requerir protección catódica.

	Se tiene variedad de diámetros y accesorios.	Se requiere de envolturas en suelos corrosivos.
	Se tiene variedad de espesores.	
	Tiene buena resistencia a Golpe de Ariete.	
	Tiene gran resistencia a Cargas externas.	
Acero	Tensión de fluencia entre 30.000 y 60.000 PSI.	Tiene poca resistencia a la corrosión.
	Módulo de elasticidad $E = 207 \cdot 10^6$ PSI.	Los costos son elevados en diámetros pequeños.
	Elongación entre el 17 y 35 %.	Requiere protección catódica o envolturas en suelos corrosivos.
	Presión de trabajo hasta 2500 PSI.	
	Se tiene variedad de diámetros y accesorios.	
	Se tiene variedad de espesores.	
	Tiene excelente resistencia a Golpe de Ariete.	
	Tiene gran resistencia a Cargas externas.	
	Los accesorios se fabrican fácilmente.	
PVC	Esfuerzos de Tensión acordes al diseño.	Presiones máximas de 350 PSI.
	Módulo de elasticidad $E = 4 \cdot 10^5$ PSI.	Pueden existir sobrepresiones.
	Bajo peso, durable, rugosidades bajas.	Tiene una limitada resistencia a cargas cíclicas.
	No existen problemas de corrosión.	Problemas con exposición a la atmósfera.
	Pueden acoplarse accesorios de HF.	Son de fácil acceso para conexiones clandestinas.
	Diámetros en el mercado nacional hasta 600 mm.	
	Costo relativamente bajo.	

Polietileno de alta densidad HDPE	Esfuerzos de Tensión acordes al diseño.	Presiones máximas de 250 PSI.
	Módulo de elasticidad E = 8.96*10 ⁵ PSI.	Producto relativamente nuevo.
	Bajo peso, durable, rugosidades bajas.	Pueden existir sobrepresiones.
	No existen problemas de corrosión.	Tiene una limitada resistencia a cargas cíclicas.
	Pueden acoplarse accesorios de HF.	Problemas con exposición a la atmósfera.
	Diámetros en el mercado nacional hasta 225 mm.	Las juntas por termofusión requieren personal calificado.
	Costo relativamente bajo pero más alto que PVC.	
Concreto reforzado	Se adaptan a diferentes condiciones.	Puede sufrir ataques químicos.
	Gran resistencia a cargas por rellenos.	Sobrepresiones, pueden causar serios daños a la tubería.
	Gran variedad de diámetros.	Presiones máximas de 200 PSI.

Fuentes: (ETAPA-EP)

2.4.3 Selección de material de tuberías y accesorios

Mediante el análisis de los criterios anteriormente mencionados se optó por la utilización de la tubería de PVC para la línea de conducción y red de distribución, mientras que el hierro galvanizado se empleará tanto en tubería como en accesorios, en las válvulas de purga y aire y en los tanques rompe presión y de reserva.

Tabla 2 14 Criterios de selección del material de tuberías y accesorios

CRITERIOS DE SELECCION		
Criterio	Características	Calificación
Presión	Respuesta de la tubería a presiones estáticas, dinámicas y sobrepresiones.	1 a 5

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

Fuente: (ETAPA-EP)

2.5 Diferentes alternativas de diseño para discusión.

El sistema actual mediante la evaluación realizada, se determinó que no abastece a toda la población, mediante las encuestas realizadas a la población se concluyó que existen puntos donde el servicio el problema más significativo es que hay una deficiencia de presión en los puntos más altos de la red, además no existe un control

ordenado de los asentamientos poblacionales provocando que exista una deficiencia hasta inexistencia de servicios básicos.

2.5.1 Captación

Anteriormente las captaciones de las vertientes Lliguil y El Chorro tenían un modelo de espina de pescado, debido a la presencia de sedimentos, basuras y plantas de la zona, éstas se obstruían constantemente por lo que la comunidad prefirió otro modelo de acuerdo a las características de la zona a emplazarse; además la nueva captación deberá tener una menor frecuencia de mantenimiento ya que las fuentes se encuentran distantes de la comunidad de Banguir.

2.5.2 Línea de conducción

Debido a la distancia que existe entre las captaciones se optó por unir los 4 caudales a un tanque rompe presión para que de este se traslade a la Planta de tratamiento, además se colocaron válvulas de aire ya que la línea de conducción no presentaba ninguna de ellas, por otro lado se colocaron válvulas de purga adicionales a las que existen en los puntos más bajos, y por último se añadieron nuevos tanques rompe presión, así como se cambió el tamaño de la tubería.

2.5.3 Planta de tratamiento

El actual sistema no cumple con la capacidad de almacenamiento del proyecto de ampliación al final de periodo de diseño por lo que se diseñó un nuevo tanque de reserva, además se evaluó la carga hidráulica de los filtros y se obtuvo que estos cumplan con los parámetros de diseño al final del periodo del proyecto.

2.5.4 Red de distribución

Debido a que en el sector de Shiripe no dispone de este servicio, se optó por extender el ramal de Zhaquir para poder abastecer a los habitantes del sector ya que en su gran mayoría no disponían del servicio y los pocos usuarios que disponían del servicio presentaban problemas.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEFINITIVO

3.1 Diseño de la captación

Para la captación de agua de las fuentes se optó por dos modelos de captación debido a las características de las fuentes. El primer modelo de captación consta de un muro de hormigón simple de 210 Kg/cm² con las siguientes dimensiones: 10cm de espesor, 0.6m de largo y 0.9m de alto; con una tubería de PVC de 110mm con perforaciones de 10mm separadas cada 10cm con una longitud total de tubería de 1,5m. El segundo modelo de captación también posee un muro de hormigón simple de 210 Kg/cm² de dimensiones: 10cm de espesor, 0.6m de largo y 0.65m de alto, con dos tuberías de PVC de 110 mm, la primera tubería posee perforaciones de 10mm separadas cada 10cm con una longitud total de tubería de 1 m y se encuentra al nivel del suelo; en cambio la segunda tubería permite el acceso directo del agua al tanque de captación y se encuentra a 0.5 m del nivel del suelo.

Para evitar el ingreso y la obstrucción de la tubería con basura, ramas y hojas, etc. Se le colocará grava y una malla geotextil a los costados de la estructura de captación.

Ver Anexo 21. Planos de Captaciones

Ver Anexo 19. Memoria de cálculo

Para la recolección del agua proveniente de las captaciones se optó por el diseño de tanques de captación, formados por un cajón de hormigón simple de 210 kg/cm² con una capacidad de 0.57 m³. Se consideró el paso directo del agua proveniente de las captaciones a los tanques, posee además una cámara de salida la cual permite el paso del agua a la línea de conducción así como un sistema de desagüe, que consta de un conjunto de accesorios hidráulicos como: tuberías, codos, tees, universales y válvulas para evitar la inundación y el mantenimiento constante del tanque.

Ver Anexo 22. Plano de tanques rompe presión y tanques de captaciones

3.2 Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción nace en los tanques de captación y terminan en la planta de tratamiento, posee tanques rompe presiones y válvulas de aire y purga.

La línea de conducción está constituida por 4 ramales los cuáles son: el tramo uno nace del tanque de captación uno y termina en el planta de tratamiento, está conformado por dos diámetros de tubería PVC diferentes: el primer tramo del ramal uno es de 63 mm con una longitud de 1965,35 m y el segundo tramo es de 90 mm con un longitud de 911,59m; el tramo dos nace en la captación dos y termina en el tanque rompe presión dos de conducción, está conformado por tubería de PVC de 40 mm con una longitud de 415,85 m; el tramo tres nace del tanque de captación tres y termina en el tanque rompe presión dos, está conformado por tubería de PVC de 40 mm con una longitud de 792,06 m; el tramo cuatro nace en el tanque de captación cuatro y termina en el nuevo tanque rompe presión cuatro con una longitud de 570,55m.

Se realizó dos análisis de la línea piezométrica, considerando el caudal adjudicado por la SENAGUA y el caudal aforado. Además se tomó en cuenta la topografía del terreno, diámetro y calidad de la tubería de PVC de 1MPA, longitudes y ubicación de tanques rompe presión.

Ver Anexo 19. Memoria de cálculo

Ver Anexo 23. Planos de perfiles de la línea de conducción

Ver Anexo 24. Plano constructivo del Sistema de Agua Potable

3.2.1 Válvulas de aire

Se contará con 26 válvulas en total, 21 válvulas nuevas y 5 existentes; se colocaron en los puntos más altos de la línea de conducción y la red de distribución cuya función es eliminar la acumulación de aire en las tuberías y que no se produzca la reducción del área útil de la tubería.

La caja de la válvula de aire es de 210 kg/cm² de dimensiones: 1x1x1.25 m, y posee una válvula automática de una pulgada con collarines de derivación que van desde 40 a 90 mm.

Ver Anexo 24. Plano constructivo del Sistema de Agua Potable

Ver Anexo 25. Plano de la Válvula de Aire

3.2.2 Válvulas de purga

Se contará con 24 válvulas en total, 17 válvulas nuevas y 7 existentes; se colocaron en los puntos más bajos de la línea de conducción y la red de distribución, cuya función es expulsar los sedimentos que se encuentran en la tubería, evitando la obstrucción de ésta, además permite el mantenimiento y limpieza de un tramo de tubería.

La caja de la válvula de purga es de 201 kg/cm² con las siguientes dimensiones: 1.30x1.10x1.05 m, y posee una tubería de desagüe de ½”.

Ver Anexo 24. Plano constructivo del Sistema de Agua Potable

Ver Anexo 26. Plano de la Válvula de Purga

3.2.3 Tanque rompe presión

Se dispondrán de 22 válvulas en total, 7 válvulas nuevas y 15 existentes; se colocaron en los puntos donde se desean romper la presión de la línea de conducción y la red de distribución, evitando las presiones elevadas en el sistema, además está conformada por una cámara de entrada, un tanque y una cámara de salida, la tubería y accesorios de estos son de HG de diámetros 40 y 50 mm. Además presenta una válvula de flotación que permite la regulación del caudal.

El área total del tanque rompe presión es de 2.23 m² de superficie y su altura varía de 0.6 a 1.10 m.

Ver Anexo 22. Plano de tanques rompe presión y tanques de captaciones

Ver Anexo 24. Plano constructivo del Sistema de Agua Potable

3.3 Planta de tratamiento

3.3.1 Filtros lentos de arena

Se realizó la evaluación de los filtros actuales y se determinó que su capacidad de filtración cumple con el diseño a futuro del sistema, los únicos cambios que se realizarían son: cambiar el lecho filtrante, cambiar la capa de grava y la colocación de mortero más impermeabilizante en la parte interior y exterior de los filtros.

Ver Anexo 19. Memoria de cálculo

Ver Anexo 27. Plano de la Planta de Tratamiento vista de planta

Ver Anexo 28. Plano de la Planta de Tratamiento corte

3.3.2 Tanque de reserva

Se determinó que la capacidad de almacenamiento es deficiente por lo cual, se implementó un tanque de reserva de 30 m³, tomando en cuenta el modelo tipo del tanque de reserva de los Estudios y Diseños Integrales para la Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable para ciudad de Sigsig. Del modelo tipo se realizó el cambio de las cámaras de entrada y salida, y se consideró un solo diámetro para tubería y accesorios de 50 mm.

Ver Anexo 19. Memoria de cálculo

Ver Anexo 29. Plano de tanque de Reserva de 30m³

3.4 Red de distribución

El análisis de la red de distribución se realizó en el programa EPANET 2.0 tomando en cuenta las demandas, áreas de aporte, topografía del terreno, tipo de material, puntos de rotura de presión y la red actual como base para el diseño de la ampliación del sistema.

Se priorizó las características de la red actual mejorando así su funcionalidad y optimizando el sistema de distribución.

Se generaron planos constructivos y de análisis hidráulico en AUTOCAD CIVIL 3D.

La red actual cuenta con 14.37 km de extensión, con la ampliación se pretende aumentar 19.70 km, un total de 34.10 km de red de distribución.

Se pretende beneficiar de servicio de agua potable al sector de Zhiripe ya que los habitantes en su mayoría no disponen de este servicio.

Las tuberías utilizadas fueron de PVC de 25, 40, 63 y 90mm, la red principal es de 63 mm en su mayoría d extensión y debido al análisis hidráulico de la red conjuntamente con los tanque rompe presión se determinó que dos tanques dejaran de funcionar y se aumentarán dos nuevos tanques rompe presión .

Ver Anexo 23. Plano del Sistema de Agua Potable

Ver Anexo 30. Plano del análisis hidráulico de la red de distribución

Ver Anexo 31. Análisis hidráulico de la red de distribución actual

Ver Anexo 32. Análisis hidráulico de la red de distribución del proyecto de ampliación

Ver Anexo 33. Plano de conexión domiciliaria

3.4.1 Manual de mantenimiento

El manual consta de 13 capítulos los cuales son: introducción, definiciones y responsabilidades; captaciones; línea de conducción y red de distribución; planta de tratamiento; tanque de almacenamiento; válvula de purga y válvula de aire; tanque rompe presión; conexiones domiciliarias; calendario de actividades de mantenimiento; materiales, herramientas y equipo de trabajo; problemas y soluciones frecuentes; reporte de mantenimiento. Se utilizó imágenes que ayudan a un mejor entendimiento de los procesos y actividades realizadas en el manual.

Ver Anexo 34. Manual de operación y mantenimiento

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO

4.1 Cuantificación de cantidades de obra

Se cuantificó las cantidades de obra de cada rubro de las diferentes actividades constructivas con su debida unidad de medida como: metro para longitudes, metro cuadrado para superficies, metro cúbico para volúmenes, kilogramo para aceros, sacos para cemento y galones para pinturas y aditivos y unidad para accesorios.

Se determinó las cantidades de obra considerando las reparaciones del sistema y la ampliación del mismo. Estos cálculos se basaron en los planos, especificaciones técnicas y actividades constructivas, concluyendo con la cuantificación de recursos necesarios para la ejecución total de la obra.

Adicionalmente el transporte de material se calculó en m³-km, estimando un volumen de materiales por una distancia aproximada desde la parroquia Cumbe hasta la comunidad Banguir.

Ver Anexo 35. Cuantificación de cantidades de obra

Ver Anexo 36. Determinación de cantidades

Ver Anexo 37. Agrupado por rubros

4.2 Análisis de precios unitarios

El análisis de los precios unitarios de cada rubro es importante para la determinación del presupuesto del proyecto, en donde se tomaron en cuenta costos directos e indirectos, en los costos directos se consideraron: el costo de los equipos, mano de obra, materiales, transporte; y para los costos indirectos se consideró el 20% de los costos directos.

Una vez determinada la cantidad y costo de los materiales, equipo, mano de obra para cada rubro se obtuvo los análisis de precios unitarios. Este análisis se basó de datos de precios unitarios del cantón el Sigsig para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.

Ver Anexo 38. Análisis de precios unitarios

4.3 Presupuesto

El presupuesto consta de 11 capítulos los cuales son: captación, tanque de captación, línea de conducción, red de distribución, válvula de aire, válvula de purga, tanque rompe presión, tanque de reserva de 30m³, conexiones domiciliarias, filtro lento de arena y transporte.

Para la determinación del presupuesto se utilizó el software INTERPRO 2010 OFERTAS, concluyendo que el precio del proyecto es de doscientos ochenta y ocho mil setecientos treinta y uno con 89/100 dólares, consideró el IVA del 14% y un 20 % de costos indirectos

La construcción de la red de distribución presenta un costo de \$ 144,579.86 representan el 57% del costo total del proyecto considerar el IVA.

Ver Anexo 39. Presupuesto

4.4 Elaboración de cronograma valorado

Para el cronograma valorado se utilizó también el software INTERPRO 2010, estableciendo un periodo de seis meses y se realizó un análisis mensual de cantidad, inversión y porcentaje mensual.

El cronograma valorado facilita la ejecución del proyecto y ayuda a gestionar los recursos tanto tiempo, dinero, materiales y personal de las actividades constructivas.

Ver Anexo 40. Cronograma Valorado

4.5 Fórmula polinómica

Para la determinación de la fórmula polinómica se realizó la asignación de términos para cada recurso.

- 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 (Azúay)

- T= Tubos y accesorios de PVC - Para presión
- X= Sist. Agua Potable (redes y planta de tratamiento)- zona rural

El coeficiente de mano de obra representa el 54,8% del presupuesto total.

Ver Anexo 41. Asignación de términos

Ver Anexo 42. Fórmula polinómica

4.6 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas que se describen sirven de guía para la formulación de oferta económica y construcción de la Ampliación del Sistema de Agua Potable para las comunidades de Banguir y San Martín de la parroquia San José de Raranga, en el cantón Sigsig.

En caso de no disponer alguna especificación técnica de una actividad o de varias actividades que se realicen en el proceso constructivo se deberá regirse en el Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado (ACI318-83) y Comentarios, Especificaciones Técnicas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental.

Cuando existan contradicciones entre las especificaciones del ACI318-83 y las del proyecto los responsables deben regirse en las especificaciones propias del proyecto.

Las especificaciones del proyecto fueron basadas en las Especificaciones Técnicas de los Estudios y Diseños Integrales para la Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable para la ciudad del Sigsig realizada en el año 2013, la cual establece que:

“Cualquier rubro no mencionado específicamente o indicado en planos y en especificaciones técnicas y que sean necesarias para completar o perfeccionar parte del trabajo, suministrará el Contratista y el costo será cancelado de acuerdo con la Ley de Contratación Pública, de tal forma que no sea razón para desfasar plazos de ejecución contractuales, ni atentar contra la bondad de la obra.” (GAD Sigsig, 2013)

“El Gobierno Autónomo Descentralizado de Sigsig no admitirá expresamente o por implicación, que las cantidades reales de trabajo estén de acuerdo con las que constan en los documentos referenciales y se reserva el derecho de aumentar o disminuir cantidad de los rubros propuestos, según que la empresa juzgue necesario,

cuidando que el proyecto se complemente y cumpla con su funcionalidad y el objetivo propuesto.” (GAD Sigsig, 2013)

“El Contratista será responsable de los trabajos que realice, de los materiales y equipos que suministre, obligándose a satisfacer los requerimientos de Fiscalización y el cumplimiento de las especificaciones técnicas particulares, previa a la instalación en obra, la responsabilidad civil será de diez años, si se determinare técnicamente la presencia de vicios ocultos de construcción y/o materiales. No se reconocerá al Contratista, incremento en los precios unitarios del contrato, cuando se produzcan variación de cantidades.” (GAD Sigsig, 2013)

Ver Anexo 43. Especificaciones Técnicas

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se realizó el levantamiento de información de campo correspondiente a topografía, análisis de agua y suelo, encuestas socioeconómicas y análisis físico de la situación actual con la elaboración de fichas mostrado en el capítulo 1. Acuerdo a los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados de las fuentes-Lliguil, Chorro, Tuñi, Sarar- y del agua tratada se obtuvo que la calidad del agua cumple con las condiciones para el consumo humano y uso doméstico determinando que únicamente requieren de desinfección.
- En el capítulo 2 y 3 se evaluó el sistema existente determinó que se requiere una ampliación del Sistema de Agua de Potable con un periodo de diseño de 20 años. Se pretende implementar de dos nuevas captaciones en las vertientes de Tuñi y Sarar, la en la línea de conducción se aumenta dos ramales de 1.36 km de longitud, en la red de distribución se terminó que en las actuales condiciones no dota con el servicio a todos los sectores de las comunidades siendo necesario sustituir 5.48 km de redes y se propone 19.70 km de redes nuevas, en todo el proyecto de presente aumentar 7 tanques rompe presiones, 17 válvulas de purgas, 21 válvulas de aire, y 183 conexiones domiciliarias. En la Planta de tratamiento de Agua Potable se propone un nuevo tanque de reserva de 30 m³.
- En el capítulo 4 se realizó la propuesta económica determinando el precio total de proyecto, que consta de cuantificación de cantidades de obras, análisis de precios unitarios, presupuesto, cronograma valorado, fórmula polinómica y especificaciones técnicas con la finalidad de que el proyecto pueda ser financiado y construido posteriormente.

Recomendaciones:

- El proceso constructivo del proyecto debe regirse a los planos y especificaciones técnicas estipuladas en el documento, y en caso de presentarse cambios en los procesos constructivos o ampliaciones futuras se debe considerar los criterios establecidos en la presente memoria del proyecto y contar con las autorizaciones respectivas del GAD del Sígsig.
- Realizar un monitoreo periódico de la calidad de las fuentes y del agua tratada, además implementar en lo posible sistemas de micro medición en las conexiones domiciliarias con el fin de evitar el uso inapropiado de este servicio. Continuar con la protección de las cuatros fuentes de aguas. Se recomienda capacitar al personal, operadores y Junta de Agua Potable para asegurar la vida útil del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrenechea Martel, A., & Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Planta de tratamiento. Tomo I*. Lima: Cepis.
- Bellostas, A. (2009). *Calidad del agua y su higienización*. Zaragoza.
- Cabrera, T. (2005). *Carga, Hundimiento y Zapatas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, California: International Thomson.
- ETAPA-EP. (s.f.).
- GAD Sigsig. (2013). *Estudios y Diseños Integrales para la Ampliación y Mejoramiento*. Sigsig.
- Galvín, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. España.
- García Brage, A. (2002). *Calidad y tratamiento del agua : Manual de suministros de agua comunitaria*. España: Mc Graw Hill.
- Graux, D. (1975). *Fundamentos de la Mecánica de Suelo proyecto de Muros y Cimentaciones*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.
- INEC. (2010).
- La Organización Para La Salud y Seguridad Pública. (s.f.). *NSF International*. Recuperado el 10 de Julio de 2016, de <http://www.nsf.org/es>
- León Gil, C. A. (2009). *Estandarización y Validarización de una Técnica para medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno por el Método Respirométrico y la Demanda Química por el Método de Clorimetría*. Pereira: Universidad Técnica de Pereira.
- López García, L., & López Perales, J. A. (1999). *Elementos de Construcción*. Castilla: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de la calidad del agua*. Madrid: Díaz de Santos.
- Mays, L. W. (2002). *Manual de sistemas de distribución de agua*. McGRAW-HILL.
- MIDUVI. (s.f.). *CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS*. Ecuador: MIDUVI.

- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2002). *Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua*. Quito.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para diseño e sistemas de tratamiento de filtros de multiples etapas*. Lima.
- PDOT San José. (2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenanza Territorial San José.
- Robbins, R. W., Glicker, J. L., Bloem, D. M., & Niss, B. M. (1991). *Effective Watershed Management for Surface Water Supplies*. Portland: American Water Works Association Research Foundation.
- Sanchez, M. M. (1994). *Contribución al estudio de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO)*. Monterrey: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Sierra Ramírez, C. A. (2001). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- SIGTIERRAS. (2010). *MDT PROYECTO SIGTIERRAS*.
- Valdez, E. C. (1994). *Abastecimiento de agua*. Mexico: Facultad de Ingeniería UMAN.
- Water Quality Index Calculator . (s.f.). *Water Research Center*. Recuperado el 10 de Julio de 2016, de <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>

ANEXOS

Ver CD