

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE CRUZ LOMA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE TECNOLOGA EN
AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

KATHERIN MICHELLE ANDRANGO TORRES
katherin.andrango@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES, MSC.
eduardo.vasquez@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ, MSC.
luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, Enero 2020

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Katherin Michelle Andrango Torres, bajo nuestra supervisión.

Ing. Eduardo Vásquez MSc

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Luis Jaramillo MSc

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, Katherin Michelle Andrango Torres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación -COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregaré toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

Katherin Michelle Andrango Torres

DEDICATORIA

A mis padres, hermana y hermano, que han sido un ejemplo, un apoyo en todas las etapas de mi vida, a mi amiga Katherine que a pesar de sus locuras me inculcó a seguir luchando por lo que quería, descansa en paz, lo logramos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme brindado la oportunidad de tener unos padres extraordinarios Mario y Elvira, que siempre me han apoyado.

A mi hermana Carla por haberme guiado y ser un ejemplo para su hermana pequeña.

A mi hermano pequeño Damián, que ya creció para darme lecciones de vida, a pesar de mis locuras, nunca ha salido corriendo.

A mis amigos y amigas incondicionales por haberme visto caer, ayudarme a no renunciar, y no dejarme sola, gracias por la amistad.

A mi universidad que me permitió crecer y me enseñó que no solamente hay que ser bueno en algo, sino ser disciplinado y constante.

Mi gratitud inmensa hacia mi director de tesis por su paciencia, enseñanzas, tolerancia y apoyo.

Gracias Totales.

Contenido

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1 Ubicación Geográfica.....	2
1.1.2 Descripción del sitio de estudio.....	2
1.1.3 Descripción de la Topografía.....	3
1.1.4 Población.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo General:.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Alcance.....	6
1.6 Marco teórico.....	7
1.6.1 Sistema de abastecimiento de agua.....	7
1.6.2 Fuente de abastecimiento de agua.....	8
1.6.3 Obras de captación.....	8
1.6.4 Obras de Conducción.....	8
1.6.5 Componentes de la red de conducción.....	9
1.6.6 Tratamiento de agua.....	10
1.6.7 Tratamiento de Desinfección.....	10
1.6.8 Desinfección por medio del equipo CLORID.....	12

1.6.9	Almacenamiento.....	13
1.6.10	Distribución.....	13
1.7	Calidad del Agua	13
	Calidad física	13
	Calidad Química	13
	Calidad Bacteriológica del agua.....	14
1.8	Normativa ambiental aplicada.....	14
1.9	Protección de las fuentes.....	14
1.10	Estimación de la población	14
1.11	Periodo horizonte de diseño	16
1.12	Programa de simulación hidráulica	18
CAPÍTULO II.....		19
2.	METODOLOGÍA.....	19
	Descripción del sistema de abastecimiento en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma	19
	Servicios Básicos.....	19
2.1	Levantamiento de información geo referenciada	20
2.2	Descripción de la red de abastecimiento	20
	Descripción general	21
	Trazado y situación.....	26
2.3	Determinación del caudal	26
2.4	Determinación de la población.....	27
2.4.1	Cálculo de la población.....	27
2.5	Consumo de agua en la comunidad	28
2.5.1	Determinación de la dotación en la comunidad.....	29
2.5.2	Análisis de fugas	29
2.6	Simulación Hidráulica Software Epanet.....	33
2.6.1	Porcentaje de pérdidas consideradas en el proyecto.....	34

2.6.2	Valores de coeficiente k para determinar las pérdidas menores en accesorios	34
2.6.3	Consideración de velocidades según la EPMAPS	35
2.7	Evaluación del sistema de tratamiento y equipo CLORID	36
2.8	Caracterización de agua	37
	Análisis de ph, con el uso del phmetro ya calibrado:.....	39
	Análisis de Oxígeno disuelto, medidor de oxígeno disuelto HACH	39
	Análisis de Turbiedad, turbidímetro HACH 2100P	40
	Análisis de conductividad y temperatura, uso del conductímetro	40
	Análisis de cloro Libre residual, con medidor de Hach de Cloro Libre	41
2.9	Muestreo de agua y análisis de muestras en el laboratorio.....	43
	Sólidos.....	43
CAPÍTULO III.....		49
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
3.1	Factores que intervienen en el consumo de agua en la comunidad San Francisco de Cruz Loma.....	49
3.2	Simulación Hidráulica	50
	Simulación con el Software Epanet desde el tanque de tratamiento hasta la última casa.....	53
3.3	Análisis del sistema de cloración	68
3.4	Caracterización de agua	69
	Interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio	69
3.5	Socialización con la comunidad.....	71
CAPÍTULO IV		73
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
CAPÍTULO V		75
5.	Bibliografía.....	75
6.	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO I.....		¡Error! Marcador no definido.

Datos catastrales	¡Error! Marcador no definido.
Tablas resumen del sistema de abastecimiento parte i y ii..	¡Error! Marcador no definido.
Modelo encuesta realizada	¡Error! Marcador no definido.
Fichas catastrales	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO II	¡Error! Marcador no definido.
Simulaciones hidráulicas utilizando el software epanet	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO III	¡Error! Marcador no definido.
Planimetría y perfiles	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO IV	¡Error! Marcador no definido.
Resultados de laboratorio.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO V	¡Error! Marcador no definido.
Fotografías	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Político del Distrito Metropolitano de Quito.....	2
Figura 2 Mapa de ubicación geográfica de San Francisco de Cruz Loma.....	3
Figura 3 Mapa Topográfico de San Francisco de Cruz Loma	3
Figura 4 Sistema convencional de abastecimiento de agua.....	8
Figura 5 Válvula de purga.....	9
Figura 6 Válvula de altitud o nivel	10
Figura 7 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción del 95 al 99% de coli.....	11
Figura 8 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción del 90 al 95% de coli.....	11
Figura 9 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción menor del 90% de coli ...	12
Figura 10 Sistema Clorid	12
Figura 11 Sistema de cloración.....	13
Figura 12 Captación de agua.....	19
Figura 13 Bocatoma Arcocucho.....	21
Figura 14 Vertiente las Palmas	21
Figura 15 Pozo de Captación.....	22
Figura 16 Pozo de revisión San Francisco de Cruz Loma.....	22
Figura 17 Tanque de Almacenamiento-Tratamiento	23
Figura 18 Cámara de tuberías	23
Figura 19 Tanque de almacenamiento.....	24
Figura 20 Sistema de tratamiento CLORID.....	24
Figura 21 Tuberías de desagüe	25
Figura 22 Punto de distribución	25
Figura 23 Válvula de desagüe	26
Figura 24 Proceso de cloración	36
Figura 25 Sistema de cloración-Clorid	37
Figura 26 Análisis de parámetros in situ e la captación de agua.....	38
Figura 27 Análisis in situ del punto de entrada al tanque de tratamiento.....	39
Figura 28 Medición de pH-análisis in situ.....	39
Figura 29 Medición de oxígeno disuelto.....	40
Figura 30 Medición de turbidez.....	40
Figura 31 Medición de conductividad y temperatura	41
Figura 32 Medidor de cloro libre residual	41
Figura 33 Toma de muestras en el la válvula de desagüe	41
Figura 34 Muestra de agua para análisis de laboratorio en el Ldía	42
Figura 35 Análisis de sólidos sedimentables.....	43

Figura 36 Tarado de los crisoles	44
Figura 37 Medición de color con uso de espectrofotómetro	44
Figura 38 Titulación para análisis de alcalinidad	45
Figura 39 Titulación para análisis de dureza	46
Figura 40 Digestión de viales para análisis de DQO	46
Figura 41 Determinación de DBO5	47
Figura 42 Determinación de coliformes totales	48
Figura 43 Encuesta de servicios básicos en la comunidad San Francisco de Cruz Loma	49
Figura 44 Encuesta de si hierven el agua en la vivienda	50
Figura 45 Encuesta de satisfacción con el servicio de agua	50
Figura 46 Simulación hidráulica desde las captación hasta el tanque de tratamiento	51
Figura 47 Simulación hidráulica Sistema estático	53
Figura 48 Simulación del sistema de desagüe	57
Figura 49 Modelación Sistema Dinámico	62
Figura 50 Entrega del documento físico de los resultados del proyecto	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Determinación de caudal de ingreso al tanque de almacenamiento	26
Tabla 2 Censo de Población y vivienda correspondiente al año 2000 y 2010	27
Tabla 3 Censo poblacional Comunidad San Francisco de Cruz Loma	28
Tabla 4 Determinación de población futura-Método lineal.....	28
Tabla 5 Determinación de población futura - Método geométrico	28
Tabla 6 Determinación de población futura-Método Logarítmico	28
Tabla 7 Consumo de agua en la comunidad San Francisco de Cruz Loma	30
Tabla 8 Consumo Total.....	30
Tabla 9 Coeficiente de mayorización del caudal máximo horario en relación con el máximo diario para redes de distribución (Lopez, Consumo de Agua, 2003)	31
Tabla 10 Determinación de Caudales utilizando las formulas planteadas	31
Tabla 11 Encuesta consumo diario por habitante	31
Tabla 12 Determinación de caudales.....	32
Tabla 13 Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach	34
Tabla 14 Pérdida por accesorios.....	34
Tabla 15 Volumen de la muestra en función del rango de medida de DBO5 esperado....	47
Tabla 16 Resultados la simulación hidráulica Software Epanet desde la captación hasta el tanque de tratamiento	52
Tabla 17 Resultados de la simulación hidráulica en el Software Epanet desde la captación hasta el tanque de tratamiento.....	52
Tabla 18 Resultados obtenidos de la simulación hidráulica sistema Estático.....	54
Tabla 19 Resultados de la simulación hidráulica Sistema de desagüe	57
Tabla 20 Resultados de la simulación hidráulica del Sistema de desagüe.....	60
Tabla 21 Resultados obtenidos de la simulación del Sistema Dinámico	63
Tabla 22 Requisitos bacteriológicos.....	70
Tabla 23 Recomendaciones de casas comerciales para la red de distribución	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Determinación de población futura-Método lineal	15
Ecuación 2 Pendiente de la recta - Método lineal	15
Ecuación 3 Determinación de población futura-Método geométrico.....	15
Ecuación 4 Tasa de crecimiento-Método geométrico.....	15
Ecuación 5 Determinación de población futura - Método Logarítmico.....	16
Ecuación 6 Determinación de la población futura-Tasa de crecimiento	16
Ecuación 7 Dotación bruta.....	17
Ecuación 8 Demanda doméstica	17
Ecuación 9 Demanda máxima diaria.....	17
Ecuación 10 Demanda máxima horaria	18

RESUMEN

El presente proyecto propone una evaluación al sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma, desde su captación, aducción, tratamiento, conducción y distribución a los hogares. Este sistema se ha implementado de manera empírica por la comunidad, es decir, no se realizó ningún estudio para ponerlo en marcha, por esto surge la necesidad de determinar las condiciones hidráulicas adecuadas para su correcto funcionamiento, para lo cual se realizó una modelación con uso del software EPANET con la toma de puntos geo referenciados, obteniendo así la planimetría y perfiles de la zona.

Se realizaron análisis de agua de distintos parámetros en la captación como: la presencia de coliformes fecales, ya que es uno de los parámetros de mayor importancia para realizar el tratamiento convencional de agua cruda (desinfección) y mediante sus resultados mejorar la dosificación de cloro al tanque de almacenamiento; además se analizó la presencia de sólidos que han dado problemas al sistema debido al gran arrastre de materia a la tubería de conducción, y que han causado malos olores en el tanque cuando no se realiza su limpieza, este problema aumenta en la época de invierno.

Para el desarrollo de este estudio se obtuvieron los datos del sistema de distribución mediante encuestas a la comunidad con ayuda de los miembros de la Junta de Agua y de la directiva con quienes se realizó varios recorridos para la obtención de datos.

Palabras clave: Abastecimiento, distribución, agua, potable, Epanet, comunidad.

ABSTRACT

This project proposes an analysis of the water supply system in the community of San Francisco de Cruz Loma, since its collection, adduction, treatment, any conduction from distribution to homes. This system has been empirically implemented by the community, with no study carried out to start it, so this need arises to determine the appropriate hydraulic conditions for proper operation, that's why a modeling was carried out with use of the EPANET software with help of referenced geo points, thus obtaining the planimetry and profiles of the area.

Likewise, in the laboratory were taken water analyzes of different parameters in the water collection such as: the presence of fecal coliforms because it is one of the most important parameters to perform the treatment of raw water (disinfection) and through its results improving the chlorine dosage to storage tank; In addition, the presence of solids was analyzed because they have caused problems to the system due to the large drag of material to the conduit pipe, and that have had bad odors in the tank when cleaning is not performed, this problem increases in the winter time.

For the development of this study, the data of the distribution system were obtained through community surveys with the help of the members of the Water Board and the board of directors with whom several records were made to obtain data.

Keywords: water distribution, water supply, Epanet, raw water, community

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La sanidad y calidad del agua son fundamentales en el mundo para el bienestar y desarrollo del ser humano, para poder promover la salud y reducir la pobreza es imprescindible disponer de agua de calidad y en cantidad necesaria para la población.

En el Ecuador la gestión de la distribución de agua potable en el área urbana se encuentra en el 79,1 % de población que tiene agua segura para uso doméstico, ésta cifra es apenas de 51,4 % en el área rural, es decir en el área rural más de la mitad de la población no cuenta con este servicio (INEC, UNICEF, 2018).

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) responsable de este recurso, realiza captaciones de varias cuencas hidrológicas para abastecer de agua a la ciudad de Quito. Sin embargo, varias poblaciones en los sectores rurales no cuentan con el servicio de agua potable distribuida por la empresa.

El Fondo para la Protección del Agua (FONAG), cuya misión es “Facilitar, en alianza con instituciones y actores locales, la protección de las cuencas hídricas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito-DMQ, a través de programas y proyectos de conservación, restauración ecológica, educación ambiental y generación de información para la toma de decisiones” (FONAG, 2019), entendiendo la situación de las comunidades ha realizado la instalación de sistemas de cloración, para mejorar la calidad de agua para consumo doméstico en las zonas rurales.

El abastecimiento de agua en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma, ubicada en las faldas del volcán Pichincha se trabaja juntamente entre los integrantes de la comunidad, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Lloa (GAD Lloa) y el apoyo del Fondo de Protección del Agua (FONAG).

Ante estas circunstancias el presente proyecto pretende dar una solución técnica al sistema de abastecimiento utilizado en la comunidad por medio de un análisis de la red actual y de esta manera determinar fallas y brindar alternativas de mejora al sistema de tal manera que tanto su captación, tratamiento, conducción, cumplan con las necesidades de la comunidad en el presente y a futuro.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Ubicación Geográfica

La Parroquia Rural de Lloa, Valle Andino Volcánico tiene una extensión territorial de 547.25 Km², ubicada en el Cantón Quito, DM, Provincia de Pichincha, con asentamientos humanos compuestos por: Cabecera Parroquial, 29 de Mayo, San Luis, San José del Cinto, Urauco, San Juan de Lloa, Chiriboga, Comunidad Oswaldo Guayasamín, San José de Guarumal, Saloya, La Victoria, Chilcapamba – Palmira, La Paz, La Tablera – Guayán. (GAD LLOA, 2017)



Figura 1 Mapa Político del Distrito Metropolitano de Quito
Fuente: (Ecuadorec, 2018)

Presenta un clima frío y húmedo caracterizado por condiciones micro climáticas de dos ecosistemas naturales como son los bosques montanos y el páramo que son considerados verdaderas esponjas de agua debido a su alto rendimiento hídrico que en promedio pueden alcanzar en el caso del bosque el 57 %, y para el páramo hasta el 63 %. (Llambi, y otros, 2012)

1.1.2 Descripción del sitio de estudio

El barrio de San Francisco de Cruz Loma está ubicado en la faldas del Pichincha, en las periferias de la ciudad de Quito, en la parroquia de Lloa, longitud -0.20283, latitud -78.539529, en las faldas del Rucu Pichincha, para llegar a este sitio turístico se debe pasar por el monumento a la Libertad y seguir el camino que llega al teleférico por 10 km (GoRaymi, s.f.).

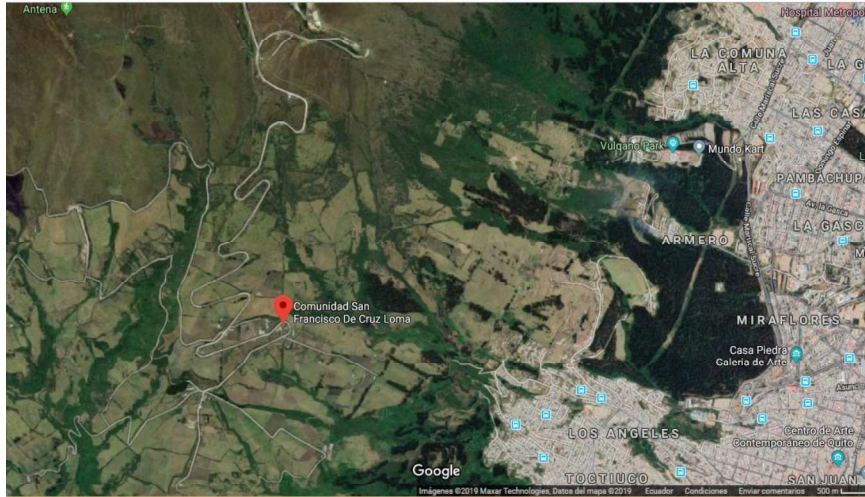


Figura 2 Mapa de ubicación geográfica de San Francisco de Cruz Loma
Fuente: Google Maps, 2019

1.1.3 Descripción de la Topografía

La zona de abastecimiento se extiende desde las vertientes de las cuales se capta el agua hasta las casas más alejadas, siendo la cota más baja 3465 msnm en el último punto que se abastece y 3710 msnm en las vertientes, con un área de 581624.00 m² y con una longitud de 4733.427 m.

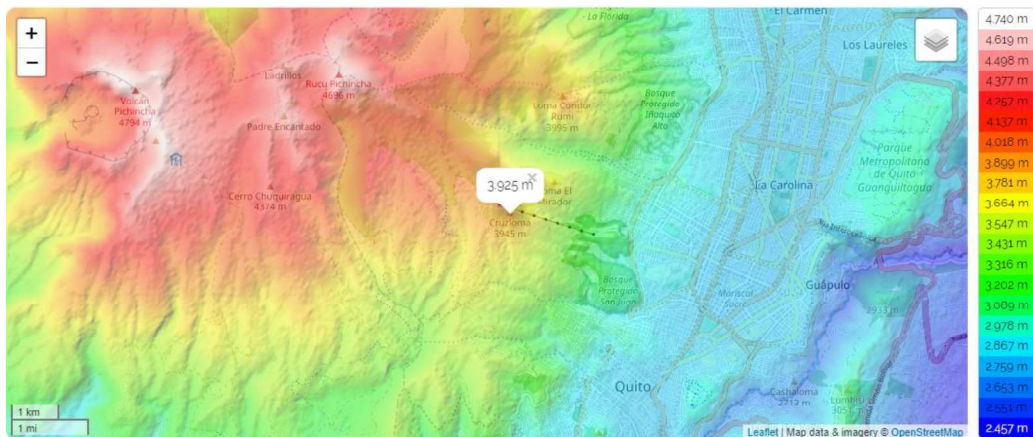


Figura 3 Mapa Topográfico de San Francisco de Cruz Loma
Fuente: (Topographic-map.com, 2019)

1.1.4 Población

Son parte de la comunidad 26 familias, quienes han dejado de lado sus actividades agrícolas y de ganadería por el alto impacto ambiental que generan a la cuenca hidrológica. Por ello que realizan varias actividades para solventar sus gastos, el ecoturismo es una de sus principales fuentes económicas, el participar en rituales ancestrales con el agua en la cascada permite observar la importancia del páramo andino y los pajonales para la conservación del agua y del ambiente, además de pasear a caballo, conocer la vegetación

propia de este piso climático; la Chorrera del Pichincha es una oportunidad para estar junto a la naturaleza y comprar una shigra con los productos agrícolas de la zona. (Administración Zonal Centro-Manuela Saenz, 2015)

La empresa de turismo comunitario 'San Francisco Turismo Comunitario' ofrece la posibilidad de compartir y conocer el cuidado de animales, gozar del paisaje y saborear comida tradicional (cuy, gallina, choclos, papas, habas, etc.), se puede observar una diversidad de pájaros, osos de anteojos, conejos y lobos. (Administración Zonal Centro-Manuela Saenz, 2015)

1.2 Planteamiento del problema

El agua es un recurso esencial para la vida en nuestro planeta, constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos en los ecosistemas naturales, en la regulación del clima, y es una necesidad fundamental de la humanidad, destinada para su consumo diario, así como para la producción agropecuaria e industrial. (Díaz, 2013).

En las zonas rurales es donde existe mayor probabilidad de carecer de un servicio de agua potable, esto es un comportamiento que se generaliza en varios países del mundo. (OMS, Organización Mundial de la Salud, 2015).

Las vertientes ubicadas en San Francisco de Cruz Loma forman parte de una de las fuentes de abastecimiento de agua al Distrito Metropolitano de Quito, pero no cuentan con distribución y tratamiento de agua potable por parte del EPMAPS hacia esta comunidad. Estas vertientes ubicadas en el sector y junto con otras aledañas son captadas formando una red mayor que conforma el sistema de conducciones centro occidental que abastece de agua al sector urbano de la capital. (EPMAPS, 2019)

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma, lugar en el que se realiza el presente proyecto, ha instalado de manera empírica un sistema de distribución de agua desde el tanque de cloración hasta los hogares, utilizando tuberías y mangueras.

El sistema de cloración de agua que se implementó en San Francisco de Cruz Loma con ayuda del FONAG, es un equipo que se denomina CLORID, éste a su vez opera de acuerdo a la dotación estimada de cloro que se debe administrar al agua y de la cual se encarga la comunidad.

Varios inconvenientes han surgido de acuerdo a este sistema de abastecimiento, empezando por problemas de alta presión en las tuberías que han sido recientemente cambiadas ya que se han roto en varias ocasiones. Además de la presencia ocasional de

sustancias sólidas que han ocasionado problemas en el ingreso al tanque de tratamiento taponando la tubería y dejando sin servicio a la comunidad y por lo tanto mantenimiento de los tanques.

1.3 Justificación

Debido a que la comunidad de San Francisco de Cruz Loma ha instalado de manera empírica su sistema de distribución de agua ha utilizado a manera de prueba y error tuberías y mangueras que distribuyan agua a los hogares, sin embargo, éstas han sufrido daños y han sido reemplazadas constantemente. Mediante este estudio se determinarán las características del caudal de diseño y presiones en el sistema, se evaluarán todos los accesorios que forman parte de este y se planteará la dosificación adecuada en el proceso de desinfección, además de la evaluación de la necesidad de un tratamiento primario de sedimentación de sólidos. Con los resultados que sean presentados en este proyecto, la comunidad estará en capacidad de definir las obras necesarias y reemplazo de elementos del sistema de abastecimiento para tener una adecuada conducción, tratamiento y distribución del agua de consumo.

Como normativas en el presente proyecto se utilizaron el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), libro VI de la Calidad Ambiental, Anexo I, el cual describe los límites permisibles para que el agua de la vertiente que abastece a la comunidad sea de consumo humano, y de acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), la Norma 1108 en la cual se establecen los parámetros que debe cumplir el agua para que sea considerada potable. El presente estudio permitirá analizar posibles medios alternos que se pueden utilizar para un mejor sistema de distribución de agua para la comunidad.

Además para el análisis de la simulación hidráulica se hará uso de la normativa del EPMAPS para Normas de diseño de sistemas de agua potable y saneamiento para el Distrito Metropolitano de Quito, 2008.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General:

Evaluar el sistema de abastecimiento y tratamiento de agua en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma con ayuda de software EPANET, y análisis de muestras de agua en el laboratorio.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Analizar el funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua desde la captación hasta la distribución mediante el recorrido por la comunidad y la simulación del sistema con el software EPANET.
- ✓ Determinar la planimetría y perfiles del sistema de abastecimiento por medio del uso de un GPS y puntos geo referenciados a lo largo del sistema y componentes para estimar de forma aproximada la localización y presiones.
- ✓ Evaluar el sistema CLORID utilizado para el tratamiento de agua mediante la medición de la presencia de coliformes fecales antes y después del tratamiento en el tanque de almacenamiento.
- ✓ Recomendar la clase de tuberías y accesorios que deberían ser utilizados en el sistema basándose en los resultados obtenidos en el laboratorio y en los cálculos hidráulicos del presente proyecto.

1.5 Alcance

Se analizarán las condiciones hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua mediante la evaluación hidráulica de la captación, conducción, tanque de almacenamiento y distribución, se especificarán además los accesorios y equipos que conforman el sistema.

Se recorrerán la comunidad realizando encuestas para determinar las características de consumo de la población, posibles factores que pueden causar contaminación al agua captada, y se definirá la situación de conformidad con el sistema que tiene la comunidad.

Se evaluarán los caudales de consumo requeridos para la población actual y futura, mediante la estimación de la dotación de agua para cada habitante de la comunidad.

Se simulará hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua con el software EPANET para conocer las características del funcionamiento hidráulico como: presiones, velocidades, pérdidas de carga y longitudes de tuberías.

Se determinará la planimetría y perfiles mediante la toma de puntos geo referenciados por medio de un GPS, desde la captación del sistema de agua hasta la última casa que se abastece de este servicio, se utilizará programas como Civil Cad, Autocad, Google Earth, etc.

Se evaluará el sistema de tratamiento de agua utilizado actualmente mediante un muestreo de agua, tomando una muestra del agua que entra en el tanque de almacenamiento donde se realiza la cloración mediante el equipo CLORID-L30, y una muestra el agua del grifo de la última casa de la comunidad que se abastece del sistema. Se determinará la presencia

de coliformes fecales en las muestras de agua obtenidas antes y después del sistema de cloración.

Se realizará los procedimientos de laboratorio para medir coliformes fecales en las muestras de agua obtenidas antes y después del sistema de cloración, y se determinará si el valor está en el rango que es requerido según el TULSMA para que el agua sea de consumo doméstico y de acuerdo con la NORMA NTE INEN 1108 Quinta revisión (2014-01), que establece los requisitos del agua potable.

Se evaluará el sistema CLORID para conocer la concentración de cloro que genera a través de la electrolisis de sal común.

Se determinará la dosificación correcta de cloro para tener una correcta eliminación de patógenos.

Se analizará la necesidad de un sistema de pretratamiento del agua para eliminar la presencia de sólidos suspendidos.

De esta manera la evaluación de sistema permitirá contribuir a una solución técnico – económica enfocada en los problemas que pueden presentarse a futuro y posibles inconvenientes actuales en el sistema de abastecimiento de la comunidad.

1.6 Marco teórico

1.6.1 Sistema de abastecimiento de agua

Es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir agua a una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. (Ramos A. , 2019).

En zonas rurales el sistema de gravedad es el más utilizado cuando la fuente de agua se encuentra a mayor altitud que los usuarios a ser abastecidos. El sistema de abastecimiento de agua a una comunidad puede constar de los siguientes elementos:

- Fuentes de abastecimiento
- Obras de captación
- Obras de conducción
- Tratamiento de agua
- Almacenamiento
- Distribución

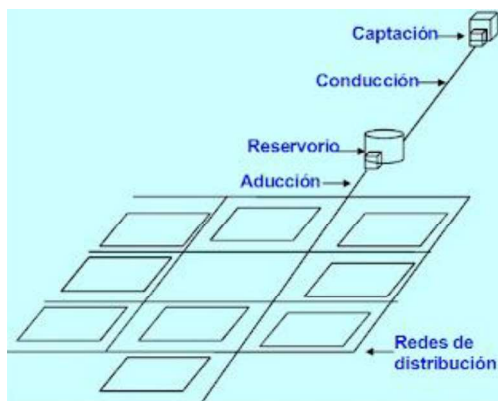


Figura 4 Sistema convencional de abastecimiento de agua
Fuente: (Testa & Jimenez, 2016)

1.6.2 Fuente de abastecimiento de agua

Puede ser superficial como ríos, lagos, embalses o incluso aguas lluvias, quebradas, lagunas o de aguas subterráneas, superficiales o profundas, y su elección depende de varios factores como la localización, calidad, cantidad y localidades por las cuales atraviesa la fuente.

La calidad de agua cruda debe cumplir con los requerimientos mínimos estipulados en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, a su vez el agua tratada debe cumplir los requisitos mínimos del agua potable para su consumo que se describen en el Punto 6, correspondiente a los requisitos específicos que se establecen en la norma INEN -1108.

1.6.3 Obras de captación

Dependen del tipo de fuente y sus características, la obra de captación consiste en el encauce de cierto caudal proveniente de una fuente de agua que cumpla con los requisitos para que pueda ser tratada y consecuentemente distribuida, cuando se habla de captación de agua superficial se denomina bocatomas y si se realiza captación de agua subterránea se denomina pozo.

1.6.4 Obras de Conducción

Son estructuras que permiten el paso de una sustancia, en el caso de la red de abastecimiento, agua cruda y posteriormente agua tratada, se denominan aducción al transporte de agua cruda (sin tratamiento), y conducción cuando es agua tratada.

La construcción de estos sistemas depende de las condiciones de la topografía, y distancia. Se pueden realizar por medio de tuberías o conductos a presión o por gravedad, recomendándose normalmente conductos cerrados para evitar posible contaminación durante el trayecto.

1.6.5 Componentes de la red de conducción

Tuberías. Son ductos de sección circular para el transporte de agua. Dependiendo del caudal a distribuir se clasifican en:

- Primarias: Red encargada de distribuir agua en las diferentes zonas, garantizando caudales y presiones según la norma exigida. Diámetro alrededor de doce 12 ”.
- Secundarias: Redes que se abastecen de las tuberías principales y alimentan a las redes terciarias o menores. Diámetros entre 4 “ a 10 ”.
- Terciarias: Redes abastecidas por la red secundaria, se encarga de realizar conexiones domiciliarias con diámetros iguales o menores a 3 ” pero nunca menor a ½ ”.
- Acometidas: tuberías y elementos que unen la red secundaria o terciaria con la instalación interior de la edificación que abastecerá.

Válvulas. Dispositivos mecánicos que permiten iniciar, detener, aislar, regular, modular el paso de líquidos o gases.

Válvulas de compuerta. Permiten el paso o no del flujo.

Válvula de purga. Son válvulas ubicadas en la parte baja del trazado donde haya probabilidad de obstrucción por sedimentos y de esta manera facilita las labores de limpieza.



Figura 5 Válvula de purga
Fuente: (Maldonado, 2016)

Válvulas accionantes. Permiten el llenado del tanque hasta un nivel determinado, se abren para llenar el tanque hasta un nivel máximo, posteriormente regulan la apertura para mantener un nivel de agua constante en el tanque, y ajustan el suministro a la demanda.



Figura 6 Válvula de altitud o nivel

Fuente: (Accesorios de abastecimiento de agua, 2019)

Desagues. Permiten el vaciado de la red y consiste en una derivación de la tubería a desaguar, se controlan mediante una válvula y un tramo de tubería hasta que llega a la red de alcantarillado o a un punto de desagüe apropiado.

1.6.6 Tratamiento de agua

El agua para considerarse potable debe cumplir con la norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria: NTE –INEN 1108, y para ser utilizada con fines de uso doméstico debe cumplir con la Norma TULSMA libro VI anexo I, que establece los parámetros que debe cumplir el agua a ser utilizada para estos fines.

La ubicación de la planta de tratamiento debe realizarse en función de:

- ✓ La creciente máxima si está cerca de un río
- ✓ Preferiblemente debe ser construida en un terreno con pendiente adecuada para que los procesos de tratamiento se realicen a gravedad.
- ✓ Tener espacio suficiente para la construcción de estructuras complementarias en ampliaciones futuras.
- ✓ Accesibilidad en cualquier temporada del año
- ✓ Abastecimiento de energía.
- ✓ Estabilidad geotécnica y facilidades constructivas.

1.6.7 Tratamiento de Desinfección

Es imprescindible para todos los sistemas de potabilización un tratamiento de desinfección de agua sin importar el tipo de tratamiento previamente realizado. Los procesos de desinfección usualmente utilizados son cloración, ozonización y desinfección con dióxido de cloro. (Lopez, Elementos de Diseño para acueductos y alcantarillados, 2003)

La dosis de desinfectante se obtiene por el método concentración-tiempo. (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009). La concentración (C en mg/L) de cloro libre por el tiempo de detención (t en segundos) desde que se aplica la dosis de cloro hasta que se consume el agua, equivale a la constante (K), de la siguiente manera:
 $C.t = K$

Los valores de esa constante K se observan en los gráficos a continuación en los que se puede observar que dependen del pH y temperatura del agua. (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009)

C Dosis de cloro Aplicada a mg/l	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
≤ 0,4	24	29	35	42	16	20	23	28	12	15	17	21	8	10	12	14
0,6	25	30	36	43	17	20	24	29	13	15	18	21	8	10	12	14
0,8	26	31	37	44	17	20	24	29	13	15	18	22	9	10	12	15
1,0	26	31	37	45	18	21	25	30	13	16	19	22	9	10	12	15
1,2	27	32	38	46	18	21	25	31	13	16	19	23	9	11	13	15
1,4	27	33	39	47	18	22	26	31	14	16	19	23	9	11	13	16
1,6	28	33	40	48	19	22	26	32	14	17	20	24	9	11	13	16
1,8	29	34	41	49	19	23	27	33	14	17	20	25	10	11	14	16
2,0	29	35	41	50	19	23	28	33	15	17	21	25	10	12	14	17
2,2	30	35	42	51	20	23	28	34	15	18	21	26	10	12	14	17
2,4	30	36	43	2	20	24	29	35	15	18	22	26	10	12	14	17
2,6	31	37	44	53	20	24	29	36	15	18	22	27	10	12	15	18
2,8	31	37	45	54	21	25	30	36	16	19	22	27	10	12	15	18
3,0	32	38	46	55	21	25	30	37	16	19	23	28	11	13	15	18

Figura 7 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción del 95 al 99% de coli total
Fuente: (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009)

CUADRO 6.3 VALORES DE K EN mg.mín/l PARA PLANTAS CON REMOCIÓN DEL 90 AL 95% DE COLI TOTAL																
C Dosis de cloro Aplicada a mg/l	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
≤ 0,4	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1,0	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	39	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2,0	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3,0	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Referencia: Norma RAS-2000, Título B. República de Colombia.

Figura 8 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción del 90 al 95% de coli total
Fuente: (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009)

C Dosis de cloro Aplicada a mg/l	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
≤ 0,4	49	59	69	83	33	39	47	55	24	29	35	41	16	19	23	28
0,6	50	60	71	85	33	40	48	57	25	30	36	43	17	20	24	29
0,8	52	61	73	87	35	41	49	59	26	31	37	44	17	21	25	29
1,0	53	63	75	89	35	42	50	60	26	31	37	45	17	21	25	30
1,2	53	63	76	91	36	43	51	61	27	32	38	46	18	21	25	31
1,4	55	65	77	93	37	43	52	63	27	33	39	47	18	22	26	31
1,6	55	66	79	96	37	44	53	64	28	33	39	48	19	22	27	32
1,8	57	67	81	98	38	45	54	65	29	34	41	49	19	23	27	33
2,0	58	69	83	100	39	46	55	67	29	35	41	50	19	23	27	33
2,2	59	70	85	102	39	47	57	68	29	35	42	51	20	23	28	34
2,4	60	71	86	105	40	48	57	70	30	36	43	52	20	24	29	35
2,6	61	73	87	107	41	49	59	71	31	37	44	53	21	25	29	35
2,8	62	74	89	109	41	49	59	73	31	37	45	54	21	25	30	36
3,0	63	75	91	111	42	51	61	74	31	38	45	55	21	25	31	37

Referencia: Norma RAS-2000, Título B. República de Colombia.

Figura 9 Valores de K en mg.min/L para plantas con remoción menor del 90% de coli total
Fuente: (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009)

1.6.8 Desinfección por medio del equipo CLORID

La unidad Clorid L-30, utilizada en el presente proyecto, produce una solución de Hipoclorito de Sodio por electrolisis de salmuera común, la salmuera es preparada en un tanque y disuelta para formar una solución acuosa. La salmuera saturada en el agua se mezcla en el tanque, en el cual los electrodos se encuentran conectados eléctricamente en paralelo y energizados con corriente continua por medio de un transformador-rectificador.



Figura 10 Sistema Clorid
Fuente: Manual Sistema Clorid L-30



Figura 11 Sistema de cloración
Fuente: El autor, 2019

1.6.9 Almacenamiento

Corresponde a la edificación que sirve de almacenamiento de agua, de manera que garantice la demanda de agua para la población.

1.6.10 Distribución

Comprende un conjunto de tuberías o redes de distribución que llevan el agua desde el tanque de almacenamiento hasta cada domicilio. Los materiales de la red no pueden alterar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua, teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos a los que esté sometida.

1.7 Calidad del Agua

El agua debe estar libre de metales pesados, microorganismos, incolora, inolora, insabora, libre de compuestos que puedan causar corrosión en instalaciones sanitarias.

Calidad física

Se deben tomar en cuenta varios parámetros que permiten dicha caracterización:

- Temperatura.
- Turbidez o turbiedad.
- Color.
- Color Verdadero.
- Color Aparente
- Olor y Sabor.
- Sólidos
- Conductividad.

Calidad Química

- Alcalinidad.

- Acidez.
- Dureza
- Cloro Residual.
- DBO₅
- DQO

Calidad Bacteriológica del agua

La contaminación fecal supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario es una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (Ramos, Vidal, Vilar, & Saavedra, Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes fecales y totales) en la bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano, 2008)

1.8 Normativa ambiental aplicada

La Normativa utilizada en Ecuador para el uso de agua es la Norma TULSMA para que el agua captada cumpla con los requisitos para los cuales está destinada, es decir para que en este caso sea de consumo doméstico, y la NORMA NTE INEN 1108, que establece los requisitos que debe cumplir el agua para ser considerada AGUA POTABLE.

La toma de muestras se realizó de acuerdo a los distintos parámetros del *Stándar Methods For Examination of Water and Wastewater* y manuales correspondientes al laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

1.9 Protección de las fuentes

La comunidad está estrictamente comprometida con la protección de las fuentes de agua que están ubicadas en el sector, ya que estas fuentes son las que les proveen de agua para su consumo diario doméstico, para sus cultivos, sus animales, etc. Anteriormente la comunidad se dedicaba a la crianza de ganado y agricultura, pero con fundaciones como FONAG se ha implementado talleres de cuidado de los páramos y agricultura sostenible para causar el mínimo impacto en las fuentes, que abastecen además al DMQ.

1.10 Estimación de la población

Los sistemas de agua potable deben diseñarse para prestar un servicio eficiente y de calidad durante el número de años establecidos en el periodo de diseño. Por lo que se requiere establecer el número de habitantes que se estima demandaran el servicio en el futuro, este parámetro permitirá calcular los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema (Aguirre, 2016)

La población futura depende de algunas variables; migración, crecimiento económico, nacimientos, defunciones, incremento de la esperanza de vida, etc. Para su determinación existen modelos matemáticos que toman en cuenta datos de las poblaciones actuales y anteriores obtenidas en censos poblacionales, número de usuarios de servicios básicos como la electricidad, etc. En Ecuador, el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos) es la entidad responsable de los censos poblacionales que se realizan con intervalos aproximados de diez años. Los métodos son:

Método Lineal. El crecimiento de la población es constante e independiente del tamaño de esta.

$$Pf = P_{uc} + k(T_F - T_{uc})$$

Ecuación 1 Determinación de población futura-Método lineal

$$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

Ecuación 2 Pendiente de la recta - Método lineal

Donde:

k	pendiente de la recta
P_{uc}	Población del último censo (hab)
T_{uc}	Tiempo del último censo (años)
P_{ci}	Población del censo inicial (hab)
T_{ci}	Año del censo inicial

Método Geométrico. En este método el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de esta

$$Pf = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 3 Determinación de población futura-Método geométrico

$$r = \left[\left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \right]$$

Ecuación 4 Tasa de crecimiento-Método geométrico

Donde:

r	Tasa de crecimiento
P_{uc}	Población del último censo (hab)
T_{uc}	Tiempo del último censo (año)
P_{ci}	Población del censo inicial (hab)
T_{ci}	Año del censo inicial

Método Logarítmico

$$P_f = P_{uc} \cdot e^{k_g(T_f - T_{uc})}$$

Ecuación 5 Determinación de población futura - Método Logarítmico

$$k_g = \frac{\ln(P_{uc}) - \ln(P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci})}$$

Ecuación 6 Determinación de la población futura-Tasa de crecimiento

Donde:

k_g	Tasa de crecimiento
P_{uc}	Población del último censo (hab)
T_{uc}	Tiempo del último censo (año)
P_{ci}	Población del censo inicial (hab)
T_{ci}	Año del censo inicial

Todos los métodos de estimación de población se determinaron basándose en el Abastecimiento de Agua Para comunidades Rurales, de Fredy Aguirre Morales.

1.11 Periodo horizonte de diseño

De acuerdo al (EPMAPS, 2009) se debe usar un período de diseño de 30 años.

Tipos y estadísticas de consumos de agua

Los tipos de consumo que se deben analizar son los definidos por la EPMAPS y que corresponden a:

- Doméstico: Corresponde a todos los inmuebles destinados para vivienda;
- Comercial: Debido a actividades lucrativas, donde el agua no se considere como materia prima, tales como: oficinas, locales comerciales, restaurantes, bares, hoteles, bombas de gasolina, cines, etc.

Dotación neta del agua

Para el estudio de grandes zonas de la ciudad y parroquias, los estudios de población y demanda que posea la EMAAP-Q proporcionarán los valores sugeridos de dotaciones netas a ser tenidas en cuenta en el cálculo de la demanda de agua. (EPMAPS, 2009)

Para el consumo doméstico la dotación bruta es igual a:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Ecuación 7 Dotación bruta
Fuente: EMAAP-Q, 2009

Siendo:

d_{bruta} : Dotación bruta (L)

d_{neta} : Dotación neta (L)

%p: Porcentaje de pérdidas

Demanda doméstica:

Se aplica la proyección de la dotación bruta (d_{bruta}) por habitante al total de la población proyectada (p) a ser atendida en la zona del proyecto, se expresa como un caudal medio diario, (Q_{md}), y tiene como unidades Litros por segundo (L/s) y su fórmula es:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

Ecuación 8 Demanda doméstica
Fuente: EMAAP-Q

Siendo:

Q_{md} : Caudal medio diario (L/s)

P: población futura (hab)

d_{bruta} : Dotación bruta

Demanda máxima diaria. Es el consumo máximo de agua registrado durante el período de 24 horas en el transcurso de un año, y se lo obtiene al multiplicar el caudal medio diario, Q_{md} , durante el lapso de un año por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * k_1$$

Ecuación 9 Demanda máxima diaria

Fuente: EPMAPS, 2009

Donde:

- QMD: Caudal máximo diario (L/s)
- Qmd: Caudal medio diario (L/s)

K1: Coeficiente 1.4 en parroquias rurales (EPMAPS, 2009)

Demanda máxima horaria. Es el caudal medio diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación:

$$QMH = Qmd * k_2$$

Ecuación 10 Demanda máxima horaria

Fuente: (EPMAPS, 2009)

Donde:

- QMH: Caudal máximo horario (L/s)
- Qmd: Caudal medio diario (L/s)

K2: 1.6 poblaciones menores a 2500 habitantes

1.12 Programa de simulación hidráulica

- Es la versión matemática de un modelo matemático que simula las condiciones hidráulicas de un sistema de distribución, brindando variables tales como presión, nivel de agua, velocidad, etc.
- Analiza el comportamiento de la red con distintas condiciones físicas y operativas
- Es un gran apoyo en lugar de utilizar métodos de resolución manual.
- Es un programa gratuito
- Se aplica a redes de distribución abiertas, cerradas o mixtas
- Es de fácil comprensión y ejecución.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Descripción del sistema de abastecimiento en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma

Las fuentes de abastecimiento de agua que utiliza la comunidad de San Francisco de Cruz Loma son Las Palmas y Arcocucho, estas vertientes provienen del Río Cinto, son captadas por el EPMAPS, y conducidas al tanque de almacenamiento que abastece al sector centro de la ciudad, sin embargo, existe una conexión de 2" que se dirige hacia la comunidad para su tratamiento, conducción y distribución.

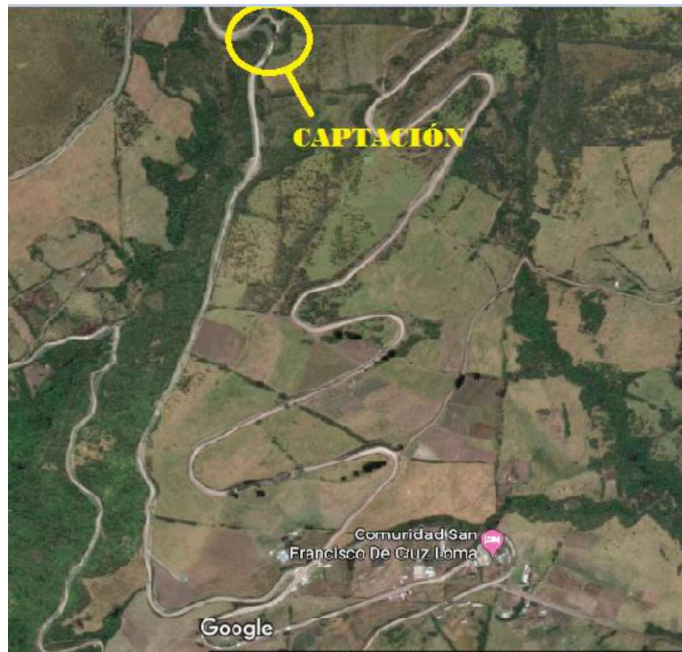


Figura 12 Captación de agua
Fuente: Google Maps, 2019

Servicios Básicos

- **Agua.** La comunidad no cuenta con servicio de agua potabilizada, sin embargo su sistema de tratamiento consta de un tratamiento de desinfección con sal común en un tanque de almacenamiento para posteriormente el agua tratada sea distribuida a toda la comunidad.
- **Alcantarillado.** Debido a su sectorización no cuenta con sistema de alcantarillado, se utilizan pozos sépticos en cada vivienda para sus desechos.
- **Disposición de residuos.** En cuanto a la disposición de residuos, la comunidad cuenta con el servicio de recolección de basura los días viernes, día en el cual los comuneros depositan sus residuos una vez reciclados.

- **Luz eléctrica.** Se encarga de brindar este servicio la Empresa Eléctrica Quito.
- **Otros.** La comunidad no cuenta con transporte público, escuelas ni centros de salud cercanos, deben salir al sector de la Libertad para recurrir a estos servicios.

2.1 Levantamiento de información geo referenciada

Levantamiento de puntos geo referenciados, planimetría y perfiles de la zona

El levantamiento se realizó a las 7 de la mañana, en un día un poco soleado con el uso de GPS, libreta de campo, flexómetro e instrumentos para la medición de flujo. Con la ayuda de los miembros de la Junta de Agua se procedió a realizar el recorrido a lo largo del sistema, desde las vertientes que abastecen a la comunidad.

Este trabajo de campo permitió observar todos los componentes de la red de abastecimiento, su estado actual y uso del agua en cada hogar.

Para el levantamiento de puntos y líneas de conducción se utilizó el gps manual para cada medición se esperó hasta que el equipo registre la cantidad adecuada de satélites a medir la locación para así obtener la mejor precisión posible y de esta manera proceder a la medición de las coordenadas en cada punto importante y de las líneas de conducción hasta cada hogar que se abastece de agua, sin embargo se pudo observar que existían varios puntos en los cuales no era fácil acceder debido a que las personas que habitaban esa casa no estaban por motivos de trabajo, en este caso se procedió a medir lo más cerca posible de la línea de tubería. Se realizó un recorrido de un total de 12084.584 metros distribuyéndose en varios tramos.

2.2 Descripción de la red de abastecimiento

La red de abastecimiento de la comunidad consta de los siguientes componentes:

- ✓ Bocatoma-Vertiente
- ✓ Pozo de Captación
- ✓ Línea de aducción
- ✓ Pozo de revisión hacia el tanque de tratamiento-almacenamiento
- ✓ Tanque de tratamiento-almacenamiento
- ✓ Tanque de tuberías de desfogue
- ✓ Línea de conducción a los hogares
- ✓ Válvula de desagüe
- ✓ Llaves

Descripción general

Bocatoma Arcocucho. Se encontró en buenas condiciones, está conformada por varias líneas de entrada de las cuales se toma agua, dichas tuberías son de 50 mm, la tubería saliente que se dirige hacia la captación de la comunidad es de 300 mm, también se observó una válvula de compuerta, la cual se abre o cierra dependiendo de las necesidades del EPMAPS, debido a que esta vertiente también desemboca hacia otra captación. Para su descripción detallada ver Anexo I.



Figura 13 Bocatoma Arcocucho
Fuente: El autor, 2019

Bocatoma Las Palmas. Se encuentra cercada con un cerramiento de malla y una puerta asegurada con un candado, la estructura tiene un muro de 150 mm, el cual desemboca hacia una estructura poligonal con una tubería principal de diámetro de 300 mm que se dirige hacia la captación de la comunidad, se observó además una válvula de compuerta en la parte delantera de la estructura de la captación de agua de la vertiente.



Figura 14 Vertiente las Palmas
Fuente: El autor, 2019

Pozo de captación. Corresponde a un pozo donde llega el flujo de agua de las vertientes anteriores, a este pozo llegan 2 tuberías de 300 mm. La tubería saliente de 50 mm se dirige hacia la comunidad, y otra tubería sale hacia otra conducción dispuesta por la EPMAPS. Las características de los elementos constan en el anexo I.



Figura 15 Pozo de Captación
Fuente: El autor, 2019

Pozo de revisión San Francisco de Cruz Loma. Es un pozo de 1.20 m de alto, al cual llega la tubería de aducción que sube hasta el tanque de tratamiento de la comunidad, con una reducción a 25 mm, se dirige hacia el tanque. El pozo tiene además una válvula de desagüe que se abre cada vez que se observa demasiada turbiedad en el agua.

El pozo de revisión tiene una tapa en malas condiciones que requieren un cambio y señalización para que los autos que transcurren por ahí no la vuelvan a dañar. Las características de los elementos constan en el anexo I.



Figura 16 Pozo de revisión San Francisco de Cruz Loma
Fuente: El autor, 2019

Tanque de Tratamiento-Almacenamiento. Es una estructura en la cual se encuentran varios procesos, en la figura a continuación podemos observar su vista desde afuera.



Figura 17 Tanque de Almacenamiento-Tratamiento
Fuente: El autor, 2019

Cámara de tuberías. Es una cámara de inspección de tuberías en la cual se encuentran varias tuberías, como la tubería de ingreso de 25 mm que va hacia el tanque de almacenamiento, tiene una válvula para controlar el ingreso de agua hacia el tanque. Se encuentra antes del tanque de almacenamiento. Para su descripción detallada ver Anexo I.



Figura 18 Cámara de tuberías
Fuente: El autor, 2019

En esta cámara se encuentran además las tuberías salientes de rebose, de desagüe y la tubería de 50 mm que es la que da inicio al sistema de distribución del agua ya clorada hacia la comunidad, esta tubería consta de una válvula de compuerta, al igual que la tubería de rebose, estas tuberías de desagüe y rebose se dirigen hacia el pozo de tuberías de desagüe.

Tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento tiene las medidas de 2,65x2,65x3,00 m, y está revestido de cerámica, a él ingresa la tubería de 25 mm que sale del pozo de revisión de San Francisco de Cruz Loma, y además cuenta con la tubería de 20 mm que dosifica el cloro al tanque, ésta proviene de la parte superior desde el sistema de cloración denominado CLORID.

El tanque posee un flotador que funciona como válvula de nivel, cuya función es de cerrar el paso de agua cuando el tanque está lleno, hasta que la comunidad consume agua, baje el nivel de agua y consecuentemente se abre. Sin embargo este flotador tiene varios problemas cuando existe arrastre de sedimentos ya que taponan el ingreso de agua y tienen problemas de distribución de agua. Las características de los elementos constan en el anexo I.



Figura 19 Tanque de almacenamiento
Fuente: El autor, 2019

Sistema de desinfección CLORID. Se encuentra sobre el tanque de almacenamiento, es un sistema el cual utiliza sal común (cloruro de sodio) y mediante un proceso de electrolisis transforma el cloruro en cloro desinfectante, mediante una válvula check dosifica por goteo hacia un tanque que mezcla el cloro con agua para posteriormente dirigirse hacia el tanque de tratamiento



Figura 20 Sistema de tratamiento CLORID
Fuente: El autor, 2019

Cámara de tuberías de desagüe. Esta estructura se encuentra saliente de la cámara de tuberías de inspección y del tanque de almacenamiento, cuando el tanque se encuentra lleno, el agua por medio de tuberías llega hacia el pozo de desagüe, el agua entra aquí y por medio de una tubería ubicada en el fondo redirige el flujo en exceso hacia la red del EPMAPS.



Figura 21 Tuberías de desagüe
Fuente: El autor, 2019

Punto de distribución. Es una estructura donde se encuentra una conexión a la cual llega la tubería de 50 mm instalada por el EPMAPS, y desde ese punto distribuye a las casas 4 hasta la 23. Consta de una estructura de hierro fundido que cubre la estructura, en la cual se puede observar una llave saliente por la cual se puede dar abasto a la zona recreacional que consta de una cancha deportiva y un huerto pequeño comunitario. Las características de los elementos constan en el anexo I.



Figura 22 Punto de distribución
Fuente: El autor, 2019

Casa 1 a Casa 26. La comunidad está conformada por 26 familias que se abastecen del agua captada conducida y desinfectada, cabe recalcar que varias casas se encuentran usualmente deshabitadas ya que sus ocupantes salen a la ciudad por motivos de trabajo y se albergan en casas de familiares que viven en la ciudad, dejando abandonados sus hogares por ciertos períodos de tiempo.

Las casas 24, 25 y 26 se abastecen por una conexión de la tubería que llega antes de la casa 1.

Las líneas de distribución inician con una tubería de 50mm hasta llegar a las conexiones domiciliarias que tiene un diámetro de ½ pulgada. La red de distribución con sus respectivos diámetros se muestra y características se observan en el anexo III:

Llave 1. Se encuentra ubicada antes del sector denominado “la Y”, lugar desde el cual se encuentra la mayoría de los hogares y es una pendiente, desde ese punto todas las casas tienen tubería de ¾” y mediante collarín se reducen a ½”.

Llave 2. Al igual que la llave 1 se encuentra enterrada. Se encuentra ubicada antes de la casa 18.

Llave 3. Corresponde a una válvula de desagüe, es utilizada para limpiar el sistema de distribución.

Llave 4. Es la llave que se conecta hacia las casas 24, 25, y 26



Figura 23 Válvula de desagüe
Fuente: El autor, 2019

Trazado y situación

Generalmente el trazado de las tuberías de abastecimiento es lo más recto posible, y se debe instalar en terrenos de dominio público de tal manera que son legalmente utilizables, en el caso de la comunidad el trazado es de manera uniforme desde el tanque de almacenamiento y tratamiento el agua, las tuberías van dividiéndose en varios tramos, la mayoría construida en PVC, sin embargo, aún existen casas que usan manguera.

2.3 Determinación del caudal

Para conocer caudal de ingreso al tanque de almacenamiento se procedió a realizar un aforo con el método volumétrico, se utilizó un balde con medida de 20 L, para luego llenarlo y medir el tiempo en el cual se llenaba. Se tomó 3 aforos en los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 1 Determinación de caudal de ingreso al tanque de almacenamiento
Fuente: El autor, 2019

N°	Tiempo (s)	Volumen (lt)	Caudal (lt/s)
1	15.80	20	1.26
2	15.36	20	1.30

3	16.28	20	1.22
		Caudal	1.26

2.4 Determinación de la población

El presente proyecto está centrado en la utilización de las Normas EPMAPS en las cuales se toma como período de diseño para cualquier construcción de tipo hidráulico el total de 30 años.

Mediante las encuestas se determinó la existencia de un total de 26 familias que conforman la comunidad.

2.4.1 Cálculo de la población

La distribución espacial de la población actual y futura se hace por medio de censos y para cálculos se utiliza al menos los 3 últimos censos, y se utilizó los datos según el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos) quien es la entidad responsable de los censos poblacionales que se realizan en todo el país con intervalos aproximados de diez años.

Para la determinación de los censos de la comunidad se recurrió a la biblioteca del INEC, sin embargo, no se obtuvo el registro del censo de 1991 porque no se realizó censos en los sectores rurales, la única información que se encontró de tal año es un mapa señalando la existencia de la comunidad que se encuentra en los anexos, por ese motivo se utilizó los censos del año 2000, 2010 y el censo que se realizó mediante las encuestas a los pobladores el día del levantamiento de la información.

La comunidad de San Francisco de Cruz Loma ha tenido varios problemas en cuanto a su administración debido a que por su ubicación no se la ha ubicado en una parroquia exactamente, motivo por el cual también en el pasado no han podido agilizar procesos de acuerdo con gestión de agua y residuos.

Sin embargo, en el INEC la comunidad se encuentra ubicada como parte de la periferia del Distrito Metropolitano de Quito, Los datos de población registrados en los censos 2000 y 2010 son los siguientes:

Tabla 2 Censo de Población y vivienda correspondiente al año 2000 y 2010
Fuente: (INEC, 2019)

AÑO	CSFCL
2000	57
2010	113

El censo correspondiente al año 2019 se realizó por medio de un conteo de personas en cada vivienda:

Tabla 3 Censo poblacional Comunidad San Francisco de Cruz Loma
Fuente: INEC, 2019

AÑO	CSFCL
2019	85

De acuerdo con los métodos de cálculo se obtuvo las siguientes proyecciones de población:

Método Lineal:

Tabla 4 Determinación de población futura-Método lineal

AÑO	Pci	K	2020	2030	2050
2000	57	1.47	86	101	131
2010	113	-3.11	82	51	-11
2019	85				
Promedio Total			84	76	60

Método Geométrico:

Tabla 5 Determinación de población futura - Método geométrico

AÑO	Pci	R	2020	2025	2050
2000	57	0.021254301	87	96	163
2010	113	-0.03114217	82	70	32
2019	85				
Promedio			85	83	98

Método Logarítmico:

Tabla 6 Determinación de población futura-Método Logarítmico

AÑO	Pci	Kg	2020	2025	2050
2000	57	0.021031578	85	82	72
2010	113	-0.0316374			
2019	85				
Promedio		-0.00530291			

2.5 Consumo de agua en la comunidad

Consumo doméstico. Se analizó detenidamente los consumos del uso doméstico teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1. Justificar la proyección de la dotación para el período de diseño de cada uno de sus componentes.
2. Al hacer el estudio de la dotación para el uso doméstico se tomó en cuenta el tamaño de la población e información obtenida de las encuestas realizadas.
3. Se incluyó el riego de espacios verdes de acuerdo con el EPMAPS.

Consumo Comercial. Mediante las encuestas se determinó un estimativo de consumos de acuerdo con las características de los establecimientos que permitían la obtención de un ingreso a la comunidad.

Consumo Industrial. El turismo en la comunidad genera un ingreso significativo ya que la comunidad está comprometida con el ECOTURISMO, anteriormente ya se han realizado charlas y programas en los cuales se promueve el cuidado de las cuencas hídricas, el significado de los páramos para el agua, la importancia de la flora y fauna, entre otros.

2.5.1 Determinación de la dotación en la comunidad

Dotación neta del agua. Para el consumo doméstico la dotación neta de la comunidad en base a las encuestas es igual, haciendo uso de la fórmula correspondiente:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

2.5.2 Análisis de fugas

De acuerdo al estudio de la población, las conexiones domiciliarias, con un grifo por casa y con letrinas con o sin arrastre de agua se consideró el 20% de acuerdo al porcentaje establecido en las Normas de diseño y abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos del Proyecto Washed, Quito. 1995. Pag. 24

La determinación de consumo de agua en la comunidad se tomó en cuenta el uso que le daban las personas y se clasificó en uso doméstico, uso comercial, uso público, uso industrial y mediante esto se clasificó las actividades con cada cantidad de litros por día, unidades y finalmente se determinó la dotación por habitante al día.

Tabla 7 Consumo de agua en la comunidad San Francisco de Cruz Loma
Fuente: El autor, 2019

CONSUMO DE AGUA COMUNIDAD SAN FRANCISCO DE CRUZ LOMA				
TIPO DE USO	actividad	litros/día	Unid	lt/hab/día
USO DOMESTICO	aseo personal			45
	descarga de sanitarios			40
	lavado de ropa			20
	cocina			15
	lavado de platos			10
	jardines			10
	lavado de autos			10
	SUBTOTAL			150
USO COMERCIAL	restaurante (Lt/m2)	50	121	0.070
	limpieza	40		0.000
	hospedaje (lt por alcoba)	25	10	0.003
	SUBTOTAL			0.073
USO PUBLICO	zona recreacional			9.000
	SUBTOTAL			9.000
USO INDUSTRIAL	instalación deportiva			9.000
	alojamiento de animales ganado lechero	120	20	0.028
	porcino	10	15	0.002
	aves (por cada 100)	20	2	0.0005
	equino	40	15	0.007
	Huertos	10	15	0.002
	SUBTOTAL			9.039

Tabla 8 Consumo Total

Consumo neto (L/hab*d)	168,112
Porcentaje de pérdidas	20 %
Consumo Total (L/hab*d)	210,14
Consumo total adoptado= 210 L/hab*d	

Se determinó la Demanda máxima diaria y Demanda máxima Horaria haciendo uso del coeficiente de mayorización se determina de acuerdo al tamaño de la tubería y al número de personas de la comunidad:

Tabla 9 Coeficiente de mayorización del caudal máximo horario en relación con el máximo diario para redes de distribución (Lopez, Consumo de Agua, 2003)

Población	Red menor de 4"
<2500 habitantes	1.6
2.500-12.500 habitantes	1.6
12.500-60.000 habitantes	1.5
>60.000 habitantes	1.5

Obteniendo los siguientes datos:

Tabla 10 Determinación de Caudales utilizando las formulas planteadas

DETERMINACION DE CAUDAL DE DISEÑO	
Dotación bruta	210,140 L/s
Qmd	0,238 L/s
QMD	0,334 L/s
QMH	0,381 L/s

Mediante las encuestas se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 11 Encuesta consumo diario por habitante

Fuente: El autor, 2019

FAMILIA	N° integrantes	litros por habitante	Extras	L extras	L/ha b. día
Monica Chicaiza	4	50	huerto	10	60
Alberto Quichan	4	150	No	0	150
Lucia Vergara	6	100	huerto	10	110
Marcelo Chicaiza	2	70	No	0	70
Manuel Tipan	1	50	no	0	50
Rosario Cajamarca	2	50	No	0	50
Ricardo Olalla	1	30	No	0	30
Ilda Enriquez	2	50	Animales	10	60
Blanca Olalla	5	100	No	0	100
Angel Enriquez	3	100	No	0	100
Eva Leon	3	200	No	0	200

Carlos Olalla	4	120	No	0	120
Nanci Chicaiza	5	100	huerto	10	110
Brigit Ojeda	3	60	huerto	10	70
Nelly Moreno	2	100	No	0	100
Laura Moreno	4	100	No	0	100
Luis Enriquez	2	100	huerto	10	110
Luis Termal	2	50	No	0	50
Ilda Moreno	4	100	huerto	10	110
Carmen Moreno	4	100	No	0	100
Encarnacion Pachacama	1	150	huerto	10	160
Fernando Chicaiza	2	50	huerto	10	60
Delfina Yapo	2	100	No	0	100
Hector Moreno	4	80	huerto	0	80
Alfredo Chicaiza	2	40	No	0	40
Victor Chicaiza	4	100	huerto	10	110
Nancy Chicaiza	5	100	huerto	10	110
Soledad Moreno	2	100	huerto	10	110
	85	2500			93.57

Con la obtención del caudal se procedió a usar las formulas respectivas:

Tabla 12 Determinación de caudales

DETERMINACION DE CAUDALES DE DISEÑO	
Dotación bruta	93,57
Qmd	0,106
QMD	0,148
QMH	0,237

Se obtuvo una diferencia de 116,57 litros que sería lo que la comunidad necesita para cubrir todas sus necesidades de acuerdo a la norma EPMAPS

2.6 Simulación Hidráulica Software Epanet

Descarga de datos del gps. Una vez determinados todos los puntos referenciales del sistema de abastecimiento se procede a guardar cada punto y guardar el recorrido en el gps, para posteriormente descargarlos con su respectivo programa.

Ingreso de datos en el programa CivilCad 3D. Mediante el programa del gps se descargaron los datos y se ingresaron al programa CivilCad, cada tramo denominado *track*, se unió con líneas, conformando las líneas de distribución y con ayuda de Google Earth en el cual se obtuvo una vista panorámica de los puntos que se obtuvieron con el Gps y de relieve de google earth.

Obtenidos los puntos unidos se construyó la superficie de la zona, para lo cual se determinaron polilíneas en todos los tramos, ya que se trabaja de esa manera para realizar posteriormente los perfiles de cada tramo. Se determinaron los perfiles más representativos ya que había tramos hacia las casas que eran demasiado pequeños. A continuación se determinó la escala para los planos tanto de la parte de aducción y conducción.

Ingreso de datos al programa Epanet. Para poder exportar los datos al programa Epanet se necesita el uso del programa Epacad que abre los archivos tipo dwf desde civilcad, para que pueda leerlo el software Epanet, es importante tener unidas bien todas las líneas, para que al correr el programa no presente errores, el proyecto se determinó con ayuda del Epanet versión Española y Epanet 2.0.

Simulación del programa Epanet. Una vez exportados todos los puntos se corrió el programa en el cual se determinaron 3 tipos de simulaciones, las cuales tienen los mismos valores de tubería, pérdidas en cada tramo, rugosidad, cotas, y se realizaron las siguientes simulaciones:

- La primera simulación parte de la red de abastecimiento conformada desde las vertientes hasta el tanque de tratamiento, tomando en cuenta los accesorios y datos siguientes.
- Simulación del sistema de red Estático. Para el cual no se colocó demanda base en los nodos.
- Simulación del sistema de red Estático con válvula de desagüe. Para el cual se colocó demanda base en la última válvula de desagüe.

- Simulación del sistema de red Dinámico. Se colocó la demanda base en cada casa de 0.046 L/s.

2.6.1 Porcentaje de pérdidas consideradas en el proyecto

El coeficiente de rugosidad absoluta K_s recomendado para la fórmula de Darcy - Weisbach para tuberías matrices y menores de distribución, según el tipo de material, se indica a continuación en el cuadro:

Tabla 13 Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach
Fuente: (EMAAP, 2009)

Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach	
Clase de tubería y revestimiento interno	Coeficiente K_s (mm)
PVC	0.120
Poliétileno	0.120
GRP	0.120
Acero con revestimiento interno de <u>coal-tar</u> , <u>enamel</u> o <u>epoxi</u>	0.120
CCP	0.24
Hierro dúctil y acero con revestimiento interno en mortero de cemento	0.24
Referencia: Norma RAS-2000, Título B. República de Colombia.	

Se tomó en cuenta para la simulación los coeficientes de rugosidad Darcy-Weisbach ya que esta rugosidad se establece en las Normas de Diseño de Agua Potable para la EPMAPS-Quito.

2.6.2 Valores de coeficiente k para determinar las pérdidas menores en accesorios

Tabla 14 Pérdida por accesorios
Fuente: (CONAGUA, 2002)

Pieza, conexión o dispositivo	K1
Rejilla de entrada	0.80
Entrada cuadrada	0.5
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo de 90°	0.4-0.9
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de retención	2.50
Bifurcación	0.10
Válvula de desagüe abierta	0.24

En la práctica, es común considerar a las pérdidas de carga localizadas como un porcentaje de la suma total de las pérdidas de carga por fricción. (Jimenez, 2017)

Se tomó en cuenta el 80% del coeficiente k determinadas por Conagua, y de esta manera se estableció en el software Epanet la suma de pérdidas en cada tramo con su respectiva suma de coeficientes k.

2.6.3 Consideración de velocidades según la EPMAPS

La velocidad mínima corresponde al caudal medio del año inicial del período de diseño y será en lo posible superior a 0,60 m/s, en agua cruda y 0,45 m/s en agua tratada.

Dimensionamiento de las tuberías. Para el cálculo del diámetro de las tuberías de conducción y líneas de impulsión se emplea la fórmula la de Darcy- Weisbac, adoptando los coeficientes de acuerdo con el material escogido, teniendo en cuenta además los límites de presión y velocidad especificados en esta Norma.

Considerando que varios diámetros pueden cumplir las exigencias técnicas de presión y velocidad, de esta manera se debe determinar el diámetro que cumpla las exigencias técnicas y que además genere el menor costo del sistema.

Consideraciones generales: Se tomó las consideraciones generales de acuerdo a EPMAPS y son las siguientes:

- **Presión mínima en la red.** La presión dinámica mínima en sectores rurales es de 10 metros de columna de agua (m.c.a)
- **Presión máxima en la red de distribución.** Será de 60 mca, y corresponde a niveles estáticos.

- **Diámetros mínimos de tubería.** El diámetro mínimo en la ciudad es de 3 “ y en parroquias es de 2 “.
- **Límites de velocidades.** El límite máximo de velocidad es de 3,0 m/s.
- **Profundidades de las tuberías.** Profundidad mínima 0.6 m a 1,2 m desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno, con estudios previos, y la profundidad máxima de 1.50 m sobre la clave de la tubería.
- Adicionalmente, se debe proveer a la red de distribución de las siguientes válvulas:
 - Válvulas de mariposa para alimentación de subsectores.
 - Válvulas de aire.
 - Válvulas de desagüe.
 - Válvulas reductoras de presión.

2.7 Evaluación del sistema de tratamiento y equipo CLORID

El sistema de cloración funciona con 1kg de sal común disuelta en 30 L de agua, para esto se toma agua que ingresa al tanque en un balde para el proceso de electrolisis, después de 24 horas está listo, posteriormente se lava el equipo y se desconecta, se pasa al tanque, y se añade a 150 L de agua, una vez añadido, se prende la bomba dosificadora, se manda la cual trabaja con válvulas check en su interior, esta bomba trabaja con 110 voltios, y dosifica por medio de una manguera, en el caso de que la bomba no trabaje, los miembros de la junta de agua quienes son los encargados de su cuidado y mantenimiento, deben absorber para que pase el cloro, y finalmente pasa hacia un tubo de pvc dirigiéndose hacia la parte inferior del tanque, la dosificación se hace gota a gota.



Figura 24 Proceso de cloración
Fuente: El autor, 2019

Cuando el tanque de almacenamiento se llena se espera 30 minutos para la distribución del cloro, el tanque se llena en casi una hora.

Mantenimiento del tanque de tratamiento-almacenamiento

- Limpieza del tanque de tratamiento se hace cada 15 días debido a la presencia de olor, se realiza a las 4 de la mañana generalmente para no intervenir en las

actividades de la comunidad, para ello se cierra la tubería de entrada, y se abre la tubería de desagüe para re direccionar a la tubería de la EPMAPS.

- Limpieza de la bomba dosificadora se realiza cada 6 meses
- Limpieza del tanque de 30 L del sistema clorid se realiza cada día

Para la instalación del equipo se recomienda que el agua a tratar sea agua filtrada y libre de residuos.

La cantidad de cloro para dosificar en el tanque es de 180 L/s y dura alrededor de 3 o 4 días.



Figura 25 Sistema de cloración-Clorid
Fuente: El autor, 2019

2.8 Caracterización de agua

Se realizó varias tomas de muestra, pero se dividió el trabajo de muestreo en 2 partes, análisis in situ y análisis ex situ, es decir, en el laboratorio.

La facultad de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional otorgó el uso del laboratorio para los parámetros ex situ de: sólidos, dco, dbo, oxígeno disuelto, coliformes fecales y totales, dureza, acidez, alcalinidad, así como el préstamo de los equipos para la medición de parámetros in situ como: medidor de oxígeno disuelto, medidor de ph, medidor de conductividad, medidor de temperatura.

El análisis de cloro libre residual se hizo mediante el equipo medidor de cloro libre Hach que tenía la comunidad.

Los materiales para el muestreo fueron los siguientes:

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botella de agua de 4 galones ➤ Mandil ➤ Hielo para refrigerar las muestras ➤ Cooler ➤ Guantes de nitrilo ➤ Phmetro ➤ Conductímetro ➤ Medidor de oxígeno disuelto ➤ Medidor de temperatura ➤ Clorímetro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Marcador para etiquetado ➤ Cuaderno ➤ Esfero ➤ Mandil
---	--

Los puntos en los cuales se tomó muestras de agua fueron los siguientes:

- Captación de agua de las vertientes de Las Palmas y Arcocucho.
- Entrada al tanque de tratamiento
- Primera casa abastecida por el servicio
- Última casa abastecida

El primer punto de análisis de muestreo se realizó en la captación determinando parámetros in situ para lo cual se realizó la homogeneización de los frascos a analizar con agua entrante de la tubería que recoge agua de las vertientes hacia la captación, se enjuagó 3 veces antes de realizar la respectiva medición.



Figura 26 Análisis de parámetros in situ e la captación de agua.
Fuente: El autor, 2019

Para el muestreo se abrió la tapa del pozo y se ingresó por las escaleras hasta acercarse al frasco que se enjuagó 3 veces y se sacó tomó una muestra de 50 ml para realizar las respectivas mediciones, se realizó el procedimiento 3 veces para cada punto.

El segundo punto que se determinó parámetros in situ fue en la tubería de entrada de agua al tanque de tratamiento, de la misma manera que en el punto 1. Se realizó el mismo procedimiento en el cual se enjuaga 3 veces el frasco y se procede a tomar muestra del

agua, para ello se destapó el tanque y se introdujo de tal manera que se alcanzó el chorro por el cual entra agua al tanque.



Figura 27 Análisis in situ del punto de entrada al tanque de tratamiento
Fuente: El autor, 2019

El tercer análisis in situ se realizó en la toma de la última casa abastecida, se tomó en cuenta la más lejana al sistema de distribución ya que debido a su distancia y tiempo en recorrerla se determina si cumple o no los límites permisibles para su consumo. Se realizó la toma enjuagando 3 veces el frasco a analizar y procediendo a las respectivas mediciones.

Análisis de ph, con el uso del phmetro ya calibrado:

Los parámetros in situ se determinan de acuerdo a los métodos usados en el laboratorio LDÍA Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la EPN.

Se tomó un frasco de vidrio de muestra, se prendió el equipo y destapando el electrodo del capuchón del phmetro se introdujo el electrodo en el vaso, hasta obtener la lectura estabilizada del pH. Para realizar las siguientes mediciones se limpió el electrodo con agua destilada y en cada muestra se hizo tres repeticiones.



Figura 28 Medición de pH-análisis in situ
Fuente: El autor, 2019

Análisis de Oxígeno disuelto, medidor de oxígeno disuelto HACH

Se tomó 50 ml de muestra, se encendió el medidor Hach, hasta que se estabilice se procedió a meter la sonda en la muestra, se esperó hasta que se estabilice nuevamente y se anotó los resultados en mg/L.



Figura 29 Medición de oxígeno disuelto
Fuente: El autor, 2019

Análisis de Turbiedad, turbidímetro HACH 2100P

Para la medición de la turbidez se utilizó el método nefelométrico, se prendió el equipo esperando su estabilización, se utilizó las celdas del equipo en la cual una celda contenía agua destilada (utilizada como el blanco) y otra celda se homogeneizó con la muestra, se procedió a llenarla hasta la línea indicadora, se secó cuidadosamente la celda y se insertó la celda en el espacio determinado, y finalmente se registró los datos.



Figura 30 Medición de turbidez
Fuente: El autor, 2019

Análisis de conductividad y temperatura, uso del conductímetro

Para medir conductividad y temperatura se prendió el conductímetro, se enjuagó el electrodo para proceder a la medición, se tomó una muestra de 50 ml y se procedió a insertar el electrodo en la muestra, se esperó hasta que se establezca la medición y finalmente se anotaron los resultados.



Figura 31 Medición de conductividad y temperatura
Fuente: El autor, 2019

Análisis de cloro Libre residual, con medidor de Hach de Cloro Libre

Para la medición del cloro libre residual se tomó una muestra de 600 ml, se homogenizo y se tomó 10 ml en una celda, se tomó otra celda de 10 ml y se colocó agua destilada en la misma, ésta sirvió como blanco para encerar el equipo, a continuación se insertó la celda con la muestra de agua en el medidor de cloro libre HACH, se esperó un momento hasta su lectura y se anotó los resultados.



Figura 32 Medidor de cloro libre residual
Fuente: El autor, 2019



Figura 33 Toma de muestras en el la válvula de desagüe
Fuente: El autor, 2019

Al terminar el análisis in situ en cada uno de los puntos se procedió a llevar la muestra al laboratorio de docencia de Ingeniería Ambiental para sus respectivos análisis.

A continuación un ejemplo de las fichas utilizadas para la toma de muestras:

FICHA DE MUESTREO	
Lugar:	San Francisco de Cruz Loma-Punto 1
Fecha :	01/10/2019
Hora de muestreo:	6:27 AM
Nombre de la persona que muestreo:	Katherin Andrango
Temperatura de la muestra	6.5°C
Cantidad de agua muestreada	50 ml
Tipo de análisis a realizarse:	In situ, conductividad, alcalinidad, pH, T°, oxígeno disuelto, cloro libre.
Condiciones climáticas:	Un poco nublado- entre invierno y verano



Figura 34 Muestra de agua para análisis de laboratorio en el Ldía
Fuente: El autor, 2019

El almacenamiento desde el lugar de la toma hasta el laboratorio fue en el cooler con hielo, cuidando de que se mantenga a 4°C, se procedió a realizar los análisis respectivos, la cadena de custodia se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN 2169:2013 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

El muestreo para análisis bacteriológico se realizó con frascos ámbar esterilizados en autoclave y se usó tiosulfato de sodio en la muestra de agua que contenía cloro para evitar que el cloro continúe eliminando bacterias mientras se transporta al su determinado análisis.

2.9 Muestreo de agua y análisis de muestras en el laboratorio

Sólidos

Análisis de sólidos Totales. Es la cantidad de materia resultando después de una evaporación entre 103° y 105°C. Para ello se requiere tarar el crisol, (P_0), posteriormente se coloca 50 ml de muestra en el crisol registrando la medida, V_{m1} , teniendo el crisol con la muestra se lleva a la estufa por 24 horas. Para la lectura de los sólidos a las 24 horas se llevó al desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente y se registró el nuevo peso del crisol. P_1 .

Análisis de sólidos Sedimentables. Para ello se procedió a tomar 1 litro de muestra homogeneizada y se dejó decantar por 45 minutos removiendo con movimientos verticales con ayuda de una varilla de vidrio para que resbalen las partículas adheridas a las paredes del cono imhoff, esperamos 15 minutos más y se lee la cantidad de sólidos sedimentados.



Figura 35 Análisis de sólidos sedimentables
Fuente: El autor, 2019

Sólidos disueltos: Con un crisol tarado se arma el equipo de filtración y se filtra una muestra de 50 ml de muestra, se colocó en el crisol y se evaporó por un día, se llevó al desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente, se registró el Peso 1, y también el peso inicial del crisol previamente tarado (P_0).



Figura 36 Tarado de los crisoles
Fuente: El autor, 2019

A continuación se lleva el crisol a la mufla a 550 °C, durante 20 minutos y se esperó a que se enfríe a temperatura ambiente, se registró el nuevo peso del crisol.

Con los resultados respectivos se determinó lo siguiente:

Sólidos Disueltos Totales (SDT)	$SDT = \frac{P_1 - P_0}{Vm_3}$
------------------------------------	--------------------------------

Color verdadero. Es un método que se realiza en el espectrofotómetro, tomando 80 ml de muestra y se filtra al vacío, se usa 10 ml del filtrado en una celda de 10 ml y haciendo uso del otra celda igual se encera con agua destilada en el programa de Color 455 nm que nos da resultados en unidades de Pt-Co

Color aparente. Se colocó 10 ml de muestra en una celda y 10 ml de agua destilada en otra, de manera que se enceró con el agua destilada y se obtuvo el valor del color aparente en la otra, el programa nos dio resultados en unidades de Pt-Co (Platino Cobalto)



Figura 37 Medición de color con uso de espectrofotómetro

Fuente: El autor, 2019

Análisis de Alcalinidad. A una muestra de 100 ml en un Erlenmeyer se midió el pH, si era mayor a 8.3 se determinó alcalinidad a la fenolftaleína, al contrario se determinó solo alcalinidad total, luego se añadió 3 gotas de indicador de fenolftaleína, si aparecía el color rosa, se tituló con H_2SO_4 0.02N hasta un vire incoloro, caso contrario, se determinaba los carbonatos en cero, se anotó la cantidad de ácido utilizado, luego se agregó 2 gotas de naranja de metilo y se tituló con H_2SO_4 0.02 N hasta que varió del color amarillo al naranja (pH= 4.5), finalmente se anotó el volumen de H_2SO_4 utilizado, que expresa los mg/L de carbonato de calcio CaCO_3 .



Figura 38 Titulación para análisis de alcalinidad
Fuente: El autor, 2019

Determinación de dureza total. A 25 ml de muestra de agua en un Erlenmeyer se añadió 5 gotas de solución buffer de pH 10 y con ayuda de una espátula se agregó negro de ericromo, se homogeneizó, se tornó a purpura y se tituló con EDTA hasta el vire de color a azul y se anotó el volumen de EDTA utilizado.

Determinación de dureza cálcica. A 25 ml de muestra en un Erlenmeyer se añadió 3 gotas de NaOH 0,4 M y cristales de murexida, se homogeneizó y se tituló con EDTA hasta el vire de color violeta, al final se anotó el volumen de titulación

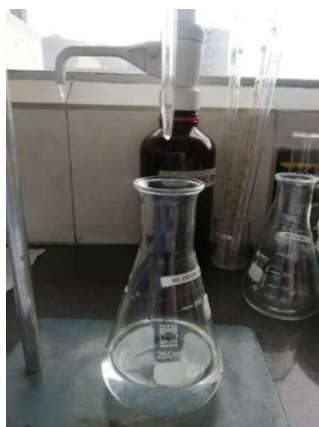


Figura 39 Titulación para análisis de dureza
Fuente: El Autor

Análisis de DQO. Se homogeneizó la muestra a ensayar, se pre calentó el digestor a 150 °C, se utilizó los viales para DQO Low Range (rango bajo) debido a que las fuentes de agua son crudas y consecuentemente poseen baja carga contaminante a degradarse, se destapa el vial y se sostiene por la parte superior a continuación usando la pipeta y pera, se pipeteó 2 ml de muestra y se colocó en el vial con un ángulo de 45°C, se tapa herméticamente y se agita 12 veces.

Se realizó el mismo procedimiento pero con un vial usando agua destilada, luego se colocó los viales en el digestor precalentado y se esperó un rango de 2 horas y 15 minutos más para poder manejarlos adecuadamente y se procedió a leer los resultados utilizando el espectrofotómetro HACH y respectivo programa.

Se enceró el equipo con el vial tratado con agua destilada y a continuación se leyó el DQO en los viales que contienen las muestras de agua cruda.



Figura 40 Digestión de viales para análisis de DQO
Fuente: El autor, 2019

Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O).

El volumen de la muestra a analizar se determinó partiendo de la DBO₅ esperada, se calculó a partir de la DQO

$$DBO_5 \text{ esperado} = 80\% \times DQO$$

Tabla 15 Volumen de la muestra en función del rango de medida de DBO₅ esperado

Volumen de la muestra [ml]	Rango de medida [mg/l]	Factor
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50

Debido a que el análisis de DQO fue bajo se procedió a tomar un volumen de muestra de 432 ml, se agregó la barra magnética, se colocó el capuchón junto con las 2 pastillas de NaOH, finalmente se colocó el oxytop y se oprimió tanto el botón S y el M al mismo tiempo por 2 segundos para encerrarlos, y se los metió en la incubadora por el tiempo de 5 días.



Figura 41 Determinación de DBO₅
Fuente: El autor, 2019

Análisis de Coliformes. Para Coliformes totales y fecales se tomó 1 L de agua en botellas ámbar, previamente autoclavadas y luego se las envió al Laboratorio Centrocésal para su respectivo análisis, debido a que por razones externas se terminó el tiempo de uso del laboratorio Ldía.

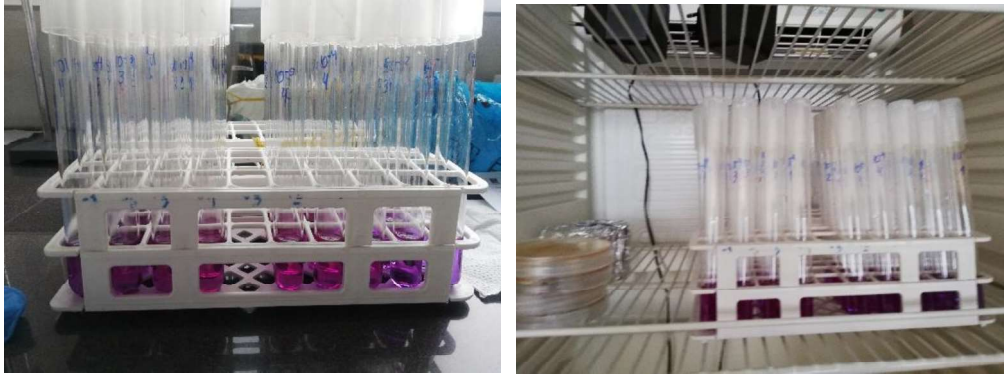


Figura 42 Determinación de coliformes totales
Fuente: El autor, 2019

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Factores que intervienen en el consumo de agua en la comunidad San Francisco de Cruz Loma

En San Francisco de Cruz Loma la pérdida de población más joven se vio afectado por la emigración debido a la crisis económica a partir del año 2000 (Identificado por el número de residentes en las encuestas), los habitantes han salido permanentemente a la ciudad o muchos de ellos trabajan de lunes a viernes en la ciudad y luego se dirigen a su hogar en la comunidad, se pudo observar además que la comunidad está intrínsecamente comprometida con el buen uso y cuidado del agua.

Se pudo determinar mediante las encuestas que la comunidad paga un total de 2.50 USD por familia que se abastece de este servicio, no se tiene en cuenta la cantidad de agua consumida, todos están comprometidos con el buen uso y consumo.

En el factor del medio urbano, se tiene en cuenta que la zona en la cual se ubica la comunidad es un área de Intervención Especial y Recuperación (AIER).

Mediante las encuestas realizadas se pudo observar lo siguiente:

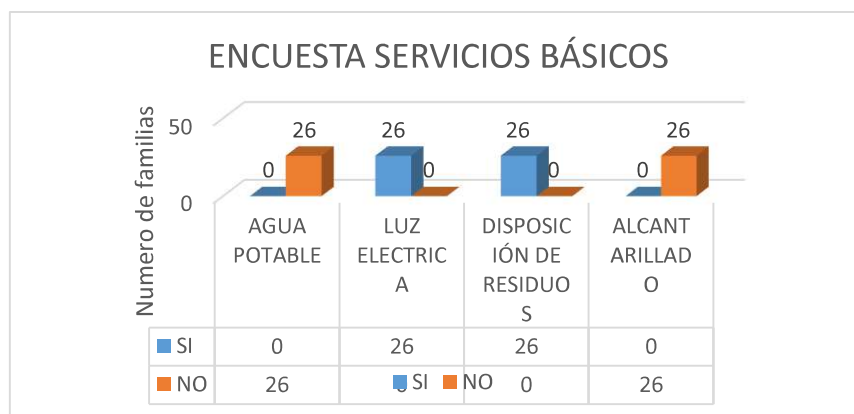


Figura 43 Encuesta de servicios básicos en la comunidad San Francisco de Cruz Loma
Fuente: El autor, 2019

Mediante las encuestas también se pudo determinar que la comunidad está consciente de la importancia del agua para la comunidad, hace dos años la cantidad y calidad de agua que la comunidad podía utilizar era muy baja, además gracias al sistema de tratamiento la comunidad está satisfecha, aunque el 70 % objetó que usualmente el olor y sabor a cloro es un poco fuerte y por eso la hierven para su consumo.

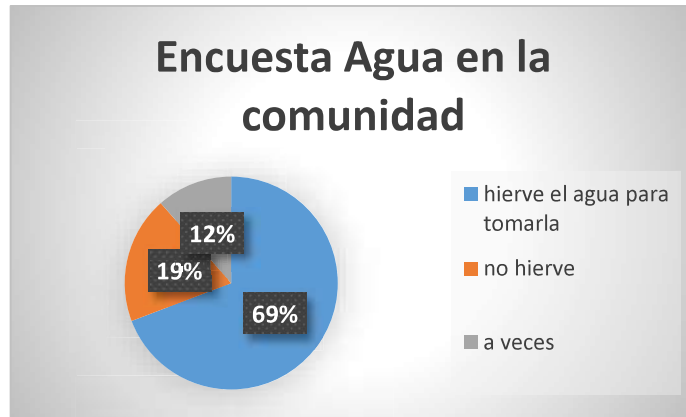


Figura 44 Encuesta de si hierven el agua en la vivienda
Fuente: El autor, 2019

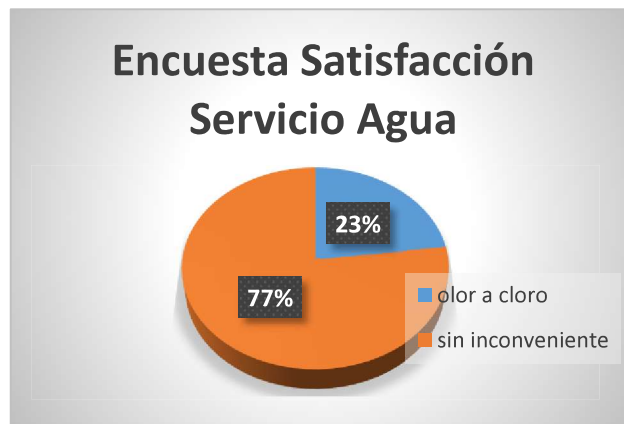


Figura 45 Encuesta de satisfacción con el servicio de agua
Fuente: El autor, 2019

3.2 Simulación Hidráulica

A continuación se presenta los resultados de la simulación hidráulica, la cual consta de dos partes la primera que va desde la captación hasta el tanque de tratamiento y la segunda que va desde el tanque de tratamiento hasta la última casa abastecida. Se modeló de acuerdo a la información en el Anexo I.

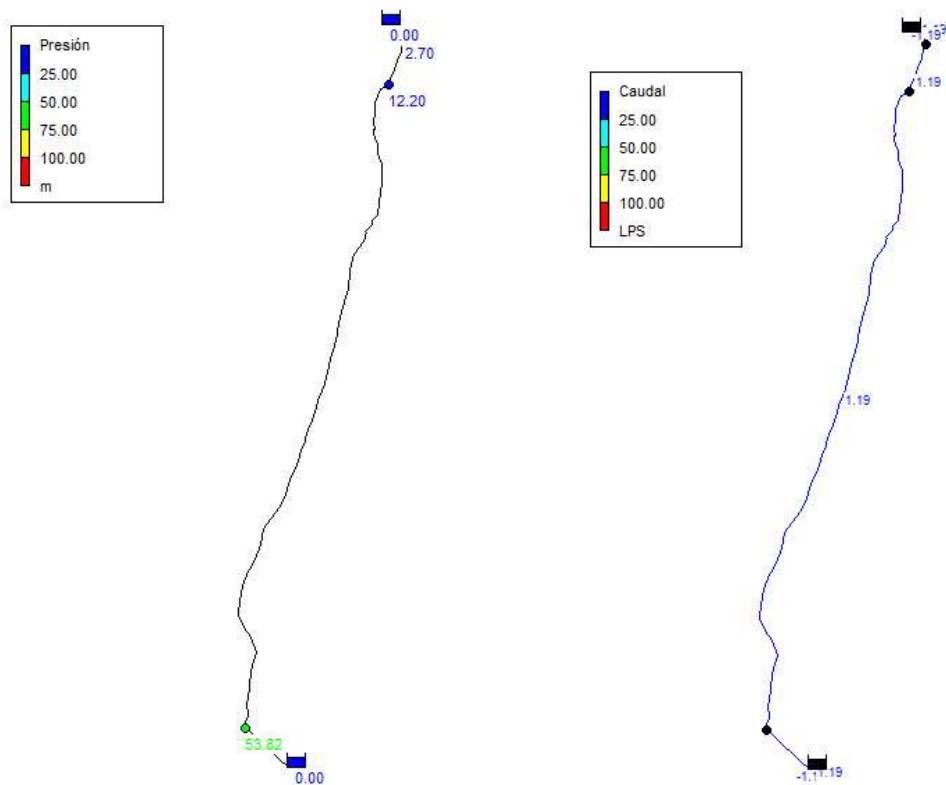


Figura 46 Simulación hidráulica desde las captación hasta el tanque de tratamiento
Fuente: El autor, 2019

En este tramo se cumple con las normas de presiones establecidas. Se tomó en cuenta los diámetros de tuberías de casas comerciales, que establecen que para una tubería de 50 mm, esta puede soportar hasta unos 1,25 Mega pascales [MPa] de presión que equivalen a 127,4 metro de columna de agua [mca],

En la simulación se buscó comparar el caudal aforado con el calculado mediante las características de la tubería instalada, el software EPANET fue programado para utilizar la ecuación de Hazen-Williams, donde la incógnita era el caudal que transitaba por este tramo, para un material y diámetro determinado, conociendo que las pérdidas de carga por fricción y accesorios determinen las cotas del nivel de agua en la captación y en el tanque de almacenamiento.

Como se puede observar el caudal calculado es de 1,19 L/s, mientras que el caudal aforado fue de 1,26 L/s; por lo que se comprueba que por el sistema está transitando este valor de caudal.

Tabla 16 Resultados la simulación hidráulica Software Epanet desde la captación hasta el tanque de tratamiento

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Descripción	m	m	m
Conexión n1	Vertiente	3710	3710.7	0.7
Conexión n2	vertiente	3708	3710.7	2.7
Conexión n3	Pozo de captación	3698.5	3710.7	12.2
Conexión n4	Pozo de revisión SFCL	3646.8	3700.62	53.82
Conexión n5	Tanque de tratamiento	3662	3664.37	2.37

Tabla 17 Resultados de la simulación hidráulica en el Software Epanet desde la captación hasta el tanque de tratamiento

Tabla de Red - Líneas									
	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	D mínimo
ID Línea		m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		si/ no (x)
Tubería p1	Vertiente - vertiente	31.68	300	0.12	1.19	0.02	0.01	0.195	
Tubería p2	vertiente-captación	69.92	300	0.12	1.19	0.02	0	0.088	
Tubería p3	captación -pozo de revisión SFCL	917.5	50	0.12	1.19	0.61	10.99	0.029	
Tubería p4	Pozo de revisión SFCL- Tanque de tratamiento	86.22	25	0.12	-1.19	2.43	420.45	0.035	
Tubería 1	Embalse a Vertiente	1	300	0.1	-1.19	0.02	0	0	
Tubería 2	Embalse a Tanque de tratamiento	1	25	0.1	1.19	2.43	366.41	0.031	

Se estableció de esta manera que la línea de aducción cumple con la norma EPMAPS que establece una tubería de para conexiones en zonas rurales es de 2".

La presión en los nodos está dentro del límite máximo, sin embargo existen puntos que no cumplen presión mínima.

Tabla 18 Resultados obtenidos de la simulación hidráulica sistema Estático

Tabla de Red - Nudos							
ID Nudo	Descripción	Cota m	Altura msnm	Presión mH2O	Presión Norma m.c.a		Presión mínima soportada por tuberías comerciale s (1,25Mpa)
					mínima 10	máxima 60	
Conexión n1	Pozo de revisión SFCL	3646	3664	18			
Conexión n2	Tanque de tratamiento	3662.8	3664	1.2	x		
Conexión n3	Casa 1	3632	3664	32			
Conexión n4	Casa 2	3632	3664	32			
Conexión n5	Válvula de distribución	3610	3664	54			
Conexión n6	Casa 9	3599	3664	65		x	
Conexión n7	Casa 4	3611	3664	53			
Conexión n8	Casa 5	3613	3664	51			
Conexión n9	Casa 6	3614	3664	50			
Conexión n10	desvío casa 10	3607	3664	57			
Conexión n11	Casa 7	3597	3664	67		x	
Conexión n12	Casa 8	3597	3664	67		x	
Conexión n13	Casa 10	3593	3664	71		x	
Conexión n14	Casa 11	3593	3664	71		x	
Conexión n15	Desvío casa 13	3589	3664	75		x	

	Descripción	Cota	Altura	Presión	Presión Norma m.c.a mín/máx		Presión mínima soportada por tuberías comerciale s (1,25Mpa)
Conexión n16	Casa 13	3585	3664	79		x	
Conexión n17	Llave 1	3581	3664	83		x	
Conexión n18	Desvío casa 16	3582	3664	82		x	
Conexión n19	Casa 16	3582	3664	82		x	
Conexión n20	Casa 14	3581	3664	83		x	
Conexión n21	Casa 15	3578	3664	86		x	
Conexión n22	Desvío casa 17	3573	3664	91		x	
Conexión n23	Llave 2	3553.3	3664	110.7		x	
Conexión n24	Desvío casa 18	3553	3664	111		x	
Conexión n25	Desvío casa 22	3518	3664	146		x	x
Conexión n26	Desvío casa 19	3500	3663.99	163.99		x	x
Conexión n27	Desvío casa 20	3480	3663.99	183.99		x	x
Conexión n28	Casa 20	3482	3663.99	181.99		x	x
Conexión n29	Casa 21	3470	3663.99	193.99		x	x
Conexión n30	Valvula desagua LL3	3465	3663.99	198.99		x	x
Conexión n31	Casa 22	3486	3664	178		x	x
Conexión n32	Casa 23	3474	3664	190		x	x
Conexión n33	Casa 12	3593	3664	71		x	

	Descripción	Cota	Altura	Presión	Presión Norma m.c.a mín/máx		Presión mínima soportada por tuberías comerciales (1,25Mpa)
Conexión n34	Desvío C3	3632	3664	32			
Conexión n35	Llave 4	3555	3664	109		x	
Conexión n36	Casa 24-25	3548	3664	116		x	
Conexión n37	Casa 26	3547	3664	117		x	
Conexión n38	Casa 19	3500	3663.99	163.99		x	x
Conexión n39	Casa 3	3615	3664	49			
Conexión n40	Casa 17	3573	3664	91		x	
Conexión n41	Casa 18	3538	3664	126		x	
Embalse 1	Embalse a Tanque de tratamiento	3664	3664	0	x		
*Presiones que no cumplen la norma en color amarillo. *Tuberías comerciales que no soportan la presión en color rojo.							

Se puede apreciar que las presiones en ciertos nodos correspondientes a la casa 19 hacia abajo, exceden la norma y esto podría estar provocando la rotura o fallo de tuberías en el sistema, sin embargo si se presentan inconvenientes se puede cambiar la tubería por otra de mejor calidad que soporta dichas presiones.

Sistema de desagüe. Se determinaron los siguientes datos, en el gráfico se muestran los caudales en las tuberías y en los nodos se muestra las presiones.

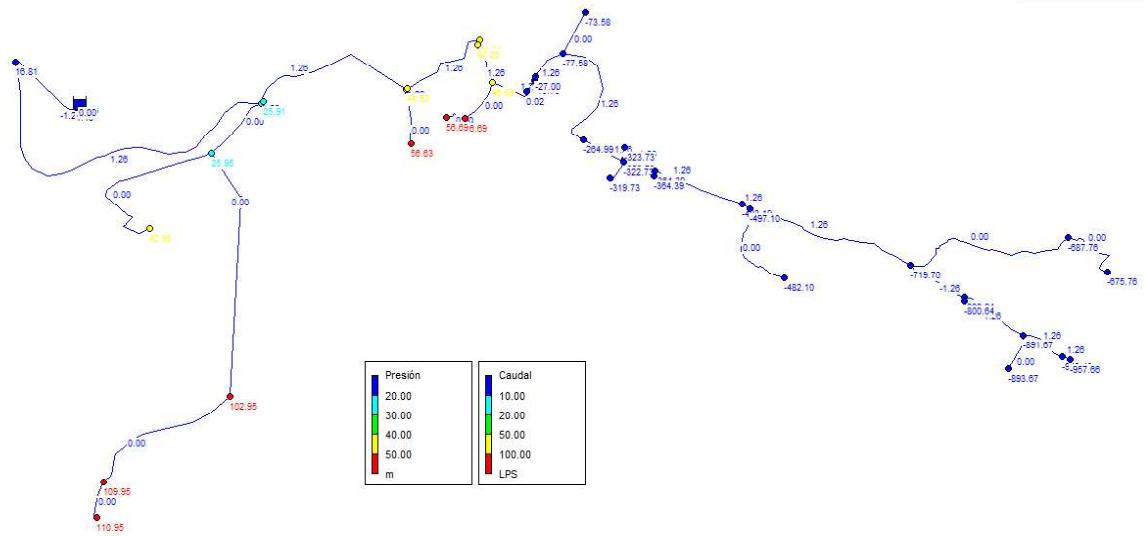


Figura 48 Simulación del sistema de desagüe

Tabla 19 Resultados de la simulación hidráulica Sistema de desagüe

Tabla de Red - Nodos							
ID Nudo	Descripción	Cota m	Altura m	Presión m	Presión		Presión máxima soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa) Si/No soporta
					mínima 10 m	máxima a 60 m	
Conexión n1	Pozo de revisión SFCL	3646	3662.81	16.81			
Conexión n2	Tanque de tratamiento	3662.8	3663.99	1.19	x		
Conexión n3	Casa 1	3632	3657.95	25.95			
Conexión n4	Casa 2	3632	3657.91	25.91			
Conexión n5	Válvula de distribución	3610	3655.63	45.63			
Conexión n6	Casa 9	3599	3655.63	56.63			
Conexión n7	Casa 4	3611	3655.6	44.6			
Conexión n8	Casa 5	3613	3654.34	41.34			
Conexión n9	Casa 6	3614	3654.23	40.23			
		Cota	Altura	Presión	Presión m.c.a		Presión máxima

					min/max		soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa)
Conexión n10	desvío casa 10	3607	3653.69	46.69			
Conexión n11	Casa 7	3597	3653.69	56.69			
Conexión n12	Casa 8	3597	3653.69	56.69			
Conexión n13	Casa 10	3593	3593.02	0.02	x		
Conexión n14	Casa 11	3593	3573.25	-19.75	x		
Conexión n15	Desvío casa 13	3589	3511.42	-77.58	x		
Conexión n16	Casa 13	3585	3511.42	-73.58	x		
Conexión n17	Llave 1	3581	3316.01	-264.99	x		
Conexión n18	Desvío casa 16	3582	3258.27	-323.73	x		
Conexión n19	Casa 16	3582	3258.27	-323.73	x		
Conexión n20	Casa 14	3581	3258.27	-322.73	x		
Conexión n21	Casa 15	3578	3258.27	-319.73	x		
Conexión n22	Desvío casa 17	3573	3208.61	-364.39	x		
Conexión n23	Llave 2	3553.3	3070.11	-483.19	x		
Conexión n24	Desvío casa 18	3553	3055.9	-497.1	x		
Conexión n25	Desvío casa 22	3518	2798.24	-719.76	x		
Conexión n26	Desvío casa 19	3500	2699.36	-800.64	x		
Conexión n27	Desvío casa 20	3480	2588.33	-891.67	x		
Conexión n28	Casa 20	3482	2588.33	-893.67	x		
Conexión n29	Casa 21	3470	2520.57	-949.43	x		

	Descripción	Cota	Altura	Presión	Presión m.c.a min/max		Presión máxima soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa)
Conexión n30	Válvula desagua LL3	3465	2507.34	-957.66	x		
Conexión n31	Casa 22	3486	2798.24	-687.76	x		
Conexión n32	Casa 23	3474	2798.24	-675.76	x		
Conexión n33	Casa 12	3593	3566	-27	x		
Conexión n34	Desvío C3	3632	3657.95	25.95			
Conexión n35	Llave 4	3555	3657.95	102.95		x	
Conexión n36	Casa 24-25	3548	3657.95	109.95		x	
Conexión n37	Casa 26	3547	3657.95	110.95		x	
Conexión n38	Casa 19	3500	2699.36	-800.64	x		
Conexión n39	Casa 3	3615	3657.95	42.95			
Conexión n40	Casa 17	3573	3208.61	-364.39	x		
Conexión n41	Casa 18	3538	3055.9	-482.1	x		
Embalse 1	Embalse a Tanque de tratamiento	3664	3664	0	x		
*Presiones que no cumplen la norma en color amarillo. *Tuberías comerciales que no soportan la presión color rojo.							

Esta simulación se la realizó en el peor escenario donde todo el caudal de captación es descargado a través de la válvula de desague que se encuentra al final del sistema. Se concluye que existen presiones sumamente bajas evidenciadas con color rojo, estas presiones provocarían el fallo en la tubería debido a las subpresiones, por lo que se recomienda no utilizar este método de mantenimiento del sistema.

Tabla 20 Resultados de la simulación hidráulica del Sistema de desagüe

Tabla de red -Líneas								
	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea		m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
Tubería p1	Tanque Tratamiento a Pozo Revision SFCL	87.56	50	0.12	-1.26	0.64	13.5	0.032
Tubería p2	Pozo revisión SFCL a C1	395.7	50	0.12	1.26	0.64	12.26	0.029
Tubería p3	C1-C2	2.828	50	0.12	1.26	0.64	14.31	0.034
Tubería p4	C2-Válvula distribuidora	185.4	50	0.12	1.26	0.64	12.33	0.029
Tubería p5	Válvula a C9	60.93	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p6	Válvula a C4	1.414	50	0.12	1.26	0.64	16.42	0.039
Tubería p7	C4 a C5	103.2	50	0.12	1.26	0.64	12.29	0.029
Tubería p8	C6 a desvío C10	46.52	50	0.08	1.26	0.64	11.52	0.027
Tubería p9	C7 a C8	25.24	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p10	Desvío a C10	43.94	20	0.12	1.26	4.02	1380.77	0.034
Tubería p11	C10 a C11	14.21	20	0.12	1.26	4.02	1391.72	0.034
Tubería p12	Desvío a C13	50.12	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p13	Desvío a Llave 1	142	20	0.12	1.26	4.02	1376.18	0.033
Tubería p14	Desvío después de llave 1 a C16	13.51	20	0.12	0	0	0	0

	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
Tubería p15	Desvío después de llave 1 a C14	3.41	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p16	C14 a C15	31.98	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p17	A desvío Casa 17	36.11	20	0.12	1.26	4.01	1375.33	0.034
Tubería p18	A llave 2	100.8	20	0.12	1.26	4.01	1373.96	0.033
Tubería p19	Llave 2 a desvío C18	10.3	20	0.12	1.26	4.01	1379.68	0.034
Tubería p20	Desvío C18 a desvío C22	187.7	20	0.12	1.26	4.01	1372.75	0.033
Tubería p21	Desvío C19 a desvío C20	80.94	20	0.12	1.26	4.01	1371.74	0.033
Tubería p22	Desvío a C20	39.88	20	0.12	0	0	0.01	0
Tubería p23	Desvío a C20 a C21	49.26	20	0.12	1.26	4.01	1375.61	0.034
Tubería p24	C21 a Válvula desagüe	9.487	20	0.12	1.26	4.01	1394.44	0.034
Tubería p25	Desvío a Casa 22	194.8	20	0.12	0	0	0.02	0
Tubería p26	C22 a C23	78.86	20	0.12	0	0	0.01	0
Tubería p27	C11 a C12	5.099	20	0.12	1.26	4.02	1420.68	0.035
Tubería p28	C4 a C5	8.193	50	0.12	-1.26	0.64	12.93	0.031
Tubería p29	C1 a desvío C3	77.4	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p30	Desvío a Llave 4	272.2	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p31	Llave 4 a C2425	174.2	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p32	C12 a desvío C13	39.63	20	0.12	1.26	4.02	1377.19	0.033
Tubería p33	C25 a C26	42.94	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p34	Llave 1 a desvío C16	41.92	20	0.12	1.26	4.02	1377.29	0.033

	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
Tubería p36	Desvío a C19	4.12	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p37	Desvío a C3	207.23	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p38	Desvío a C7	49.22	50	0.12	0	0	0	0
Tubería p39	Desvío a C17	5.414	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p40	Desvío a C18	105.53	20	0.12	0	0	0	0
Tubería p41	Desvío C22 a desvío C19	71.88	20	0.12	-1.26	4.01	1375.61	0.034
Tubería 1	Embalse a Tanque de tratamiento	1	50	0.12	-1.26	0.64	12.2	0.029

La tabla anterior presenta las velocidades excedidas de acuerdo a la Norma EPMAPS que es de 3m/s y se evidencian con color amarillo, consecuentemente puede dañar los equipos debido a la fuerza con la que se realiza el desagüe.

Sistema Dinámico. A continuación los resultados obtenidos del sistema dinámico, para el cual se tomó el valor del caudal obtenido en la medición de aforo, un caudal de 1,20 L/s, la demanda en los nodos se obtuvo dividiendo el valor del caudal entre las 26 familias que se abastecen del servicio, siendo 0.046 L/s.

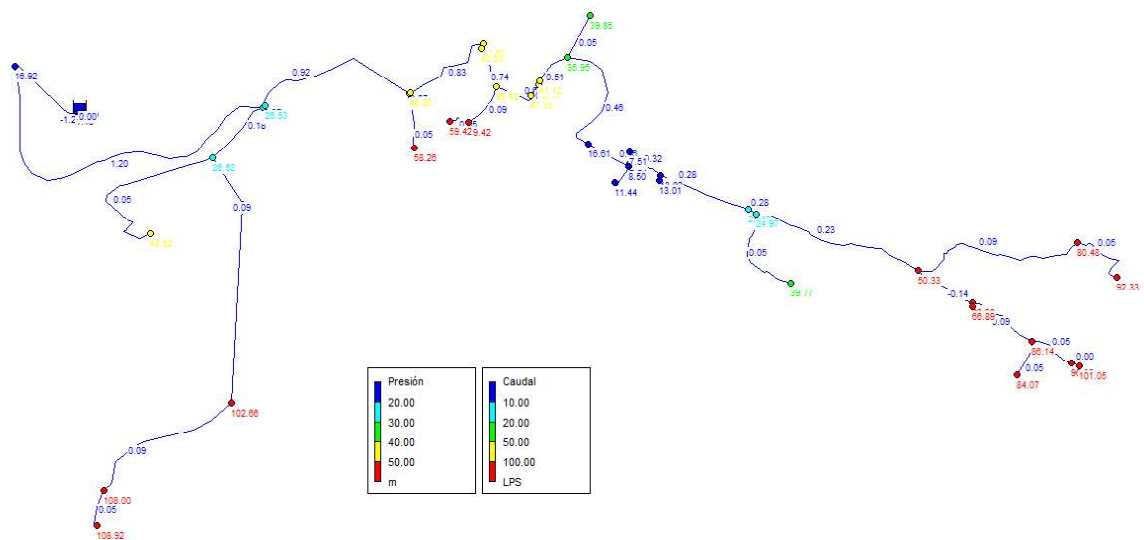


Figura 49 Modelación Sistema Dinámico

Fuente: El autor, 2019.

Tabla 21 Resultados obtenidos de la simulación del Sistema Dinámico
Fuente: El autor, 2019

Tabla de Red - Nudos									
	Descripción	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión	Presión		Presión máxima soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa)
ID Nudo		m	LPS	LPS	m	m	mínima 10	máxima 60	Si soporta/no soporta
Conexión n1	Pozo de revisión SFCL	3646	0	0	3662.92	16.92			
Conexión n2	Tanque de tratamiento	3662.8	0	0	3663.99	1.19	x		
Conexión n3	Casa 1	3632	0.046	0.05	3658.55	26.55			
Conexión n4	Casa 2	3632	0.046	0.05	3658.53	26.53			
Conexión n5	Válvula de distribución	3610	0	0	3657.26	47.26			
Conexión n6	Casa 9	3599	0.046	0.05	3657.26	58.26			
Conexión n7	Casa 4	3611	0.046	0.05	3657.25	46.25			
Conexión n8	Casa 5	3613	0.046	0.05	3656.68	43.68			
Conexión n9	Casa 6	3614	0.046	0.05	3656.63	42.63			
Conexión n10	desvío casa 10	3607	0	0	3656.43	49.43			
Conexión n11	Casa 7	3597	0.046	0.05	3656.42	59.42			
Conexión n12	Casa 8	3597	0.046	0.05	3656.42	59.42			
Conexión n13	Casa 10	3593	0.046	0.05	3640.15	47.15			
Conexión n14	Casa 11	3593	0.046	0.05	3635.56	42.56			
Conexión n15	Desvío casa 13	3589	0	0	3624.95	35.95			

	Descripción	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión	Presión Mca Mín/máx		Presión máxima soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa)
Conexión n16	Casa 13	3585	0.046	0.05	3624.85	39.85			
Conexión n17	Llave 1	3581	0	0	3597.61	16.61			
Conexión n18	Desvío casa 16	3582	0	0	3589.54	7.54	x		
Conexión n19	Casa 16	3582	0.046	0.05	3589.51	7.51	x		
Conexión n20	Casa 14	3581	0.046	0.05	3589.5	8.5	x		
Conexión n21	Casa 15	3578	0.046	0.05	3589.44	11.44			
Conexión n22	Desvío casa 17	3573	0	0	3586.02	13.02			
Conexión n23	Llave 2	3553.3	0	0	3578.72	25.42			
Conexión n24	Desvío casa 18	3553	0	0	3577.97	24.97			
Conexión n25	Desvío casa 22	3518	0	0	3568.33	50.33			
Conexión n26	Desvío casa 19	3500	0	0	3566.9	66.9		x	
Conexión n27	Desvío casa 20	3480	0	0	3566.14	86.14		x	
Conexión n28	Casa 20	3482	0.046	0.05	3566.07	84.07		x	
Conexión n29	Casa 21	3470	0.046	0.05	3566.05	96.05		x	
Conexión n30	Válvula desagüe LL3	3465	0	0	3566.05	101.05		x	
Conexión n31	Casa 22	3486	0.046	0.05	3566.48	80.48		x	
Conexión n32	Casa 23	3474	0.046	0.05	3566.33	92.33		x	
Conexión n33	Casa 12	3593	0.046	0.05	3634.12	41.12			

Conexión	Descripción	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión	Presión m.c.a mín/máx	Presión máxima soportada por tuberías comerciales (1,25 Mpa)
Conexión n34	Desvío C3	3632	0.046	0.05	3658.52	26.52		
Conexión n35	Llave 4	3555	0	0	3657.66	102.66	x	
Conexión n36	Casa 24-25	3548	0.046	0.05	3656	108	x	
Conexión n37	Casa 26	3547	0.046	0.05	3655.92	108.92	x	
Conexión n38	Casa 19	3500	0.046	0.05	3566.89	66.89	x	
Conexión n39	Casa 3	3615	0.046	0.05	3658.52	43.52		
Conexión n40	Casa 17	3573	0.046	0.05	3586.01	13.01		
Conexión n41	Casa 18	3538	0.046	0.05	3577.77	39.77		
*Presiones que no cumplen la norma en color amarillo.								
*Tuberías comerciales que no soportan la presión en color rojo.								

ID Línea	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad EPMAPS
		m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		máxima 3 m/s
Tubería p1	Tanque Tratamiento a Pozo Revisión SFCL	87.56	50	0.12	-1.2	0.61	12.16	0.03	
Tubería p2	Pozo revisión SFCL a C1	395.7	50	0.12	1.2	0.61	11.05	0.03	
Tubería p3	C1-C2	2.828	50	0.12	0.97	0.49	8.53	0.04	
Tubería p4	C2-Válvula distribuidora	185.4	50	0.12	0.92	0.47	6.81	0.03	

	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad Epmaps
Tubería p5	Válvula a C9	60.93	50	0.12	0.05	0.02	0.03	0.05	
Tubería p6	Válvula a C4	1.414	50	0.12	0.87	0.44	8	0.04	
Tubería p7	C4 a C5	103.2	50	0.12	0.83	0.42	5.58	0.03	
Tubería p8	C6 a desvío C10	46.52	50	0.12	0.74	0.37	4.49	0.03	
Tubería p9	C7 a C8	25.24	50	0.12	0.05	0.02	0.02	0.04	
Tubería p10	Desvío a C10	43.94	20	0.12	0.64	2.05	370.32	0.04	
Tubería p11	C10 a C11	14.21	20	0.12	0.6	1.9	323.17	0.04	
Tubería p12	Desvío a C13	50.12	20	0.12	0.05	0.15	1.87	0.03	
Tubería p13	Desvío a Llave 1	142	20	0.12	0.46	1.46	192.5	0.04	
Tubería p14	Desvío después de llave 1 a C16	13.51	20	0.12	0.05	0.15	1.87	0.03	
Tubería p15	Desvío después de llave 1 a C14	3.41	20	0.12	0.09	0.29	9.86	0.05	
Tubería p16	C14 a C15	31.98	20	0.12	0.05	0.15	1.87	0.03	
Tubería p17	A desvío Casa 17	36.11	20	0.12	0.32	1.02	97.26	0.04	
Tubería p18	A llave 2	100.8	20	0.12	0.28	0.88	72.49	0.04	
Tubería p19	Llave 2 a desvío C18	10.3	20	0.12	0.28	0.88	72.77	0.04	
Tubería p20	Desvío C18 a desvío C22	187.7	20	0.12	0.23	0.73	51.35	0.04	

	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad EPMAPS
Tubería p21	Desvío C19 a desvío C20	80.41	20	0.12	0.09	0.29	9.42	0.04	
Tubería p22	Desvío a C20	39.88	20	0.12	0.05	0.15	1.87	0.03	
Tubería p23	Desvío a C20 a C21	49.26	20	0.12	0.05	0.15	1.84	0.03	
Tubería p24	C21 a Válvula desagüe	9.487	20	0.12	0	0	0	0.00	
Tubería p25	Desvío a Casa 22	194.8	20	0.12	0.09	0.29	9.5	0.04	
Tubería p26	C22 a C23	78.86	20	0.12	0.05	0.15	1.86	0.03	
Tubería p27	C11 a C12	5.099	20	0.12	0.55	1.76	282.25	0.04	
Tubería p28	C4 a C5	8.19	50	0.12	-0.78	0.4	5.27	0.03	
Tubería p29	C1 a desvío C3	77.4	50	0.12	0.18	0.09	0.37	0.04	
Tubería p30	Desvío a Llave 4	272.2	25	0.12	0.09	0.19	3.17	0.04	
Tubería p31	Llave 4 a C2425	174.2	20	0.12	0.09	0.29	9.51	0.04	
Tubería p32	C12 a desvío C13	39.63	20	0.12	0.51	1.61	231.54	0.04	
Tubería p33	C25 a C26	42.94	20	0.12	0.05	0.15	1.86	0.03	
Tubería p34	Llave 1 a desvío C16	41.92	20	0.12	0.46	1.46	192.65	0.04	
Tubería p36	Desvío a C19	4.12	20	0.12	-0.05	0.15	1.95	0.04	
Tubería p37	Desvío a C3	207.23	50	0.12	0.05	0.02	0.03	0.06	

	Descripción	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad EPMAPS
Tubería p38	Desvío a C7	49.22	50	0.12	0.09	0.05	0.07	0.03	
Tubería p39	Desvío a C17	5.414	20	0.12	0.05	0.15	1.92	0.04	
Tubería p40	Desvío a C18	105.53	20	0.12	0.05	0.15	1.86	0.03	
Tubería p41	Desvío C22 a desvío C19	71.88	20	0.12	-0.14	0.44	19.83	0.04	
Tubería 1	Embalse a Tanque de tratamiento	1	50	0.12	-1.2	0.61	11.01	0.03	

*Tuberías que presentan velocidades mayores a los 3 m/s en color rojo.

El análisis dinámico da como resultado que en ciertos nodos las presiones exceden las máximas normadas y en otros nodos no se alcanza las presiones mínimas; esto podría estar ocasionando los problemas de rotura de la tubería por exceso de presión y la inconformidad de los usuarios que no tienen la presión suficiente.

3.3 Análisis del sistema de cloración

De acuerdo a la Norma Inen 1108 se debe poseer una remoción del 99% de coliformes, los resultados que se obtuvieron de los análisis de coliformes totales y fecales, antes del tratamiento es de 23 NMP y después del tratamiento de cloración se presentó un valor de 6.8 NMP, resultando en aproximadamente un 70% de remoción de coliformes en el último punto de muestreo, faltando un aproximado de 30 % por remover por acción del cloro.

Se tomó en cuenta la T° de 10°C y el valor de ph correspondiente a 7.5 que es el más cercano al obtenido en los análisis in situ y se determinó el tiempo de retención de la tercera tabla correspondiente a eliminación menor a 90% de coliformes. (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2009)

C	Ph 7.5	Tiempo de contacto en minutos
0.4	83	208
0.6	85	142
0.8	87	109
1	89	89

Mediante la fórmula de $V = Q * tr$

V= Volumen del tanque m³

Q= Caudal de ingreso L/s

Tc= Tiempo de contacto s

$$V = Q * tc$$

$$V = 1.20 \frac{Lt}{s} * \frac{60 s}{1 min} * \frac{1 m^3}{1000 lt} = 0.072 m^3/min * 142 min = 10.224 m^3$$

En base a los resultados del tiempo de contacto se puede notar que el volumen del tanque actual, 21 m³, no permite una adecuada desinfección.

$\frac{21 m^3}{0.072} = 292.6$ min serían los que se necesiten para tener una desinfección de por lo menos el 90%.

3.4 Caracterización de agua

Interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio

Resultados In situ. Mediante los resultados se determinó que la calidad del agua cruda es buena, es decir, sí cumple con los límites máximos permisibles para el uso de agua para consumo doméstico que solamente necesitan desinfección, como se indica en el TULSMA libro VI anexo I.

Los cuidados constantes a las vertientes, el compromiso de la comunidad de mantener al ganado alejado de las fuentes, han dado resultados.

Se pudo determinar también que cumple con los límites permisibles para los parámetros de pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto en los demás puntos de muestreo, sin embargo, no cumple los valores requeridos correspondientes a cloro libre residual

Tabla 22 Requisitos bacteriológicos
Fuente: Norma INEN 1108

Requisitos Microbiológicos	Limite Máximo permisible
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Resultados de análisis ex situ

Para realizar la comparación de los resultados se utilizó la Norma INEN 1108 además de la Norma Tulsma Libro VI anexo I, y se comparó con los cuadros que establecen límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección. Se obtuvieron los siguientes resultados, los parámetros de color aparente y verdadero no cumplen ninguna norma, es decir presentan sustancias disueltas que le dan el color respectivo.

El número de solidos disueltos si cumple, se debe tener en cuenta que la toma de muestra se realizó un día en el cual no había llovido, por lo tanto no había arrastre de sedimentos como los días que si llueve después de un tiempo prolongado de ausencia de lluvia.

La demanda química no presenta un valor ya que no se considera en la toma de agua cruda ya que tiene relevancia en su descarga a cuerpos de agua, sin embargo presentó un valor muy bajo, respectivo a aguas crudas bajamente contaminadas.

La demanda bioquímica al quinto día dio un resultado de 3 mg/L y de esta manera se estableció que es un agua bajamente contaminada, casi pura.

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA INEN 1108	TULSMA LIBRO VI ANEXO 1	ENTRADA TANQUE AL DE TRATAMIENTO	Cumple
					Si /No
Color aparente	Pt-Co	15	20	53	No
Color verdadero	Pt-Co	15	100	52	Si
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	500	15.4	si
DQO	mgO2/L		400	12	si
DBO	MgO2/L		2	3	no
Coliformes totales NMP/100 ml (1)	mg/L	<2*	50*	23	si
Coliformes fecales NMP/100	mg/L	<2*	-	23	-
Alcalinidad	mg/L			2.3	
Dureza total	mg/L		500	1	si

PARÁMETROS	UNIDADES	NORMA INEN 1108	TULSMA LIBRO VI ANEXO 1	Última casa/Válvula de desagüe	Cumple
					Si /No
Coliformes totales NMP/100 ml (1)	mg/L	<2*	50*	6.8	si
Coliformes fecales NMP/100	mg/L	<2*	-	6.8	No

Con el análisis de coliformes se determina que el sistema no está desinfectando de manera adecuada, ya que existe presencia de coliformes en la última casa y el cloro residual en esta tampoco cumple la normativa, debería ser mayor a 0.3, como dicta la norma, se recomienda aumentar la dosis de cloración haciendo un estudio respectivo en varias épocas del año de sólidos para determinar si es preciso poner en marcha un sedimentador que elimine los sólidos y actúe de manera adecuada el cloro.

3.5 Socialización con la comunidad

El día 20 de noviembre de 2019, a las 9:20 de la mañana, el Sr. Luis Enriquez firmó el documento entregable a la comunidad, en el cual constaron los resultados tanto de la simulación hidráulica, de laboratorio y del análisis del sistema de tratamiento.

Se explicó el trabajo realizado, las conclusiones, los puntos con mayor problema en la red de distribución, y se presentó alternativas a los problemas resultantes observados.

Se respondió a preguntas e inquietudes del Sr. Enriquez, quien es el encargado del funcionamiento del sistema de cloración, miembro de la Junta de Agua de la comunidad y

se comunicó los puntos en los cuales se puede necesitar cambio de tubería y cuáles serían las opciones, como se indica en el cuadro siguiente:

Tabla 23 Recomendaciones de casas comerciales para la red de distribución

Tabla de Red - Nudos			
ID Nudo	Descripción	Presión mH2O	Casas comerciales
Conexión n25	Desvío casa 22	146	pavco 3/4 de 400 psi y 281 mca Tigre hasta 204 mca plastigama hasta 204 mca
Conexión n26	Desvío casa 19	163.99	
Conexión n27	Desvío casa 20	183.99	
Conexión n28	Casa 20	181.99	
Conexión n29	Casa 21	193.99	
Conexión n30	Válvula desagüe LL3	198.99	
Conexión n31	Casa 22	178	
Conexión n32	Casa 23	190	
Conexión n38	Casa 19	163.99	

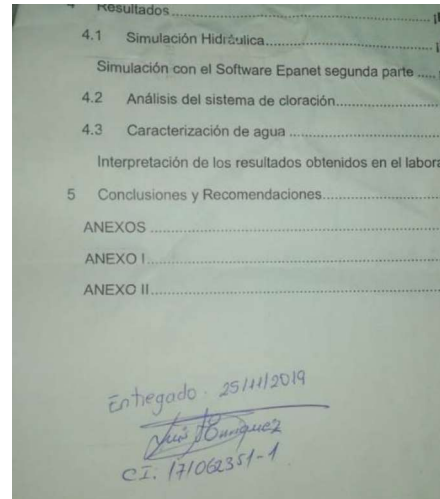


Figura 50 Entrega del documento físico de los resultados del proyecto
Fuente: El autor ,2019

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se realizó el catastro de todas las obras y accesorios del sistema de abastecimiento, desde la captación hasta la última casa abastecida, se observó que la captación se cierra cuando hay exceso de caudal de la red matriz, si existe un paso de exceso de caudal al tanque de regulación y tratamiento, este caudal es devuelto al sistema de conducción de la EPMAPS.
2. Como parte de la operación se coloca o se retira el flautín en el pozo de captación dependiendo de la época, para evitar que animales sean arrastrados por la corriente y evitar el paso de material que pueda taponar la entrada al tanque de tratamiento.
3. En base a los aforos realizados y a los caudales obtenidos teóricamente en base a la población futura y a las dotaciones, se observa que la comunidad tiene un exceso de caudal en su abastecimiento, esto debido a la poca cantidad de habitantes.
4. El caudal en exceso se dirige por medio de las tuberías de rebose y desagüe, las cuales pasan a través de la caja de tuberías y se dirigen hacia la tubería matriz.
5. En el levantamiento del GPS se utilizó un gps manual para el levantamiento de puntos geo referenciados, este no es un método de alta precisión, pero se logró obtener la mayor cantidad de satélites conectados al dispositivo, el levantamiento se realizó en una sola toma de puntos para que todos estén correlacionados entre sí, estos resultados se pueden evidenciar en la planimetría y perfiles del sistema de abastecimiento.
6. En la simulación hidráulica del estado estático del sistema se pudo evidenciar que en varios puntos de entrega las presiones eran sumamente altas, resultando en averías de las tuberías, debido a su presión, los valores exceden las normas e inclusive exceden las presiones máximas soportadas por las tuberías comerciales.
7. En el estado dinámico del sistema se pudo observar que las presiones y velocidades se cumplen pero no en su totalidad, existen zonas sobrepasando las presiones máximas permitidas en la norma y zonas que no alcanzan la presión mínima también en tuberías comerciales. En las zonas que hay presiones máximas se presentan daños en las tuberías, y existe inconformidad de los usuarios donde las presiones no llegan a las mínimas requeridas.
8. En el sistema de desagüe al abrir la válvula de desagüe que tiene la comunidad se observó que todo el sistema sufre una baja importante en las presiones, las cuales

llegan a ser negativas y con altos valores, estas subpresiones pueden generar varios problemas al sistema y a sus componentes.

9. La evaluación del análisis de laboratorio de la muestra de agua cruda cumple con la Norma Tulsma, Libro VI anexo 1, para agua de consumo doméstico que solamente necesitan tratamiento de desinfección.
10. En base a los análisis se obtuvo que la cantidad de sólidos en la muestra de agua no era mayor, sin embargo se toma en cuenta la temporalidad de la calidad de agua en épocas de invierno y verano ya que las condiciones no son las mismas, para mayor exactitud se requiere hacer un muestreo constante.
11. Al determinar los coliformes fecales se pudo determinar que el sistema de tratamiento está cumpliendo la desinfección en un 70%, ya que aún existe presencia de patógenos en el último punto.
12. Se esperaba que la desinfección cumpliera con la función de eliminar el 99% de los patógenos.
13. Las tuberías pueden cambiarse por otras que soporten mayores presiones y de esta manera evitar la ruptura y daños en el sistema.

Recomendaciones

1. Se debe realizar mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de abastecimiento de manera que este tenga un correcto funcionamiento.
2. Debido a la presencia de altas presiones, se recomienda implementar y diseñar sistemas de alivio de presión, tanques o válvulas rompe presión.
3. Realizar una simulación de un sistema dinámico para que se rediseñe el sistema y obtener los diámetros aptos para tubería que se cumplan las presiones máximas y mínimas normadas.
4. Realizar una caracterización de agua con temporalidad para saber si se necesita colocar un sistema de tratamiento para sólidos suspendidos.
5. Plantear el diseño de un tanque de sedimentación si se llega a encontrar un exceso de sólidos suspendidos en análisis posteriores considerando la temporalidad.
6. Optimizar el sistema de desinfección para que se cumpla con los tiempos de contacto requeridos y la dosificación adecuada, para lograr una desinfección completa.

CAPÍTULO V

5. Bibliografía

- Administración Zonal Centro-Manuela Saenz. (02 de 11 de 2015). *Agencia Pública de Noticias de Quito-Turismo*. Obtenido de http://www.prensa.quito.gob.ec/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=13226&umt=San%20Francisco%20de%20Cruz%20Loma%20%20un%20lugar%20para%20el%20turismo%20ecol%F3gico
- Agua y Aire Sistemas. (s.f.). *Agua y aire sistemas*. Obtenido de <http://www.aguayaire.com/va-5.htm>
- Aguirre, F. (2016). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Machala: UTMACH.
- CLORID. (s.f.). *Equipos productores de cloro en situ Para zonas Urbanas Marginales y Rurales*. Milano: Nora Electrodi S.P.A. Obtenido de <https://manualzz.com/doc/5493247/clorid---paho-who>
- CONAGUA. (2002). Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario. En S. G. Comisión Nacional del Agua, *Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario*. México.
- Díaz, M. J. (2013). *Universidad de San Martín de Porres*. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Direct Industry. (s.f.). *Direct Industry*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/nibco/product-12637-682061.html>
- Ecuadorec. (1 de noviembre de 2018). *Ecuadorec*. Obtenido de <https://ecuadorec.com/parroquias-quito-urbanas-rurales/>
- EPMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.
- EPMAPS. (2019). *Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*. Obtenido de <https://www.aguaquito.gob.ec/sistema-de-conducciones-occidentales/>
- FONAG. (2019). *FONDO DE LA PROTECCION DEL AGUA*. Obtenido de http://www.fonag.org.ec/web/?page_id=77

- GAD LLOA. (2017). *GAD LLOA*. Obtenido de <http://www.lloa.gob.ec/informacion-general/>
- GoRaymi. (s.f.). *GoRaymi*. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/lloa/san-francisco-de-cruz-loma-lloa-az0q81dhv>
- INEC, UNICEF. (2018). *Medición de los ODS en Ecuador*. Quito: Carla Aguas. h2ostudio.
- Jimenez, I. (17 de julio de 2017). Pérdida de carga localizadas o en los accesorios. México.
- Llambi, L. D., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & borja, P. (2012). *ECOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y SUELOS DE PÁRAMOS-PROYECTO PÁRAMO ANDINO*. Monsalve Moreno.
- Lopez, R. (2003). *Elementos de Diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería.
- OMS. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/
- Prieto, M. N., & Del Pozo, O. M. (2006). Dinámica del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Coronel Suárez. Significatividad y disfuncionalidades. *Revista Universitaria de Geografía- Departamento de Geografía Universidad Nacional del Sur*.
- Proyecto Washed. (1995). Normas de diseño y abastecimiento de agua potable., disposición de excretas y residuos líquidos.
- Ramos, A. (2019). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/146233010/Sistemas-Convencionales-de-Abastecimiento-de-Agua>
- Ramos, L., Vidal, L., Vilardy, S., & Saavedra, L. (2008). *Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes fecales y totales) en la bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano*. Bogotá: Universidad de Magdalena.
- APHA (2005) Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC
- Testa, J., & Jimenez, J. (Julio de 2016). *Sistemas de abastecimiento de agua UNEFM*. Obtenido de <http://sistemadeabastecimientojose.blogspot.com/>
- Topographic-map.com. (11 de Julio de 2019). *Topographic-map.com*. Obtenido de Quito Mapa Topografico: <https://es-ec.topographic-map.com/maps/6olj/Quito/>