



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE MEDIANTE BOMBEO, EN EL
BARRIO SAN CAYETANO, PARROQUIA CUTUGLAGUA DEL CANTÓN
MEJÍA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: Raúl Andrés Peñafiel Flores

TUTORA: Verónica Valeria Yépez Martínez

Quito - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Raúl Andrés Peñafiel Flores con documento de identificación N°1725572216;
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Atentamente,

Quito, 29 de febrero del 2024.



Raúl Andrés Peñafiel Flores

1725572216

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Raúl Andrés Peñafiel Flores con documento de identificación N°1725572216; expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Evaluación y diseño del tanque de almacenamiento y red de distribución de agua potable mediante bombeo, en el barrio San Cayetano, parroquia Cutuglagua del cantón Mejía” , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Atentamente,

Quito, 29 de febrero del 2024



Raúl Andrés Peñafiel Flores

1725572216

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Valeria Yépez Martínez con documento de identificación N° 1711285591, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE MEDIANTE BOMBEO, EN EL BARRIO SAN CAYETANO, PARROQUIA CUTUGLAGUA DEL CANTÓN MEJÍA** realizado por Raúl Andrés Peñafiel Flores con documento de identificación N° 1725572216, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Atentamente,

Quito, 29 de febrero del 2024



Ing. Verónica Valeria Yépez Martínez, MSc.

1711285591

DEDICATORIA

El presente trabajo esta principalmente dedicado a Dios por darme salud y vida para la realización de este proyecto crucial en mi vida profesional.

Dedico a mi familia quienes fueron mi apoyo incondicional que a través de su cariño que me pusieron brindar día tras día, por compartir momentos significativos y estar juntos en los mejores y peores momentos.

A mi padre Carlos por ser pilar más importante dentro mi formación profesional, por su ayuda en todos los ámbitos, por escucharme y compartir su sabiduría brindándome consejos bastantes acertados.

De no ser por ellos no hubiera logrado esta meta tan anhelada.

Raúl Andres Peñafiel Flores

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana por realizar este acercamiento a través del programa de vinculación con la sociedad.

A los habitantes de San Cayetano por estar siempre prestos a cualquier inquietud y brindarnos un poco de su tiempo.

A los docentes que forman parte de la plantilla de Ingeniería Civil por sus conocimientos impartidos para formarnos como excelentes profesionales bajo un código de ética.

A nuestra tutora Ing. Verónica Yépez, por el tiempo que fue dedicado para revisiones o explicaciones, en el presente trabajo de titulación.

A nuestros amigos y compañeros, quienes hicieron esta experiencia una de las mejores.

Raúl Andres Peñafiel Flores

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción:.....	1
1.2 Problema de Estudio.....	2
1.2.1 Antecedentes:.....	2
1.2.2 Importancia y alcance.....	3
1.3 Justificación:.....	5
1.4 Objetivos:.....	6
1.4.1 Objetivo general:.....	6
1.4.2 Objetivos específicos:.....	7
1.5 Generalidades de la Parroquia Cutuglagua:.....	7
1.5.1 Ubicación geográfica:.....	7
1.5.2 Población:.....	8
1.5.3 Clima :.....	10
1.5.4 Hidrología:.....	11
1.5.5 Topografía:.....	12
1.5.6 Tipo de Suelo :.....	13
1.5.6.1 Uso y cobertura de suelo :.....	14
1.6 Descripción del Barrio San Cayetano:.....	15
1.6.2 Población:.....	16
1.6.3 Ubicación de infraestructura existente:.....	17
1.6.4 Elevación:.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Agua Potable:.....	20
2.2 Sistema de agua Potable:.....	20
2.3 Estructuras del sistema de agua potable.....	21
2.4 Fuentes de abastecimiento.....	21
2.5 Captación:.....	24
2.6 Tanque de almacenamiento:.....	25
2.7 Línea de conducción (aducción o impulsión):.....	25
2.8 Sistema de Bombeo:.....	26

2.8.1	Sistemas de bombeo centrífugo.....	27
2.8.2	Sistemas de bombeo sumergible	27
2.9	Red de distribución:	28
2.9.1	Red de distribución abierta o ramificada.....	28
2.10	Acometidas Domiciliaria:	29
2.11	Diámetros mínimos permitidos.....	30
2.12	Flujo a presión de tuberías.....	30
2.12.1	Ley de continuidad:	31
2.12.2	Ley de energía:	31
2.13	Pérdidas de carga en tuberías.....	32
2.13.1	Perdidas primarias:	32
2.13.2	Perdidas Secundarias:	33
2.14	Calidad del agua:	34
CAPÍTULO III.....		37
METODOLOGÍA.....		37
3.1	Recopilación de información:	37
3.2	Procesamiento y análisis de información.....	37
CAPÍTULO IV.....		39
EVALUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA.....		39
4.1	Tanques de almacenamiento	40
4.2	Red de distribución existente:	42
4.3	Resultados de encuestas aplicadas:	45
4.4	Calidad de agua actual:	49
CAPÍTULO V.....		53
BASES DE DISEÑO.....		53
5.1	Introducción:	53
5.2	Período de diseño:.....	53
5.3	Población de diseño:	54
5.3.1	Población actual:	55
5.3.2	Tasa de crecimiento:	55
5.3.3	Población futura:	56
5.3.3.1	Método Aritmético:.....	57
5.3.3.2	Método geométrico:	57

5.3.3.3	Método exponencial:.....	58
5.4	Dotación:.....	59
5.5	Estimación de Caudales:.....	60
5.5.1	Caudal medio diario (Qmed):.....	60
5.5.2	Caudal máximo diario:.....	61
5.5.3	Caudal máximo horario :.....	62
5.5.4	Caudal disponible para el diseño.....	62
5.5.5	Caudal de Bombeo.	65
5.5.6	Caudal de incendios.....	65
5.5.7	Caudal de la línea de conducción.....	66
5.6	Datos generales para el diseño:.....	67
CAPÍTULO VI.....		69
DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED DE AGUA POTABLE.....		68
6.1	Tanque de almacenamiento.	68
6.1.1	Descripción general.	68
6.1.2	Condiciones mínimas generales.	68
6.1.3	Condiciones mínimas específicas.....	68
6.1.4	Volumen de almacenamiento.	70
6.1.5	Volumen de Regulación.	71
6.1.6	Volumen de incendios:.....	72
6.1.7	Volumen de emergencia	72
6.1.8	Volumen total del tanque de almacenamiento.....	73
6.1.9	Capacidad y dimensionamiento del tanque.	73
6.1.10	Diseño de la losa tipo tapa	74
6.1.10.1	Momentos flectores y fuerzas cortantes.	75
6.1.10.2	Cálculo de acero de refuerzo para momentos positivos.....	77
6.2	Sistema de bombeo.	79
6.2.1	Altura de Succión:.....	79
6.2.1.1	Perdidas primerias:.....	79
6.2.1.2	Perdidas secundarias:.....	81
6.2.2	Altura de impulsión:.....	81
6.2.2.1	Perdidas primerias:.....	82
6.2.2.2	Perdidas secundarias:.....	82

6.2.3	Propuesta de bomba.....	84
6.3	Diseño de la red de distribución.	85
6.3.1	Consideraciones generales.....	85
6.3.2	Diseño y dimensionamiento.	86
6.3.3	Distribución de gastos en los nodos.	86
6.3.4	Determinación de diámetros y velocidades de trabajo.	88
6.3.5	Presiones en la red.	90
CAPÍTULO VII.....		94
VOLUMENES DE OBRA Y PRESUPUESTO		92
7.1	Presupuesto:	92
7.2	Composición del presupuesto:	92
7.3	Análisis de precios unitarios y presupuestos.	93
CONCLUSIONES		94
RECOMENDACIONES		95
REFERENCIAS		96
ANEXOS		98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Censos de población cantón Mejía- parroquia Cutuglagua.....	9
Tabla 2	Datos Climatológicos cantón Mejía	11
Tabla 3	Matriz Análisis Comparativo de Coberturas y Usos de Suelo	14
Tabla 4	Coordenadas UTM de puntos Importante Urb. San Cayetano	18
Tabla 5	Características aspectos cuantitativos y de explotación	22
Tabla 6	Aspectos Cualitativos	23
Tabla 7	Diámetros mínimos en función de la población	30
Tabla 8	Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano	35
Tabla 9	Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano.....	36
Tabla 10	Estructuras para almacenamiento que dispone la Urb. San cayetano.....	42
Tabla 11	Tipo de Vivienda	45
Tabla 12	Uso de Vivienda	45
Tabla 13	Grado de satisfacción actual	46
Tabla 14	Dotación de agua	46
Tabla 15	Pago mensual servicio de agua.....	47
Tabla 16	Calidad de agua	47
Tabla 17	Presión de agua.....	48
Tabla 18	Cortes de agua	48
Tabla 19	Perdidas o fugas en el sistema abastecimiento de agua actual	49
Tabla 20	Resultados de calidad de agua en Tanque de almacenamiento	50
Tabla 21	Resultados de calidad de agua en Red de distribución.....	51
Tabla 22	Periodos de diseño de las diferentes componentes de un sistema.	54
Tabla 23	Población en Urbanización San Cayetano.....	55
Tabla 24	Tasas de crecimiento poblacional.....	56
Tabla 25	Resumen de resultados obtenidos de población futura.....	59

Tabla 26 Dotaciones recomendadas	60
Tabla 27 Datos de aforos en la fuente de abastecimiento.....	64
Tabla 28 Caudal de incendio y dispositivos	66
Tabla 29 Datos de diseño del proyecto de la Urb. San Cayetano.....	67
Tabla 30 Condiciones mínimas, tanque superficial.....	69
Tabla 31 Condiciones mínimas, tanque elevado	70
Tabla 32 Porcentaje para estimación de volumen de regulación.....	71
Tabla 33 Expresiones para estimación de volumen de incendios.....	72
Tabla 34 Cálculo del volumen total del tanque de almacenamiento.	73
Tabla 35 Datos de la tapa de losa.	75
Tabla 36 Cargas de diseño en la losa tipo tapa.....	76
Tabla 37 Datos obtenidos de los aceros de refuerzo.....	78
Tabla 38 Diámetro y número de barras para la tapa de tanque de almacenamiento	78
Tabla 39 Tabla de resumen para altura dinámica total (HDT).	83
Tabla 40 Caudales para cada nodo	87
Tabla 41 Determinación de las velocidades en los nodos para la red de distribución...	89
Tabla 42 Determinación de presiones en la red de distribución.....	91
Tabla 43 Presupuesto.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Provisión de agua del cantón Mejía.....	4
Figura 2 Ubicación de la Parroquia Cutuglagua con respecto Cantón Mejía.....	8
Figura 3 Proyección poblacional cantón Mejía-parroquia Cutuglagua.....	10
Figura 4 Mapa de unidades hidrográficas de la parroquia Cutuglagua	12
Figura 5 Mapa del relieve de la parroquia Cutuglagua	13
Figura 6 Cobertura del Suelo.....	14
Figura 7 Ubicación San Cayetano	16
Figura 8 Censo aplicado a los moradores Urb. San Cayetano	17
Figura 9 Ubicación de puntos importantes.....	18
Figura 10 Perfil de elevación Urb. San Cayetano	19
Figura 11 Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua.....	21
Figura 12 Fuente de abastecimiento Urb. San Cayetano.....	23
Figura 13 Estructura de Captación Urb. San Cayetano.....	24
Figura 14 Esquema de un sistema de bombeo	26
Figura 15 Red abierta o ramificada	29
Figura 16 Estructuras disponibles para almacenamiento en San Cayetano	41
Figura 17 Estado actual de la red de Distribución.....	43
Figura 18 Distribución de diámetros	44
Figura 28 Sección de estudio Método del flotador.....	63
Figura 29 Vista lateral, posterior y frontal del tanque de almacenamiento de San Cayetano	74
Figura 30 Esquema de la carga última repartida utilizada para el calculo	76
Figura 31 Diagrama de Moody	80
Figura 32 Modelo de equipo de bombeo de acuerdo a los datos obtenidos.	85

RESUMEN

El principal objetivo de la realización de este proyecto es cambiar drásticamente las condiciones en las que viven los habitantes del barrio San Cayetano brindándoles un servicio eficiente de agua potabilizada, ubicado en el cantón Mejía, es parte de la parroquia de Cutuglagua, cuenta con alrededor de 181 habitantes en toda su extensión y limita con la avenida Panamericana sur, a una altitud de 3 011 m.s.n.m.

Al ser un proyecto de índole ingenieril comprende dos etapas de gran importancia. En la primera se reúne la información técnica y social a través de visitas de campo e inspección de la zona de estudio, la aplicación del censo y se concluye con el estudio topográfico que se realizó a través de la entidad gubernamental Instituto Geográfico Militar IGM.

En la segunda etapa se analiza los datos obtenidos para dar solución directamente al diseño del tanque de almacenamiento y red de distribución tomando en cuenta que la conducción será mediante bombeo.

La simulación para tener una idea cercana a la realidad acerca de comportamiento de la red de agua potable se realiza mediante el software hidráulico WaterCAD por su versatilidad y optimización.

Cabe recalcar que, los parámetros y resultados obtenidos en este diseño de red de distribución y tanque de almacenamiento se realizaron cumpliendo las normas INEN del Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C.: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, garantizando la calidad y eficiencia del este trabajo.

Palabras Clave: agua potable, tanque de almacenamiento, red de distribución, bombeo

ABSTRACT

The main objective of this project is to drastically change the conditions in which the inhabitants of the urbanization San Cayetano lives, providing them with an efficient service of drinking water, located in the canton Mejía, part of the parish of Cutuglagua, it has about 181 inhabitants in all its extension and borders with the Panamericana Sur Avenue, at an altitude of 3011 masl.

As an engineering project it comprises two stages of great importance. In the first one the technical and social information is gathered through field visits and examination of the study area, as well as the implementation of the census and it is concluded with the topographic study that was carried out through the governmental entity IGM.

In the second stage the data obtained were analyzed to give solution directly to the design of the storage tank and distribution network taking into account that the supply will be done by pumping.

The simulation to have a close idea of the behavior of this drinking water network is carried out using the WaterCAD hydraulic software due to its versatility and optimization.

It should be emphasized that as well as the parameters and results obtained in this design of distribution network and storage tank were carried out under the INEN standards of the Ecuadorian Code of the Construction of Drinking Water Facilities guaranteeing the quality and efficiency of this work.

Keywords : drinking water, storage tank, distribution network, pumping

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción:

El agua es un elemento necesario para la vida humana por lo cual es necesario buscar diversas fuentes de suministro para satisfacer la demanda y elevar el nivel de vida de la población.

Para ser adecuada, el agua debe ser agradable a los sentidos y estar libre de organismos nocivos y toxinas, por ello es de vital importancia encontrar las fuentes apropiadas y construir un sistema fundamentado en criterios técnicos que garantice una adecuada captación, almacenamiento, conducción y tratamiento.

En nuestro país, lamentablemente varias zonas rurales y urbano-marginales aún carecen de un abastecimiento adecuado en calidad y en cantidad de este líquido vital, ocasionando una serie de problemas socioeconómicos y sanitarios que aumenta su nivel de pobreza.

En San Cayetano, a pesar de tener un flujo constante de agua no cuenta con el servicio de potabilización, el sistema actual fue diseñado por la comunidad sin criterios técnicos, más bien como dicen sus mismos habitantes de manera artesanal.

La información preliminar constituye la base de los requisitos técnicos de esta propuesta, que incluyen dotaciones, población actual y futura, variaciones en el consumo actual, estos factores permiten proyectar el diseño de una red de abastecimiento de agua potable, garantizando así un sistema eficiente dentro del periodo de diseño.

Cabe mencionar que, como todo estudio ingenieril, este se realizó en base a la ciencia y tecnología, en apego a las normas para el diseño de sistemas de abastecimiento

de agua potable, así como la compilación de información en fuentes primarias y secundarias.

También señalar que el sistema que se diseña, asegura un mejoramiento notable en la calidad, cantidad y cobertura del líquido vital para los habitantes de San Cayetano, lo cual sirve como base teórica técnica para posibles implantaciones a futuro.

1.2 Problema en estudio

1.2.1 Antecedentes:

En el barrio San Cayetano de la parroquia Cutuglagua, perteneciente al cantón Mejía, provincia de Pichincha ha experimentado una serie de cambios poblacionales en los últimos años, de lo que originalmente fue una hacienda, ahora es una urbanización compuesta por varias familias la mayoría de limitados de recursos económicos y bajo estrato social. Como toda comunidad en constante expansión requiere servicios básicos como agua potable, alcantarillado y recolección de basura, entre otros, para garantizar una mejor calidad de vida a su población. Estas necesidades prioritarias han sido canalizadas por sus dirigentes ante las autoridades, pero lamentablemente aún no han tenido una respuesta favorable.

Con respecto al servicio de agua, se pudo evidenciar a través de la visita técnica ejecutada conjuntamente con los dirigentes del barrio, docentes de la universidad y los autores del presente proyecto realizada en septiembre del 2022 se verifico las siguientes problemáticas:

1. La captación de agua se encuentra construida de manera artesanal y de esta se benefician los habitantes de San Cayetano y una hacienda contigua.

2. La línea de conducción se implementó sin ninguna asistencia técnica y no se basa en estudios topográficos existentes.
3. Existen dos tanques de almacenamiento que se encuentran sin uso y sin mantenimiento.
4. La gran mayoría de la población de San Cayetano no cuenta con el servicio potabilización.
5. Los habitantes que residen cerca El Belén un barrio fronterizo han sido beneficiados con el servicio de agua potabilizada y medidor por lo tanto no forman parte de la junta administrativa de San Cayetano.
6. El pago mensual que los habitantes realizan es calculado en base al número de personas que residen dentro de la vivienda.

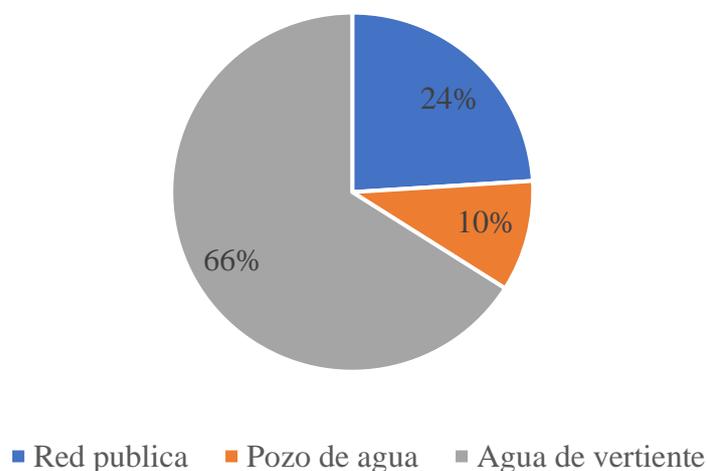
Ante esta realidad detectada, el presente proyecto propone el diseño técnico de un tanque de almacenamiento y de la red de distribución para el sistema de agua potable de San Cayetano.

1.2.2 Importancia y alcance.

Según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2020 -2024 , la población se caracteriza por poseer diferentes coberturas de provisión de agua (figura 1), se han esforzado por cubrir sus necesidades básicas (SIGMA Consultores, 2015) cabe mencionar que las juntas de agua potable existentes en este sector tienen problemas en los procesos de conducción y distribución de agua de calidad y carecen de un contrato de cobertura de servicios, operación y mantenimiento con la Empresa de agua potable y alcantarillado del cantón.

Figura 1

Provisión de agua del cantón Mejía



Nota: Se presentan los datos estadísticos de acceso al agua potable del cantón Mejía Elaborado por el autor según los datos del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Mejía 2015 – 2025.

Con esta información de preámbulo se concluye que la mayoría de la población del cantón se abastece de agua potable a través de la red cantonal, es decir que se considera agua potable, mientras que un grupo significativo de personas (34%) lo hace a través de pozos y de vertientes, lo que no garantiza para este núcleo poblacional la buena calidad del agua consumo.

Particularmente en el barrio San Cayetano, no tienen acceso al agua potable, hecho que se convierte en una problemática general de carácter social y sanitario que amerita ser resuelta a la brevedad posible a través de soluciones técnicas que contribuyan a implementar un servicio excelente que atienda las demandas del público en general.

Una de las razones por las cuales surge el desabastecimiento de agua en este barrio, se refiere a que los asentamientos humanos en esta zona no se basaron en un plan

de ordenamiento territorial, además al ser una urbanización prácticamente nueva, no tiene la atención debida por parte de los dirigentes de la parroquia y del cantón.

En segunda instancia, se debe mencionar que la infraestructura del sistema del servicio de agua actual se ha realizado empíricamente sin ningún sustento técnico ni proyección futura información brindada por los miembros de la junta de agua de San Cayetano.

Se prevé que, al realizar este estudio y diseño técnico del tanque de almacenamiento y de la red de distribución de agua potable, disminuya notablemente los problemas actuales surgidos a causa de la escasez y baja calidad de este servicio teniendo así un sistema que llegue a toda la población en la cantidad suficiente y funcionando las 24 horas del día y los 365 días del año.

1.3 Justificación:

Se menciona que “el agua potable está presente en nuestras tareas cotidianas porque es esencial en el desarrollo de actividades como alimentación, limpieza e higiene personal” (OXFAM Internacional, 2023).

Por ello, una gestión inadecuada del agua causa problemas que afectan a su calidad y se manifiestan en problemas de sabor, color y olor. Por ello, los sistemas de abastecimiento de agua potable bien diseñados mejoran la salud y el bienestar de quienes los utilizan. (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes., 2012)

A través de conversaciones realizadas entre los meses de abril y septiembre del 2023, con líderes de esta urbanización, integrantes de la junta de agua potable y con varias las personas que habitan en el lugar, se evidencio que el mejoramiento del sistema de agua es una necesidad palpable por los pobladores, como un requisito indispensable para

mejorar su nivel de vida y disminuir las enfermedades vinculadas con la escasez y calidad de este líquido vital.

Los habitantes manifiestan que es necesario un estudio técnico, que permita optimizar la infraestructura existente o recibir una propuesta para construir un nuevo sistema de agua potabilizada en coordinación con el Gobierno de la parroquia Cutuglagua y del cantón Mejía

Recalcar que actualmente el sector cuenta con sitios de captación hechos por ellos mismos, sin un fundamento técnico es decir de forma artesanal, además no cuentan con varios elementos indispensables que debe tener de un sistema de abastecimiento de agua potable, todo lo cual hace que este sistema presente problemas en su funcionalidad y por ello la solución técnica más apropiada es la construcción de un nuevo sistema de almacenamiento y red de distribución del servicio de agua potable.

En consecuencia, lo que se pretende a través del presente trabajo es atender la necesidad de los habitantes, planteando una alternativa viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, cuya implementación beneficia a toda la comunidad que reside en San Cayetano que se abastecerán de agua segura y en cantidad suficiente lo cual será de suma importancia para el mejoramiento de su salud y sus condiciones de vida.

1.4 Objetivos:

1.4.1 Objetivo general:

Evaluar y diseñar el tanque de almacenamiento y red de distribución de agua potable mediante bombeo considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, satisfaciendo las necesidades de los habitantes del barrio San Cayetano.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Recolectar información topográfica, aforos, calidad de agua, fuentes de abastecimiento y datos de población, mediante visitas técnicas, para determinar las deficiencias del sistema actual obteniendo un punto de partida para el análisis del tanque de almacenamiento y red de distribución de agua potable.
- Evaluar el sistema de almacenamiento con el caudal existente, por medio de aforos para determinar el caudal de diseño disponible.
- Plantear y diseñar alternativas de la línea de conducción por bombeo, la ubicación del tanque de almacenamiento y la red de distribución, mediante la información obtenida acorde a las necesidades del lugar, por medio de software especializado, aplicando las normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable existentes en el Ecuador.

1.5 Generalidades de la parroquia Cutuglagua:

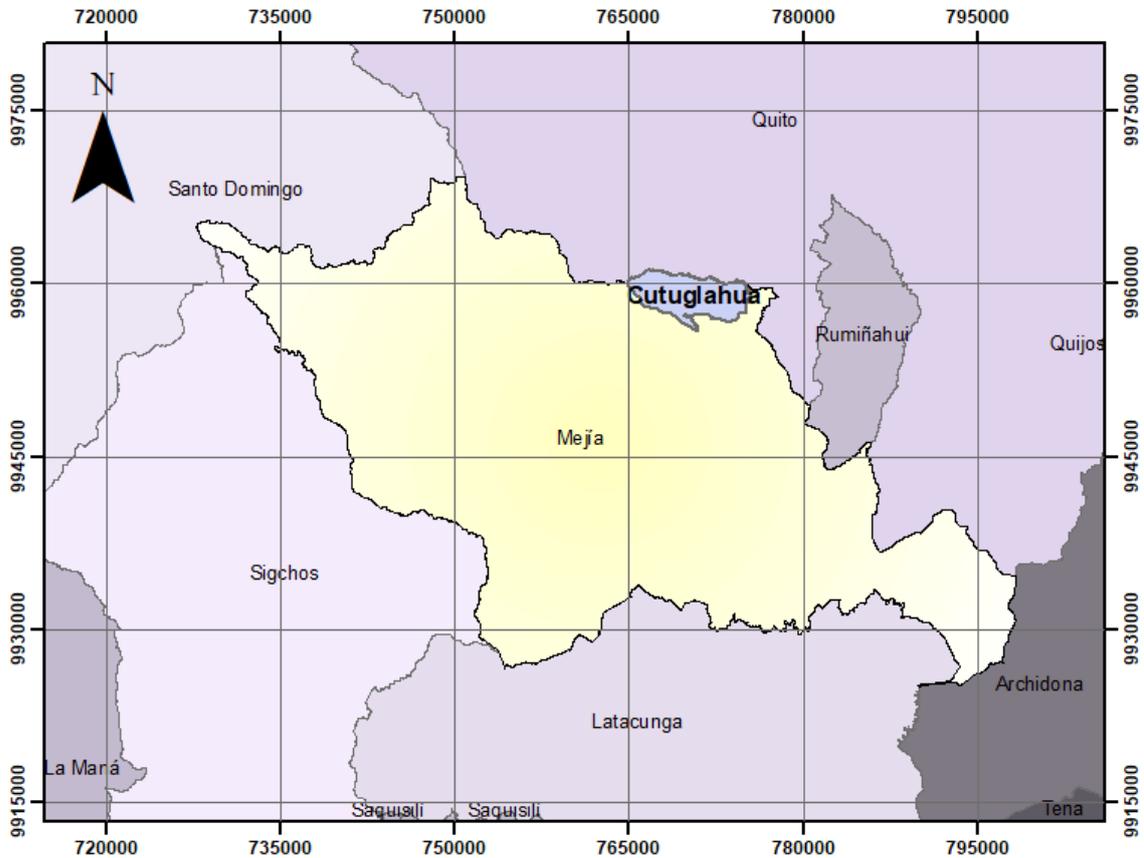
1.5.1 Ubicación geográfica:

“Pertenece al cantón Mejía, limita al Norte con el cantón Quito, al Este con la parroquia de Uyumbicho que de igual manera pertenece al cantón Mejía, al Sur y al Oeste con la parroquia de Tambillo”. (SIGMA Consultores, 2015, pág. 22)(ver figura 2)

Los distintos barrios con los que cuenta la parroquia se encuentran a una altura entre 2800 y 4200 [m.n.s.m.] y forman parte de subcuenca del río Guayllabamba que es alimentado por las vertientes de los volcanes Rucu Pichincha, Atacazo, Corazón, Ilinizas, Rumiñahui, Sincholagua, Paschoa, Ilaló, Cotopaxi. (SIGMA Consultores, 2015, pág. 23)

Figura 2

Ubicación de la Parroquia Cutuglahua con respecto Cantón Mejía



Nota: Se presenta la ubicación la parroquia Cutuglahua. Elaborado por: El autor, a través de la herramienta ArGIS.

1.5.2 Población:

La migración de la sierra central hacia la parroquia ha tenido repercusiones en los últimos años aumentando las tasas de crecimiento de este lugar. En su gran mayoría las personas que han asentado en la parroquia son jornaleros, ya sea en el campo de la agricultura o la albañilería, mientras que una pequeño porcentaje son vendedores ambulantes, que se dirigen a Quito para ejercer su labor cotidiana . (Hinojosa, 2017, pág. 70)

Al realizar una elección de la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para recopilar estadísticas de la parroquia Cutuglagua en particular y del cantón Mejía; Los datos de población de los censos nacionales más recientes se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Censos de población cantón Mejía- parroquia Cutuglagua

Localidad	Año 1990	Año 2001	Año 2010
Cantón Mejía	4667 hab	62888 hab	81335 hab
Parroquia Cutuglagua	3593 hab	9987 hab	16746 hab

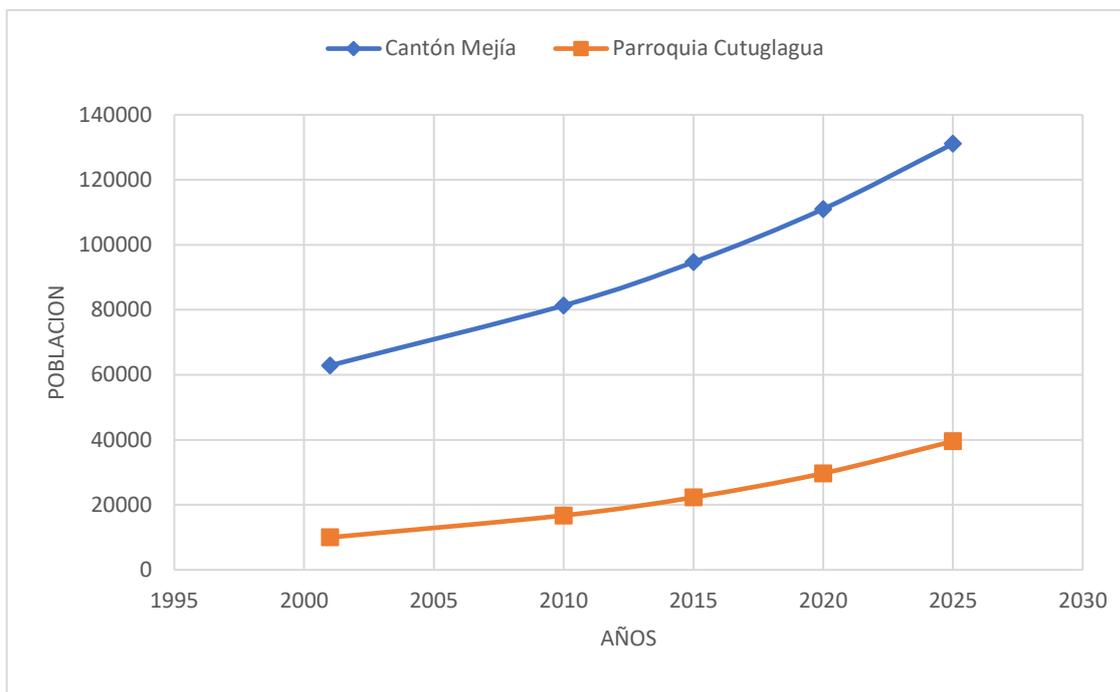
Nota: Se presenta los datos poblacionales obtenidos a través Plan de Desarrollo Estratégico y Ordenamiento Territorial del cantón Mejía, 2015 -2019. Elaborado por el autor.

Tras analizar los datos del VI y VII Censo de Población y Vivienda del INEC, se observa que en 2010 vivían en Cutuglagua 6.759 personas más que en 2001, un aumento considerable del 67,68% que se tendrá en cuenta para la estimación de la población futura del presente diseño.

La poca distancia que existe entre la parroquia y la ciudad capital es una razón por las cuales es evidente el alto índice de crecimiento (ver Figura 3), pero si se hubiera contado con una organización previa al incremento poblacional no se hubiera visto afectados los servicios básicos y condiciones de vida, ya que una parte considerable de la población de esta parroquia carece de acceso libre a los servicios de alcantarillado o agua potable, así como de vías de acceso adecuadas.

Figura 3

Proyección poblacional cantón Mejía - parroquia Cutuglagua



Nota: Se presenta un gráfico en el que evidencia el crecimiento poblacional basado tanto en datos del INEC como en proyección estadísticas. Elaborado por el autor por medio de los datos del censo VI Y VII realizados en el país.

1.5.3 Clima:

“Cutuglagua cuenta con un clima templado húmedo, una temperatura promedio de 11, 6° C y una precipitación anual de 1350-1400 mm³”. (SIGMA Consultores, 2015)

La parroquia cuenta con dos estaciones lluviosas bien marcadas entre los meses de febrero y mayo, octubre y noviembre, la parroquia se clasifica como ecuatorial mesotérmico semihúmedo semihúmeda.

En la tabla 2 se detallan los distintos tipos climáticos y temperaturas.

Tabla 2*Datos Climatológicos cantón Mejía*

Clima	Precipitación anual	Temperatura	Parroquias
Ecuatorial	500 y 2000 mm^3 anuales	10 y 20 °C	El Chaupi , Aloag ,
Mesotrófico semihúmedo			Aloasi , Tambillo , Cutuglagua y Uyumbicho

Nota : Se presenta la información climática del Cantón Mejía. Elaborado por: El autor, mediante PD y OT 2020 - 2024.)

1.5.4 Hidrología:

El clima del cantón está determinado por variables como temperatura, evapotranspiración potencial, precipitación, déficit hídrico y clasificación hidrológica. En el cantón Mejía, la altitud oscila entre 800 y 5.130 metros sobre el nivel del mar. (Paucar, 2019)

“Resumidamente, la parroquia Cutuglagua donde se encuentra nuestra zona de estudio, está formada por la microcuenca del río San Pedro, perteneciente a la subcuenca del río Guayllabamba que es alimentado por vertientes de los volcanes Rucu Pichincha, Atacazo, Corazón, Illinizas, Rumiñahui, Sincholagua, Pasochoa, Ilaló, Cotopaxi, con patrones de drenaje rectangular”. (SIGMA Consultores, 2015, pág. 36)

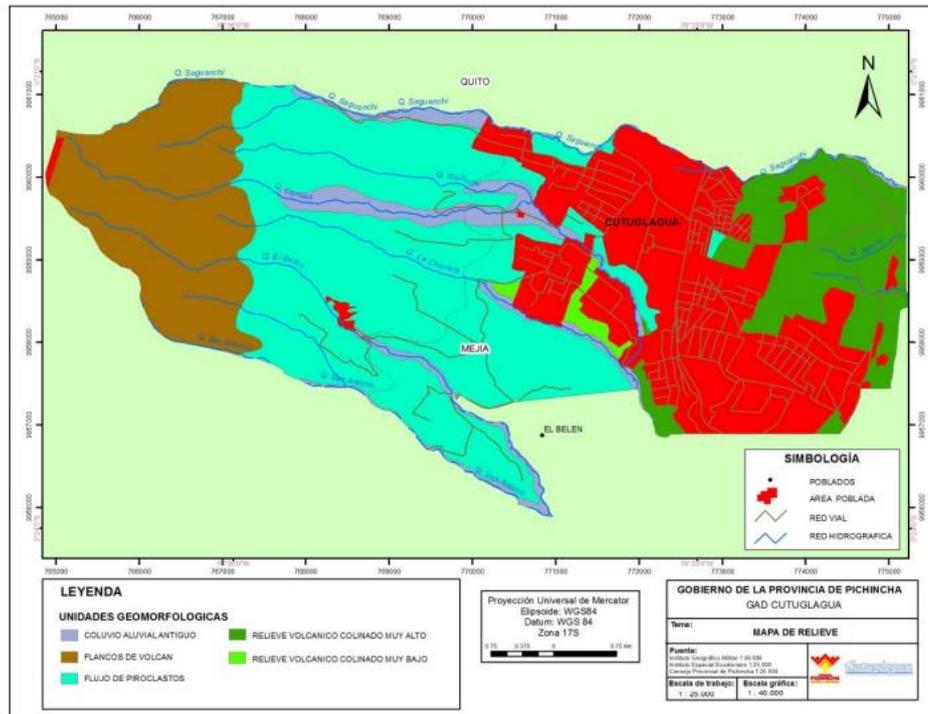
En la figura 4 se indican las unidades hidrológicas dentro del parroquia,

ejemplo muy evidente que se encuentra dentro de la zona es el Atacazo. (SIGMA Consultores, 2015, pág. 22)

En la figura 5 se evidencia lo descrito anteriormente.

Figura 5

Mapa del relieve de la parroquia Cutuglagua



Nota: Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cutuglagua, 2015.

1.5.6 Tipo de Suelo:

En la clasificación del suelo en Cutuglagua se siguió la técnica de la Capacidad de Uso del Suelo (CUS), que cuantifica el soporte físico necesario para que una unidad de tierra pueda ser empleada para fines, coberturas y/o tratamientos específicos. En términos generales, se basa en la idea de aplicar tanta intensidad de uso como sea tolerable sin degradar físicamente el suelo. (Klimgebiel & Montgomery, 1961)

1.5.6.1 Uso y cobertura de suelo:

En la parroquia de Cutuglagua se han reconocido cinco tipos de cubierta vegetal y de uso del suelo, siendo éstos: ver tabla 3 y figura 6

Tabla 3

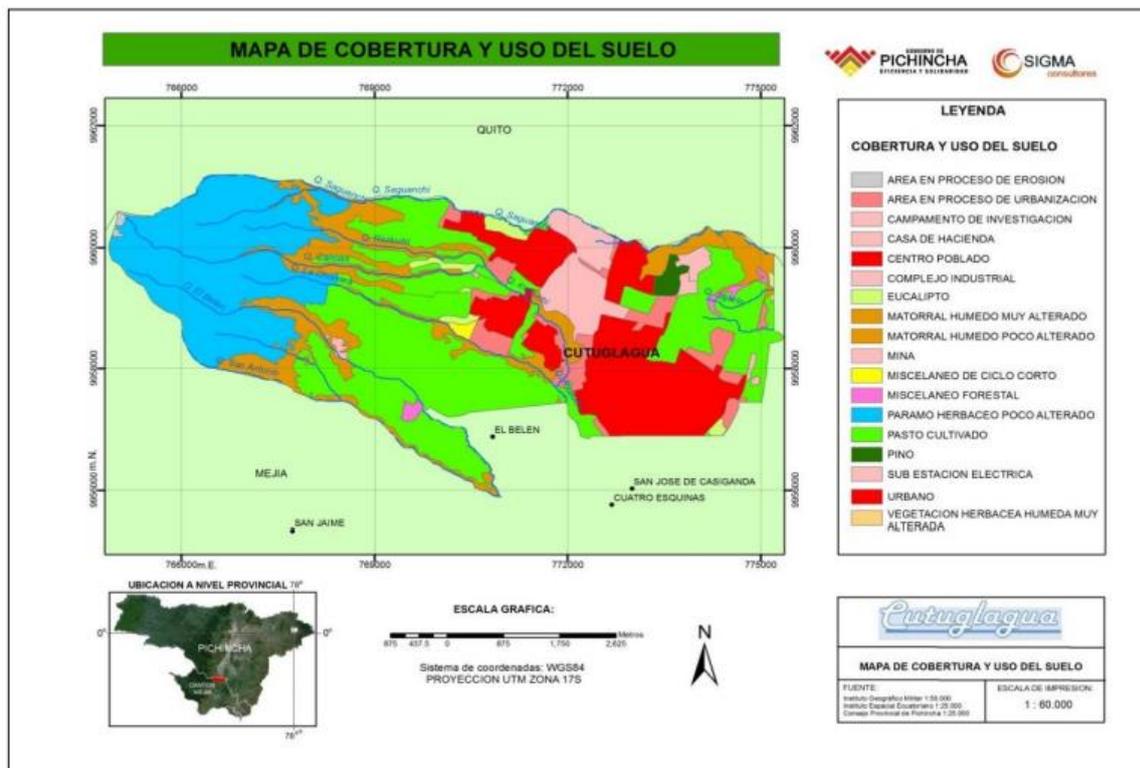
Matriz Análisis Comparativo de Coberturas y Usos de Suelo

Cobertura	Principales Usos	Observaciones
Pecuario	Pastos cultivados	
Agrícola	Cultivos de ciclo corto	Parcelas de autoconsumo
Poblacional	Sectores Urbanos y Rurales	Lotizaciones
Páramo	Pajonal y arbustivo	

Nota: Elaborado por: Equipo SIGMA Consultores, 2015

Figura 6

Cobertura del Suelo



Nota: Elaborado por: Equipo SIGMA Consultores, 2015

1.6 Descripción de la zona de estudio:

Considerada una hacienda turística dentro del cantón Mejía hace años atrás, pero en la actualidad se comercializan terrenos para entregas inmediatas ya que se ha convertido en una división por lotes. (Terán, 2015)

Por el momento, esta urbanización dispone de alumbrado público, servicio telefónico, alcantarillado y electricidad, pero no de agua potabilizada. En su mayoría las calles son adoquinadas y diversos lotes que aún no han sido habitados.

1.6.1 Ubicación del proyecto:

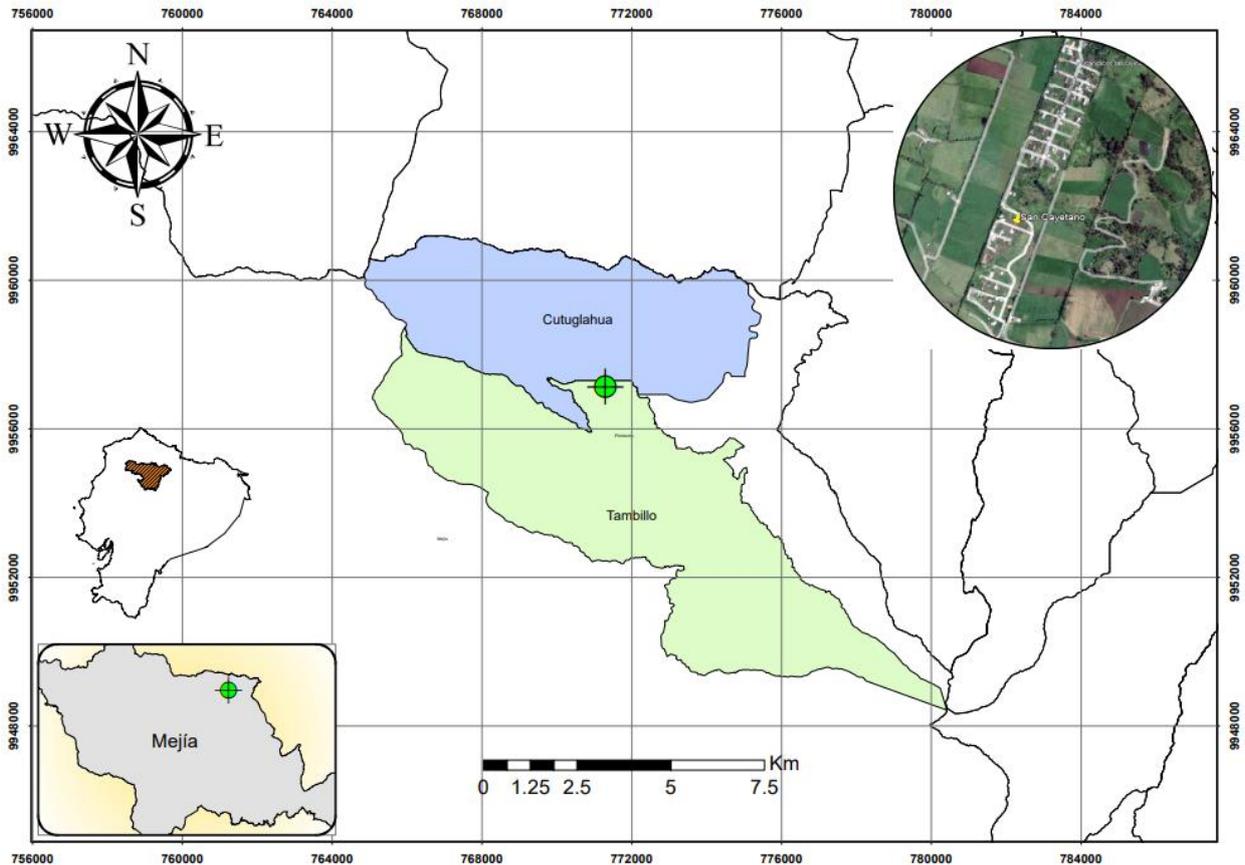
Se encuentra situado en el cantón Mejía, parroquia de Cutuglagua en la vía Acacia Morada, a 2 Km de Av. Pedro Vicente Maldonado, en las coordenadas:

- Latitud: 9957700.00 m
- Longitud: 771505.00 m
- Altitud: 2971 msnm

Cabe recalcar que una buena parte del barrio se ubica en la parroquia de Tambillo (ver Figura 7), pero su fuente de abastecimiento de donde se capta el líquido de vital pertenece a Cutuglagua, además sus habitantes se rigen bajo el plan de ordenamiento territorial de la parroquia de Cutuglagua tomando como base las directrices que se indican en el dicho documento. (SIGMA Consultores, 2015)

Figura 7

Ubicación San Cayetano



Nota: Se presenta el barrio San Cayetano desde diferentes referencias como son un mapa de Ecuador, en el cantón Mejía y sus parroquias. Elaborado por: El autor, a través de la herramienta Google Earth y ArGIS.

1.6.2 Población:

En particular, dentro de nuestra zona de estudio, la identificación de la población objetivo se la realizó mediante un censo presencial en cada una de las viviendas pertenecientes a el barrio San Cayetano dando como resultado un total de 181 personas distribuidas en 56 viviendas lo cual sería nuestra población actual, en base a esto se diseñan los elementos que están dentro de nuestro proyecto como son el tanque de almacenamiento y la red de distribución que será ampliado en el capítulo de diseño.

Figura 8

Censo aplicado a los moradores Urb. San Cayetano



Nota : Elaborado por el autor.

En su mayoría los habitantes de San Cayetano, así como ya se mencionó anteriormente, la parroquia de Cutuglagua su principal fuente de ingresos radica en la ciudad capital donde permanecen la mayoría de tiempo y es un aspecto que se toma en cuenta para la fase de diseño del proyecto específicamente para las horas de máximo y mínimo consumo dichos datos serán de vital importancia.

1.6.3 Ubicación de infraestructura existente:

San Cayetano posee un área total de 0.21 km² que representa 0.74% respecto al área total de la parroquia de Cutuglagua, dentro de esta zona en estudio es importante localizar algunos los puntos de interés que nos servirán para la evaluación del sistema actual. A continuación, en la figura 9 se muestra la ubicación de los puntos entre los cuales constan los tanques de almacenamiento, la fuente de abastecimiento, además también se muestra en tabla las coordenadas respectivamente.

Tabla 4

Coordenadas UTM de puntos Importante Urb. San Cayetano

Identificación	Nombre	Sur	Este	Cota(m)
A	Tanque elevado 1	771410	9957637	3010
B	Tanque san Cayetano (sin uso)	771173	9956618	3088
C	Tanque elevado 2	771207	9957121	3030
D	Tanque con bomba	771347	9957307	2993
E	Tanque doble	771145	9956841	3060
F	Tanque de riego (sin uso)	771134	9956917	3043
G	Cisterna	771173	9957022	3033
H	Ojo de agua	771349	9957311	2993

Nota: Se muestra las coordenadas UTM de los puntos importantes dentro de la Urb. San Cayetano .Elaborado por: El autor, a través de la herramienta Google Earth

Figura 9

Ubicación de puntos importantes



Nota: Se muestra la ubicación de los puntos importantes dentro de la Urb. San Cayetano

Elaborado por: El autor, a través de la herramienta Google Earth

1.6.4 Elevación:

San Cayetano cuenta con un relieve tipo montaña con elevaciones poco pronunciadas, el punto más alto se encuentra en las cercanías del tanque sin uso como se puede evidenciar en la Figura 10 dando como resultado un rango de cotas entre los 3066 y 2964 msnm, por lo cual se podría aprovechar la topografía del lugar para mejorar notablemente el sistema de agua potable optando por una línea de distribución por gravedad, pero esto será analizando con más énfasis en la etapa de diseño.

Figura 10

Perfil de elevación Urb. San Cayetano



Nota: Se muestra el perfil de elevación longitudinal de la Urb. San Cayetano (Elaborado por: El autor, a través de la herramienta Google Earth)

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Agua Potable:

El agua apta para el consumo humano se define como un líquido sin restricciones cumpliendo los requisitos de calidad establecidos por organismos nacionales e internacionales. El agua o también llamado líquido vital es necesaria por diversas razones a medida que se desarrolla la actividad humana, pero el agua potable es la más crucial debido a su importancia para los seres humanos. El agua cruda sin ningún tipo de potabilización, como es evidente, no puede utilizarse directamente debido a sus propiedades químicas, físicas y biológicas específicas. Por ello, debe someterse a una serie de ajustes y tratamientos para eliminar cualquier contaminante o material peligroso para el ser humano. (Cordero & Ulluari, 2011)

2.2 Sistema de agua potable:

Los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable son los necesarios para captar, transportar, depurar, almacenar y dispersar el agua procedente de fuentes naturales superficiales o subterráneas hasta los domicilios de los beneficiarios del sistema. (Cordero & Ulluari, 2011)

El crecimiento de la población, la salud y la calidad de vida aumentan con un sistema de abastecimiento de agua potable bien diseñado. Por ello, para garantizar un funcionamiento correcto, un sistema de suministro de agua potable debe cumplir las normas y reglamentos vigentes.

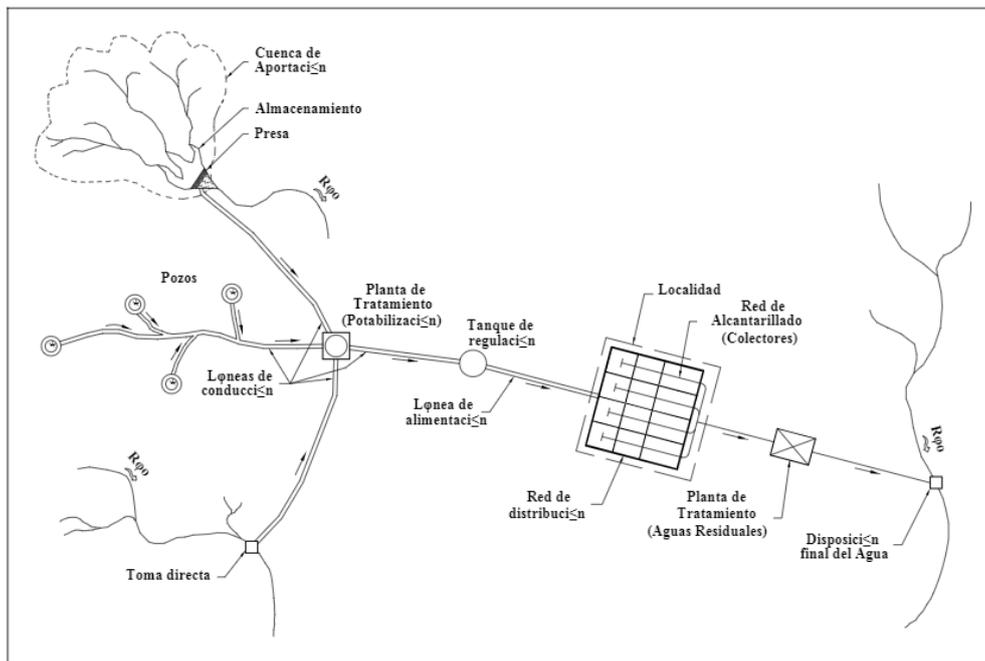
2.3 Estructuras del sistema de agua potable.

Dentro de las estructuras que componen un sistema de abastecimiento de agua potabilizada están la o las fuentes de abastecimiento, la línea de conducción, las estaciones de bombeo, el tanque de almacenamiento, la planta de tratamiento y finalmente la red de distribución que se define como la encargada de repartir el agua apta para el consumo humano a cada uno de los beneficiarios del proyecto.

En la figura 11 se describen gráficamente las estructuras anteriormente mencionadas.

Figura 11

Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua



Nota: Se muestran los elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Fuente: Libro abastecimiento de agua Ricardo Narváez, 2017, pág. 2.

2.4 Fuentes de abastecimiento.

Es el punto de partida de cualquier sistema de agua potable ya que desde aquí se tomará el agua que se utiliza y además pasa por todas las estructuras diseñadas.

Pueden ser subterráneas o superficiales, para el caso particular del presente proyecto la población se abastece a través de un “ojo de agua” o también llamado manantial es decir un afloramiento de agua subterránea.

A continuación, en las Tablas 5 y 6, se muestran cuadros caracterizando aspectos cuantitativos y de explotación tanto de fuentes de abastecimiento subterránea y superficial, así como también aspectos cualitativos.

En la Figura 12 se muestra la fuente de abastecimiento con la que cuenta el barrio.

Tabla 5

Características aspectos cuantitativos

AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÉNEAS
Generalmente aportan mayores caudales	Generalmente sólo disponen de caudales relativamente bajos
Caudales son variables	Poca variabilidad de caudal
No siempre precisan bombeo	Generalmente requieren bombeo
Generalmente la captación debe hacerse distante del sitio de consumo	Permite más cercanía al sitio de utilización
Costo de bombeos relativamente bajos	Costo de bombeo más alto

Nota: Se muestra las características aspectos cuantitativos tanto de aguas subterráneas y superficiales Fuente: Libro abastecimiento de agua Ricardo Narváez, 2017, pág. 10.

Tabla 6

Aspectos Cualitativos

CARACTERÍSTICA	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA
Turbiedad	Variable (baja o muy alta)	Prácticamente ninguna
Color	Variable	Constante, bajo o ninguno
Temperatura	Variable	Constante
Mineralización	Variable generalmente muy alta	Constante y dependiente del subsuelo
Dureza	Generalmente baja	Dependiente del suelo generalmente alta
Estabilización	Variable, generalmente algo corrosiva (óxidos)	Constante, generalmente algo incrustantes (carbonatos y sulfatos)
Contaminación bacteriológica	Variable, generalmente contaminadas	Constante, generalmente poca o ninguna
Contaminación radiológica	Expuestas a contaminación directa	Protegida contra la contaminación directa

Nota: Se muestra los aspectos cualitativos tanto de aguas subterráneas y superficiales

Fuente: Libro abastecimiento de agua Ricardo Narváez, 2017, pág. 11.

Figura 12

Fuente de abastecimiento Urb. San Cayetano



Nota: Se muestra el “ojo de agua” o manantial del cual los habitantes de San Cayetano se abastecen. Elaborado por el autor

2.5 Captación:

Es la estructura dentro de un sistema de abastecimiento encargada captar el agua una vez ubicado la fuente de abastecimiento, dicha cantidad deberá ser suficiente para satisfacer a la población de diseño, se podrá contar con una o más estructuras.

Para nuestro caso en estudio, la captación se ubica a pocos metros de la fuente de abastecimiento que se conecta de forma artesanal por medio de tres tubos PVC de 120 mm de diámetro por tanque como se puede observar en la figura 13.

Figura 13

Estructura de Captación Urb. San Cayetano



Nota: Se muestra la estructura de captación de la Urb. San Cayetano Elaborado por el autor

2.6 Tanque de almacenamiento:

El tanque de almacenamiento cumple básicamente dos funciones de vital importancia:

- Controlar la presión del sistema de distribución que sea constante.
- Almacenar agua suficiente ante cualquier eventualidad (variaciones de consumo, incendios, interrupciones de servicio.) para satisfacer las necesidades de la población

El diseño y construcción dependerá de algunos factores entre los más importantes, las condiciones del terreno, el material disponible y el tipo de conducción utilizado.

Además, el tanque de almacenamiento debe contar con sistemas de protección como son las tapas para impedir el acceso de personas no autorizadas y un sistema adecuado de llenado.

Dentro de nuestro proyecto se tiene seis tanques de los cuales tres son de PVC, dos de ellos son elevados, y el resto son de hormigón, pero no se encuentran en funcionamiento siendo necesario el mantenimiento.

2.7 Línea de conducción (aducción o impulsión):

Estas tuberías transportan el caudal desde la captación hasta el depósito de almacenamiento y están formadas por varios componentes esenciales para su funcionamiento, como ventosas, bombas, válvulas reguladoras de presión y válvulas de drenaje.

Para el presente proyecto la conducción será analizada por bombeo ya que la topografía del lugar no permite que sea por gravedad. La fuente de abastecimiento se encuentra en una cota baja a comparación del tanque de almacenamiento, además

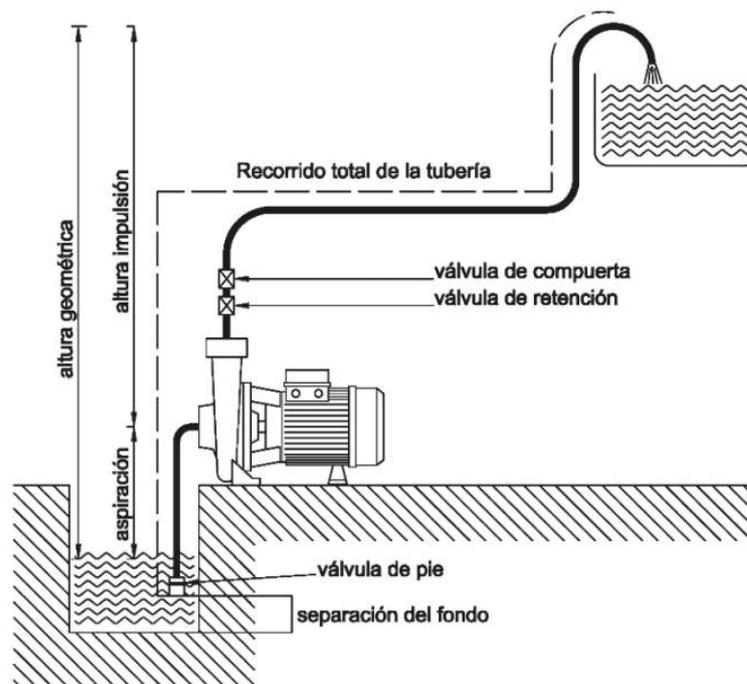
actualmente de utilizan mangueras de 1 pulgada y ½ pulgada que constituyen las líneas de conducción, también se disponen de una bomba 2 hp respectivamente.

2.8 Sistema de bombeo:

El agua de la captación se transporta a través de una tubería mediante un mecanismo de bombeo. que en nuestro caso es un manantial o coloquialmente llamado ojo de agua hasta el tanque de almacenamiento o reservorio como se puede apreciar en la figura 14.

Figura 14

Esquema de un sistema de bombeo



Nota: Se muestran un esquema típico del funcionamiento de un sistema de bombeo

Fuente: Información técnica e instalación de una bomba de agua, catálogo (Modrego, 2018, pág. 328)

Son sistemas hidráulicos que básicamente buscan un equilibrio hidráulico entre la energía potencial, cinética y pérdidas de energía, cabe indicar que los sistemas de bombeo

cuentan con componentes cada uno con su función predeterminada, cuentan con una bomba que podría ser un motor eléctrico o bien un motor de combustión interna.

Normalmente, se utiliza un embalse elevado, cuya capacidad de almacenamiento debe planificarse y construirse con el volumen necesario para garantizar que la población actual tenga acceso a él en un futuro previsible. (OPS, 2005c)

Cabe recordar que en sistemas por bombeo es necesario ubicar en cotas bajas válvulas de limpieza y de ser necesario, en los picos de la línea deberá colocar válvulas de aire.

En la actualidad existen algunos tipos de bombeo en función de sus objetivos y necesidades que a continuación de explican brevemente,

2.8.1 Sistemas de bombeo centrífugo

Cuando se refiere de este tipo de bombeo es hablar de la utilización de una bomba hidráulica encargada de transformar energía mecánica en energía cinemática a través del impulsor de la bomba para ejercer la presión necesaria sobre el líquido.

El sistema de bombeo centrífugo dentro de su estructura cuenta con un impulsor giratorio que está conectado a un eje que a su vez está acoplado a la fuente de energía, la velocidad aumenta gracias a las revoluciones de este impulsor facilitando así que el agua fluya por la tubería. (Vacca Engineering, s.f.)

2.8.2 Sistemas de bombeo sumergible

Este tipo de sistemas de bombeo son ideales para el vaciado de piscinas, de pozos o de grandes depósitos de agua.

Para su utilización deben sumergirse en el agua o en líquido que se esté utilizando, además, se debe analizar los valores de caudal máximo a ser evacuado y la profundidad máxima que puede alcanzar la bomba. Estos sistemas al no depender de la presión del aire exterior pueden generar gran fuerza para elevar el agua.

2.9 Red de distribución:

“Se define al conjunto de tuberías y accesorios, que permitan entregar el agua potable a los usuarios del servicio”. (Secretaría del Agua, 2012)

A continuación, algunas generalidades propias de la red de distribución:

- Se asegura el caudal necesario como también presiones y la calidad de agua.
- Las tuberías se ubican al lado apuesto las alcantarillas de aguas servidas es decir deben colocarse en los lados norte y este de la calle
- La red de distribución podrá desarrollarse en forma abierta o cerrada esto dependerá de la topografía.
- Se podrán utiliza en tubos y accesorios conectados de manera simultánea y de diferentes diámetros comerciales.

Para nuestro proyecto ubicado en zona rural y una baja densidad poblacional comparado con la zona urbana, teniendo en cuenta la topografía del terreno, se ha optado por utilización de conceptos de distribución abierta.

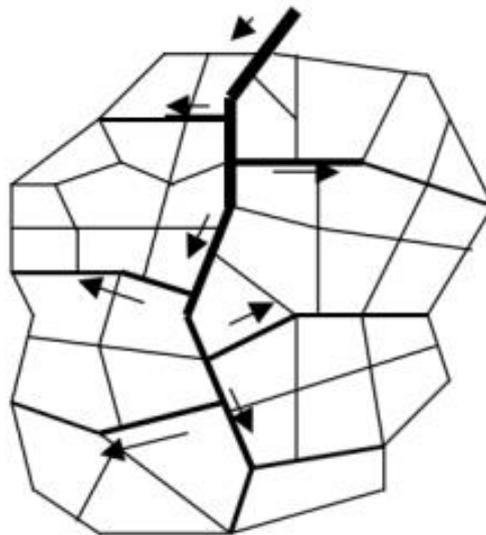
2.9.1 Red de distribución abierta o ramificada.

“Se define al conjunto de tuberías y accesorios, que permitan entregar el agua potable a los usuarios del servicio”. (Secretaría del Agua, 2012)

Son redes o ramificaciones que se adoptan en poblaciones rurales o pequeñas construidas por un ramal principal y una serie de derivaciones que terminan en puntos ciegos que en nuestro caso podrían ser las calles sin salida o no conectados con otras redes. En la Figura 15 se muestra un gráfico de red abierta o ramificada.

Figura 15

Red abierta o ramificada



Nota: Se muestra un gráfico de ejemplo de red abierta. Elaborado por: Orellana 2005.

2.10 Acometida Domiciliar:

Es el último segmento de tubería, normalmente de menor diámetro que la de la red de distribución, que transporta el agua desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda. Los contadores o medidores de esta tubería se colocan aquí para controlar cuánta agua utiliza cada propiedad. (ARCO, 2020)

2.11 Diámetros mínimos permitidos

En la tabla 7 se presenta los diámetros mínimos permitidos que las normas han establecido para un sistema de suministro de agua potable en función de la población de diseño.

Tabla 7

Diámetros mínimos en función de la población

Población [Hab]	Diámetro mínimo [mm] tubería principal	Diámetro mínimo [mm] tubería secundaria
<1000	25	19
1000-3000	50	25
3000-20000	75	50
>20000	100	50

Nota: Diámetros mínimos de tubería permitidos de acuerdo al número de habitantes.

Fuente: (Mena Céspedes, 2016, pág. 24)

2.12 Flujo a presión de tuberías.

“Se define mediante expresiones matemáticas, aplicables en la ingeniería que están relacionadas con el aspecto hidráulico, las cuales guardan relación con los sistemas de distribución de agua potable”. (Mena Céspedes, 2016)

Estas ecuaciones se encuentran como dos leyes que rigen en tuberías a presión.

➤ Ley de continuidad.

➤ Ley de la energía.

2.12.1 Ley de continuidad:

La igualdad del caudal entre dos secciones viene determinada por la ley de continuidad, que tiene en cuenta varios factores, entre ellos el cambio de sección y la masa de entrada y salida.

Las expresiones matemáticas son las siguientes:

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{Ec. 1}$$
$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2$$

Donde, las variables son:

A_1, A_2 ; Áreas del tubo [m^2]

V_1, V_2 : Velocidades en la tubería [m/s].

2.12.2 Ley de energía:

Es el equilibrio que resulta de las energías gastadas cuando una partícula de agua recorre un conducto. (Domingo, 2011)

Los tipos de energía son:

- Energía cinética: generada por velocidad de fluido.
- Energía potencial: también llamada como energía gravitacional que se relaciona directamente con la altura que está el fluido.
- Presión del fluido: es la presión que genera el fluido en las paredes del conducto.

Se tiene la siguiente expresión matemática conjuntamente con los tres conceptos anteriormente explicados.

$$\frac{V^2}{2g} + P + \rho gz$$

Ec. 2

Donde, las variables son las siguientes:

V: velocidad [m/s].

P: Presión [KPa].

g: Aceleración de la gravedad [m/s^2].

z: Altura [m].

ρ : Peso específico del agua [N/m^3].

2.13 Pérdidas de carga en tuberías.

Las pérdidas se deben a diversas variables, algunas de las cuales son específicas de los sistemas de agua potable y dependen del tipo de material de las tuberías y de la fricción creada por las partículas de fluido que circulan entre ellas. Existen dos categorías de pérdidas: primarias y secundarias. (FESMEX, 2020)

2.13.1 Pérdidas primarias:

Este tipo de pérdida se produce instantáneamente cuando el fluido interactúa con el material de la tubería y sólo se observa en tramos rectos horizontales sin cambio en el diámetro de la sección. Los siguientes autores ofrecen información sobre cómo se pueden calcular estas pérdidas.

➤ Darcy Weisbach:

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Ec. 3

Donde, las variables son las siguientes:

hf: Pérdida de carga o energía [m].

f: Coeficiente de fricción [adimensional].

L: Longitud de tubería [m].

D: Diámetro de la tubería [m].

V: Velocidad media [m/s].

g: Aceleración de la gravedad [m/s²].

➤ Hazen – Williams:

$$hf = 10.67 * \frac{L}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde, las variables son las siguientes:

hf: Pérdida de carga o energía [m].

C: Coeficientes, dependiente de la rugosidad de la superficie.

L: Longitud de tubería [m].

D: Diámetro de la tubería [m].

Q: Caudal [m³/s].

2.13.2 Perdidas Secundarias:

Pérdidas secundarias causadas inequívocamente por los accesorios incluidos en el diseño del sistema de agua potable o por cambios en la sección del conducto, como estrechamientos o ensanchamientos, que tienen lugar a lo largo de la tubería.(CONAGUA, 2002)

Los datos sobre esta pérdida secundaria, denominada como factor (K), están disponibles en catálogos comerciales de los accesorios utilizadas y otras referencias relevantes.

Para el cálculo de las pérdidas secundarias, se tiene siguiente expresión:

$$hL = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde, las variables son las siguientes:

K: Coeficiente de resistencia

V: Velocidad media en la tubería o elemento [m/s].

g: Aceleración de la gravedad [m/s^2].

2.14 Calidad del agua:

El mecanismo de desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua que emplea cloro es uno de los comúnmente conocido y utilizado por sus compuestos derivados como desinfectantes.

Se empleó ampliamente para purificar el agua a principios del siglo XX y representó una innovación técnica que mejoró el método de filtración establecido anteriormente. (Solsona, F. and Méndez, 2002, p. 28).

Dentro de las premisas de este proyecto es mejorar calidad de vida de los habitantes de San Cayetano por eso necesario analizar dentro de parámetros ya establecidos en la norma si el agua que llega a los usuarios es apta para el consumo humano ya que debe tener un sabor y olor adecuados, y cumplir con los requisitos físicos y químicos establecidos en las siguientes tablas.

Tabla 8*Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano*

Parámetro	Unidad	Límite permitido (b)	Método de ensayo (c)
Arsénico	mg/L	0.01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0.003	Standard Methods 3113
Cloro residual	mg/L	0.3 a 1.5	Standard Methods 4500 CI
Cobre	mg/L	2	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo	mg/L	0.05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1.5	Standard Methods 4500-F
Mercurio	mg/L	0.006	Standard Methods 3112
Nitratos (como N03)	mg/L	50	Standard Methods 4500- NO3
Nitratos (como N02)	mg/L	3	Standard Methods 4500- NO2
Plomo	mg/L	0.01	Standard Methods 3113
Turiedad (a)	NTU	5	Standard Methods 2130

(a) Se conoce también como Turbidez

(b) Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

(c) En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado

Nota: Elaborado por el autor a través de la INEN 1108. (2020). Norma Técnica Ecuatoriana – Agua para consumo humano sexta revisión.

Dado que las aguas subterráneas son nuestra fuente de abastecimiento, debemos cumplir las normas microbiológicas que describen en la tabla adjunta.

Tabla 9*Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano.*

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo (a)
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 (b) Standard Methods 9222 (c)
Cryptosporidium	Número de quistes/L	Ausencia	EPA 1623
Giardia	Número de quistes/L	Ausencia	EPA 1623

(a) En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

(b) La ausencia corresponde a " < 1.1 NMP/100 mL"

(c) La ausencia corresponde a " < 1 UFC/100 mL"

Nota: Elaborado por el autor a través de la INEN 1108. (2020). Norma Técnica Ecuatoriana – Agua para consumo humano sexta revisión.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Recopilación de información:

Para lograr los objetivos de este proyecto se utilizó herramientas como es la investigación de campo y la investigación bibliográfica conjuntamente para la recopilación de información y así palpar directamente los problemas mediante varias visitas técnicas donde iremos tomando datos esenciales para los cálculos posteriores.

Además, se realizó una encuesta o censo para evaluar el nivel de satisfacción con el sistema de agua actual y así conocer el nivel socioeconómico de cada uno de los usuarios que componen el barrio San Cayetano.

Respecto a los moradores del barrio, desde el inicio, manifestaron su conformidad y brindaron su apoyo incondicional para la realización de este proyecto de grado brindando información importante sobre la calidad del servicio de agua.

3.2 Procesamiento y análisis de información.

Para la topografía del lugar tomando en cuenta el área de proyecto que es cerca de 21 Hectáreas, se optó por recurrir al Instituto Geográfico Militar (IGM) y acceder a sus cartas planimétricas y altimétricas una vez ya delimitado la zona de estudio para así empezar con el estudio y diseño del tanque de almacenamiento y red de distribución.

Para el tema de los aforos se ha realizado trabajo de campo, por ejemplo para el aforo de la fuente de abastecimiento “ojo de agua” o manantial se ha recurrido a información bibliográfica analizando cada uno de los métodos existentes que ha dado como resultado el método del flotador, el cual consiste en elegir un tramo uniforme de

canal y con ayuda un objeto flotador y un cronómetro, tomar mediciones del tiempo que tarda en recorrer un distancia establecida, esto será explicado con más detalle en el capítulo de diseño.

Los caudales de diseño se calculan una vez recogidos y examinados los datos que serán sumamente importantes para fijar las dimensiones apropiadas del tanque, así como diámetros y longitudes aptas para la red de distribución. Todos estos cálculos se realizarán acorde a lo que pide la normativa de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602)

Mas adelante se presenta alternativas de diseño que involucran a las infraestructuras disponibles en el lugar, tomando en cuenta el sistema de bombeo.

La red de distribución se bosqueja en la aplicación WaterCAD, que ofrece datos de velocidad y presión, tras un análisis del lugar de la investigación.

Se propone un presupuesto de referencia para todos los materiales utilizados en la construcción de la red de distribución y el depósito de almacenamiento mediante el uso de un análisis de precios unitarios.

Los planos del proyecto se crean utilizando AutoCAD mediante un trabajo de oficina que desarrolla trazados de tuberías, nodos y otros componentes hidráulicos necesarios para el diseño.

Consecutivamente se fijan conclusiones y recomendaciones acorde al proyecto.

CAPÍTULO IV

4 EVALUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

El agua que llega a el barrio San Cayetano es administrada o controlada por los mismos habitantes a través de una Junta conformada por 5 personas, donde han fijado un precio por el servicio y el uso la infraestructura equivalente a un dólar por persona y además en este rubro se agrega una base de dos dólares por daños o fugas en la red, mantenimiento y luz para funcionamiento de la bomba, por ejemplo, en una vivienda de 4 integrantes el valor final que deberán pagar al final del mes será 6 dólares.

Para los habitantes, el sistema de agua que actual que da servicio a cada uno de los hogares en su gran mayoría cumple medianamente con las exceptivas con ciertas excepciones como por ejemplo los cortes por motivos de mantenimiento que se realizan quincenalmente o cuando hay ausencia del fluido eléctrico que impide el funcionamiento de la bomba de impulsión que reparte el agua a los tanques.

Otra de las inconformidades de los habitantes es dentro de ámbito legal ya que no cuentan con debida documentación que les adjudique el uso del caudal de la fuente de abastecimiento ya que desde este punto hay otra conexión que se dirige a una hacienda cercana por cual se teme que en un futuro esta fuente sea insuficiente para abastecer a los habitantes.

Para realizar la evaluación del sistema actual de agua se han recorrido cada una de las estructuras que en los siguientes subcapítulos se detallan.

4.1 Tanques de almacenamiento

Años atrás únicamente contaban con un solo tanque principal que abastecía a la población, actualmente debido al crecimiento que sufre la parroquia de Cutuglagua y en particular el barrio se ha visto obligados al aumento de sistemas de almacenamiento realizando conexiones de forma artesanal ya que no cuentan con el apoyo de parte de la Empresa Pública de agua de Mejía.

San Cayetano dentro su área posee 6 tanques de almacenamiento, cuatro de ellos son de plástico con capacidad de 2500 y 1100 litros respectivamente (ver Tabla 10) que están actualmente brindando servicio, los tres restantes son de hormigón y poseen dimensiones idóneas para su funcionamiento según los cálculos obtenidos en el capítulo de diseño de tanque de almacenamiento, pero al no contar con un sustento técnico y mano de obra calificado actualmente se encuentra sin uso y en el total abandono. Para calcular la cantidad de depósito necesaria en función del número de residentes, se realizó una evaluación demográfica y topográfica de la zona y en lo posible aprovechar la infraestructura que se tiene en el lugar para no incurrir en costo extras para los habitantes.

Cabe indicar que dentro de sus estructuras de almacenamiento también cuentan con dos cisternas con un volumen de 58 m^3 y 54 m^3 respectivamente que su principal función es abastecer a los tanques elevados, se puede observar en la figura 16.

Figura 16

Estructuras disponibles para almacenamiento en San Cayetano



Nota: Se presenta mediante imágenes tomadas en la zona de estudio la infraestructura disponible. Elaborado por el autor.

Tabla 10*Estructuras para almacenamiento que dispone San Cayetano*

Tanques plásticos				
Nombre	Largo [m]	Ancho[m]	Altura [m]	Capacidad [m ³]
Tanque Elevado 1	0.55	1.568	1.520	2.5
Tanque Elevado 2	0.55	1.568	1.520	2.5
Tanque Doble	0.55	1.120	1.465	1.1
Tanques de hormigón				
Cisterna	5.5	3.5	3	58
Tanque con bomba	6	3	3	54
Tanques sin uso				
Tanque de riego	2	7	4	56
Tanque San Cayetano	5	20	3	300

Nota: Se presentan los tanques con sus respectivas medidas y capacidades con los que cuentan el barrio San Cayetano. Elaborado por el autor.

4.2 Red de distribución existente:

En San Cayetano la red que actualmente está en funcionamiento ya lleva un año sin modificación construida completamente por los miembros de la Junta de Agua, la red consta de tuberías de poliestireno de 25.4 [mm], 19.05[mm], 12.07[mm] que equivalen a 1, ¾ y ½ pulgadas respectivamente repartidas a lo largo del barrio que se encuentran sobre aceras, calles o que pasan por medio de terrenos vulnerando la normativa para sistemas de agua potable. En la figura 17 se aprecia algunas de los problemas dentro de la red de distribución actual.

Figura 17

Estado actual de la red de distribución

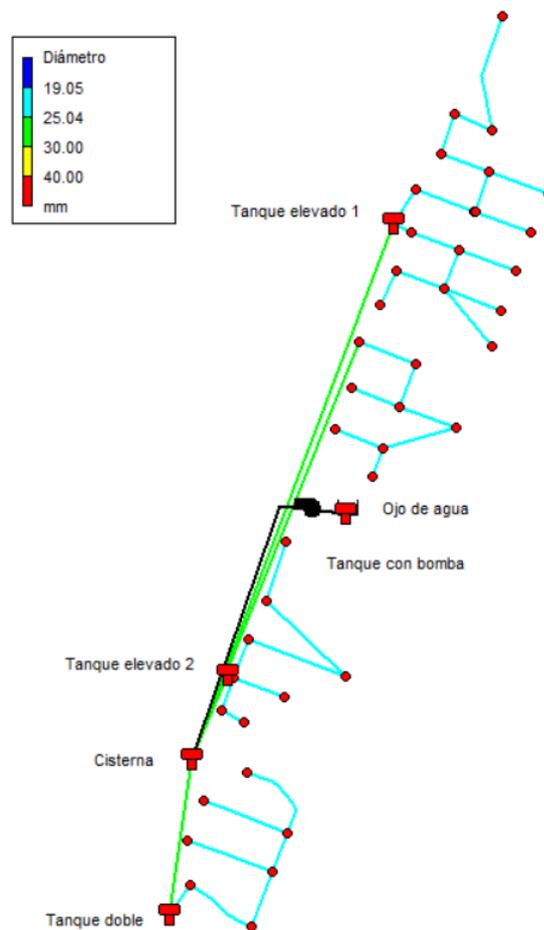


Nota: Se presentan imágenes que evidencian el estado actual de la red que distribuye agua a los habitantes. Elaborado por el autor

En cuanto la distribución, la tubería es de una pulgada es utilizada para conexiones de gran magnitud como por ejemplo de la fuente de abastecimiento a la cisterna y también entre estructuras de almacenamiento, la tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada es utilizada principalmente para conexión secundarias de donde se desprende la tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada para dirigirse a cada de los domicilios. (ver Figura 18).

Figura 18

Distribución de diámetros



Nota: Se presentan un mapa que indica los diámetros utilizados en la red actual.

Elaborado por el autor.

Es de suma importancia indicar que la fuente de abastecimiento y red de distribución existente no cubre en su totalidad la superficie de San Cayetano ya que una parte de la población ubicada en la parte más alta obtienen agua desde el barrio contiguo El Belén y además cuentan con medidores, el pago que realizan es de acuerdo a la planilla de agua potable fijado por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Mejía

4.3 Resultados de encuestas aplicadas:

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a través de gráficos y tablas de la encuesta aplicada a los habitantes de San Cayetano. En el Anexo 8 se presentan los gráficos estadísticos pertenecientes a cada pregunta.

En la primera pregunta se evalúa del tipo de vivienda que poseen los habitantes dentro del barrio, dando como resultado predominante la casa de tipo unifamiliar seguidamente de tipo inquilinato y finalmente mediagua. En la tabla 11 se presentan los resultados pertenecientes a esta pregunta.

Tabla 11

Tipo de Vivienda

Pregunta 1. Tipo de vivienda				
Ítem	Casa Unifamiliar	Departamento	Inquilinato	Mediagua
	30	0	8	10
	63%	0%	17%	21%

Nota: los resultados del tipo de vivienda de los habitantes de San Cayetano. Elaborado por el autor.

En la segunda pregunta que analiza el uso de vivienda obteniendo como resultado el 92% de los habitantes su vivienda es únicamente residencial y el 8% usan su vivienda de forma residencial comercial. En la tabla 12 se presentan los resultados pertenecientes a esta pregunta.

Tabla 12

Uso de Vivienda

Pregunta 2. Uso de vivienda			
Ítem	Residencial	Comercial	Mixta
	44	0	4
	92%	0%	8%

Nota: Los resultados del uso de vivienda de los habitantes de San Cayetano. Elaborado por el autor.

En la tercera pregunta se busca conocer el nivel de agrado con el sistema actual abastecimiento de agua predominando un 73% de los habitantes muestra un grado aceptable, mientras que el 21 % y el 6% de muestra de su inconformidad ya que a través de las encuestas se evidencia que se ha ocasionado enfermedades por la ingesta de este líquido. (ver tabla 13)

Tabla 13

Grado de satisfacción actual

Pregunta 3. Grado de satisfacción sistema actual			
Ítem	Bueno	Regular	Malo
	35	10	3
	73%	21%	6%

Nota: Los resultados del grado de satisfacción del sistema actual los habitantes de San Cayetano. Elaborado por el autor

En la cuarta pregunta se analiza la dotación de agua, por lo que 100% de la muestra indica que dispone de agua todo el día como se puede apreciar en la tabla 14.

Tabla 14

Dotación de agua

Pregunta 4. Dotación de agua		
Ítem	Permanente	Esporádico
Total	48	0
	100%	0%

Nota: Los resultados de dotación de agua del sistema actual en San Cayetano.

Elaborado: por los Autores

En la pregunta 5 se analiza el grado de conformidad con el pago mensual por el servicio de agua dando como resultado que el 73% de los habitantes de la zona de estudio piensan que el valor que pagan mes a mes por el agua que llega a sus viviendas es excesivo mientras que el 27 % piensa que el valor es normal o accesible. (ver Tabla 15)

Tabla 15

Pago mensual servicio de agua

Pregunta 5. Pago por el servicio de agua			
ítem	Excesivo	Normal	Poco
Total	35	13	0
	73%	27%	0%

Nota: Los resultados del grado de conformidad respecto al pago mensual por el servicio de agua en la Urb. San Cayetano. Elaborado por el autor.

En un total de 48 personas encuestadas, 25 personas dicen que la calidad de agua que llega a los hogares es aceptable mientras que 20 personas dicen que la calidad de agua es regular y una persona ha tenido problemas estomacales en reiteradas ocasiones por la ingesta del agua que llega a su hogar. (ver Tabla 16)

Tabla 16

Calidad de agua

Pregunta 6. Calidad de agua				
ítem	Excelente	Buena	Regular	Mala
Total	0	25	20	1
	0%	52%	42%	2%

Nota: Los resultados del grado de conformidad de la calidad de agua en la Urb. San Cayetano. Elaborado por el autor

En la pregunta siete se evalúa la presión del agua dando como resultado que el 48% están conformes con la presión que tiene el agua que llega a los domicilios mientras que el 44% mencionan que la presión es normal y un pequeño porcentaje 8% no se encuentran conformes. (ver Tabla 17)

Tabla 17

Presión de agua

Pregunta 7. Presión del agua			
ítem	Alta	Normal	Baja
Total	25	23	4
	48%	44%	8%

Nota: Los resultados del nivel de aceptación de acuerdo a la presión de agua en la Urb.

San Cayetano. Elaborado por el autor

En la pregunta ocho se menciona los cortes de agua evidenciando que el sistema actual presenta cortes de agua quincenalmente ya que se realizan trabajo de limpieza dentro de las estructuras que brindan el servicio de abastecimiento de agua potable (ver Tabla 18)

Tabla 18

Cortes de agua

Pregunta 8. Cortes de agua				
Ítem	Diariamente	Semanalmente	Quincenalmente	Mensualmente
Total	0	0	48	0
	0%	0%	100%	0%

Nota: Los resultados que constatan los cortes de agua que se realizan en la Urb. San

Cayetano. Elaborado por el autor

En la pregunta nueve es visible una de las principales molestias de los habitantes al contar con una red de distribución conformada por mangueras de poliestireno ha

evidenciado que existen fugas del líquido vital que llega a sus hogares representado el 6%, por otro lado, el 94% mencionan que la red de distribución está en perfecto estado. (ver Tabla 19)

Tabla 19

Perdidas o fugas en el sistema abastecimiento de agua actual

Pregunta 9. Pérdidas o fugas visibles		
Ítem	Si	No
Total	3	45
	6%	94%

Nota: Los resultados que constatan las pérdidas o fugas que se tiene en el sistema actual en la Urb. San Cayetano. Elaborado por el autor.

Analizando los resultados rápidamente se podría llegar a una contradicción ya que el presente proyecto destaca de la deficiencia del sistema actual, pero por otra parte, la encuesta muestra un alto grado de satisfacción esto podría darse a factores externos como por ejemplo a presiones por parte de las autoridades o simplemente al ser una area rural el miedo por parte de los habitantes al prescindir de este servicio por exponer la realidad de la situación.

4.4 Calidad de agua actual:

Por medio de la EPAAGE-MEJIA, EP se obtuvo el informe de calidad del agua del sistema de agua para el consumo humano donde indica que el agua captada y conducida por medio de tuberías de poliestireno y por la misma razón no se utiliza el cloro como agente desinfectante ya que produce oxidación a las tuberías.

Las muestras fueron tomadas en el tanque de almacenamiento y red de distribución bajo condiciones ambientales idóneas dando como resultados los siguientes datos que se muestran en la Tabla 20 y Tabla 21.

Tabla 20

Resultados de calidad de agua en Tanque de almacenamiento

TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
Parámetro	Unidad	Valor obtenido	Límite permitido
Turbidez	NTU	0.5	5
Potencial Hidrogeno	pH	7.15	6.5-8
Conductibilidad eléctrica	uS/m	14.39	NE
CARACTERÍSTICAS INORGÁNICAS			
Cloro libre residual	mg/L	0.02	0.3 a 1.5
Fosfatos	mg/L	0.01	NE
Cobre	mg/L	0	0.04 a 5.00
Nitritos	mg/L	0.04	3
Arsénico	mg/L	0	0.01
Cromo	mg/L	0	0.05
Nitratos	mg/L	1	50
Sulfatos	mg/L	0	400
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes fecales	UFC/ 100ml	<1**	Ausencia

Nota: Se presenta el informe entregado por el laboratorio de EPAAGE-MEJIA , EP , de los requisitos físicos y químicos para el consumo de agua potable se puede observar que los resultados no sobrepasan el valor del límite permitido.

Tabla 21*Resultados de calidad de agua en Red de distribución*

RED DE DISTRIBUCION			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
Parámetro	Unidad	Valor obtenido	Límite permitido
Turbidez	NTU	2.07	5
Potencial hidrógeno	pH	7.11	6.5-8
Conductibilidad eléctrica	uS/m	14.11	NE
CARACTERÍSTICAS INORGANICAS			
Cloro libre residual	mg/L	0.02	0.3 a 1.5
Fosfatos	mg/L	0.5	NE
Cobre	mg/L	0	0.04 a 5.00
Nitritos	mg/L	0.04	3
Arsénico	mg/L	0	0.01
Cromo	mg/L	0	0.05
Nitratos	mg/L	1.5	50
Sulfatos	mg/L	0	400
PARAMETROS MICROGIOLÓGICOS			
	UFC/ 100ml	<1**	Ausencia

Nota: Se presenta el informe entregado por el laboratorio de EPAAGE-MEJIA, EP, de los requisitos físicos y químicos para el consumo de agua potable se puede observar que los resultados no sobrepasan el valor del límite permitido.

En conclusión, de los puntos analizados tanto como en la red de distribución y tanque de almacenamiento se encuentra dentro de límite permitido de acuerdo a lo establecido en la norma NTE – INEN -1108 -2020, Sexta Revisión Agua para el consumo humano, con ciertas observaciones:

- La Junta Administradora de Agua “San Cayetano” no realiza el proceso de desinfección al recurso hídrico, por lo tanto, no cumple con los parámetros en la NTE – INEM -1108 -2020
- Se observa cambio en los valores obtenidos en los parámetros: fosfatos, nitratos, nitritos en la red de distribución con respecto a los valores existentes en la reserva.

Esta información se encuentra más detallada en el anexo 7 Informe de calidad de agua.

CAPÍTULO V

5 BASES DE DISEÑO

5.1 Introducción:

En esta sección se detalla las herramientas teóricas que sirven como punto de partida del diseño, nos basaremos en "Norma de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural" (CPE INEN - parte 5, Bases de diseño).

Los parámetros estudiados en este capítulo nos ayudan a determinar los periodos de diseño, población de diseño, dotaciones, coeficientes de mayoración y los caudales de diseño.

Finalmente se presenta un cuadro de datos con los cuales se dará inicio a la etapa de diseño siendo la fase primordial de cualquier proyecto de ingeniería.

5.2 Período de diseño:

“Es el periodo de tiempo para el cual el sistema es eficiente al 100%, ya sea para la conducción del gasto deseado o por la resistencia física de las instalaciones” (Arocha, 1983).

Además, dentro del periodo de diseño se debe brindar un excelente servicio a la poblacional beneficiada presentando la menor cantidad de desperfectos en sus unidades.

A continuación, se muestra un rango de valores (ver Tabla 22) pertenecientes a las unidades que se utilizan en los proyectos de abastecimiento de agua potable.

Tabla 22

Periodos de diseño de las diferentes componentes de un sistema.

Descripción	Rango de valores
Fuentes Superficiales	
Sin regulación	20 - 30 años
Con regulación	20 - 30 años
Fuentes subterráneas	20 - 30 años
Obras de captación	25 - 50 años
Estaciones de bombeo	10 - 15 años
Líneas de aducción	20 - 30 años
Plantas de tratamiento	10 - 15 años
Tanques de almacenamiento de concreto	30 - 40 años
Tanques de almacenamiento de metal	20 - 30 años
Tubería principal de la red	20 - 25 años

Nota: Se presentan los periodos de diseño de las diferentes unidades de un sistema de abastecimiento de agua potable Elaborado por el autor a través los datos presentados en la norma (CPE INEN 5, 1992) numeral 4.1.2.7, página 59.

Para el presente proyecto se adoptará un periodo de diseño de 25 años definido por la norma anteriormente definida.

5.3 Población de diseño:

Para la determinación de la población de diseño o futura es necesario realizar algunos cálculos previos y la utilización de algunos métodos que se presentan a continuación.

5.3.1 Población actual:

El barrio al no tener un registro de la población que habita en lugar y además al ser un urbanización prácticamente recién conformado no se tuvo datos en Plan Ordenamiento Territorial de Cutuglagua, se procedió a realizar una encuesta que además de contener el número habitantes también se investigó el nivel socio económico, dando como resultado un total 181 personas que sirve como punto de partida para la determinación de la población de diseño , todos pertenecen a un estrato socioeconómico bajo.

También se obtuvo datos referenciales por parte de los moradores respecto al número de habitantes en años anteriores que a continuación se muestran en una tabla.

Tabla 23

Población en Urbanización San Cayetano

AÑO	POBLACIÓN
2016	20
2018	60
2020	173
2023	181

Nota: Se presentan datos referenciales del número de habitantes en San Cayetano

Fuente: Elaborado por el autor

5.3.2 Tasa de crecimiento:

Es un indicador porcentual respecto al número de habitantes que aumentó cada año en zona determinada, se obtiene a partir del despeje de fórmulas matemáticas que se relacionan con la proyección de la población futura.

La tasa de crecimiento dentro de su estructura indica los cambios que experimenta la población a causa de:

- Migración
- Mortalidad

- Fecundidad

En la tabla 24 se muestra valores establecidos según la norma CPE INEN 5 para la tasa de crecimiento (r) para diferentes regiones geográficas.

Para la estimación de la tasa de crecimiento en nuestra área de estudio tomaremos como punto de partida los datos de los censos realizados en la Parroquia Cutuglagua en los últimos años.

Tabla 24

Tasas de crecimiento poblacional

Región geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Nota: se presenta los datos establecidos de las tasas de crecimiento poblacional de acuerdo a la región geográfica Fuente: CPE INEN 5 parte 9.2

Para los cálculos de la población futura se han tomado diferentes tasas de crecimiento para cada uno de los métodos aritmético, geométrico y exponencial tomando como base la población según los censos de la parroquia de Cutuglagua, excluyendo así el valor obtenido en el método exponencial al ser un resultado inconsistente.

5.3.3 Población futura:

La proyección poblacional será realizada hasta el año 2048 donde se cumple el periodo de diseño, se determina utilizando los siguientes métodos:

En el anexo 1 se encuentra el cálculo de cada uno de los métodos utilizados.

5.3.4 Método Aritmético:

Esta técnica estadística, que se basa en la tasa de crecimiento de la población (Ec. 6) y se calcula utilizando al menos dos series de datos censales anteriores, se utiliza para proyectar la población futura. En este cálculo se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$r = \frac{Pf - Po}{tf - to} \quad \text{Ec. 6}$$

$$Pf = Po + (r * n) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde, las variables son las siguientes:

Pf: Población final (hab)

Po: Población inicial (hab)

r: tasa de crecimiento (%)

n: Periodo de diseño (años)

Realizando los cálculos obtenemos un resultado para el periodo de diseño de 25 años fijado anteriormente, en este método tenemos de 369 habitantes de población de diseño o futura.

5.3.5 Método geométrico:

Este enfoque se basa en el cálculo del porcentaje anual de crecimiento de la población utilizando tanto el método anterior como el mínimo de datos censales. Se hace hincapié en los porcentajes que sirven de aproximación al aumento de la población en años posteriores y representan el crecimiento en épocas anteriores.

$$r = \left[\left(\frac{Pf}{Po} \right)^{\frac{1}{tf-t0}} - 1 \right] \quad \text{Ec. 8}$$

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad \text{Ec. 9}$$

Donde, las variables son las siguientes:

Pf: Población final (hab)

Pa: Población inicial (hab)

r: tasa de crecimiento (%)

n: Periodo de diseño (años)

Realizando los cálculos obtenemos un resultado para el periodo de diseño de 25 años fijado anteriormente, en este método tenemos de 760 habitantes de población de diseño o futura.

5.3.6 Método exponencial:

En este método a diferencia de los anteriores utilizada los datos únicamente del último censo o los datos de la población actual. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$r = \frac{\ln Pf - \ln Po}{tf - t0} \quad \text{Ec. 10}$$

$$Pf = Pa + e^{n*r} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde, las variables son las siguientes:

Pf: Población final (Hab)

Pa: Población inicial (Hab)

r: tasa de crecimiento (%)

n: Periodo de diseño (años)

Realizando los cálculos obtenemos un resultado para el periodo de diseño de 25 años fijado anteriormente, en este método tenemos de 185 habitantes de población de diseño o futura. (ver tabla 25)

Tabla 25

Resumen de resultados obtenidos de población futura

POBLACION FUTURA (2048)	HAB
M. Aritmético	369
M. Geométrico	760
M. Exponencial	185
Población diseño	760

Nota: Se muestran los datos obtenidos con los tres métodos para la estimación de la población de diseño del proyecto para un periodo de diseño de 25 años. Elaborado por el autor.

5.4 Dotación:

Se trata del mínimo de agua necesaria en un día para satisfacer las necesidades fundamentales de los beneficiarios o residentes del proyecto. Las pérdidas que se producen dentro del sistema no se incluyen en este parámetro. (ver tabla 26)

Tabla 26*Dotaciones recomendadas*

Población	Clima	Dotación media futura lt/hab/dia
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 -160
5000 a 50000	Frío	170 -200
	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Frío	200 -230
Mas de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Frío	> 230

Nota: Se presenta dotaciones recomendadas para distintas poblaciones y climas.

Elaborado por: El autor, a través de la Norma para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable.

Para la dotación en San Cayetano se realizó una estimación tomando en cuenta el consumo de cada uno de los socios por medio de la encuesta realizada, para al final obtener una dotación promedio de 123 lt/hab/día (ver anexo 4) pero al ser comparado con el dato que rige en la norma y en el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Mejía se adopta el valor de 140 lt/Hab/día.

5.5 Estimación de Caudales:

5.5.1 Caudal medio diario (Qmed):

Se calcula mediante la siguiente fórmula y es el caudal derivado del consumo medio diario durante un periodo de un año, según lo previsto en su diseño.

$$Q_{med} = \frac{Pd * Dot}{86400} \quad Ec. 12$$

Donde, las variables son las siguientes:

Qmed: Caudal medio diario (l/s)

Pd: Población al final del periodo de diseño.

Dot: Dotación futura (lt/hab/día)

$$Q_{med} = 1.23 \text{ lt/s}$$

5.5.2 Caudal máximo diario:

Se mide en litros por segundo y es el caudal máximo registrado en un solo día del año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por un coeficiente de aumento que fija la norma. Todas las estructuras de la red de agua potable, a excepción de la red de distribución, se diseñan utilizando este cálculo. La ecuación siguiente es la que se ha utilizado para calcularlo:

$$Q_{md} = Q_{med} * KMD \quad \text{Ec. 13}$$

Donde, las variables son las siguientes:

QMD: Caudal máximo diario (l/s)

Qmed: Caudal medio (l/s)

KMD: Factor de mayoración máximo diario.

Para todos los niveles de servicio, la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y eliminación de residuos líquidos en regiones rurales establece que el factor de incremento diario máximo tiene un valor de 1,25 (REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602), página 21, literal 4.5.2

$$Q_{md} = 1.54 \text{ lt/s}$$

5.5.3 Caudal máximo horario:

La red de distribución se construye teniendo en cuenta el caudal máximo horario, que es el mayor caudal registrado en una sola hora del día, teniendo en cuenta el consumo máximo. Puede obtenerse mediante la ecuación siguiente:

$$QMH = Qmed * KMH \quad Ec. 14$$

Donde, las variables son las siguientes:

QMH: Caudal máximo horario (l/s)

Qmed: Caudal medio (l/s)

KMH: Factor de mayoración máximo horario.

Para todos los niveles de servicio, la Norma de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos en zonas rurales establece que el factor de incremento horario máximo tiene un valor de 3. (REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602), página 21, literal 4.5.3.2.

$$QMH = 0.38 * 3$$

$$QMH = 3.69 \text{ lt/s}$$

5.5.4 Caudal disponible para el diseño

Existen diversos métodos para aforar el caudal en un ojo de agua o manantial, para nuestro caso se optó por el método del flotador sé que utiliza cuando no se dispone de equipos de medición. (Gonzales Carbajal & Herbías Advíncula, 2022)

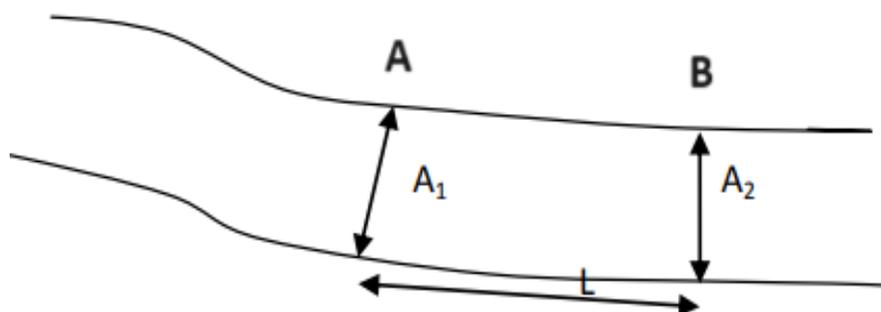
Para este método se utilizaron básicamente un objeto flotante, que en nuestro caso fue una rama, un cronómetro, una flexómetro y regla.

En primera instancia se eligió un tramo uniforme de la fuente subterránea en donde se pudiera acceder para realizar las mediciones, El volumen de agua se determinó utilizando las mediciones de longitud, anchura y profundidad que se obtuvieron tres veces en cada extremo y en varias posiciones del segmento.

En el extremo superior dejar caer la rama siendo este el punto A y con cronómetro mediremos en tiempo que tarda el flotador en llegar al punto B, esta acción se repetirá 5 veces y se determinará el promedio del tiempo tal y como se puede apreciar en la figura 19.

Figura 19

Sección de estudio Método del flotador



Nota: Se presenta la sección referencial para medir el caudal en el método de flotador,

Fuente: Instructivo de medición de caudal, Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025. (NTP ISO/IEC 17025, 2009)

$$A = (A_1 + A_2)/2 \quad \text{Ec. 15}$$

$$H = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6)/6 \quad \text{Ec. 16}$$

$$T = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)/5 \quad \text{Ec. 17}$$

$$V = L * H * A \quad \text{Ec. 18}$$

El cálculo consiste en:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ec. 19

Donde, las variables son las siguientes:

L: Largo del tramo

H: Profundidad promedio de la sección.

A: Promedio de anchos.

V: Volumen final

T: Tiempo en segundos del recorrido por el flotador

T: Tiempo promedio del recorrido por el flotador a lo largo del tramo
seleccionado.

Q = Caudal

Para el aforo se realizaron 10 aforos en diferentes días, entre los meses de marzo
y abril del 2023 (anexo 5), dichos resultados se muestran a continuación en la tabla 27.

Tabla 27

Datos de aforos en la fuente de abastecimiento

Fecha	L (m)	H	A (m)	T (s)	V (m3)	Q (m ³ /s)	Q (lt//s)
01/05/2023	0.9	0.115	1.01	15.93	0.105	0.007	6.56
02/05/2023	0.96	0.16	0.96	16.02	0.147	0.009	9.20
03/05/2023	0.78	0.94	0.132	16.40	0.097	0.006	5.89
04/05/2023	0.98	1.05	0.112	17.63	0.115	0.007	6.52
05/05/2023	0.86	0.955	0.120	16.74	0.099	0.006	5.89
06/05/2023	0.87	1	0.118	17.21	0.103	0.006	5.98
07/05/2023	0.89	1.025	0.115	16.94	0.105	0.006	6.19
08/05/2023	0.75	1.01	0.115	17.11	0.087	0.005	5.09
09/05/2023	0.85	1.015	0.115	17.60	0.099	0.006	5.64

10/05/2023	0.89	1.01	0.120	17.39	0.108	0.006	6.20
					Qmed	0.006	6.32

Nota: Se presentan los datos de aforos obtenidos en la fuente de abastecimiento a fin de determinar el caudal promedio existente. Elaborado por: El autor

5.5.5 Caudal de bombeo.

Dado que la fuente de suministro está situada a poca altura en relación con el depósito de almacenamiento, la topografía de la zona de investigación es crucial para evaluar la conducción del bombeo. Para determinar el caudal de bombeo se utiliza la siguiente fórmula basada en el consumo máximo diario y el número de horas de funcionamiento de la bomba.

$$Q_b = \frac{24}{N} QMD \quad \text{Ec. 20}$$

Donde, las variables son las siguientes:

N: Número de horas de funcionamiento de la bomba

QMD: Caudal máximo diario obtenido al final del periodo de diseño

5.5.6 Caudal de incendios.

La cantidad de personas que viven en la zona investigada está directamente correlacionada con el flujo de emergencias o incendios.

Este flujo es posible gracias a las bocas de incendio y los hidrantes; la distancia entre ellos no debe ser superior a 200 metros. Las bocas de incendio deben tener un diámetro mínimo de 50 milímetros (mm), mientras que los hidrantes deben tener una dimensión adecuada para garantizar su funcionamiento con la red. (MIES, 2009)

A continuación, en la tabla 28, se presenta consideraciones dadas por la norma que nos permite dar a conocer el número de hidrantes y de bocas de fuego en función de la población.

Tabla 28

Caudal de incendio y dispositivos

Población futura (hab)	Caudal de incendios (l/s)	Dispositivo
< 3000 (Costa)	No se diseña	Bocas de Fuego
< 5000 (Sierra)	No se diseña	Bocas de Fuego
3000-10000	5	Bocas de Fuego
10000-20000	12	Hidrantes

Nota: se presenta un cuadro acuerdo a la población futura se adoptará o no un caudal de incendios con sus respectivos dispositivos. Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

En nuestro proyecto al tener población de diseño 760 habitantes no será necesario tomar en cuenta el caudal de incendios.

5.5.7 Caudal de la línea de conducción.

Transportar el caudal necesario el día de mayor demanda, respetando el periodo de diseño especificado en la norma, es la finalidad principal de la tubería de conducción.

La norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602) parte 5.3, menciona que dado que el caudal puede aumentar durante las estaciones lluviosas, el caudal de diseño de la tubería de conducción debe ser 1,1 veces el caudal diario máximo calculado al final del periodo de diseño, que en nuestro caso será de 25 años. Deben tomarse medidas correctoras para garantizar que la tubería pueda soportar este aumento.

$$Q_{lc} = 1.1 * Q_{MD}$$

Ec. 21

Donde, las variables son las siguientes:

Q_{lc} : Caudal de la línea de conducción, (l/s)

Q_{MD} : caudal máximo diario

$$Q_{lc} = 1.1 * 1.54$$

$$Q_{lc} = 1.69 \text{ lt/s}$$

5.6 Datos generales para el diseño:

En la Tabla 29 se muestran los datos obtenidos para el diseño lo cual será el punto de partida para cumplir los objetivos del proyecto.

Para un mejor entendimiento en el Anexo 2 se encuentran detallados uno a uno los parámetros calculados.

Tabla 29

Datos de diseño del proyecto de la Urb. San Cayetano

Datos de diseño	
Periodo de Diseño	25 años
Población futura	760 hab
Dotación	140 lt/s
Q_{med}	1.23 lt/s
Q_{MD}	1.54 lt/s
Q_{MH}	3.69 lt/s
Q disponible	6.32 lt/s
Q_b	3.08 lt/s
Q_{lc}	1.69 lt/s

Nota: Se Presentan los datos generales para el proyecto. Elaborado por: El autor

CAPÍTULO VI

6 DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED DE AGUA

POTABLE

6.1 Tanque de almacenamiento.

6.1.1 Descripción general.

Como parte de los objetivos de este proyecto de abastecimiento de agua potable, se incluye el diseño de un tanque de almacenamiento, dicha estructura funciona como un depósito de agua el cual suplirá de líquido vital en el caso de una suspensión temporal de abastecimiento en la línea de conducción además también servirá como un ente controlador de las presiones en la red distribución y a su vez deberá subsanar las variaciones de consumo que se producen a lo largo del día.

6.1.2 Condiciones mínimas generales.

Se debe tomar en cuenta para el diseño del tanque que por ningún motivo la suma de los volúmenes podrá ser menor a 15 [m³].

Para la ubicación se deberá tomar en cuenta la topografía del lugar, garantizando así en lo posible su funcionamiento a gravedad de tal modo que no se incurra en gastos extras y también se toma en cuenta el tipo de tanque a utilizarse.

6.1.3 Condiciones mínimas específicas.

En las siguientes Tablas 30 y 31, se presentan las condiciones mínimas de acuerdo a cada tipo de tanque a diseñarse.

Tabla 30

Condiciones mínimas, tanque superficial

No.	Condiciones mínimas
1	Cuando la entrada y salida del tanque se deban realizar mediante tuberías separadas, estas se ubicarán en lados opuestos, con el objeto de permitir la continua renovación del agua.
2	En caso de diseñarse un solo tanque, debe preverse un paso directo (by pass), que permita mantener el servicio mientras se efectúa el lavado o la reparación del mismo. De ser necesario, se constituirán estructuras o se instalarán equipos reductores de presión en este desvío
3	Los tanques serán siempre cubiertos y provistos de una tapa de protección
4	Las tuberías de rebose descargarán libremente y tendrán un diámetro igual o mayor al de la tubería de entrada
5	El diámetro de la tubería de desagüe deberá ser suficiente como para vaciar el tanque en un tiempo no mayor a seis horas.
6	En el fondo del tanque se proveerá un sumidero desde el que partirán las tuberías de salida y desagüe.
7	Bajo la losa de fondo deberá proyectarse un sistema de drenes para eliminar el agua proveniente de infiltraciones.
8	Todas las tuberías de entrada y salida del tanque, a excepción de las de rebose, deberán estar provistas de válvulas de compuerta
9	En la tubería de entrada, de ser necesario, se instalará una válvula flotadora.
10	La altura mínima del tanque será de 2,5 [m] hasta el nivel máximo de agua, más un borde libre de 0,3[m].
11	En el tanque se incluirá los accesorios indispensables tales como: escaleras, respiraderos, indicadores de nivel, etc.

Nota: Generalidades para el diseño de tanques de almacenamiento superficial. Fuente:

(Secretaría del Agua, 2012)

Tabla 31*Condiciones mínimas, tanque elevado*

No.	Condiciones mínimas
1	El nivel mínimo de agua en el tanque debe ser suficiente para que la presión de la red sea la indicada en los cálculos
2	La entrada de rebose descargara libremente
3	En el tanque se instalará los accesorios indispensables tales como: respiraderos, bocas de visita, escaleras, indicadores de nivel, etc
4	Las escaleras exteriores deber tener protección adecuada y dispositivos de seguridad.
5	En los tanques de compensación se diseñarán los dispositivos que permitan controlar el nivel máximo del agua.
6	Si el tanque elevado es proyectado para uniformizar las presiones en la red, su capacidad máxima estará entre el 2% y 4% del volumen total de almacenamiento
7	Se instalará válvulas de compuerta en las tuberías de entrada y salida excepto en las de rebose

Nota: Generalidades para el diseño de tanque de almacenamiento elevados Fuente:

(Secretaría del Agua, 2012)

6.1.4 Volumen de almacenamiento.

El volumen diario que se asociará a la demanda media con respecto al año de diseño fijado se multiplica por un coeficiente de compensación para obtener el volumen de almacenamiento. Este volumen de almacenamiento, que se calcula en función del número de beneficiarios del proyecto, se compone del total de varios volúmenes, incluidos los volúmenes para emergencias, incendios y regulación. Básicamente, el objetivo de este cálculo es asegurarse de que hay espacio suficiente para acomodar las demandas de la creciente población.

Para el cálculo del volumen de almacenamiento total necesario se utiliza la siguiente expresión: (Ec, 22)

$$V = VR + Vi + Ve$$

Ec. 22

6.1.5 Volumen de Regulación (VR).

En primera instancia se determina de acuerdo a las variaciones horarias de consumo, tomado en cuenta la población donde se selecciona el porcentaje a utilizar para el cálculo del dicho como lo indica en la siguiente Tabla 32.

Tabla 32

Porcentaje para estimación de volumen de regulación

Población	%
< 5000	30
> 5000	25

Nota: Se presenta valores a tomar según la cantidad de habitantes en la fórmula de volumen de regulación. Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

A través de la siguiente ecuación de podrá determinar el volumen de regulación.

$$VR = Qm * \frac{(25 \text{ o } 30)\% * 86400}{1000} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde, las variables son las siguientes:

Qm: Caudal medio [lt/s]

30%, 25% acorde al número de habitantes y respectiva eventualidad

VR: Volumen de reserva [m3]

$$VR = 1.23 * \frac{0.30 * 86400}{1000}$$

$$VR = 31.88 \text{ m}^3$$

6.1.6 Volumen de incendios (Vi).

Como se indica en la tabla 33, para calcular el volumen de incendios es necesario conocer el número de residentes y la zona en la que se llevará a cabo el proyecto.

Tabla 33

Expresiones para estimación de volumen de incendios

Región	Población	Expresión para vi [m3]
Costa	< 3000	No se considera
	3000 – 20000	$Vi = 50 * \sqrt{p}$
	> 20000	$Vi = 50 * \sqrt{p}$
Sierra	< 5000	No se considera
	5000 – 20000	$Vi = 50 * \sqrt{p}$
	> 20000	$Vi = 50 * \sqrt{p}$

Las siguientes variables son: Vi= Volumen de incendio [m3]
P= población en miles de habitantes

Nota: Se presenta las expresiones para el cálculo de volumen de incendios de acuerdo a la región. Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

Nuestra zona de estudio se encuentra en la región sierra y la población al final del periodo de diseño es inferior a 5000 por lo cual no se considera el volumen de incendios en este proyecto.

6.1.7 Volumen de emergencia (Ve).

“El volumen emergencia está ligado con el volumen de regulación el cual está en función de la población, será del 25 %, para poblaciones mayores a 5000 y no se considera en caso contrario”. (Secretaría del Agua, 2012)

Al igual manera que el caso anterior en este proyecto no se considerará el volumen de emergencia.

6.1.8 Volumen total del tanque de almacenamiento.

En la tabla 34 se muestran el volumen total calculado para los parámetros

Población futura 30 años	Vr [m ³]	Vi [m ³]	Ve [m ³]	Volumen total [m ³]
760	31.88	0	0	31.88

establecidos anteriormente.

Tabla 34

Cálculo del volumen total del tanque de almacenamiento.

Nota: Se presenta los volúmenes obtenidos para el cálculo del total del tanque.

Elaborado por: Autores

6.1.9 Capacidad y dimensionamiento del tanque.

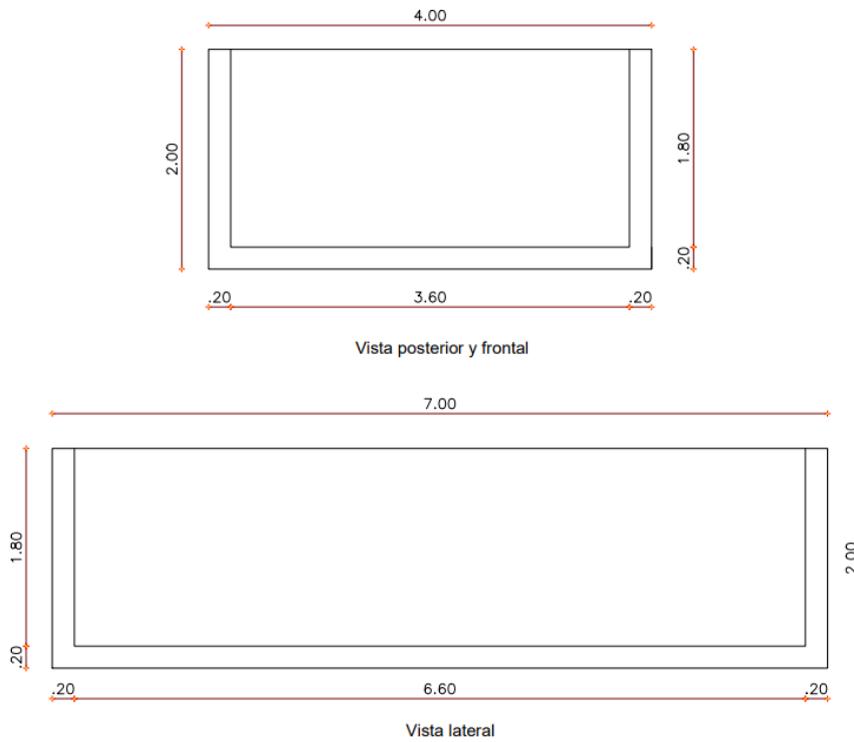
Para la determinación de capacidad y dimensiones del tanque, se tiene como referencia los datos de la Tabla 34, con un volumen base ya que se tiene en cuenta algunas estructuras de almacenamiento con dimensiones que pueden ser utilizadas en el diseño y que actualmente se encuentran sin uso alguno.

Por medio de los cálculos el volumen necesario es 31.88 [m³] y en la zona de estudio se tiene una estructura de 56 [m³] en la cota 3043 facilitando la distribución por gravedad, el problema radica en que dicho tanque no cuenta con una tapa de protección por lo cual es indispensable su diseño.

Las dimensiones del tanque a utilizarse dentro de diseño de abastecimiento de agua potable se muestran a continuación en la Figura 29.

Figura 20

Vista lateral, posterior y frontal del tanque de almacenamiento de San Cayetano



Nota: Dimensiones en [m] del tanque a utilizarse dentro de diseño en San Cayetano

Elaborado por: El autor

6.1.10 Diseño de la losa tipo tapa.

Para diseñar la losa de cubierta del depósito de almacenamiento, se supone que el peso de la losa hará que su presión se distribuya uniformemente a lo largo de su longitud. Por lo tanto, se debe determinar el espesor de la losa, el valor del área de apoyo de la losa y el peso por [m²], teniendo en cuenta que el peso específico del hormigón es igual a 2,4 [T/m³].

Una vez determinado los parámetros anteriores se procede con el cálculo de la carga del peso propio o carga muerta (D) de la losa tipo tapa, realizando una combinación de carga asumiendo un valor de carga vida (L) es de 0,5 [T/m²].

$$A = L * l \quad \text{Ec. 24}$$

$$P_{Plosa} = \text{área} * \text{espesor} * \text{peso específico del hormigón} \quad \text{Ec. 25}$$

$$U = 1.2 * D + 1.6 * L \quad \text{Ec. 26}$$

En la Tabla 35 se presentan los valores obtenidos para el tanque de almacenamiento.

Tabla 35

Datos de la tapa de losa.

Descripción	Valor
Largo efectivo (L) [m]	7.00
Ancho efectivo (l) [m]	4.00
Espesor de losa asumido (h) [m]	0.25
Área de apoyo de losa de cubierta (A) [m ²]	28.00
Peso propio o carga muerta de tapa de losa ($P_p D$) [T/m ²]	0.60
Combinación de carga (U) [T/m ²]	1.52

Nota: Datos para posteriores cálculos para la tapa tipo losa Elaborado por: Autores.

6.1.11 Momentos flectores y fuerzas cortantes.

En esta sección se calculan las cargas de diseño, en el lado corto y largo. Para el cálculo de la carga última, misma que estará repartida a lo largo de la sección de análisis como se muestra en la siguiente figura, para después determinar el momento último y el cortante, esto se realiza tanto para el lado corto (Ec. 27) como el lado largo (Ec. 28).

En la Figura 30 se muestra un esquema del comportamiento de la carga repartida (q) a lo largo de una sección que para el caso en estudio será la tapa tipo losa del tanque de almacenamiento.

$$q_{largo} = \frac{L_L^4}{L_L^4 + L_C^4} * U \quad \text{Ec. 27}$$

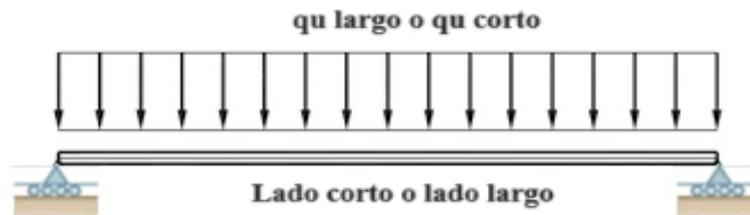
$$q_{corto} = \frac{L_C^4}{L_C^4 + L_C^4} * U \quad \text{Ec. 28}$$

$$M_u = \frac{q_{corto \text{ o largo}} * L^2}{8} \quad \text{Ec. 29}$$

$$V_u = \frac{q_{corto \text{ o largo}} * L}{2} \quad \text{Ec. 30}$$

Figura 21

Esquema de la carga última repartida utilizada para el calculo



Nota: Carga repartida a lo largo del lado de corto o largo. Elaborado por: Autores

En la siguiente Tabla 36 se muestran los valores de las cargas de diseño. obtenidos a través de las ecuaciones anteriormente presentadas.

Tabla 36

Cargas de diseño en la losa tipo tapa.

Tipo de carga de diseño	Valor
Carga ultima, lado corto (qu-corto) [T/m]	1.37
Momento último, lado corto (Mu-corto) [Tm]	2.75
Corte último, lado corto (Vu-corto) [T]	2.75
Carga ultima, lado largo (qu-largo) [T/m]	0.15
Momento último, lado largo (Mu-largo) [Tm]	0.90
Corte último, lado largo (Vu-largo) [T]	0.51

Nota: Momentos y cortantes calculados para el tanque de almacenamiento Elaborado por: Autores.

6.1.12 Cálculo de acero de refuerzo para momentos positivos.

Se determina a partir de las siguientes ecuaciones tanto para el lado corto y lado largo, para la expresión se tomará el valor de ϕ será 0.90 y el b de 1,00 m de ancho unitario.

$$A_s = \frac{k}{f_y} * \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * k * d}} \right] \quad \text{Ec. 31}$$

$$k = 0.85 * f'_c * b * d \quad \text{Ec. 32}$$

El valor que se obtiene debe ser corregido con el valor de acero mínimo de flexión determinado a continuación.

$$\rho = \frac{14}{f_y} \quad \text{Ec. 33}$$

$$\rho = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$A_{s_{flex}} = \rho * b * d \quad \text{Ec. 34}$$

$$A_{s_{flex}} = 0.0033 * 100 * 21 = 7 \left[\frac{cm^2}{m} \right]$$

Una vez realizados los respectivos cálculos, se coloca el acero mínimo para contrarrestar los esfuerzos generados por los momentos negativos, también será necesario la verificación al corte teniendo como que el cortante último sea menor al cortante del concreto por medio de las siguientes expresiones.

$$v_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} \quad \text{Ec. 35}$$

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d} \quad \text{Ec. 36}$$

Los resultados del cálculo de acero para tapa del tanque de almacenamiento se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37

Datos obtenidos de los aceros de refuerzo.

Parámetro	Valor
Recubrimiento (r) [m]	0.04
Altura efectiva (d) [m]	0.21
Resistencia a la compresión del hormigón ($f'c$) - [kg/cm ²]	240
Resistencia a la fluencia del acero (f_y) – [kg/cm ²]	4200
Acero de refuerzo momento positivo, lado corto (As) [cm ²]	3.53
Acero de refuerzo momento positivo, lado largo (As) [cm ²]	1.14
Acero de refuerzo momento negativo (As) [cm ²]	7.00
Corte del hormigón (V_c) [kg/cm ²]	8.21
Corte ultimo (V_u) [kg/cm ²]	1.75
Verificación del corte	Si cumple

Nota: Se presenta los valores obtenidos de los aceros para la tapa de losa. Elaborado

por: Autores.

En la Tabla 38 se indica el diámetro y número de barras para los aceros de refuerzo esto también se puede evidenciar en el anexo 9 en el plano que detalla el tanque de almacenamiento utilizado dentro del diseño.

Tabla 38

Diámetro y número de barras para la tapa de tanque de almacenamiento

Tipo de carga de diseño	Acero
Acero de refuerzo momento positivo, lado corto (As) [cm ²]	1ø12mm@25cm
Acero de refuerzo momento positivo, lado largo (As) [cm ²]	1ø12mm@25cm
Acero de refuerzo momento negativo (As) [cm ²]	1ø16mm@25cm

Nota: Se presenta la distribución de los aceros de acuerdo a la cantidad de acero

calculada. Elaborado por: Autores.

El proceso para el diseño de la tapa del tanque de almacenamiento se basa en el trabajo de titulación “Calculo y diseño de tanques rectangulares de hormigón armado con

sistema de recirculación y bombeo” (Pastillo Andrango, 2014). Dicho trabajo cuenta en cuenta normas ACI y PCA.

6.2 Sistema de bombeo.

Según la topografía la fuente de abastecimiento de encuentra en cota 2993msnm y el tanque de almacenamiento en la cota 3043 msnm por lo cual es necesario elevar el agua por medio de una bomba.

Para la selección la bomba a utilizarse en primera instancia se determina las longitudes de la tubería, altura dinámica total y diámetros de la tubería de impulsión y succión para así llegar a la potencia requerida para elevar el agua.

6.2.1 Altura de Succión:

Para la altura de succión tenemos el dato del caudal de bombeo de 3.08 [lt/s], una longitud de tubería de 5 [m], un diámetro interno de tubería de 46.8 [mm], una velocidad de 1.75 [m/s], también es importante conocer la diferencia de cotas (H) o también llamada la altura de succión en este caso es de 0 [m] ya que no existe una diferencia.

6.2.2 Pérdidas primarias:

Diámetro (D) =50 [mm]

Diámetro (Dint) =46.8 mm [mm]

Densidad de agua a 20°(ρ) = 992 [kg/m^2]

Viscosidad Dinámica (μ)= 1008 x 10⁻⁶ [Kg/m.s]

Coefficiente de rugosidad absoluta de material del tubo (ϵ) = 0.0015 [mm]

$$\frac{\varepsilon}{D_{int}} = 2.953 \times 10^{-5} \quad \text{Ec. 37}$$

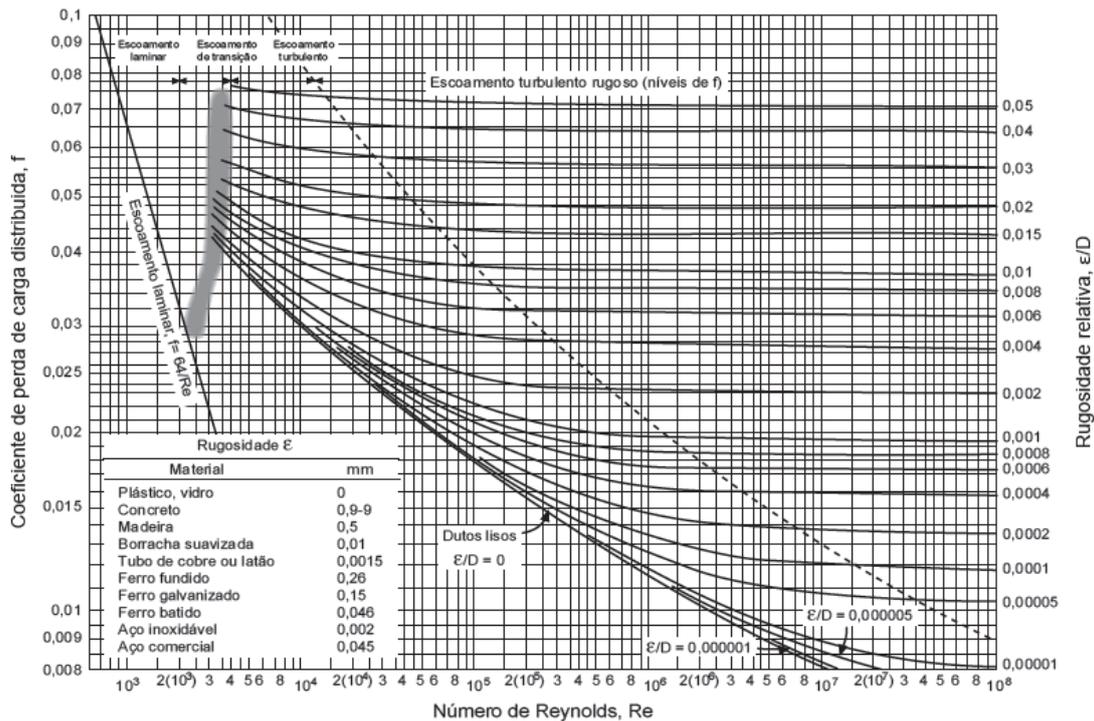
$$f = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_{int}}\right) \quad \text{Ec. 38}$$

$$Re = \rho \frac{V * D_{int}}{\mu} \quad \text{Ec. 39}$$

$$Re = 8.726 \times 10^4 \text{ Flujo turbulento } > 10000$$

Figura 22

Diagrama de Moody



Nota: Diagrama de Moody para determinar el valor del factor de fricción (f). Fuente: (Ascues Salas, 2019).

El factor de fricción f , es igual a 0.018 obtenido mediante la Figura 31 consecutivamente se utiliza la ecuación de Darcy- Weisbach, para cálculo de pérdidas primarias en los 5 m de longitud, que tiene en la parte de la succión.

$$hf = 0.385 [m]$$

6.2.3 Pérdidas secundarias:

Para pérdidas secundarias, se calculará con la siguiente ecuación.

$$hl = \sum K * \frac{V^2}{2g} \quad Ec. 40$$

El coeficiente de resistencia K, depende de cada accesorio que se utiliza en su construcción.

K codo 90°: 0,75

K filtro: 12

K válvula check: 2.5

$$hl = 2.368 [m]$$

$$H.D.T_{.succión} = hf + hl + H_{succión} \quad Ec. 41$$

$$H.D.T_{.succión} = 0.385 m + 2.368 m + 0$$

$$H.D.T_{.succión} = 2.753 [m]$$

6.2.4 Altura de impulsión:

Para la altura de impulsión tenemos el dato del caudal de bombeo de 3.08 [lt/s], una longitud de tubería de 490 [m], un diámetro interno de tubería de 46.8 [mm], una velocidad de 1.75 [m/s], también es importante conocer la diferencia de cotas (H) o también llamada la altura de impulsión ya que en este caso es de 50 [m].

6.2.5 Pérdidas primarias:

Diámetro (D) =50 [mm]

Diámetro (Dint) =46.8 mm [mm]

Densidad de agua a 20°(ρ) = 992 [kg/m²]

Viscosidad Dinámica (μ) = 1008 x 10⁻⁶ [Kg/m.s]

Coefficiente de rugosidad absoluta de material del tubo (ε) = 0.0015 [mm]

$$\frac{\varepsilon}{D_{int}} = 2.953 \times 10^{-5}$$

$$f = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{D_{int}}\right)$$

$$Re = \rho \frac{V * D_{int}}{\mu}$$

$$Re = 8.726 \times 10^4 \text{ Flujo turbulento } >10000$$

El factor de fricción f , es igual a 0.018 consecutivamente e utilizará la de Darcy-Weisbach, para cálculo de pérdidas primarias en los 490 m de longitud, que tiene en la parte succión.

$$hf = 30.17 [m]$$

6.2.6 Pérdidas secundarias:

Para pérdidas secundarias, se calculará con la siguiente ecuación.

$$hl = \sum K * \frac{V^2}{2g}$$

El coeficiente de resistencia K, depende de cada accesorio que se utiliza en su construcción

K codo 90°: 0,75

K válvula de compuerta: 0.2

K válvula check: 2.5

$$hl = 1.39 [m]$$

$$H.D.T._{Impulsión} = hf + hl + H_{impulsión} \quad Ec. 42$$

$$H.D.T._{impulsión} = 30.17 m + 1.39 m + 50m$$

$$H.D.T._{impulsión} = 81.56 [m]$$

Una vez realizados los cálculos correspondientes se llega a la Tabla 39 de resumen para posteriormente continuar con la elección de la bomba.

Tabla 39

Tabla de resumen para altura dinámica total (HDT).

Parámetros	Succión	Impulsión
Altura estática (m)	0	50
Diámetro nominal (mm)	50	50
Diámetro interno (mm)	46.8	46.8
Caudal de bombeo (lt/s)	3.08	3.08
Velocidad (m/s)	1.75	1.75
Pérdida primaria (m)	0.385	30.17
Pérdida secundaria (m)	2.368	1.39
H.D.T. (m)	2.753	81.56

Nota: se presenta un cuadro de resumen de los datos obtenidos tanto para succión e

impulsión. Elaborado por: Autores

6.2.7 Propuesta de bomba.

Para definir una bomba hay que sumar toda la altura dinámica. Mediante los cálculos anteriormente definidos se obtiene un valor de 85 [m], que se utiliza en el enunciado matemático siguiente para calcular la potencia hidráulica.

$$P = \frac{Q_b * H.D.T * \rho * g}{\eta} \quad \text{Ec. 43}$$

Donde, las variables son las siguientes:

H: Potencia de la bomba [Hp]

Qb: Caudal de bombeo [lt/seg]

H.D.T.: Altura dinámica total [m]

η : Eficiencia de la bomba

Para el cálculo de la bomba se tomará una eficiencia igual a 65 %.

$$P = \frac{3.05 * 85 * 992 * 9.81}{0.65}$$

$$P = 5.26 \text{ Hp}$$

Con los datos obtenidos del caudal de bombeo, la altura dinámica total y la potencia podemos determinar la bomba comercial que cumpla nuestros requerimientos concluyendo, se puede elegir la bomba centrífuga marca Pedrollo 2CP de 5.5 HP Trifásica Jet, como se indica en la Figura 32.

Figura 23

Modelo de equipo de bombeo de acuerdo a los datos obtenidos.

BOMBAS DE AGUA PEDROLLO 2CP (IVA 0%)
2 ETAPAS






CODIGO	DESCRIPCIÓN – POTENCIA – SUCCIÓN DESCARGA	CAUDAL lpm.	ALTURA m.	PVP
4148	BOMBA CENTRIFUGA 2CPm25/16B_2HP 220 1.25X1	20 A 140	56 A 30	605,31
5071	BOMBA CENTRIFUGA 2CPm25/16A 3HP 220 1.5X1	20 A 160	67 A 32	674,24
4147	BOMBA CENTRIFUGA 2CP25/16A_3HP 220/440V TRIFASICA	20 A 160	67 A 32	643,46
3786	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/200C_4HP 220/440V TRIFASICA	40 A 250	66 A 36	1065,11
3785	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/200B_5.5H 220/440V TRIFASICA	40 A 250	85 A 49	1148,71
3791	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180C_5.5HP 220/440 TRIFASICA	100 A 350	62 A 35	1232,22
3788	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/210B_7.5HP 220/440 TRIFASICA	40 A 250	94 A 56	1338,27
3790	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180B_7.5HP 220/440 TRIFASICA	100 A 400	73 A 46	1338,85
3787	BOMBA CENTRIFUGA 2CP32/210A_10 H220/440V TRIFASICA	40 A 250	111 A 74	1439,31
3789	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/180A_10HP 220/440 TRIFASICA	100 A 400	85 A 60	1430,85
3792	BOMBA CENTRIFUGA 2CP40/200A_15HP 220/440 TRIFASICA	100 A 450	102 A 69	2257,84

Nota: Tabla para selección del equipo de bombeo, a través del caudal de bombeo y la altura Fuente: (Pedrollo, 2019)

6.3 Diseño de la red de distribución.

6.3.1 Consideraciones generales

Para el diseño de la red de distribución de agua potable, se toma las bases de diseño proporcionados por las normas vigentes publicadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y datos indicados por el PDOT del cantón.

- El diseño se realiza en periodo estático.
- La línea de conducción será por bombeo y la distribución será por gravedad.
- Las presiones deben estar en la escala de 10 a 70 metros sobre columna de agua como valor mínimo y máximo respectivamente.

6.3.2 Diseño y dimensionamiento.

Para el trazo de la red se toma en cuenta la topografía del lugar siguiendo las direcciones en las calles en lo posible evitando pasar por medio de lotes, es inevitable la utilización de ramales abiertos para nuestro caso en especial se compone especialmente de calles sin salida que no tienen conexiones entre ellas.

Este trazo consta de tuberías con diámetros que existen en el comercio garantizando así los resultados de los cálculos hidráulicos de acuerdo a normas establecidas.

6.3.3 Distribución de gastos en los nodos.

El método de repartición lineal se utiliza para el cálculo del caudal en cada uno de los nodos que no es más que calcular un caudal unitario y tomando en cuenta el área de influencia de cada tramo repartiendo así el flujo de agua de manera equitativa asegurando el funcionamiento eficaz de la red de distribución.

Este método utiliza la siguiente ecuación.

$$qu = \frac{Dis}{Lt} \quad Ec. 44$$

Según la norma INEN 5 Parte 9.2 el cálculo del caudal unitario para la red de distribución se realiza con el caudal máximo horario.

$$Dis = Qmh \quad Ec. 45$$

Donde, las variables son las siguientes:

qu: Caudal unitario [lt/s/m]

Dis: Caudal de diseño [lt/s]

Lt: Longitud total de la red de distribución [m]

Qmh: Caudal máximo horario [lt/s]

Tabla 40

Caudales para cada nodo

Nodo	Elevación (m)	Caudal tramo (lt/s)
J-4	3,043.31	0.062
J-5	3,006.65	0.007
J-6	3,007.77	0.125
J-7	3,025.47	0.008
J-8	3,017.86	0.054
J-9	2,997.88	0.028
J-10	3,000.49	0.03
J-11	3,003.96	0.033
J-12	3,005.02	0.048
J-13	3,002.51	0.01
J-14	3,002.11	0.048
J-15	3,005.86	0.047
J-16	3,003.94	0.047
J-17	3,005.00	0.047
J-18	3,035.81	0.041
J-19	3,025.94	0.044
J-20	3,005.89	0.047
J-21	3,030.00	0.061
J-22	3,026.38	0.014
J-23	3,028.95	0.012
J-24	3,010.00	0.013
J-25	3,008.18	0.013
J-26	3,003.93	0.013
J-27	3,009.91	0.013
J-28	3,010.79	0.013
J-29	3,009.04	0.013
J-30	2,997.35	0.013
J-31	3,007.39	0.014
J-32	3,001.92	0.014
J-33	2,997.01	0.014
J-34	3,001.66	0.014
J-35	2,997.18	0.014
J-36	3,000.90	0.015
J-37	2,996.17	0.018
J-38	2,996.11	0.02
J-39	3,035.04	0.021
J-40	3,046.73	0.029
J-41	3,013.33	0.154

Nota: Los caudales por nodo la red de distribución. Elaborado por: El autor

Teniendo como base estas premisas se calcula la demanda de cada uno de los nodos mediante el caudal máximo horario que ya se tiene como dato para finalmente ser entregado a la población como se puede indicar en la Tabla 40.

6.3.4 Determinación de diámetros y velocidades de trabajo.

La asignación de diámetros a cada uno de los tramos que componen la red se realiza bajo el cumplimiento de las velocidades de diseño y además el diámetro interno mínimo permitido en la norma, garantizando así la eficiencia y calidad del sistema de distribución para los beneficiarios del proyecto.

Los diámetros utilizados en la red de distribución han sido fijados mediante lo indicado en la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural parte 5.6, donde indica que el diámetro mínimo de las tuberías en la línea de conducción será de 25mm [1"] y para conductos de la red será de 19mm [3/4"] de esta manera se garantizará el perfecto funcionamiento y durabilidad para el periodo de diseño establecido.(REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602).

El parámetro de la velocidad es de suma importancia ya que las velocidades altas reducen la vida útil de la tubería ya que desgastan las paredes debido a fricción entre el líquido y el conducto, por otro lado, que las velocidades bajas sedimentan a las tuberías afectando así a la calidad de agua, por esto se toma un rango de velocidad entre 4,5 [m/s] y 0.45 [m/s] (ver Tabla 41) para evitar los problemas anteriormente expuestos.

En el Anexo 9 se presentan esta información mediante planos que dan validación a los datos obtenidos en tablas.

Tabla 41*Determinación de las velocidades en los nodos para la red de distribución*

Nodo inicial	Nodo Final	Longitud (m)	Demanda (lt/s)	Diámetro (mm)	Hazen Williams C	Velocidad (m/s)
R-1	T-1	4.47	10.303	46.8	150	3.99
T-2	J-4	4.54	1.23	46.8	150	1.72
T-1	PMP-1	17.38	3.104	46.8	150	1.8
PMP-1	T-2	480.64	3.104	46.8	150	1.8
J-5	J-6	36.07	0.007	46.8	150	2.03
J-7	J-8	40.73	0.008	46.8	150	2.03
J-9	J-10	46.17	0.046	46.8	150	1.03
J-11	J-12	46.45	0.502	46.8	150	1.29
J-13	J-10	47.04	0.01	46.8	150	1.01
J-14	J-15	47.94	0.16	46.8	150	1.09
J-16	J-17	48.4	0.381	46.8	150	1.22
J-18	J-19	48.59	1.098	46.8	150	0.64
J-20	J-16	48.63	0.308	46.8	150	1.18
J-15	J-20	48.85	0.235	46.8	150	1.14
J-12	J-6	50.03	0.578	46.8	150	1.34
J-17	J-11	50.07	0.456	46.8	150	1.27
J-21	J-22	68.52	0.014	46.8	150	1.01
J-10	J-14	55.26	0.086	46.8	150	1.05
J-23	J-21	58.37	0.012	46.8	150	1.01
J-19	J-8	67.07	1.033	46.8	150	1.6
J-24	J-20	62.33	0.013	46.8	150	1.01
J-25	J-16	62.55	0.013	46.8	150	1.01
J-26	J-14	63.84	0.013	46.8	150	1.01
J-27	J-11	64.4	0.013	46.8	150	1.01
J-17	J-28	64.63	0.013	46.8	150	1.01
J-12	J-29	64.72	0.013	46.8	150	1.01
J-14	J-30	65.82	0.013	46.8	150	1.01
J-15	J-31	65.98	0.014	46.8	150	1.01
J-32	J-15	67.43	0.014	46.8	150	1.01
J-33	J-17	67.77	0.014	46.8	150	1.01
J-20	J-34	67.95	0.014	46.8	150	1.01
J-16	J-35	68.17	0.014	46.8	150	1.01
J-36	J-12	70.94	0.015	46.8	150	1.01
J-37	J-9	88.09	0.018	46.8	150	1.01
J-6	J-38	99.3	0.02	46.8	150	1.01
J-19	J-39	100.67	0.021	46.8	150	1.01
J-4	J-18	150.58	1.139	46.8	150	1.66
J-40	J-4	141.76	0.029	46.8	150	1.02
J-41	J-21	172.72	0.087	46.8	150	1.05
J-8	J-41	154.17	0.971	46.8	150	1.56
J-6	J-41	422.97	0.73	46.8	150	1.42

Nota: Se indica los parámetros de diseño y velocidades obtenidas a través del Software

WaterCAD Elaborado por: El autor

6.3.5 Presiones en la red.

Para la verificación de los valores de las presiones obtenidas es necesario tomar en cuenta que las presiones altas pueden ocasionar daños en la red incrementando el caudal de fugas del sistema además también producen daños notorios a los aparatos hidrosanitarios en viviendas mientras que las presiones bajas producen problemas sociales debido a que el agua no llega con la presión necesaria y no cumpliría con un servicio eficiente dificultando de sobremanera las actividades cotidianas.

“Las presiones máximas y mínimas permitidas para evitar daños en la red son de 70 [m.c.a] y 10 [m.c.a] respectivamente” (Secretaría del Agua, 2012)

En la siguiente tabla 42 se observa el cumplimiento de dichos parámetros.

Tabla 42*Determinación de presiones en la red de distribución*

Nodo	Presión (m H₂O)
J-4	24.2
J-5	34.96
J-6	33.84
J-7	19.34
J-8	26.94
J-9	43.2
J-10	40.59
J-11	37.38
J-12	36.43
J-13	38.58
J-14	38.98
J-15	35.26
J-16	37.24
J-17	36.25
J-18	18.1
J-19	19.47
J-20	35.25
J-21	18.6
J-22	17.21
J-23	14.64
J-24	31.15
J-25	33.01
J-26	37.17
J-27	31.45
J-28	30.47
J-29	32.42
J-30	43.74
J-31	33.73
J-32	39.19
J-33	44.23
J-34	39.47
J-35	43.99
J-36	40.55
J-37	44.9
J-38	45.48
J-39	10.38
J-40	20.78
J-41	30.25

Nota: Se indica las presiones obtenidas a través del Software WaterCAD. Elaborado por: El autor

CAPÍTULO VII

7 VOLUMENES DE OBRA Y PRESUPUESTO

7.1 Presupuesto:

El presupuesto en todo proyecto y con más énfasis en Ingeniería Civil constituye un eje fundamental para una idea bastante aproximada del costo real, todos los rubros que forman parte del sistema constructivo utilizado.

El buen manejo de los precios unitarios de todos los rubros nos ayuda en gran manera a construir un presupuesto bastante preciso, desarrollando uno a uno los precios, teniendo en cuenta las cantidades de mano de obra, materiales, herramientas y equipos que están directamente relacionadas con los gastos de cada partida individual.

El presupuesto es necesario que se ajuste a la realidad y situación del país, además también cumplir con actualizaciones constantes para así llevar un adecuado manejo de los recursos financieros que se invertirán en el proyecto y ajustarse algún cambio imprevisto que forman para de la ejecución de la obra

7.2 Composición del presupuesto:

El APU, o análisis de precios unitarios, es la parte principal del presupuesto y debe incluir una lista de los costos de todos los rubros relacionados con el proyecto.

En su marco, el APU contabiliza las pequeñas herramientas o el alquiler de equipos, así como los operarios especializados y no especializados y, por último, pero no por ello menos importante, la cantidad y el costo del material que se utilizará.

Una vez realizado este procedimiento nos dará como resultado un valor en base a la unidad de cobro especificada en el APU de cada rubro, en consecuencia, se continua al

cálculo de las cantidades o mejor dicho a los volúmenes de obra que será la unidad establecida para el pago final.

7.3 Análisis de precios unitarios y presupuestos.

Como se indica en Tabla 43, el presupuesto se crea teniendo en cuenta la cantidad total de trabajo que se determinó mediante el cálculo del diseño del proyecto en la zona de estudio. El Anexo 6 contiene más información sobre cada rubro.

Tabla 43

Presupuesto

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA INGENIERIA CIVIL TRABAJO DE DE TITULACION EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE MEDIANTE BOMBEO, EN EL BARRIO SAN CAYETANO, PARROQUIA CUTUGLAGUA DEL CANTÓN MEJÍA					
ITEM	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	CAMPAMENTO, OFICINA, GUARDIANA, ETC	mes	1.00	500.00	500.00
1.2	LIMPIEZA Y DESBROCE DE LA CAPA VEGETAL	m2	1401.00	2.87	4019.50
1.3	REPLANTEO Y NIVELACION	m2	1401.00	4.46	6246.79
1.4	EXCAVACIÓN A MAQUINA DE H=0,00-2,00m (EN TIERRA)	m3	5604.00	3.24	18179.66
1.5	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	1400.80	4.85	6796.14
1.6	DESALOJO DE MATERIAL	m3	5604.00	5.30	29696.09
2	ESTRUCTURA				
2.1	HORMIGON EN LOSA DE TAPA H=0,25m f'c= 240kg/cm2	m3	7	141.92	993.42
2.2	CORTE Y FIGURADO ACERO DE REFUERZO $\phi= 12$ mm	Kg	236.44	4.10	968.93
2.3	CORTE Y FIGURADO ACERO DE REFUERZO $\phi= 16$ mm	Kg	420.16	4.24	1781.38
2.4	ENCOFRADO PARA LOSA DE TAPA	m2	28	38.10	1066.68
3	COLOCACION DE TUBERIAS				
3.1	TUBERIA PVC AGUA POTABLE D=50 mm incluye accesorios	m	3502.01	5.75	20145.28
3.2	INSTALACION DE BOMBA CENTRIFUGA	u	1	1642.27	1642.27
Total					92036.13

Nota: Presupuesto del proyecto Elaborado por: Autores.

CONCLUSIONES

Para el diseño de la red distribución en el barrio San Cayetano, se optó por la utilización de tuberías de PVC por su asequibilidad en el mercado y además por sus buenas características como material de construcción como por ejemplo su valor de pérdida de carga lo que resumen en valores de presión de acuerdo a la norma.

En el diseño del tanque de almacenamiento, se utilizó la infraestructura con el fin de abaratar costos dentro de presupuesto y teniendo en cuenta el nivel económico de los habitantes que serán beneficiados de este proyecto.

Para la determinación de la población actual que habita en el barrio se realizó un censo presencial llevando un conteo una a uno en cada vivienda, facilitando así el cálculo de la población futura.

En cuanto a las presiones obtenidas dentro de la programación del diseño cumplen con el rango establecido por la norma INEN 5 Parte 9.2:1997

Basándose en los resultados obtenidos, se han seleccionado tuberías de diámetro nominal de 50 mm para todas sus conexiones y ramificaciones permitiendo así futuros cambios y expansiones en la comunidad.

RECOMENDACIONES

Se exhorta seguir los parámetros establecidos dentro de este proyecto dentro de la etapa de ejecución y ser tomado como base para futuros estudios.

El presupuesto con el que cuenta este proyecto fue calculado en base a las rubricas establecidas para el año 2023, en el caso de ejecutar este estudio en años posteriores se tendrá que actualizar los precios unitarios.

Es prioritario establecer el control periódico cada 4 meses para determinar la calidad física-química y microbiológica del agua con la NTE-INEN 1108, Sexta revisión

Mantener un registro de la dosificación de cloro (cantidad de dosificación, fecha), lo cual permitirá tomar acciones oportunas para garantizar la calidad de agua de consumo humano.

Realizar una capacitación al personal que se vaya a ser responsable del mantenimiento proceso de cloración de la Junta Administradora de Agua Potable "San Cayetano", para garantizar un servicio de calidad, continuidad y cobertura.

REFERENCIAS

- ARCO. (2020). *Acometida de agua potable: Definición y proceso de instalación*. Obtenido de <https://blog.valvulararco.com/acometida-de-agua-potable-definicion-y-proceso-de-instalacion>
- Càmara de la industria de la Construcción . (2023). *Salarios Minimos*. Obtenido de <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2770&tipo=doc>
- CONAGUA. (2002). *Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario*. omisión Nacional del Agua, Subdirección General de Operación Gerencia de Distritos y Unidades de Riego. México: Comisión Nacional del Agua.
- Cordero, M., & Ulluari, P. (2011). *Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/747>
- CPE INEN 5. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-1_1992-mas-de-1000-hab.pdf
- Domingo, A. M. (2011). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. Madrid. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>
- Estrella, J. (2019). *Diseño de la Red de Agua Potable para la comunidad de Collas, provincia de Cotopaxi*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17553>
- FESMEX. (2020). *Perdidas por fricción en tuberías*.
- Gonzales Carbajal, K., & Herbías Advíncula, J. (2022). *Evaluación y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Santo Domingo, Cáceres del Perú, Áncash*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110461>
- Gualotuña, F., & Pachacama, C. (2021). *Evaluación y diseño del sistema de distribución de agua potable para los barrios Aida Palacios, Central, Alisuco, La Unión y Lourdes de Cutuglagua, de la parroquia Cutuglagua, cantón Mejía, provincia Pichincha*. Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20752>
- Hinojosa, M. (2017). Tesis para obtener el título de maestría de investigación en Estudios Urbanos. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/13602/14/TFLACSO-2017MJHB.pdf>
- INEC. (2023). *Censo de Población y Vivienda*.
- INEN. (1992). *Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de residuos para poblaciones con menos de 1000 habitantes*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-part9.2-1.pdf
- Inglesa. (s.f.). *Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento*. Obtenido de <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Dise%C3%B1o+y+c%C3%A1lculo+de+tanques+de+almacenamiento.pdf/cf73a420-13f2-248f-034a-d413cb8a3924>

- Klimgebiel, & Montgomery. (1961). Obtenido de SEMPLADES, IEE , MAGAP, 2013, pág 4
- Martínez Herrera, J. A., & Pillajo Quishpe, J. A. (2023). *ESTUDIO Y DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO, LINEA DE CONDUCCIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO LA PRADERA, PARROQUIA EL CHAUPI, DEL CANTÓN MEJIA*. Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25632>
- Mena Céspedes, M. J. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del Cantón San Pedro, Provincia de Tugurahua*. Ambato : Universidad Tecnica de Ambato.
- MIES. (2009). *Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios*.
- Modrego. (2018). *Información técnica y de instalación de una bomba de agua*. Obtenido de <https://www.modregohogar.com/img/categorias/11224.pdf>
- Narvaez, R. (2010). *Abastecimiento de agua*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/freddyacunavilla/250603337-libroabastecimientodeaguaricardonarvaez>
- NTP ISO/IEC 17025. (2009). *Instructivo de medición de caudal*. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTUVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_CAUDAL.pdf
- Oña, P. (2021). *Evaluación y rediseño de la red de agua potable del sector Club Los Chillos etapa 2 del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25660>
- OPS. (2005c). *Especificaciones técnicas para la implementación de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima. Obtenido de https://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/044_construccion_de_redes_de_distribuci%C3%B3n/Construcci%C3%B3n_de_redes_de_distribuci%C3%B3n.pdf
- Orellana, J. (2005). *Ingenieria Sanitaria , Conduccion de aguas*. Obtenido de https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_CAPÍTULO_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf
- OXFAM Internacional. (2023). *OXFAM Internacional*. Obtenido de <https://www.oxfam.org/es/que-hacemos/temas/agua-y-servicios-de-saneamiento>
- Paucar, A. (2019). *Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio San Francisco de la parroquia Cutuglagua*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/227503529.pdf>
- Pedrollo. (2029). *Catalogo general de bombas*. Obtenido de <https://www.casadelriegoecuador.com/wp-content/uploads/2020/09/CATALOGO-GENERAL-PEDROLLO-60Hz.pdf>
- PLASTIGAMA. (2009). *Tuberías y Accesorios Tuberías y Accesorios*. Obtenido de <https://www.ditecna.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGA-6-Catalogo-de-Tuberias-y-Accesorios-de-PVC-y-PE-BD-Plastigama-Agricultura.pdf>
- REVISIÓN, NORMA CO 10.7 - 602. (s.f.). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Obtenido de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>

- Rodríguez, M. (2019). *ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118836/Z%C3%BA%3%B1iga%20-%20An%C3%A1lisis%20y%20diagn%C3%B3stico%20de%20la%20red%20del%20sistema%20de%20Agua%20Potable%20de%20la%20cabecera%20cantonal%20del....pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=La%20norma>
- Salas, A. (2019). *Ecuaciones de Mecánica de Fluidos II*. Obtenido de SlideShare:<https://www.slideshare.net/EduardoHerrera189/ecuaciones-demecanicadefluidosii>
- Secretaría del Agua. (2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.
- SIGMA Consultores. (2015). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Canton Mejía*. Quito. Obtenido de <https://gadcutuglagua.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/PLAN-PDyOT-CUTUGALAGUA-2020-2024-V2-Corregida.pdf>
- SIGMA Consultores. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Cutuglagua.
- Solsoma, F., & Mèndez, J. (2002). *Desinfección del agua*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SOLSONA%20y%20MENDEZ%202002.%20Desinfecci%C3%B3n%20del%20agua.pdf
- Terán, P. (2015). Un proyecto sostenible crece en Cutuglagua. *El comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/construir/proyecto-sostenible-cutuglagua-vivienda-condominio.html>
- Vacca Engineering. (s.f.). *¿QUÉ SON LOS SISTEMAS DE BOMBEO?* Obtenido de <https://www.vacca.es/que-son-los-sistemas-de-bombeo/>

M

ANEXOS