

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DEL PASOCHOA

EVALUACIÓN HIDRAÚLICA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

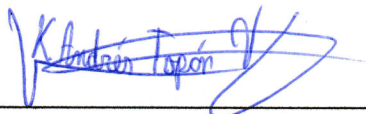
KEVIN ANDRÉS TOPÓN VELASCO

DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DMQ, SEPTIEMBRE 2022

CERTIFICACIONES

Yo, ANDRÉS TOPÓN declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

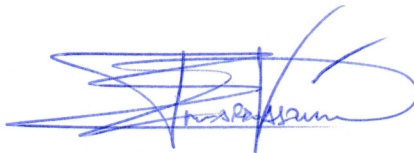


ANDRÉS TOPÓN

kevin.topon@epn.edu.ec

andretopon@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por ANDRÉS TOPÓN, bajo mi supervisión.



ING. EDUARDO VÁSQUEZ

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ANDRÉS TOPÓN

DEDICATORIA

A mis padres Darío Topón y Janeth Velasco por su apoyo incondicional y confianza que me brindó para concluir con mi formación profesional.

A Dios y a la Virgen de El Quinche, por darme la fuerza y voluntad para no rendirme en esta larga travesía y ayudarme a seguir luchando a pesar de algunos tropiezos que he cometido.

A mi abuelo Arturo Topón quien lo considero como mi segundo padre, el que siempre me supo colaborar en esta larga travesía académica, quien me fortaleció con sus buenos concejos, motivaciones y aprendizajes tanto de la vida como de la formación profesional.

A toda la familia y amigos quien me apoyo en todo este trayecto y a mi amiga Canela quien fue mi gran motivo a seguir.

AGRADECIMIENTO

A la Virgen de El Quinche por permitirme seguir con vida y gozar de buena salud y tener suerte en toda ocasión que me dio para seguir adelante.

A mis padres Darío y Janeth quien me han ayudado económicamente y emocionalmente para seguir luchando y poder ser una persona de formación profesional.

A mi abuelo Arturo Topón por enseñarme a ser desde niño hasta el día de hoy, una persona humilde, trabajadora, tolerante, empático y por no dejarme humillar y ser alguien mejor.

A mi tutor, Ing. Eduardo Vásquez por su paciencia, tolerancia, enseñanzas y apoyo que me permitieron crecer.

A Gabriela Chanataxi por permitirme seguir adelante, por ayudarme y motivarme en los momentos más depresivos.

A mis amigos que son pocos, pero de gran calidad de personas quienes a pesar de todo momento sea bueno o malo siempre nos hemos apoyado entre cada uno de nosotros.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
Índice de Figuras	VI
Índice de tablas	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
2 METODOLOGÍA.....	11
2.1 Levantamiento de información.....	11
2.2 Evaluación Hidráulica	14
2.3 Propuesta de mejoras.....	19
2.4 Memoria técnica	20
3 RESULTADOS	20
3.1 Levantamiento de información	20
3.2 Evaluación hidráulica.....	30
3.3 Propuesta de mejoras.....	35
4 CONCLUSIONES	38
5 Recomendaciones.....	39
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
7 ANEXOS	i
7.1 ANEXO I. Turnitin porcentaje máximo 12%.	i
7.2 ANEXO II. Formato de Entrevista	viii
7.3 ANEXO III. Planos de conducción de tuberías actuales.....	x
7.4 ANEXO IV: Simulaciones Hidráulicas	xv
7.5 ANEXO V: Curva Integral de Consumo	xvii
7.6 ANEXO V: Plano del diseño de la propuesta	xviii

Índice de Figuras

Figura 1: Sistemas de abastecimiento de agua potable	3
Figura 2 Método Volumétrico	8
Figura 3 Método de Velocidad en la Superficie	8
Figura 4 Medidor de Velocidad.....	9
Figura 5 El medidor de caudal ultrasónico.....	9
Figura 2.1: Curva de distribución horaria.....	18
Figura 2.2: Curva integral de consumo.....	18
Figura 3.1: Ubicación espacial de los componentes del sistema	24
Figura 3.2: Entrada a la captación 1	25
Figura 3.3: Desfogue de aire	25
Figura 3.4: Válvula de control.....	25
Figura 3.5: Válvula de aire	25
Figura 3.6: Línea de conducción de captación 1: Presiones.....	32
Figura 3.7: Línea de conducción de captación 2: Presiones.....	33
Figura 3.8: Esquema de perfil del sistema de captación	36

Índice de tablas

Tabla 2.1: Métodos para la estimación de la población	15
Tabla 2.2: Coeficiente de Rugosidad de Darcy-Weisbach.	17
Tabla 3.1: Diámetro de tuberías del Sistema de Abastecimiento	22
Tabla 3.2: Resumen de los resultados de la encuesta.....	23
Tabla 3.2: Accesorios des sistema de abastecimiento.....	24
Tabla 3.3: Tramos de accesorios e infraestructuras del sistema de abastecimiento	26
Tabla 3.4: Tramos de accesorios e infraestructuras del sistema de abastecimiento	27
Tabla 3.5: Captación 1	28
Tabla 3.6: Captación 2.....	28
Tabla 3.7: Datos de tanque de cloración 1	28
Tabla 3.8: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico	29
Tabla 3.9: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico	29

Tabla 3.10: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico	29
Tabla 3.11: Dimensiones del Tanque	30
Tabla 3.12: Resultados de la población futura	31
Tabla 3.13: Caudales de diseño	32
Tabla 3.14: Resultados de la simulación de la captación 1: Nodos específicos ...	33
Tabla 3.15: Resultados de la simulación de la captación 2: Nodos específicos ...	34
Tabla 3.16: Capacidad del tanque de distribución	35

RESUMEN

El presente proyecto plantea mejoras al sistema de abastecimiento de agua por medio de una evaluación hidráulica, se realizó una evaluación para determinar las condiciones hidráulicas del mismo. Esta evaluación se dio a partir de dos fuentes de captación hasta las infraestructuras de tanques de almacenamiento y cloración y tanque de reserva-distribución hacia las viviendas.

Durante el proceso del proyecto se realizó visitas técnicas de campo con el fin de identificar las condiciones de las estructuras, se llevó a cabo el levantamiento de puntos georreferenciados de la línea de conducción y la red de distribución con ayuda del GPS, así como también el respectivo aforo de caudales donde se implementaron métodos específicos para la medición de caudal dependiendo de cada caso.

Para obtener información sobre la red de distribución y la eficiencia del servicio se realizó encuestas a la comunidad. Estos datos permitieron determinar el estado de la infraestructura y obtener poblaciones futuras y caudales de diseño. Con los puntos georreferenciados tomados se obtuvo la planimetría y perfil de la conducción y distribución de agua en Civil 3D. Posteriormente, se realizó simulaciones del sistema hidráulico con uso del software EPANET.

Se llegó a la conclusión que la red de distribución deber ser modificada en cuanto a la fuente de captación mediante vertedero triangular, el cambio de diámetro de tuberías en algunos tramos. El mantenimiento es una de las principales recomendaciones por las grandes cantidades de solidos presentes en el agua llegan a acumularse en los tanques de almacenamiento y distribución.

PALABRAS CLAVE: Abastecimiento, distribución, conducción, rural, caudales.

ABSTRACT

This project proposes improvements to the water supply system through a hydraulic evaluation, an evaluation was carried out to determine its hydraulic conditions. This evaluation was given from two collection sources to the infrastructure of storage and chlorination tanks and a reserve-distribution tank to homes.

During the project process, technical field visits were carried out in order to identify the conditions of the structures, georeferenced points of the conduction line and the distribution network were surveyed with the help of GPS, as well as the respective flow capacity where specific methods were implemented for flow measurement depending on each case.

To obtain information on the distribution network and the efficiency of the service, community surveys were carried out. These data made it possible to determine the state of the infrastructure and to obtain future populations and design flows. With the georeferenced points taken, the planimetry and profile of the conduction and distribution of water in Civil 3D was obtained. Subsequently, simulations of the hydraulic system were carried out using the EPANET software.

It was concluded that the distribution network must be modified in terms of the catchment source through a triangular spillway, the change in diameter of pipes in some sections. Maintenance is one of the main recommendations due to the large amounts of solids present in the water that accumulate in the storage and distribution tanks.

KEYWORDS: Supply, distribution, conduction, rural, flows.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El proyecto de agua de Runahurco del Pasochoa es un sistema de abastecimiento que desde hace más de 50 años provee agua a las comunidades rurales del cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha, entre ellas están: Runahurco Pullincati y Santa Ana.

En el presente trabajo se plantea realizar una evaluación hidráulica al sistema de suministro de agua de la comunidad de Runahurco del Pasochoa, este estudio consistió en el diagnóstico de las capacidades hidráulicas entre la captación, tramos de la conducción y planta de tratamiento; el tanque y la red de distribución; con esto se aspira identificar los puntos más críticos del sistema de agua según la simulación hidráulica. Se procura analizar e identificar las características, caudales, poblaciones y problemas de las obras civiles que constituye este sistema mediante la recolección de datos de campo, antecedentes y estudio técnico, a su vez comprobando que cumplan con las especificaciones requeridas para el cumplimiento de aspectos técnicos impuestos en la normativa. Las simulaciones se realizaron empleando los softwares Civil 3D y EPANET con la finalidad de comprobar el estado actual del sistema y que cumpla los requerimientos adecuados para abastecer agua con presiones y caudales adecuadas. Mediante los puntos previamente obtenidos con el GPS se establece superficies y con la generación de un alineamiento se obtiene perfiles y la respectiva planimetría de la zona.

Las simulaciones se llevan a cabo con ayuda del EPANET, este programa utiliza un método numérico complementando la base hidráulica con fórmulas de Hazen-Williams, procesa y analiza los datos ingresados para obtener presiones, velocidades y caudales en nudos y tuberías respectivamente. El comportamiento de la red va a depender de diámetros y longitudes de las tuberías y cotas de los nodos o conexiones. En una red de distribución, la tubería es un conducto cerrado de una longitud determinada, cada sección transversal está asociada a un nodo. Al finalizar la simulación se debe considerar los valores que se encuentran fuera de lo normado, ya que se puede encontrar presiones negativas o muy elevadas, si este es el caso es necesario generar cambios de diámetros de las tuberías hasta mejorar el rango de valores. Mediante esta evaluación y modificación surgen las propuestas a realizarse en el plan de abastecimiento con el fin de mejorar la capacidad de transporte y distribución.

1.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Runahurco del Pasochoa

1.2 Objetivos específicos

- Levantar información y recopilación de datos existentes del sistema de abastecimiento de la comunidad de Runahurco.
- Evaluar hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua con la simulación del sistema mediante software especializado para el análisis de su funcionamiento.
- Proponer mejoras al sistema de abastecimiento.
- Elaborar una memoria técnica para su adecuado mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento.

1.3 Alcance

Runahurco de Pasochoa es una comunidad rural perteneciente a la Parroquia de Cotogchoa. En esta zona, habitan alrededor de 71 familias, cuentan con el servicio de agua, que se abastece la comunidad, es captado de la quebrada del río Runahurco. Sin embargo, y pese a tener la fuente descrita y otras pequeñas captaciones adicionales la mayor parte del sistema de agua potable es de tubería a presión en todo el trayecto de la línea de conducción y distribución mientras que en una de las fuentes de captación al entrar se tiene un canal abierto hasta la llegada del tanque desarenador. Adicionalmente, tanto el sistema de abastecimiento, como las redes de tubería fueron implementados empíricamente, es decir no cumplen con criterios técnicos de diseño, construcción y operación. Con estos antecedentes, el presente proyecto se enfoca en evaluar los elementos del sistema de suministro y distribución del servicio mediante levantamiento de información sobre las estructuras actuales, además, se realizará la comprobación de su estado físico y la evaluación hidráulica en cuanto a capacidad de flujo y características de operación. Estas actividades permitirán plantear posibles soluciones a los problemas de abastecimiento de agua y que la población pueda gestionar el diseño y la implementación de las mejoras para tener un suministro de agua con una adecuada cantidad y calidad.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistema de Abastecimiento de Agua

El sistema de abastecimiento de agua es un conjunto que conforma una serie de obras estructurales en la que es necesaria para cumplir funciones especiales, desde la captación, conducción, hasta la disposición de agua hacia los usuarios.

El sistema de distribución de agua potable permite garantizar ciertas disposiciones de calidad y cantidad de agua (Herrera & Quisaguano, 2019), solventando a los consumidores con un tanto por ciento de caudal mínimo de agua por debajo de la captación (Herrera & Quisaguano, 2019).

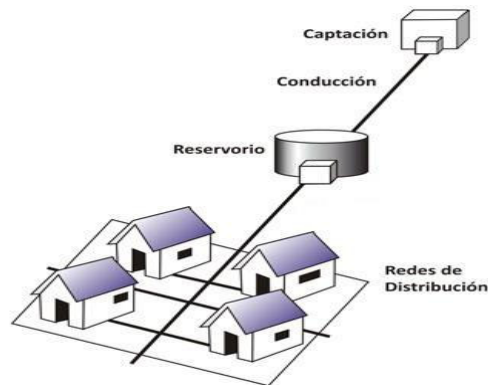


Figura 1: Sistemas de abastecimiento de agua potable, Fuente: (Herrera & Quisaguano, 2019).

Sistema de abastecimiento por gravedad

Los sistemas de abastecimiento de agua son específicamente los que caen por su relevante peso desde una altura notable hasta los usuarios localizados en la parte baja o también considerados valles, estos sistemas no requiere de energía, su mantenimiento es factible, la presión se controla cómodamente y el costo de agua por usuario es mínimo. (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

Partes y características generales de un Sistema de Abastecimiento

Por lo regular, un sistema de abastecimiento está conformado por: fuente de abastecimiento, obras de captación, línea de conducción, tratamiento, almacenamiento, red de distribución.

Agua Cruda

Son aguas superficiales y subterráneas que se encuentra en estado natural y no se han sometido a ninguna alteración de tratamiento tanto; físicas, químicas o biológicas para el consumo adecuado de los seres humanos (Arnalich, 2008).

Fuente de abastecimiento

La fuente es un recurso hídrico de cual el agua llega a los usuarios con características de tratamiento específicas para su consumo, las fuentes pueden ser tanto superficiales como subterráneas y depende también de su zona geográfica, origen y hábitos de población (Dourojeanni, Jouravlev & Chávez, 2002).

Fuentes de abastecimiento superficiales

Las fuentes superficiales son en el exterior y pueden ser en estado de reposo o en movimiento, se da origen por la precipitación de las cuencas que pueda existir en la localización y se ven afectador por el calor y la luz (Sierra, 2011).

Fuentes de abastecimiento subterránea

Las fuentes subterráneas se encuentran por debajo de la capa terrestre dependiendo del tipo de suelo, tiene infiltraciones de poros y fisuras de piedras más sólidas donde pueden permaneces ocultas o salientes al exterior conocido como ojo de agua, esta fuente es de vital importancia para épocas de sequias (Ávila, Sansores & Ceballos, 2004).

Captación

La captación son fuentes hídricas superficiales y subterráneas donde puede ser recogida por gravedad o bombeo dependiendo sus propiedades tanto la fuente como el caudal. Las obras de captación se deben colocar directamente desde la fuente y dependerá del flujo o cantidad de agua que se desea obtener para la distribución hacia los usuarios. (Instituto Ecuatoriano De Normalización, 1992).

Tipo de captación

Los cuerpos de agua dependiendo lo que se desea captar ya sea; ríos, laguna, embalses, etc., los tipos de captación son diferentes, entre ellos: captación en ríos, captación en presa derivadora, captación en presa de almacenamiento, captación en almacenamiento, captación en manantiales (Stauffer & Spuhler, 2018).

Captación en ríos: Toma directa

Esta forma de captación varía del volumen de agua para captar, y también debe considerarse algunos aspectos, tales como, el régimen de escurrimiento, pendiente, velocidad, topografía, geología del suelo, y niveles de agua máximo y mínimo. Todos estos parámetros deben tener prioridad para realizar la captación (Stauffer & Spuhler, 2018).

Línea de conducción

La línea de conducción está conformada por tuberías y accesorios de control en la que su principal función es transportar el agua por gravedad desde su fuente de captación, en condiciones de calidad, cantidad y presión hasta la distribución para los consumidores (Comisión Nacional del Agua, 2015).

Tipos de conducción

La conducción por gravedad es la más eficiente que se puede tener en los sistemas de abastecimiento de fluido ya que no genera equipos adicionales que consuman energía. El agua transcurre por medio de la gravedad desde la captación hasta la distribución, existen las siguientes conducciones libres y a presión.

- **Flujo Libre:** Su principal característica es que el líquido vital está en contacto con el aire o en una tubería que trabaja sin transcurrir lleno, pero siguen estando en movimiento, para su mantenimiento es muy factible de con costos mínimos, no requiere de reguladores de presión ni elementos adicionales. Es muy común encontrar en zonas rurales (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).
- **Flujo a Presión:** Las tuberías son completamente llenas y crean presiones igual o superiores a la atmosférica, esto requiere mayor mantenimiento, reguladores de presión y accesorios adicionales, esto se puede encontrar en el destino final de abastecimiento de agua (Perez, 2001).

Tratamiento

Es la forma más utilizada para eliminar residuos contaminantes y mejorar la calidad física-química para finalmente proveer el agua tratada a los consumidores. Estos procesos varían dependiendo de la fuente donde se va a captar (Chulluncuy, 2011).

Almacenamiento

Son estructuras hidráulicas con cierto volumen específico de capacidad, en donde se retiene al agua durante poco tiempo estimado, ya que se pretende reservar el agua en

situaciones de sequias, daños que exista en el sistema, horas pico que comúnmente utilizan los consumidores (Santisteban, 2012).

El agua contenida va directamente a los consumidores a través de la red de proporción, por ende, en el tiempo de retención debe ser consecutivo el flujo, ya que, puede existir alteraciones de temperatura y crecimiento de algas o algún contaminante externo (Santisteban, 2012).

Tanques y cisternas

Son accesorios para depósito del agua en la que se pueden ser prominente o enterrados, la mayoría de diseños de depósitos son cilíndricos o rectangulares y son colocados en torres o pilotes (Santisteban, 2012).

Distribución

Se conoce a los conjuntos asociados como; tuberías, tanques o cisternas que han sido previamente tratadas y válvulas, diseñados para conducir el agua potable destinada a los consumidores. (Comisión Nacional del Agua, 2015).

La disposición puede ser de tipo abierto y cerrado. La distribución abierta se determina desde el punto principal, en la cual, se dividen en ramificaciones, son ideales para zonas dispersas o semidispersas, se utiliza en consideración cuando la topografía es difícil tanto económicamente como técnicamente (Comisión Nacional del Agua, 2015).

En el sistema de malla cerrado puede ser distribuida por más de una tubería, es eficiente en presión y caudal.

Abastecimiento de agua en zonas rurales

En general el abastecimiento de agua en zonas rurales da como resultado el aprovisionamiento de agua para los consumidores en zonas campestres, tanto para su consumo como para el hábito de ganadería y agricultura (Donaldson, 1974).

La zona rural se caracteriza por tener aspectos agrícolas y también tienen aprovechar en aguas subterráneas superficiales y pluviales, en las comunidades rurales se pueden aprovechar las tres fuentes dependiendo de la disponibilidad en distintas épocas del año para cubrir esta demanda, la captación se puede realizar pequeños embalses y el agua de precipitación se puede recoger en cisternas o tanques por medio de canales (Donaldson, 1974).

Gestión Comunitaria

Las opciones que utilizan los usuarios por proveer y tratar un agua es parte de la gestión comunitaria, son formas en la que las comunidades implementan proceso de organización social basados en modelos tecnológicos para acceder a los bienes. Los habitantes se organizan en torno a sus propios medios hídricos, contribuyen en la construcción del trabajo y/o mantenimiento de sus sistemas. Destinan parte de sus recursos económicos y participan en la gestión de recursos públicos y privados (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 1996).

1.4.2 Criterios a considerar para el diseño y evaluación de un sistema de abastecimiento

Población

La estimación de población es un aspecto clave para la planificación de un sistema de agua y debe corresponder a la población proyectada al final del periodo de diseño. Además, es necesario tener en cuenta que el trazo de la red requiere conocer la distribución espacial de la población, la identificación de los diferentes usos del suelo, tipos de consumidores y la distribución de la demanda de agua (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Consumo

Los niveles de consumo en las zonas rurales varían según la región. Las condiciones climáticas e hidrológicas, las costumbres locales y actividades de los habitantes tienen influencia directa en la cantidad de agua consumida. Para zonas rurales se debe considerar un consumo medio diario de 100 l/hab (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Dotación

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, esta información permite realizar estudios para la proyección de la demanda de agua considerando consumos de los servicios y pérdidas en el sistema. Las pérdidas incluyen las fugas por desperfectos de tuberías, consumos operacionales y mantenimiento utilizados en la red de distribución y tanques de almacenamiento (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Caudales

El caudal máximo diario (QMD), corresponde al consumo máximo durante las 24 horas en un año. El caudal máximo horario (QMH), es el consumo máximo registrado en una hora

durante un año. El caudal medio diario (Qmd), es el consumo registrado en un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas en el servicio (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Aforos de Caudales

Los aforos de caudales nos permiten realizar principalmente en campo, con el fin de medir una serie de factores, tanto el área en la sección transversal y velocidad, en la cual permite determinar el caudal por la que pasa (Suárez, 2018).

Método Volumétrico

Este método consiste en la medición de lo que tarda en llenarse un recipiente con un volumen determinado, para este método se recomienda medir por lo menos de tres a cinco veces y así encontrar un promedio (Sotelo , 2019).

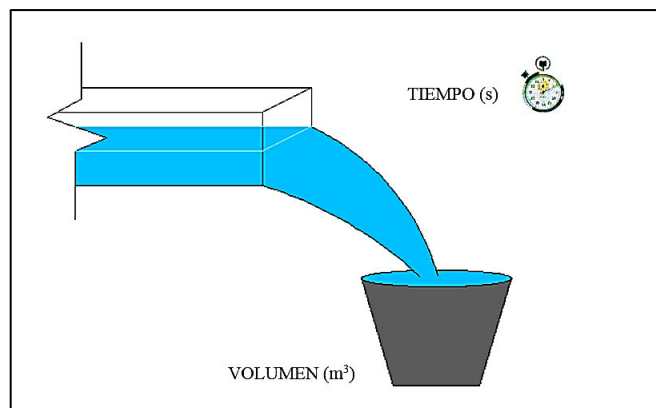


Figura 2 Método Volumétrico

Método de Velocidad en la Superficie

Se basa en la obtención de velocidad superficial de flujo a través de un objeto flotante mediante una determinada distancia en el canal, luego se debe conocer el área de la sección transversal de dicho canal (Sotelo , 2019).

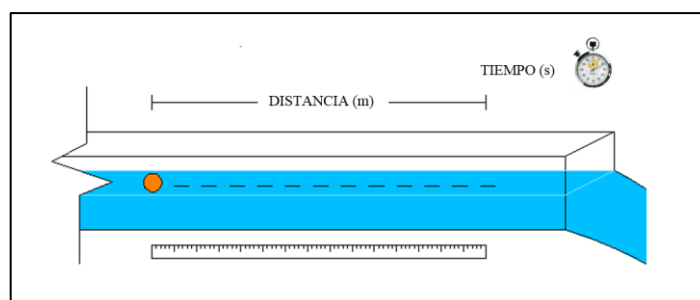


Figura 3 Método de Velocidad en la Superficie

El Medidor de velocidad

El Correntómetro FP111 de Global Water es un equipo en la cual mide su velocidad en el canal y debe conocer el área por la que pasa el flujo. Esto sirve para canales abiertos (Capcha & Martinez, 2021).



Figura 4 Medidor de Velocidad

Medidor de Caudal Ultrasónico

El medidor de caudal ultrasónico, permite medir los caudales por medio de las vibraciones y también se debe tener en cuenta el material, el grosor, el diámetro de tubería para que el medidor permita identificar a la distancia que se deben colocar los sensores para que determine correctamente el caudal. Sirve especialmente para canales cerrados (Reyes & Acevedo, 2005).



Figura 5 El medidor de caudal ultrasónico

1.4.3 Normativa

Para que un sistema de abastecimiento funcione acorde a la normativa debe cumplir algunos aspectos importantes:

- Período de diseño: determina la capacidad de la obra para atender la demanda futura. Las estructuras deben ser evaluadas tomando en cuenta el período de

diseño de 30 años o dependiendo del tamaño de la zona (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

- La velocidad mínima en la conducción debe ser mayor a 0,60 m/s en agua cruda y 0,45 m/s en agua tratada. La velocidad máxima dependerá del tipo del recubrimiento interior de la tubería, para PVC, GRP Y PE será de 6 m/s. Para la red de distribución la velocidad en las tuberías principales es aceptable una velocidad máxima de 3 m/s (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).
- En la conducción para condiciones más críticas se acepta una presión mínima de 5,0 m.c.a. En la distribución la presión dinámica mínima debe ser 15 m.c.a., en parroquias rurales se admitirá una presión dinámica mínima de 10 m.c.a, mientras que la presión estática máxima debe ser 60 m.c.a. 4. El diámetro mínimo en redes de distribución secundaria en la ciudad debe ser de 75 mm (3") y en parroquias de 50 mm (2") (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).
- La profundidad mínima de tuberías de la red de distribución no debe ser menor a 1,2 m y profundidad máxima de 1,5 m (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Simulación hidráulica de sistemas de abastecimiento.

Para la simulación hidráulica normalmente se utiliza el EPANET que permite el análisis hidráulico del sistema de abastecimiento, generalmente para flujo a presión. Se trata de una herramienta que da seguimiento al proceso del flujo del agua en las conducciones, presión en nudos de demanda, nivel del agua en tanques y concentración de sustancias a través de la proporción durante un periodo determinado de simulación. (AquaKnow, 2021).

2 METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología necesaria para cumplir con los objetivos del proyecto.

2.1 Levantamiento de información

A continuación, se da a conocer el levantamiento de información de todo el sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa.

2.1.1 Visitas de campo

Se realizó la primera visita técnica el 12 de mayo, con el permiso de las autoridades del municipio del cantón Rumiñahui, el operador quien cuida la red de distribución de agua potable, se llevó a cabo el recorrido de todo el sistema. Para poder determinar y conocer el sistema de abastecimiento fue necesario realizar varias visitas de campo de una manera técnica, estas visitas de campo consistieron en recorrer todas las obras e infraestructuras del sistema de abastecimiento, para poder determinar cuáles son los sitios adecuados para la toma de datos e información, los recorridos que se realizaron a los dos puntos de captación a lo largo del sistema de pretratamiento, sistema de conducción, tanques, desfuegos de aire y válvulas, todo esto en compañía del operador que cuida el sistema, el cual, se dio las indicaciones de operación y mantenimiento del sistema y de los posibles problemas que se presentan a lo largo del sistema de abastecimiento.

Además, para conocer la percepción que tiene la población que es usuaria del sistema de abastecimiento se realizó una encuesta con respuestas cerradas, el sondeo se encuentra en el ANEXO II, En este estudio se determinó una encuesta de 20 preguntas de respuestas cerradas, de las cuales, 10 corresponden al aspecto hidráulico del sistema, 9 referente a la calidad del agua y 1 restantes como información adicional de saneamiento de la comunidad con el fin de evaluar los hábitos de consumo de los pobladores, se mencionó las preguntas a los pobladores y se registró las respuestas en las hojas impresas, posteriormente se transfirió los resultados a una hoja de cálculo para su respectivo análisis.

2.1.2 Levantamiento de puntos georreferenciados

Para el levantamiento de los puntos georreferenciados se utilizó el equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se hizo un recorrido a lo largo del sistema de abastecimiento, con la finalidad de obtener coordenadas geográficas y elevaciones de todos los componentes del sistema. Se utilizó un GPS marca GARMIN. Se encendió el equipo y se empezó el recorrido en donde se tomaron los puntos a lo largo de la

conducción, además, se registraron puntos específicos como componentes del sistema entre ellos; captaciones, tanques de cloración, tanques de almacenamiento y distribución, válvulas y también medidores que abastecen a las casas de la comunidad de Runahurco del Pasochoa, se recolectó datos que fueron procesados para generar el trazado de la red y superficie del sistema de abastecimiento con la finalidad de obtener perfiles longitudinales y ubicación tanto en posición y elevación.

2.1.3 Aforo de caudales

Se establecieron con base al recorrido de sistema de abastecimiento y para conocer la magnitud de los caudales que pasa por el sistema, se seleccionaron los sitios como las captaciones, tubería presurizada, tuberías de rebose y tanques. El aforo de caudales permitió determinar la cantidad de agua que atraviesa por un cauce, canal, tubería y conductos. Se utilizaron varios métodos de aforos, entre ellos estuvieron: el método de velocidad de superficie, el método ultrasónico y el método de medición de velocidades.

Para las captaciones se utilizaron el método volumétrico, método de velocidad de superficie y el método de medición de velocidad, mientras que, en tanques y tuberías se utilizó el método ultrasónico

El aforo por flotadores consiste en arrojar un objeto que flote en el agua y con un cronómetro se registra el tiempo que recorre una distancia específica, esto sirve para estimar la velocidad de flujo, se debe determinar el área o la sección de flujo para luego utilizar la ecuación 2.2.

$$Q = V * A$$

Ecuación 2.1: Dinámica de fluidos: Caudal (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

Donde:

Q= Caudal (l/s)

V= Velocidad (m/s)

A= Área del canal (m²)

En la captación 1 se utilizó el método por flotadores ya que el calado de los canales es pequeño. Se soltó el flotador y se registró el tiempo que recorrió a una distancia de 2 metros. Se realizó 4 mediciones de cada tramo que ingresa al tanque de captación. se determinó el promedio del tiempo y con ello la velocidad, al conocer el ancho del canal y el

calado se calculó el área. Posteriormente, se aplicó la Ecuación 2.1 y se determinó el caudal

En el método de medición de velocidad se utilizó el instrumento Flow Pro 301 de Global Water el cual determina la velocidad del flujo, se debe determinar el área o la sección de flujo para luego utilizar la Ecuación 2.1.

En la captación 2 se utilizó el medidor Flow Pro 301 digital marca ideal para canales abiertos y tuberías parcialmente llenas. Se introdujo la parte inferior del caudalímetro en el canal y se registró la velocidad. Se tomaron mediciones del diámetro de la tubería, ancho y calado del canal de flujo para cada tubería entrante. De igual manera, se aplicó la Ecuación 2.1 y se determinó el caudal.

Como la captación 2 se alimenta de dos flujos, se aplicó la Ecuación 2.2 y se determinó el caudal total.

$$QT = Q1 + Q2$$

Ecuación 2.2: Ecuación Caudal Total (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

El método ultrasónico utiliza la tecnología ultrasónica para medir el flujo en tuberías cerradas. Cada transductor ultrasónico tiene un cristal piezoeléctrico que emiten una señal ultrasónica al aplicarles un voltaje, la señal atraviesa la tubería llega a un transductor pasivo y se produce un voltaje, se programa con el método V ya que es más recomendado este método, se introduce los datos de tubería, material de a tubería, fluido, para que el equipo directamente entregara resultados de velocidades y caudales (Reyes & Acevedo, 2005).

En los tanques de almacenamiento y tuberías, se utilizó el medidor de flujo ultrasónico ya que el agua es de flujo presurizado. Se colocaron las sondas con gel en la tubería de ingreso al tanque. Una vez estabilizado el equipo se registraron los datos necesarios para determinar el registro del caudal y velocidad.

2.1.4 Levantamiento de infraestructura

Para el levantamiento de infraestructura se utilizó un flexómetro o cinta métrica para la medición de calados, dimensiones de tanques, diámetros de tuberías y volúmenes de los tanques. El levantamiento de dimensiones de los tanques se realizó con ayuda del operador que cuida el sistema para determinar el largo, ancho y altura de cada tanque, se encuentra un tanque cilíndrico en la que se determinó el diámetro y altura, también el calado del agua y tuberías en cada uno de los tanques.

2.2 Evaluación Hidráulica

A continuación, se presentan los procedimientos que se realizaron para evaluar hidráulicamente el sistema de abastecimiento

2.2.1 Caudales del sistema de abastecimiento

Para determinar los caudales necesarios para el sistema de abastecimiento se debe evaluar y conocer la población, dotación y pérdidas en el sistema.

Se analizó mediante las encuestas 71 familias y se determinó por el municipio de cantón Rumiñahui que el promedio de usuarios por cada familia es de 4.5 habitantes por lo cual, se tomó de la normativa de la EMAPS, la dotación para menores a 1000 personas, un consumo neto de 150 L/hab*día. Así mismo las pérdidas, se tomó un 20% respecto a la normativa

Se utilizó la Ecuación 2.3 y se determinó el consumo total, dato con el cual se determinó el caudal medio en la Ecuación 2.4.

$$Consumo\ total = \frac{consumo\ neto}{1 - \%P}$$

Ecuación 2.3: Estimación de la dotación total (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

$$Q_{promedio} = \frac{consumo\ total * Poblacion}{86400}$$

Ecuación 2.4: Proyección de la demanda doméstica (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

Para los caudales máximo diario y máximo horario se utilizó el coeficiente de consumo máximo diario k_1 de 1,4 y coeficiente de consumo máximo horario k_2 de 1,6. Se reemplazó la Ecuación 2.5 y Ecuación 2.6 con los coeficientes establecidos y el caudal medio obtenido y se determinó el caudal máximo diario y máximo horario.

$$QMD = Q_{medio} * k_1$$

Ecuación 2.5: Caudal Máximo Diario (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

$$QMH = Q_{medio} * k_2$$

Ecuación 2.6: Caudal Máximo Horario (EMPRESA METROPOLITANA DE
ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

El caudal obtenido con respecto a la población futura servirá para estimar el consumo respecto al crecimiento poblacional hasta el año 2052.

Para determinar la población futura se utilizó 3 métodos: lineal, geométrico y logaritmo, con la finalidad de elegir el más acorde a las características del crecimiento de la población. Para ello se utilizaron los datos ya existentes de la población en el régimen cantonal desde 1990 al 2010 difundido por la Alcaldía de Rumiñahui. Con esos datos se determinó la tasa de crecimiento del cantón Rumiñahui como lo requiere en cada método, posteriormente se determinó la población futura del barrio Runahurco del Pasochoa

Tabla 2.1: Métodos para la estimación de la población

Método	Formula
Lineal	$k = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$ $Pf = Puc + k(Tf - Tuc)$
Geométrico	$r = \left[\left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1 \right]$ $Pf = Puc + (1 + r)^{Tf - Tuc}$
Logarítmico	$Kg = \frac{\ln(Puc) - \ln(Pci)}{Tuc - Tci}$ $Pf = Puc * e^{Kg(Tf - Tuc)}$

Donde:

- k = Pendiente de la recta
- r = Tasa de crecimiento (método geométrico)
- kg = Tasa de crecimiento (método logarítmico)
- Puc = Población del último censo (número de individuos)
- Tuc = Año del último censo (años)
- Pci = Población del censo inicial (número de individuos)
- Tci = Año del censo inicial (años)

2.2.2 Simulación hidráulica

Se utilizó el programa MapSource para extraer los datos del GPS que se utilizó en los recorridos, se transformó las coordenadas geográficas a coordenadas UTM, posteriormente en una hoja de cálculo se ordenaron y con el archivo de texto en un formato establecido, se procesó los datos de forma que pudo ser descifrado por el CIVIL 3D para obtener la topografía de la zona de estudio.

Los trazados de redes y perfiles se realizaron con los datos extraídos en el Civil 3D, se elaboró una hoja de dibujo y se estableció la geolocalización como una guía para el trazado. Se importaron todos los puntos ya convertidos en coordenadas UTM con datum WGS84. Se crearon las curvas de nivel con base en los puntos importados para crear una superficie. Se unió todos los puntos de la conducción con una polilínea y se creó un alineamiento a base de objeto, con ello se trazó el perfil de la conducción.

Para la distribución se importó los puntos del recorrido, se creó una superficie con los datos importados. Se realizó el trazado con una polilínea con divisiones por cada punto para trabajar con mayor facilidad a la hora de importar al EPANET.

En el análisis de la conducción y distribución se empleó el software EPANET; para la ejecución de este fueron precisos longitudes de tuberías, elevación de nodos, los diámetros de conducción y red de distribución obtenidos durante el recorrido. Para la conducción con varias polilíneas se realizó nuevamente el trazado sobre alineamiento, se copió las polilíneas en otra hoja de dibujo con coordenadas originales, se guardó el trazado de la conducción en formato dxf. Se utilizó el Software Epcad para la conversión del formato dxf en inp. Se seleccionó la capa con la que se guardó el trazado, la conversión se dio en modo vértice y se convirtió en archivo inp para que pueda ser leído por el EPANET. En el software EPANET se abrió el archivo inp, se editó las cotas y elevaciones de los nodos y el diámetro de las tuberías, se tomó en cuenta el coeficiente de rugosidad de 0,12 (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008), para tuberías de PVC que se muestra en la TABLA 2.2, debido a que la tubería está enterrada no se puede conocer la totalidad de accesorios para realizar la evaluación. Se abrió el archivo en EPANET, se modificó la elevación de los nodos y los diámetros de las tuberías, por último, se hizo correr el programa, se notó en el software EPANET que no pudo simular ya que se encontraron con algunos elementos de infraestructura, por lo cual, se tuvo que hacer simulaciones por partes, con la finalidad de determinar presiones en los nodos, capacidad de transporte de las tuberías y velocidades de flujo, luego se obtuvo el informe hidráulico dinámica de la distribución. Para la simulación dinámica, se determinó la demanda base por cada metro mediante la relación entre el caudal máximo

Tabla 2.2: Coeficiente de Rugosidad de Darcy-Weisbach (EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2008).

Clase de tubería y revestimiento interno	Coeficiente Ks (mm)
PVC	0.12
Polietileno	0.12
GRP	0.12
Acero con revestimiento interno de coal-tar-ena-mel o Epoxi	0.12
CCP	0.24
Hierro dúctil y acero con revestimiento interno en mortero de cemento	0.24

2.2.3 Evaluación de tanques de almacenamiento

Para evaluar si el volumen de los tanques de almacenamiento que están implementados actualmente es correcto, se realizó un análisis del volumen requerido dependiendo de la curva característica de consumo de la población y de los caudales que fueron determinados para el estudio.

El método que se utilizó para evaluar el volumen requerido de los tanques es el proceso de la curva integral de consumo, en la cual, utilizando la curva de consumo de la población y el caudal máximo diario que está llegando al tanque. De esta forma se encuentra el volumen que necesita el tanque conociendo a lo largo de un día cuando el tanque se está llenando y se está vaciando.

Con un flexómetro se midió el ancho, largo y profundidad del tanque para determinar el volumen. Para mayor exactitud se consideró el método de la curva integral. Este método toma en cuenta el consumo acumulado durante 24 horas y en función de la curva de distribución se adquiere la curva integral (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008).

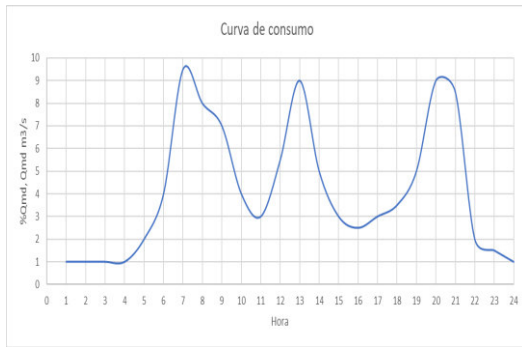


Figura 2.1: Curva de distribución horaria (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008)

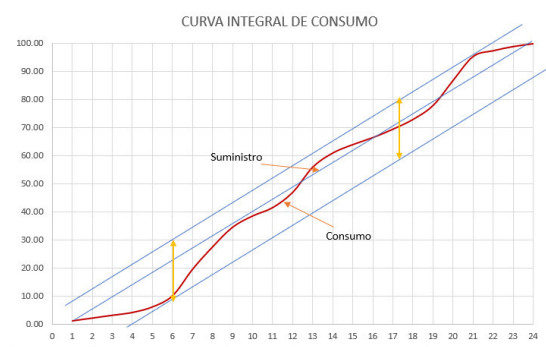


Figura 2.2: Curva integral de consumo (Empresa Metropolitana De Alcantarillado Y Agua Potable, 2008)

Para el desarrollo de la curva integral de consumo, se tomó en cuenta los siguientes datos:

- Hora: 24 horas
- Consumo (C): valores obtenidos de una curva de distribución típica en el periodo de 24 horas.
- Curva integral de consumo ($\sum C$): sumatoria de los valores de consumo
- Suministro (%S): relación entre el porcentaje total y el número de horas de suministro.
- Curva integral de suministro($\sum S$): sumatoria de los valores del suministro.
- Déficit horario (Δ): diferencia entre suministro y consumo.
- Déficit acumulado ($\sum \Delta$): sumatoria del déficit horario.
- Volumen del agua en el tanque por hora (V%): El valor mínimo del déficit acumulado toma valor de cero. En la celda superior se coloca la diferencia entre en el volumen anterior y el déficit horario, lo mismo se realiza en el resto de celdas. El resultado serán tangentes a la curva de suministro y estos serán positivos cuando el tanque este vacío y negativo cuando el tanque este lleno.

$$V = Qmd * \%$$

Ecuación 2.7: Fórmula de Volumen de tanque regulador por gravedad

2.3 Propuesta de mejoras

Una vez finalizado el levantamiento de información la evaluación hidráulica del sistema y con los resultados obtenidos, se plantearon las mejoras necesarias con la respectiva evidencia para un excelente funcionamiento del sistema de abastecimiento.

Debido que la captación es una implementación rudimentaria y poco técnica que se basa en el flujo del agua a través del desvío mediante piedras que son del mismo cauce, conforme al movimiento de esas piedras del mismo cauce y a la colocación de tuberías que funcionan como orificios es lo que se logra que el agua llegue hasta el canal de captación.

Como propuesta de mejora se evaluó la implementación de un cierre del cauce actual mediante un muro que contenga un vertedero calibrado que permita el ingreso del caudal de diseño (caudal medio diario teórico), la cota máxima de operación de este vertedero se define mediante el rebose del caudal en exceso hacia el cauce natural mediante un vertedero rectangular ubicado en el cauce, este elemento ya forma parte de las obras de captación actuales.

Se utilizó la Ecuación 2.8 Para encontrar la carga o altura para poder diseñar el vertedero triangular

$$Q = 1.32 * \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) * h^{2.48}$$

Ecuación 2.8: Caudal para vertedero triangulares (Gourley y Crimp)

Donde:

- Q= Caudal (m³/s)
- θ = Angulo (°)
- h=carga sobre el vertedero (m)

También basándose en las simulaciones del sistema de abastecimiento de agua potable se deberá obtener una implementación adicional para que pueda funcionar de forma eficiente esta propuesta que se da para la conducción del agua potable de la captación 1 atravesando por los tanques de cloración, reserva y distribución hasta el final de abastecimiento de la comunidad de Runahurco, mediante el software EPANET se modificó los diámetros de tubería para que se reduzca las presiones negativas y también para que los caudales sean en un rango establecido de las normas tomadas de la EMAAP

2.4 Memoria técnica

Para informar a la comunidad y a las autoridades encargadas del sistema de abastecimiento todo el trabajo que se hizo en el proyecto se elaborará una memoria técnica en donde se describirá los procesos utilizados y los resultados de los análisis realizados, conforme a esto, se darán las propuestas que puedan ser implementados por las autoridades encargadas del sistema de abastecimiento.

3 RESULTADOS

El proyecto propuesto se realizó en el Sistema de abastecimiento Rumiñahui en la provincia de Pichincha, dicho sistema se alimenta por dos captaciones. El análisis efectuado se centró en el estado de las estructuras y el funcionamiento del sistema de suministro. Con la finalidad de determinar la operación actual del sistema en la comunidad de Runahurco del Pasochoa y falta de una buena gestión, con base en los resultados obtenidos se proponen mejoras para el abastecimiento de agua en cantidades suficientes y sin inconvenientes para la comunidad.

3.1 Levantamiento de información

Runahurco del Pasochoa se encuentra en el Cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha con una altura aproximada de 3350 metros sobre el nivel del mar y una temperatura de 8 a 22° grados centígrados. Su población está conformada por 71 familias de aproximadamente 4.5 usuarios, dando una población total de 320 habitantes.

La captación del sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa se realiza desde el año 1970, tiene una altura de 3344 metros sobre el nivel del mar, su fuente es superficial, el agua es captada del Rio Cerro del Pasochoa y el único elemento de pre-tratamiento en la captación es un tanque desarenador.

La segunda captación del sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa se encuentra en la Cascadas de Padre Urco del Pasochoa a una altura aproximada de 3045 metros sobre el nivel del mar. Esta captación se implementó años más tarde ya que por el crecimiento de la población, necesitaban buscar otra fuente de captación para poder suministrar un caudal adecuado, sobre todo en época de, esta fuente es subterránea de tipo manantial u ojo de agua.

3.1.1 Visitas de campo

La línea de conducción es de 6.9, hay tramos que atraviesan terrenos privados y la mayor parte se conduce por la vía principal pública, todas las líneas de conducción son enterradas a una profundidad de 0.4 – 0.6 m. La primera captación se encuentra una entrada de pozos con tuberías, en cada pared se tiene un orificio donde pasa el agua llegando a un canal cerrado se dirige el flujo a un tanque desarenador, luego la conducción de salida tiene una tubería de PVC de 110 mm de diámetro en la que existe un desfogue de aire, se reduce a un metro del desfogue de aire a un diámetro de tubería de 63 mm en todo el sistema de abastecimiento.

En este tramo se encuentra el tanque de cloración 1, luego sale con una tubería PVC de diámetro de 63 mm, en todo el trayecto se conoció dos válvulas de control hasta llegar al tanque rompe presiones, de ahí siguen con el mismo diámetro anterior de la tubería también se encuentra en esta distancia 4 válvulas de control hasta llegar al tanque de almacenamiento y cloración 2 donde se visualizó 2 válvulas una de ellas son para descarga para lavado y mantenimiento de tanques y otro es para regular la salida de caudal, estas tuberías de salida presentan un tubería de hierro galvanizado de 160 mm de diámetro hasta llegar a un tramo en donde cambia su material a PVC y se reduce a 63 mm

En este tramo se localizó una válvula de desfogue de aire y 2 válvulas de control para llegar al tanque de almacenamiento y cloración 3, así mismo, se visualizó 2 válvulas una de ellas son para descarga para lavado y mantenimiento de tanques y otro es para regular la salida de caudal, estas tuberías de salida presentan un tubería de hierro galvanizado de 63 mm de diámetro hasta llegar a un tramo en donde cambia su materia a PVC y se reduce a 63 mm, finalmente antes de ingresar al tanque de reserva y almacenamiento se tiene una válvula de regulación.

Este tanque distribuye tanto a la comunidad de Runahurco como también abastece al sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Ana con salidas de igual caudal, cada una con su respectiva válvula de regulación, la distribución de los usuarios de Runahurco se tienen entre ese tramo 3 válvulas de control hasta terminar suministrando a la población del barrio.

El sistema cuenta con tuberías PVC repartido a lo largo del trayecto, tanto en la captación 1 como en la captación 2, las mismas que se encuentran enterradas a una profundidad de 0,80 m a 1 m con diámetros de:

Tabla 3.1: Diámetro de tuberías del Sistema de Abastecimiento

Tramo	Diámetro de tubería (pulg)	Diámetro de tubería (mm)
Captación 1 - Desfogue de aire	4"	110
Desfogue de aire - Tanque de cloración 1	2.5"	63
Tanque de cloración 1 - Tanque de rompe presión	2.5"	63
Tanque de rompe presión – Tanque de almacenamiento y cloración 2	2.5"	63
Tanque de almacenamiento y cloración 2 - Tanque de almacenamiento y cloración 3	2.5"	63
Captación 2 - Tanque de almacenamiento y cloración 3	4"	110
Tanque de almacenamiento y cloración 3 – Tanque de reserva y distribución	2.5"	63

Con ayuda del operador que cuida el sistema de abastecimiento de agua potable, nos dirigimos a las viviendas donde se pudo conocer más información adicional sobre el sistema de abastecimiento, con ayuda de una pequeña encuesta de preguntas cerradas se pudo llegar a entender los problemas que existen en este sistema de abastecimiento de Runahurco del Pasochoa

En las encuestas realizadas se registraron 9 resultados. Son varias las actividades que requieren agua, sin embargo, el 89% de las personas utilizan el agua en la alimentación e higiene, siendo así, las principales actividades que requieren mayor cantidad de agua sin exclusión de la agricultura, ganadería e industria. El 100% de la población menciona que el agua de la tubería es la fuente principal para obtener agua como se presenta en la TABLA 3.2

A continuación, se presentan un resumen de los resultados de las preguntas realizadas en la encuesta. Por mayoría, el 67% conocen el lugar de donde proviene el agua, sin embargo, el 89% no ha recibido ninguna información sobre el servicio de agua y la calidad en los últimos meses, mientras que, el 100% de personas dice que la cantidad de agua que llega a las viviendas es suficiente. En cuanto a la interrupción del servicio el 78% asegura que son por daños en la infraestructura (tuberías), el 11% por mantenimiento, mientras que, algunas personas que dice que no ha existido cortes es el 11%, y el tiempo que tarda en

retornar el agua es menos de 24 horas, por lo cual considera que el sistema de abastecimiento es bueno.

Tabla 3.2: Resumen de los resultados de la encuesta

Pregunta	Resultados
Su vivienda cuenta con	Alcantarillado 0% Servicios básicos: Agua potable, energía eléctrica e internet 100% Ninguno 0%
¿Usted conoce de dónde proviene el agua para su comunidad?	SI 67% NO 33%
Ha recibido alguna información sobre el servicio de agua y la calidad de esta los últimos meses.	SI 11% NO 89%
¿Usted cree que la cantidad de agua que llega a su vivienda es suficiente para todos los miembros de la familia?	SI 100% NO 0%
Cuándo ha tenido interrupciones o cortes en el servicio de agua, ¿cuáles han sido los motivos?	Daños en la infraestructura (tuberías) 78% Mantenimiento 11% Demora de pago 0% No ha habido cortes 11%
En caso de interrupción, ¿cuánto se tarda en reponer el servicio?	Menos de 24 horas 67% 1 días 11% 2 o más días 11% No ha habido cortes 11%
¿Cómo califica usted el sistema de abastecimiento de agua potable?	Excelente 11% Bueno 89% Malo 0%
¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?	SI 0% NO 100%
¿En qué momento del día consume mayor cantidad de agua?	Día 67% Tarde 11% Noche 22%

3.1.2 Levantamiento de puntos georreferenciados







En el sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa se tomó puntos de las infraestructuras descritas en la Figura 3.1. Adicionalmente cuenta con válvulas de control, válvulas de aire y pinchazos en la tubería que se los toma como desfuegos de aire.



Figura 3.1: Ubicación espacial de los componentes del sistema

En el sistema de abastecimiento de agua potable se encuentran los accesorios e infraestructuras que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 3.2: Accesorios des sistema de abastecimiento

Accesorios	Figura	Norte	Este
Tanque Desarenador		783241	9951629
Tanque de cloración 1		783341	9951834
Tanque rompe presión		783997	9952767
Tanque de almacenamiento y cloración 2		784454	9953071
Tanque de almacenamiento y cloración 3		785323	9954025
Tanque de reserva y distribución		785723	9954505

Tanque de Captación 2		784364	9952782
-----------------------	---	--------	---------

La captación 1 está a una altura de 3344 metros sobre el nivel del mar donde ingresa con una distancia de conducción de 14.77 m al tanque desarenador en un canal abierto rectangular, con dimensiones de 36 x 25 cm, como se muestra en la Figura 3.2.

Su salida es con tubería PVC de 110 mm, en la tubería se presenta con una malla para que no ingrese los sedimentos y causando que el caudal se reduzca, en una distancia de 44.13 m de conducción se encuentra un pinchazo en la que consideran desfogue de aire como se puede mostrar en la Figura 3.3. Luego en un tramo de 4.1 m se reduce su diámetro a 63mm, de este tramo se tiene una distancia de 238.8 m hasta llegar al tanque de cloración 1.



Figura 3.2: Entrada a la captación 1



Figura 3.3: Desfogue de aire



Figura 3.4: Válvula de control



Figura 3.5: Válvula de aire

Luego de ingresar por el tanque de cloración 1, sale por una tubería de 63 mm de diámetro recubierta de una malla, a una longitud de 752.22 m, se aprecia la primera válvula de control que se muestra en la Figura 3.4, donde se regula la presión de la tubería, así mismo, a una distancia de 374.14 existe una válvula de control. Después de un tramo de 290.51 m se llega a un tanque rompe presión como se muestra en la Tabla 3.2. Dado a la extensión de puntos georreferenciados del sistema de abastecimiento se da a conocer los demás puntos en la tabla siguiente.

Tabla 3.3: Tramos de accesorios e infraestructuras del sistema de abastecimiento

Tramo	Longitud (m)	Diámetro de tubería (mm)
Tanque Desarenador - Desfogue de aire	44.13	110
Desfogue de aire – Cambio de tubería	4.1	63
Cambio de tubería - Tanque de cloración 1	238.8	63
Tanque de cloración 1– Válvula de control	752.22	63
Válvula de control - Válvula de control	474.14	63
Válvula de control -Tanque Rompe Presión	290.51	63
Tanque Rompe Presión- Válvula de control	312.6	63
Válvula de control - Válvula de control	231.8	63
Válvula de control - Válvula de control	17.37	63
Válvula de control - Tanque de almacenamiento y cloración 2	5.21	63
Tanque de almacenamiento y cloración 2 - Válvula de control	1	160
Válvula de control – Cambio de tubería	18.66	110
Cambio de tubería - Desfogue de aire	238.61	63
Desfogue de aire - Válvula de control	1.43	63
Válvula de control - Válvula de control	1133.34	63
Válvula de control - Tanque de almacenamiento y cloración 3	4.85	63
Tanque de almacenamiento y cloración 3 - Válvula de control	1	63
Válvula de control - Válvula de control	641.72	63
Válvula de control - Tanque de reserva y distribución	1	63
Tanque de reserva y distribución - Válvula de control	1	63
Válvula de control - Válvula de control	299. 58	63
Válvula de control - Válvula de control	435.27	63
Válvula de control - Válvula de control	63.86	63
Válvula de control – Final del sistema	63.57	63

La captación 2 se encuentra a una altura de 3042 metros sobre el nivel del mar, su captación es por una fuente subterránea de tipo vertiente y ojo de agua, en este tramo tiene un tanque directo desde la fuente como se muestra en la Tabla 3.2, luego en una longitud de 141.69 m con una tubería PVC de 110 mm encontramos otro tanque de almacenamiento, desde ese punto su salida se conforma de 5 válvulas de aire como se muestra en la Figura 3.5 ya que por sus cotas o elevaciones necesitan tener válvula de aire para que no exista ninguna rotura de la tubería hasta llegar a una válvula de control y finalmente al tanque de almacenamiento y cloración 3. A continuación, se dan los tramos de accesorios e infraestructura con sus longitudes y diámetros

Tabla 3.4: Tramos de accesorios e infraestructuras del sistema de abastecimiento

Tramo	Longitud (m)	Diámetro de tubería (mm)
Tanque de almacenamiento – Válvula de aire	164.48	110
Válvula de aire - Válvula de aire	106.03	
Válvula de aire - Válvula de aire	44.19	
Válvula de aire - Válvula de aire	79.08	
Válvula de aire - Válvula de aire	135.06	
Válvula de aire – Válvula de control	1011.25	
Válvula de control - Tanque de almacenamiento y cloración 3	1.57	

3.1.3 Aforo de caudales

El caudal del sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa consiste en una tubería principal en medio de la vía principal, esta tubería se ramifica por medio de collarines de conexión, el diámetro para cada cometida es de ½”.

La captación 1 cuenta con un caudal de 3.19 l/s. el volumen de tanque desarenador del tanque de captación es aproximadamente de 2.64 m³. La captación 2 tiene dos caudales uniéndose al tanque y su caudal total es de 8.65 l/s con un volumen del tanque de captación de 1.5 m³ y se dirige directamente la conducción al tanque de almacenamiento y cloración 3.

Tabla 3.5: Captación 1

Captación 1	Aporte
Calado	0.17
Ancho de canal (m)	0.36
Distancia (m)	Tiempo (s)
2	39.33
2	29.01
2	30.1
2	22.67
Total	30.2775
Velocidad (m/s)	0.066
Área (m ²)	0.048

Tabla 3.6: Captación 2

Vertiente	Aporte
Diámetro (mm)	110
Recipiente (l)	Tiempo (s)
13.3	6.06
14.4	6.36
14.5	7.06
Caudal 1 (l/s)	2.17
Ojo de Agua	
Velocidad (m/s)	0.85
Diámetro (mm)	110
Área m ²	0.0076
Caudal 2 (l/s)	6.48
Caudal total (l/s)	8.65

El caudal aforado de salida en la captación es de 2.42 l/s y debe ser igual a la que ingresa al tanque de cloración 1, su caudal de salida es de 1.54 l/s, mientras que, se obtiene un caudal de rebose de 0.88 l/s, de acuerdo con los datos obtenidos el caudal medio es de 1.7 l/s en la que se considera aceptable para el primer tanque, los datos son representados en la siguiente tabla:

Tabla 3.7: Datos de tanque de cloración 1

Tanque de Cloración 1	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m ²)
Q Entrada	2.43	63	0.0031
Q Salida	1.54		
Q Rebose	0.88		

El caudal aforado que ingresa al tanque rompe presión es de 0.58 l/s, esto se debe a que mediante la conducción del tanque de cloración 1 al tanque rompe presión ya existen conexiones de consumo de agua a los usuarios. Luego del tanque de rompe presión, llega con un caudal aforado de entrada al tanque de almacenamiento y cloración 2 de 1.92 l/s, el volumen del tanque es de 108 m³, existe un caudal de rebose de 0.62 l/s y su caudal de salida es de 0.63 l/s, con un diámetro de 160 mm hasta reducirse de nuevo a 63 mm, de acuerdo con los datos obtenidos en campo el caudal medio es aceptable para la entrada al tanque mientras la salida no es aceptable por lo que no cumple con el caudal medio.

Tabla 3.8: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico

Tanque de Almacenamiento y Cloración 2	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m²)
Q Entrada	1.92	63	0.0031
Q Salida	0.63	160	0.020
Q Rebose	0.62	110	0.00057

Los caudales aforados que ingresa en el tanque de almacenamiento y cloración 3 es tanto de la línea de conducción de la captación 1, como también de la línea de conducción de la captación 2, se obtiene un caudal total aforado de entrada de 8.6 l/s se presenta en este caso un exceso de caudal a comparación del caudal medio de 1.7 l/s, con un volumen del tanque de 39.30 m³, con un caudal de rebose de 0.61 l/s, de acuerdo con los datos obtenidos del aforo realizado, los datos son representados en la siguiente tabla:

Tabla 3.9: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico

Tanque de Almacenamiento y Cloración 3	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m²)
Q Entrada de la Captación 1	4.28	63	0.0031
Q Entrada de la Captación 2	4.32	110	0.0095
Q Salida	2.3	63	0.0031
Q Rebose	0.61	63	0.0031

Luego de pasar por el tanque de almacenamiento y cloración 3 uniéndose así las dos líneas de captaciones, se dirigen al último tanque de reserva y distribución con un caudal aforado de entrada de 1.47 l/s en este último trayecto se suministra a otra comunidad del barrio Santa Ana repartiendo un caudal equitativo tanto para el barrio Runahurco como el barrio antes mencionado con un caudal aforado de 1.58 l/s, está en el rango aceptable con respecto al caudal medio

Tabla 3.10: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico

Tanque de Reserva y Distribución	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m²)
Q Entrada	1.47	63	0.0031
Q Salida	1.58		
Q Salida al barrio Santa Ana	1.58		

3.1.4 Levantamiento de infraestructura

La captación cuenta con tres pozos que tienen orificios de fondo y un desarenador con un volumen de 2.64 m^3 y un calado de agua de 0.62 m. La tubería de salida tiene un calado de 0.40 m, su tubería es de PVC de 110 mm que se va reduciendo a 63 mm al tanque de cloración 1 que tiene un volumen de 0.53 m^3 con un calado de agua de 0.75 m la tubería de salida tiene un calado de 0.2 m, su tubería de salida es de 63 mm. Luego se llega al tanque rompe presión con un volumen de 0.34 m^3 y un calado de agua de 0.85 m, su calado de tubería de salida es de 0.10 m con diámetro de 63 mm, cabe destacar que las tuberías tanto de entrada y de salida trabajan parcialmente llenas.

Luego de pasar por el tanque rompe presión ingresa al tanque de almacenamiento y cloración 2 con un volumen de 108 m^3 con un calado de agua de 2.70 m y su salida con una tubería de hierro galvanizado de 160 mm de calado de tubería de 0.30 m, en un tramo de 1m se reduce a 110 mm con material PVC y en una distancia de 18.66 m se reduce a 63 mm el diámetro de tubería y llega al tanque cilíndrico de almacenamiento y cloración 3 con un volumen de 49.3 m^3 con un calado de agua de 2.75 m, con un calado de tubería de salida de 0.3 m de diámetro de 63 mm de material de hierro galvanizado de 1 m de longitud y luego cambia de material PVC de 63 mm hasta llegar al tanque de reserva y distribución de volumen 27 m^3 , su calado de agua es de 2.8 m y su tubería de salida de hierro galvanizado de 63 mm de calado de 0.3 m luego de una distancia de 1 m cambia de materia a PVC de 63 mm de diámetro.

Tabla 3.11: Dimensiones del Tanque

Tanque de Cloración 1			Tanque de Almacenamiento y Cloración 2			Tanque de Almacenamiento y Cloración 3			Tanque de Reserva y Distribución		
Ancho	0.72	m	Ancho	6	m	Diámetro	4.5	m	Ancho	3	m
Largo	0.82	m	Largo	6	m				Largo	3	m
Altura	0.90	m	Altura	3	m	Altura	3.1	m	Altura	3	m

3.2 Evaluación hidráulica

Mediante las evaluaciones e informaciones que se ha obtenido, a continuación, se presenta los resultados obtenidos para generar las simulaciones y obtener resultados sobre los posibles fallos

que se manifiesten en este sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco del Pasochoa

3.2.1 Caudales del sistema de abastecimiento

La población del barrio Runahurco del Pasochoa se registran 320 personas para el año 2022. La tasa de crecimiento poblacional se adoptó en función del crecimiento de población considerando el comportamiento de la localidad. La proyección se hizo para el período de 30 años, es decir para el año 2052 la población llegara a ser 791 personas. Se tomó el valor obtenido por el método logaritmo ya que se ajusta más a las condiciones del crecimiento poblacional.

Tabla 3.12: Resultados de la población futura

Método	Año	Población actual	Tasa de crecimiento	Año de estimación	Población futura
Método Lineal	2022	320	k	2052	59776
			2100		
Método Geométrico			r		322
			0.03065255		
Método Logaritmo			Kg		791
			0.030172		

3.2.2 Caudales de diseño

Mediante las normas se utiliza la dotación media de 150 L/hab*día menores a 1000 personas, se utilizó la población futura anteriormente obtenida para el cálculo de los caudales utilizado para la evaluación de la distribución en EPANET.

Conforme a los valores presentados en la Tabla 3.10, el caudal medio es 1,7 l/s, sin embargo, el caudal que se debe utilizar es el caudal máximo diario de 2.4 l/s, no obstante, el caudal aforado al ingreso del tanque de reserva y distribución es 1.47 l/s, por lo cual está en el rango aceptable de caudal, mediante determinaciones de la persona encargada nos afirma que en épocas de lluvias excesivas el tanque tiene una tubería de rebose ya que sobrepasa la cantidad de agua que puede suministrar el tanque de reserva y distribución.

Tabla 3.13: Caudales de diseño

Consumo neto	150	L/hab*día
Consumo total	187.5	L/hab*día
Q medio	1.7	L/s
Q máx diario	2.4	L/s
Q máx horario	3.85	L/s

3.2.3 Simulación hidráulica

La simulación hidráulica se llevó a cabo en dos partes, primeramente, se realizó una evaluación de la línea de conducción para la captación 1 y la segunda línea de conducción de captación 2 hasta el tanque de almacenamiento y cloración 3 en la que se une con la línea de conducción antes mencionada. A continuación, se presentan los resultados de la línea de conducción desde la captación 1 hasta el final de la red de distribución de agua potable de Runahurco del Pasochoa

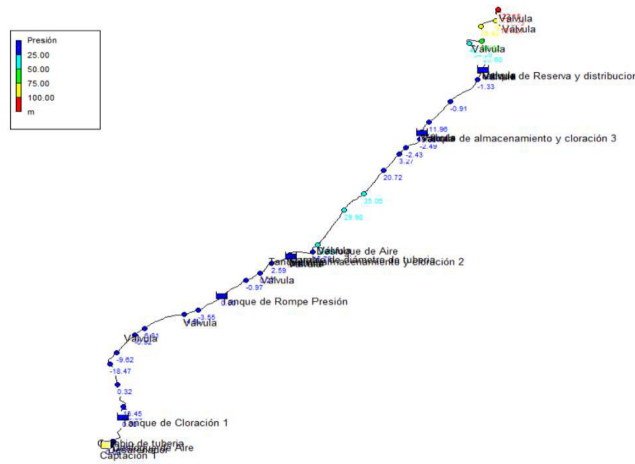


Figura 3.6: Línea de conducción de captación 1: Presiones

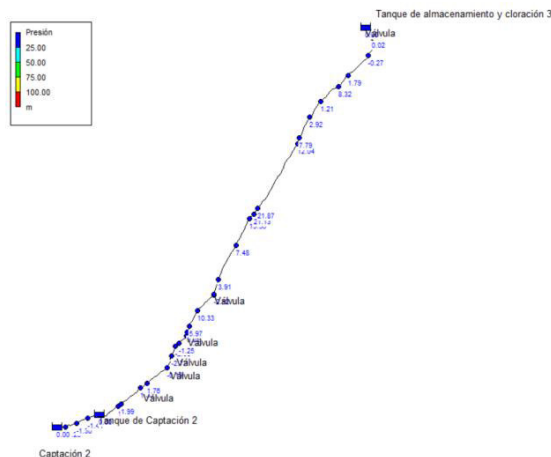


Figura 3.7: Línea de conducción de captación 2: Presiones

Al realizar la evaluación se encuentra varias presiones negativas que no cumplen lo requerido con la normativa esto se presenta en la tabla 3.14 de la línea de conducción de la captación 1 y la tabla 3.15 de la línea de conducción de la captación 2.

Tabla 3.14: Resultados de la simulación de la captación 1: Nodos específicos

ID Nodo	Descripción	Demanda L/s	Altura m	Presión m.c.a
Conexión n4	Desfogue de aire	0	3343.92	-0.08
Conexión n5	Cambio de diámetro tubería	0	3343.92	-0.08
Conexión n13	Válvula	0	3261.08	-0.92
Conexión n15	Válvula	0	3223.32	-4.68
Conexión n20	Válvula	0	3159.82	0.27
Conexión n22	Válvula	0	3134.47	0.51
Conexión n23	Válvula	0	3132.57	0.58
Conexión n25	Válvula	0	3132	1
Conexión n27	Cambio de diámetro tubería	0	3131.91	4.92
Conexión n29	Válvula	0	3108.9	28.08
Conexión n30	Desfogue de aire	0	3108.77	28.94
Conexión n37	Válvula	0	2999.47	0.46
Conexión n38	Válvula	0	2998.94	0.94
Conexión n44	Válvula	0	2960.06	0.06
Conexión n45	Válvula	0	2959.99	0.99
Conexión n49	Válvula	0	2956.76	42.76
Conexión n53	Válvula	0	2955.21	101.21
Conexión n55	Válvula	0	2955.16	116.16
Conexión 1	Válvula de distribución a Santa Ana	1.58	2958.59	0.59

Embalse 2	T. Desarenador	21.29	3344	0
Embalse 3	T. de Cloración 1	-3.34	3337	0
Embalse 4	T. de Rompe Presión	-0.35	3194	0
Embalse 5	T. de Almacenamiento y Cloración 2	0.54	3132	0
Embalse 6	T. de Almacenamiento y Cloración 3	1.44	2999	0
Embalse 7	T. de Reserva y distribución	-15.87	2960	0

Se dio a conocer los puntos que contienen accesorios en el método de abastecimiento por lo tanto empezando desde la conexión n4, n5, n13 y n15 se encontraron presiones negativas que están fuera de rango a comparación con la normativa y las conexiones n53 y n55 se presentó que las presiones son demasiadas altas por lo que está fuera de rango con la normativa dicha anteriormente, en el ANEXO IV, se encuentran todas las conexiones que se presentan con presiones bajas y presiones altas

Tabla 3.15: Resultados de la simulación de la captación 2: Nodos específicos

	Descripción	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo		L/s	m	m.c.a
Conexión n70	Válvula	0	3015.17	1.76
Conexión n72	Válvula	0	3013.99	-2.72
Conexión n73	Válvula	0	3013.49	-2.08
Conexión n76	Válvula	0	3012.61	0.22
Conexión n80	Válvula	0	3010.86	-2.52
Embalse 9	Tanque de Captación 2	31.49	3017	0
Embalse 13	Tanque de almacenamiento y cloración 3	9.86	3000	0

En este caso para la captación 2 también se encuentra con presiones negativas como se puede identificar en la TABLA 3.15 aunque su simulación se encuentra por el rango normado, en esta ocasión esta tubería es de 110 mm por lo que las presiones y caudales están en el rango de la normativa.

Se programó el software EPANET con la ecuación de Hazen-Williams para tubería de PVC con el coeficiente de rugosidad de 0,12 y diámetro de 110 mm y 63 mm en algunos tramos con cambios de diámetro de tubería para la línea de conducción de captación 1 que se presenta en ANEXO IV se utiliza la misma ecuación de Hazen-Williams para tubería de PVC con el coeficiente de rugosidad de 0,12 y diámetro de 110 mm.

Con base en la curva integral de consumo el mayor porcentaje de volumen requerido por hora es 23% y al aplicar la Ecuación 2.7 la capacidad del tanque debe ser de 47.69 m^3 para cubrir la demanda en las horas pico de la población. Es decir, la capacidad actual es mayor a lo requerido para un caudal de 2.4 l/s. En esta ocasión el tanque de almacenamiento y cloración 2 y 3 están en el rango que se propone para el volumen del tanque en población futura, en cambio en el tanque de reserva y distribución no cumple con el volumen del tanque futuro

Tabla 3.16: Capacidad del tanque de distribución

Q máx diario	2.4	L/s
Q máx diario	207.36	m ³ /día
Volumen del tanque	47.69	m ³

3.3 Propuesta de mejoras

3.3.1 Captación

En la captación es necesario construir un nuevo sistema ya que el sistema actual es muy rudimentario, El diseño se basa en implementar un vertedero en forma triangular de 60 grados al mismo nivel del agua dando así un caudal medio constante para el ingreso al canal de captación y conduciendo al tanque desarenador obteniendo así una estabilidad y que no existan reboses ni tampoco se pretenda obtener muchos sedimentos en la captación

Su carga o altura del vertedero triangular es de 0.08 m para que su caudal sea constante al caudal promedio futuro, conscientemente para minimizar gastos se pretende utilizar el mismo muro para que luego se implemente el vertedero triangular con la finalidad de que el agua por medio de aireadores que se presenta en la otra propuesta en base a calidad del agua. Se debe también tener aberturas o desfuegos para limpieza de los vertederos tal y como se muestra el diseño planteado en el ANEXO V.

3.3.2 Red de distribución

Se registran muchas presiones muy bajas en la conducción que empieza desde la conexión n10 hasta la n13 con un valor aproximado de -18. 5 m.c.a que no se debe obtener cierta respuesta en la simulación hidráulica, se sabe que en la normativa la presión es lo mínimo de 60 metros de

columna de agua por lo que se modifica los diámetros y se añade válvulas de control en las ubicaciones que se dan aquellas presiones con la finalidad de que la presión se acerque a lo normado, su caudal de salida del tanque de reserva y distribución a los moradores del barrio Runahurco del Pasochoa es de 1.58 l/s, por lo cual, en el tramo que existe altas presiones son desde el tanque de reserva y distribución hasta el final de la línea de conducción con una presión máxima de 122.15 m.c.a por lo que se propone aumentar el diámetro de tubería de 63 mm a 90 mm tuberías y con las válvulas que se tiene actualmente, en la cual, se reducirá las presiones y se tendría una mejor eficiencia en el sistema de abastecimiento.

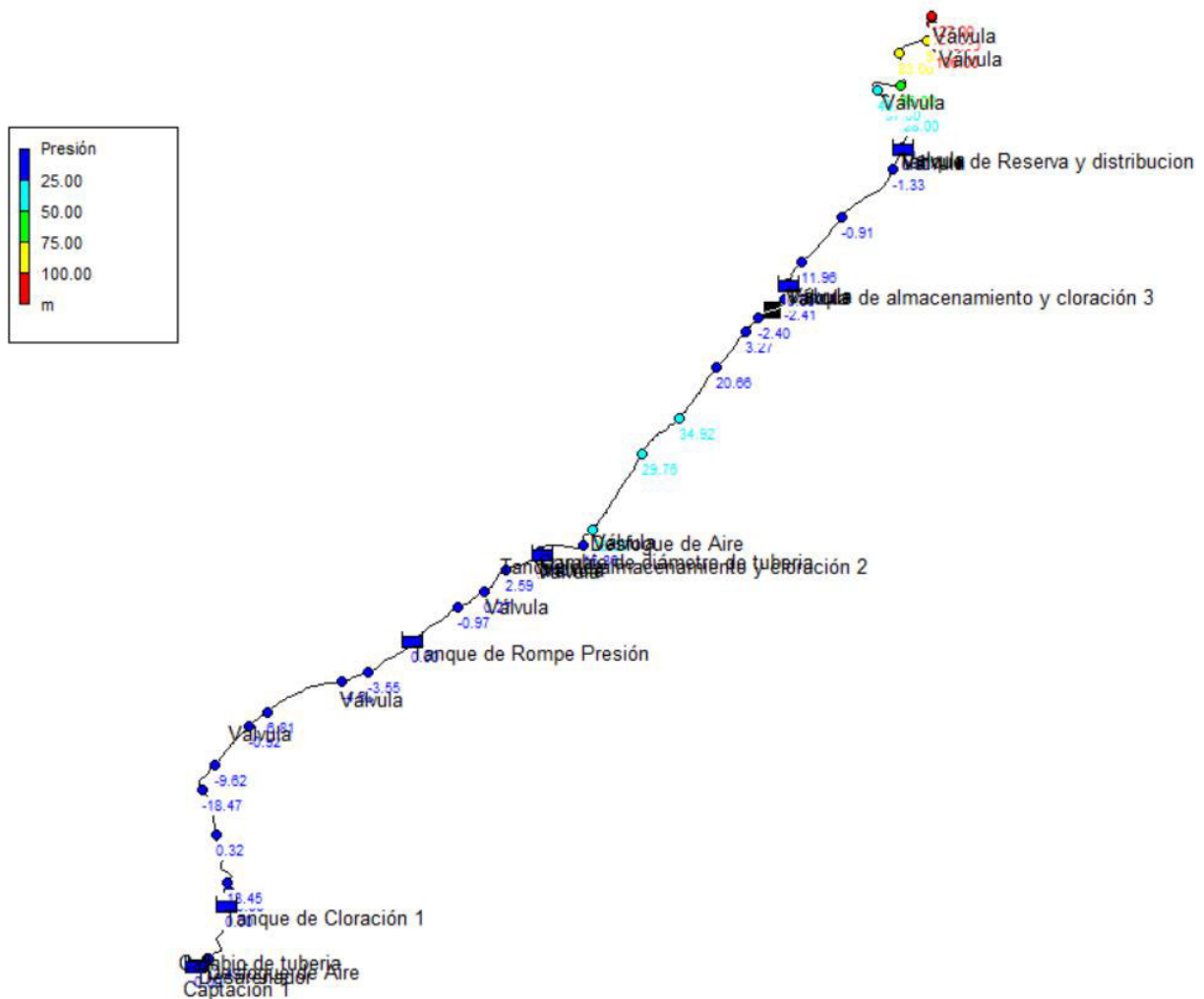


Figura 3.8: Esquema de perfil del sistema de captación

3.3.3 Operación y Mantenimiento

Todos los componentes requieren de un control y la limpieza frecuente para poder mantener el sistema en buen estado, esto permite la durabilidad de los componentes y una operación de forma efectiva. Esto se debe realizar con una activa participación de la Junta de Agua y los usuarios beneficiarios del servicio.

3.3.4 Presupuesto

Se analiza del presupuesto que se requiere para ejecuta el vertedero triangula desde la Captación 1 para modificar las estructuras que suministra al sistema de una forma eficiente y concisa.

Vertedero Triangular				
Rubro	Unidad	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	1.58	4	6.32
REPLANTEO Y NIVELACION DE ESTRUCTURAS	m2	2.95	10	29.50
DERROCAMIENTO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES	m3	5.05	3	15.15
VERTEDERO DE ACERO INOXIDABLE DIENTADO SEDIMENTADOR	U	232.05	1	232.05
VERTEDERO DE ACERO INOXIDABLE RECTANGULAR SEDIMENTADOR	U	232.05	2	464.10
HORMIGON SIMPLE f'c=180 kg/cm2 - EN SITIO	m3	145.34	1.2	174.41
ENCOFRADO/DEENCOFRADO ESTRUCTURAS	m2	21.12	3	63.36
			TOTAL=	984.89

Para el cambio de tubería se propone cambien desde la tubería p8 hasta la p10 con un diámetro de 90 mm y también después de pasar por el tanque de reserva y distribución empezando desde la tubería p46 hasta la p50 esto suma una longitud de conducción de 1334 m con una excavación de 0.5 m de ancho y profundidad de 1.5 m aproximadamente.

Cambio de Tubería				
Rubro	Unidad	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	1.58	667	1053.86
REPLANTEO Y NIVELACION DE ESTRUCTURAS	m2	2.95	667	1967.65
EXCAVACION SIN CLASIFICAR	m3	3.97	1000.5	3971.99
DESINSTALACION TUBERIA PVC 063MM	m	2.40	1334	3201.60
TRANSPORTE TUBERIA ACERO 04" (CARGA Y DESCARGA) (SE PAGARA EN m-km)	u	0.06	1334	80.04
INSTALACION TUBERIA PVC U/E 090mm	m	3.10	1334	4135.40
RELLENO COMPACTADO AL 95%	m3	4.55	1000.5	4552.28
			TOTAL=	18962.81

4 CONCLUSIONES

- De acuerdo con los aforos realizados se puede comprobar que el caudal captado y el caudal al ingreso de la planta de tratamiento no coinciden. Esto podría ser debido a roturas de la tubería o alguna conexión ilícita que ocasiona pérdidas en el sistema.
- En el sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco se localizan tres tanques de almacenamiento y cloración, dentro de los cuales, existen reboses muy notables que generan contaminación al suelo mediante el hipo clorador que está disuelto en el agua y puede degradar los minerales y nutrientes que se presentan en el suelo.
- Se tienen dos fuentes de captación tanto superficial como subterránea, en la captación 2 se tiene una conducción directa hasta el tanque de almacenamiento y cloración, se identifica 5 válvulas de aire a lo largo de la conducción en las cotas más elevadas para que no exista roturas en la tubería. Se manifiesta que en épocas de lluvia la captación 2 se cierra totalmente por motivos de derrumbes y sedimentos que pueden dañar la tubería o válvulas de aire
- En el caso de que alguna captación presente fallas o daños en su sistema y requiera reparaciones o mantenimientos, se puede utilizar la otra captación para suministrar normalmente el agua
- Existen problemas de perforaciones en tuberías presurizadas en donde se presenta pérdidas de fluido y también se genera un chorro de agua que podría estar socavando y desestabilizando la conducción.
- En los resultados de la simulación de la red de conducción, se presentan presiones negativas que están fuera de la normativa, por lo cual, dentro de la propuesta se pretende mejorar todos los puntos de baja presión con cambios de diámetros en las tuberías
- El sistema de abastecimiento no sirve únicamente para la comunidad de Runahurco, debido a que, el tanque de reserva y distribución se puede notar que existe una derivación que se dirige hacia el barrio Santa Ana, dando como resultado un mismo caudal de 1.58 l/s para las dos comunidades.

- En los resultados de la simulación de la red de conducción, luego de pasar por el tanque de reserva y distribución se analiza presiones elevadas, las presiones que se presentan son de alrededor de 122.15 m.c.a, lo que superaría el valor notable a la normativa debido a que se establece que la presión máxima debería ser 60 m.c.a y esto ocasiona que exista roturas en las tuberías debido a la sobrepresión.
- El total de precios necesario para aplicar las propuestas de mejoras que se detallan en este documento son; para la implementación del vertedero triangula se necesita una inversión de \$ 984.89, mientras que, para el cambio de tuberías se requiere un valor de \$ 18962.81.
- Una de las propuestas de mejoras del sistema pretende que exista una captación adecuada del caudal de diseño futuro, para que no exista un exceso de captación de caudal que podría atravesar a lo largo del sistema de abastecimiento.
- A lo largo del sistema de conducción se presentan varios tramos, en la cual, la tubería esta desenterrada y no cumple la normativa, puesto que debe estar enterrada a una profundidad de 60 cm bajo el nivel del arrasante para que no sufra golpes, roturas o cristalización debido a los rayos solares.

5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda limpiar partes externas de todas las infraestructuras que se presentan en el sistema de la red conducción cada dos veces al mes para que no existan plagas dentro de las instalaciones, también se sugiere supervisar las tuberías ya que se encuentran plantas que ingresan y puedan obstruir el paso de conducción del fluido también para el mantenimiento se sugiere dar un recubrimiento adecuado a las tuberías para que no generen los problemas antes mencionada, así mismo, pintar y señalizar todas las infraestructuras de la red de abastecimiento.
- Se recomienda alejar el cloro de las válvulas o tuberías de hierro galvanizado ya que corroe y pueden deteriorarse mucho más rápido
- Se recomienda una instalación de válvula de desfogue de aire ya que el pinchón que se encuentra pasando por el tanque desarenador no es muy eficiente y no tiene manipulación de control

- Se sugiere tapar las tuberías que están al descubierto en tramos de la conducción, así mismo, pintar y señalizar todas las infraestructuras

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AquaKnow. (2021). *EPANET: Un software libre simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión*. AquaKnow.
- Arnalich, S. (2008). *Abastecimiento de agua por gravedad*. <https://issuu.com/arnalich/docs/ligrav>
- Ávila, J. P., Sansores, A. C., & Ceballos, R. P. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana Académica de Ingeniería*, 8 (2). <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780214.pdf>
- Capcha, G. S., & Martínez, F. J. (2021). *Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad- canal Huayao , Chupaca, Junín 2021*. [Tesis de Ingeniería civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11093/2/IV_FIN_105_TE_Capcha_Martinez_2021.pdf
- CHEQUERE, W. M. (1993). *MECÁNICA DE FLUIDOS 2*. Obtenido de [https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/41245/mecanica de fluidos 2.pdf](https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/41245/mecanica_de_fluidos_2.pdf)
- Chulluncuy, N. (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano*. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. CONAGUA. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- Donaldson, D (1974). *LOS PROGRAMAS DE ABASTECIMIENTO RURAL DE AGUA DE AMÉRICA LATINA*. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/10783/v76n4p281.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf
- EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE. (2008). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q* (M. Punguil, Ed.; Primera). V&M Gráficas.
- Herrera Acaro, L.M. & Quisaguano Sigcha, K. M. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO*. [Tesis de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20309/1/CD%209776.pdf>

- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. INEN. Consultado el 23 de agosto del 2022.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf
- Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). (1996). *Guía de Protección Ambiental Tomo I: Introducción, Planificación Suprasectorial, Infraestructura*. Alemania.
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Evaluación del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. IRIS PAHO.
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/21478?locale-attribute=es>
- Perez, R. (2001). *ABASTECIMIENTO DE AGUA*.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34792833/ABASTECIMIENTO_DE_AGUA_Pedro_rodriguez_Ruiz_ITO-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1661229757&Signature=deAi3RMulwEcbBKiz1R3YADxsCrVQJ5B0ENruHvqIoc8nwc8qXXpa68D2nHLFA3wsHJtyxTG9O73oUUYSFGZbBbtQq1UL5a1Db-gw-GagU5
- Reyes, J., & Acevedo, A. (2005). *Modelado y simulación de Medidores Ultrasónicos de Tiempo de Tránsito: Desarrollo y avances*.
http://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra_revista/MetFlu1/ejemplarN001_5medidores_ultrasonicos.pdf
- Santisteban, M. C. (2012). *Métodos de almacenamiento del agua*. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/10/Chan-M-M%3%A9todos-de-almacenamiento-de-agua-versi%3%B3n-final.pdf>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Sotelo Avila, G. (2019). *Hidráulica General, Vol 1. Fundamentos*.
- Stauffer, B., & Spuhler, D. (2018). *Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios)*.
<https://sswm.info/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%3%B3n-de-r%3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- Suárez Agudelo, E. (2018). *AFORO DE CAUDALES*.
https://www.academia.edu/37838694/UNIVERSIDAD_DE_LA_COSTA_CUC_DEPARTAMENTO_DE_CIVIL_Y_AMBIENTAL_PROGRAMA_DE_INGENIER%3%8DA_AMBIENTAL_AFORO_DE_CAUDALES
- TIPÁN JINDE, J. C. (2017). *ESTUDIO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN SECTORES RESIDENCIALES DE LA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INCIDENCIA EN LA CURVA DE CONSUMO DIARIO*. [Tesis de ingeniería, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26837/1/Tesis%201181%20-%20Tip%3%a1n%20Jinde%20Julio%20C%3%a9sar.pdf>

7 ANEXOS

7.1 ANEXO I. Turnitin porcentaje máximo 12%.

Revisión Final Turnitin			
ORIGINALITY REPORT			
11%	10%	3%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	idoc.pub Internet Source		2%
2	documentop.com Internet Source		1%
3	vbook.pub Internet Source		1%
4	hdl.handle.net Internet Source		1%
5	Submitted to Universidad Santo Tomas Student Paper		<1%
6	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Student Paper		<1%
7	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source		<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source		<1%
9	es.unionpedia.org Internet Source		<1%

10	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	<1 %
11	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Student Paper	<1 %
13	moam.info Internet Source	<1 %
14	Karina del Valle Peña Rodríguez. "Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela).", Universitat Politecnica de Valencia, 2019 Publication	<1 %
15	www.clubensayos.com Internet Source	<1 %
16	www.ceaqueretaro.gob.mx Internet Source	<1 %
17	Submitted to Universidad Católica de Santa María Student Paper	<1 %
18	doku.pub Internet Source	<1 %

19	www.cid.harvard.edu Internet Source	<1 %
20	ciencia.lasalle.edu.co Internet Source	<1 %
21	convencion.uclv.cu Internet Source	<1 %
22	repository.ucatolica.edu.co Internet Source	<1 %
23	www.doccity.com Internet Source	<1 %
24	www.grnadainformacion.com Internet Source	<1 %
25	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Student Paper	<1 %
26	Submitted to Universidad Sergio Arboleda Student Paper	<1 %
27	intech-gmbh.es Internet Source	<1 %
28	www.solvaymartorell.com Internet Source	<1 %
29	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Student Paper	<1 %
30	vsip.info	

	Internet Source	<1 %
31	www.consortio.org Internet Source	<1 %
32	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	<1 %
33	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Student Paper	<1 %
34	docplayer.com.br Internet Source	<1 %
35	repositorio.puce.edu.ec Internet Source	<1 %
36	tesis.unsm.edu.pe Internet Source	<1 %
37	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 5 (1989)", Brill, 1992 Publication	<1 %
38	Marlon Monge, Diego Damian Moreira Moreira, Ana Ruth Álvarez Sánchez, Rommel Arturo Ramos Remache. "Aprovechamiento de las galerías filtrantes de la Presa la Esperanza para el abastecimiento de la Parroquia Quiroga", Ingeniería e Innovación, 2021	<1 %

Publication

39	idus.us.es Internet Source	<1 %
40	issuu.com Internet Source	<1 %
41	libropdfseecraymond.blogspot.com Internet Source	<1 %
42	pdffox.com Internet Source	<1 %
43	repositorio.ana.gob.pe Internet Source	<1 %
44	repositorio.cuc.edu.co Internet Source	<1 %
45	tesis.ucsm.edu.pe Internet Source	<1 %
46	www.cccartagena.org.co Internet Source	<1 %
47	www.trademag.org.tw Internet Source	<1 %
48	Theofilos Toulkeridis, Fabián Rodríguez, Nelson Arias Jiménez, Débora Simón Baile et al. "Causes and consequences of the sinkhole at El Trébol of Quito, Ecuador – implications for economic damage and risk assessment",	<1 %

Natural Hazards and Earth System Sciences, 2016

Publication

49	lpnu.ua Internet Source	<1 %
50	qdoc.tips Internet Source	<1 %
51	repositorio.uladech.edu.pe Internet Source	<1 %
52	repositorio.uta.edu.ec Internet Source	<1 %
53	www.era21revista.com Internet Source	<1 %
54	www.sigaa.ufrn.br Internet Source	<1 %
55	www.tandfonline.com Internet Source	<1 %
56	Enrique Fernández Escalante, Jon San Sebastián Sauto, Rodrigo Calero Gil. "Sites and Indicators of MAR as a Successful Tool to Mitigate Climate Change Effects in Spain", Water, 2019 Publication	<1 %
57	Carlos Cabezas Rabadán. "Beach Morphology and its Dynamism from Remote Sensing for	<1 %

Coastal Management Support", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publication

58

archive.org

Internet Source

<1 %

59

dspace.ups.edu.ec

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 3 words

Exclude bibliography Off

7.2 ANEXO II. Formato de Entrevista



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental
“DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DEL PASOCHOA”



Encuesta sobre la calidad y servicio del agua en la comunidad de Runahurco del Pasochoa

Nombre: _____ Encuesta N°: _____

1. **¿Cuántas personas habitan en la vivienda?**
2. **Su vivienda cuenta con**
 - a) Alcantarillado
 - b) Servicios básicos: Agua potable, energía eléctrica e internet
 - c) Ninguno
3. **¿Qué hace con sus desperdicios o basura?**
 - a) Los envía al servicio de recolección público y/o abono o comida para ranchos
 - b) Los entierra
 - c) La quema
 - d) Los arroja a un cauce o quebrada
4. **¿Cuál es su principal fuente de agua para su consumo?**
 - a) Agua entubada
 - b) Agua de lluvia
 - c) Agua embotellada (comprada)
 - d) Recolección de agua en vertientes o cauces
5. **¿Cuáles son las actividades principales en la que utiliza agua?**
 - a) Alimentación e higiene
 - b) Agricultura
 - c) Ganadería
 - d) Todas las opciones
6. **¿Usted conoce de dónde proviene el agua para su comunidad?**
 - a) SI
 - b) NO
7. **Califique la calidad de agua de abastecimiento en su comunidad**
 - a) Excelente
 - b) Buena
 - c) Regular
 - d) Muy mala
8. **Ha recibido alguna información sobre el servicio de agua y la calidad de esta los últimos meses.**
 - a) SI
 - b) NO
9. **¿Ha sufrido alguna enfermedad por consumir el agua de su comunidad?**
 - a) Infección intestinal
 - b) Dolor de Cabeza
 - c) Resequedad de la piel
 - d) Ninguno
 - e) Otros
10. **¿Usted conoce sobre el tratamiento que tiene el agua antes de llegar a su hogar?**
 - a) SI
 - b) NO
11. **¿El agua que usted consume presenta color característico? ¿Cuál?**
 - a) SI
 - b) NO
12. **¿El agua que usted consume presenta sabor característico? ¿Cuál?**
 - a) SI
 - b) NO
13. **¿El agua que usted consume presenta olor característico? ¿Cuál?**
 - a) SI
 - b) NO
14. **¿Qué métodos emplea para que resulte más seguro beber el agua?**
 - a) Hervirla
 - b) Filtro Casero (pañó)
 - c) Filtro de agua (cerámico, de arena, compuesto, etc.)
 - d) Dejarla reposar
 - e) Ninguno de los anteriores
15. **¿Usted cree que la cantidad de agua que llega a su vivienda es suficiente para todos los miembros de la familia?**
 - a) Si
 - b) No
16. **Cuándo ha tenido interrupciones o cortes en el servicio de agua, ¿cuáles han sido los motivos?**
 - a) Daños en la infraestructura (tuberías)
 - b) Mantenimiento
 - c) Demora de pago
 - d) No ha habido cortes

17. En caso de interrupción, ¿cuánto se tarda en reponer el servicio?

- a) Menos de 24 horas
- b) 1 días
- c) 2 o más días
- d) No ha habido cortes

18. ¿Cómo califica usted el sistema de abastecimiento de agua potable?

- a) Excelente
- b) Bueno

c) Malo

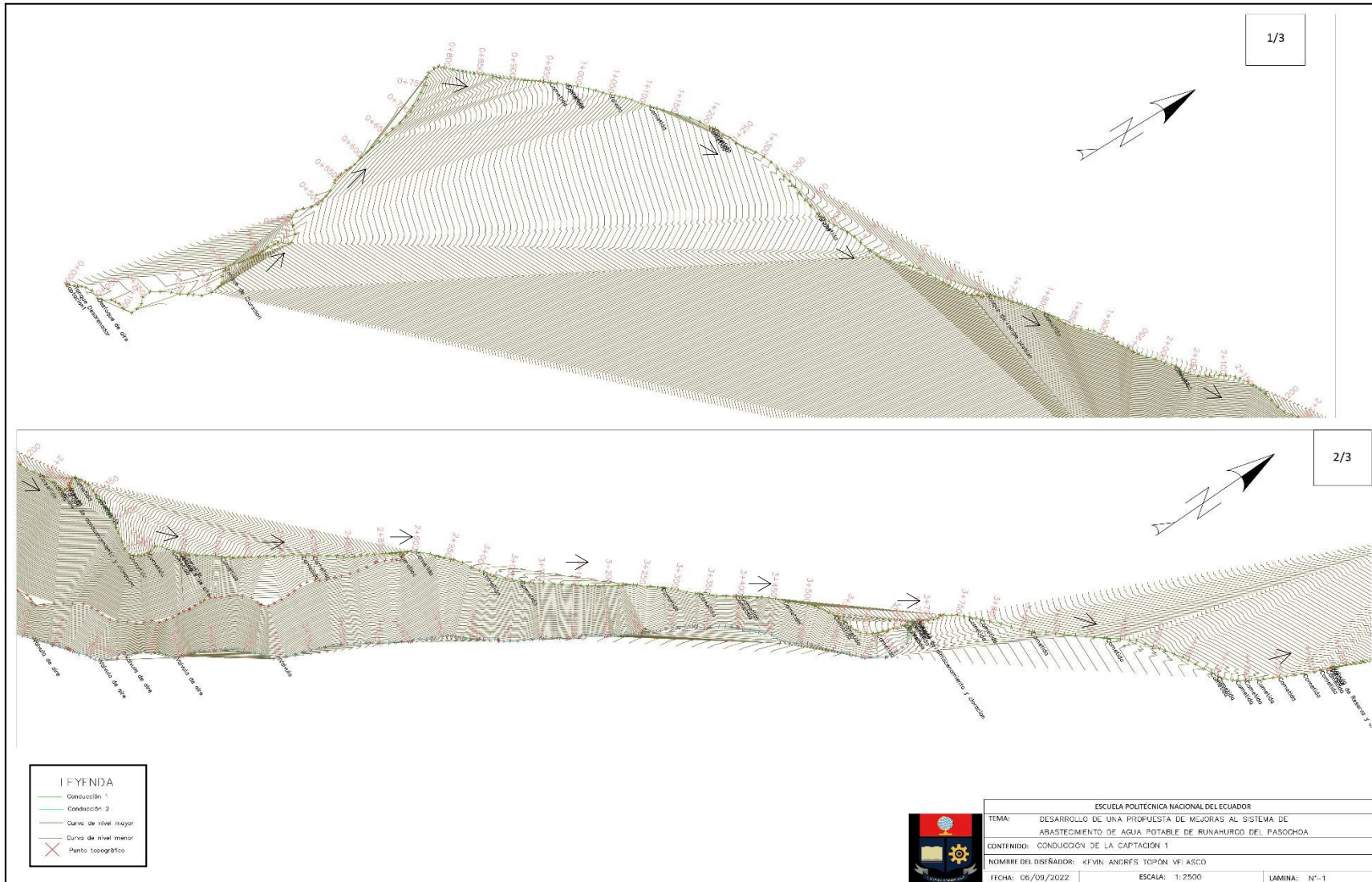
19. ¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?

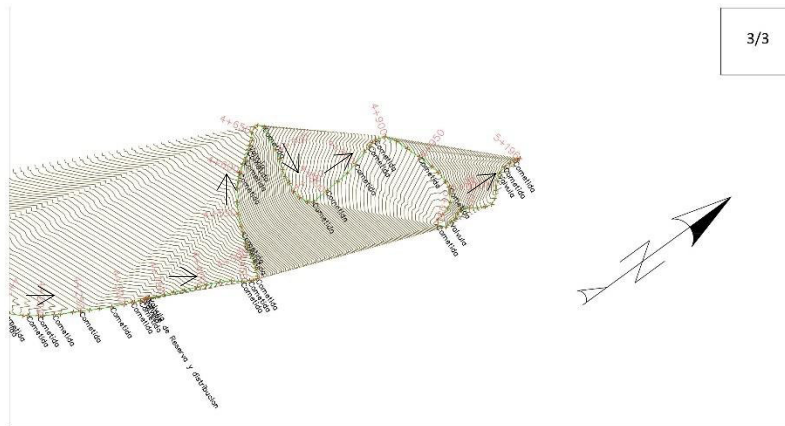
- a) SI
- b) NO

20. ¿En qué momento del día consume mayor cantidad de agua?

- a) Día
- b) Tarde
- c) Noche

7.3 ANEXO III. Planos de conducción de tuberías actuales



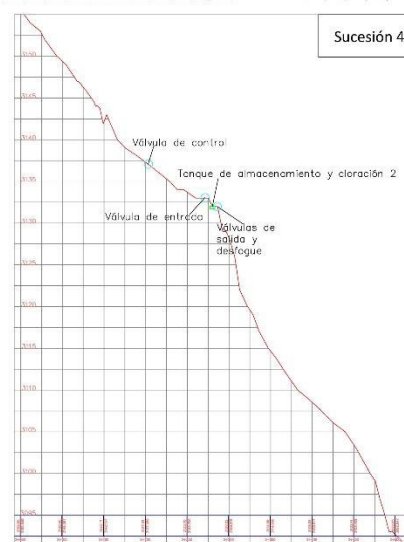
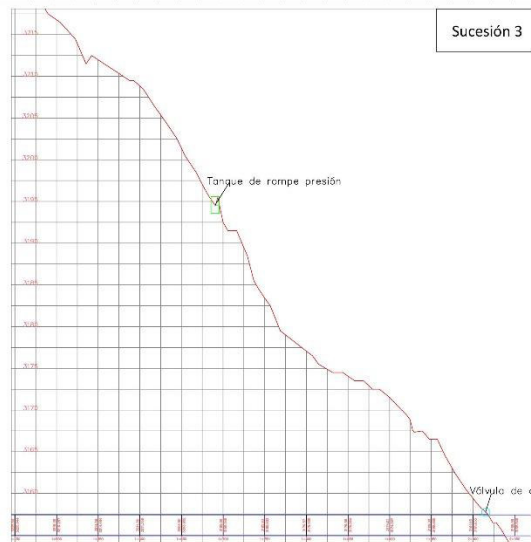
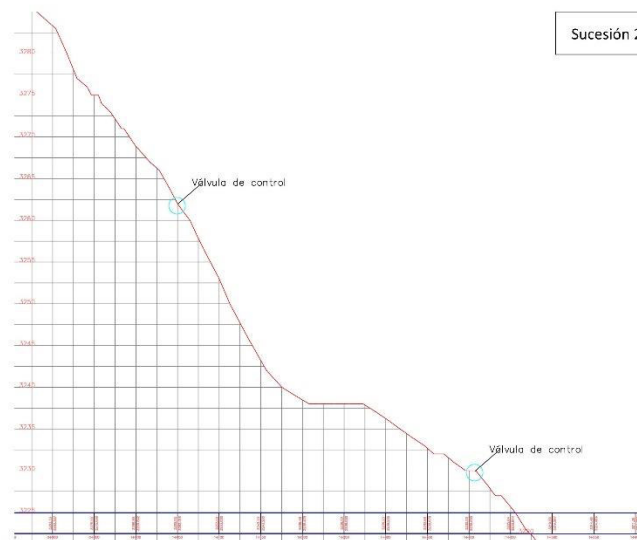
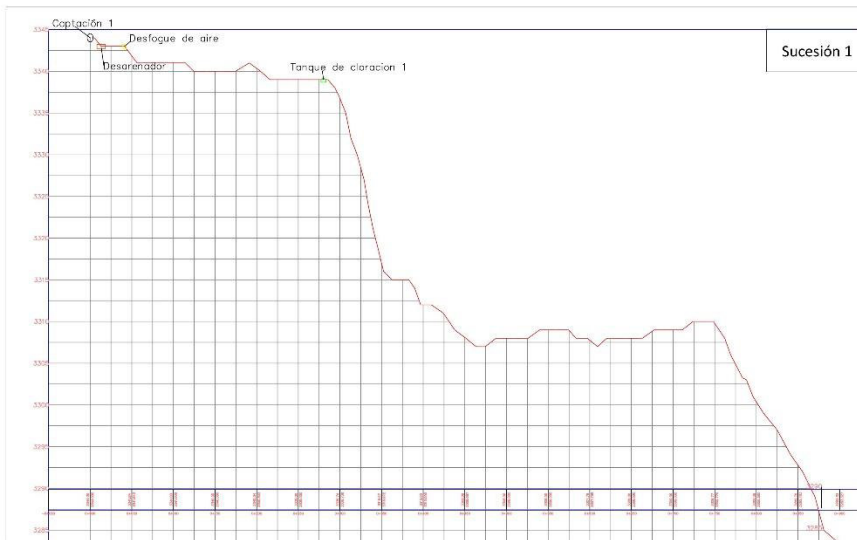


LEYENDA	
	Conducción 1
	Conducción 2
	Curva de nivel mayor
	Curva de nivel menor
	Punto topográfico



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEL ECUADOR			
TEMA: DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DE PASOCHOA			
CONTENIDO: CONDUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN 1			
NOMBRE DEL DISEÑADOR: KEVIN ANDRÉS TORÓN VELASCO			
FECHA: 06/09/2022	ESCALA: 1:2500	LAMINA: N°-1	

PERFIL DE LA CAPTACIÓN 1



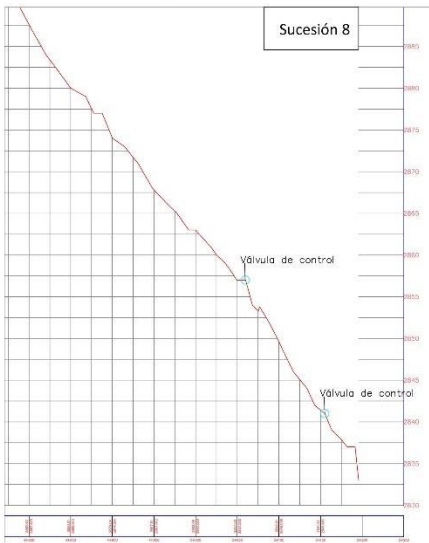
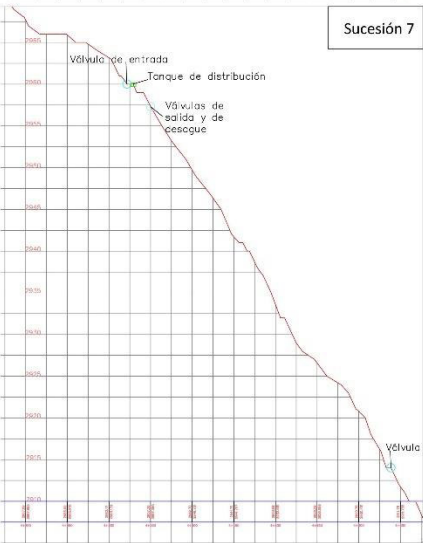
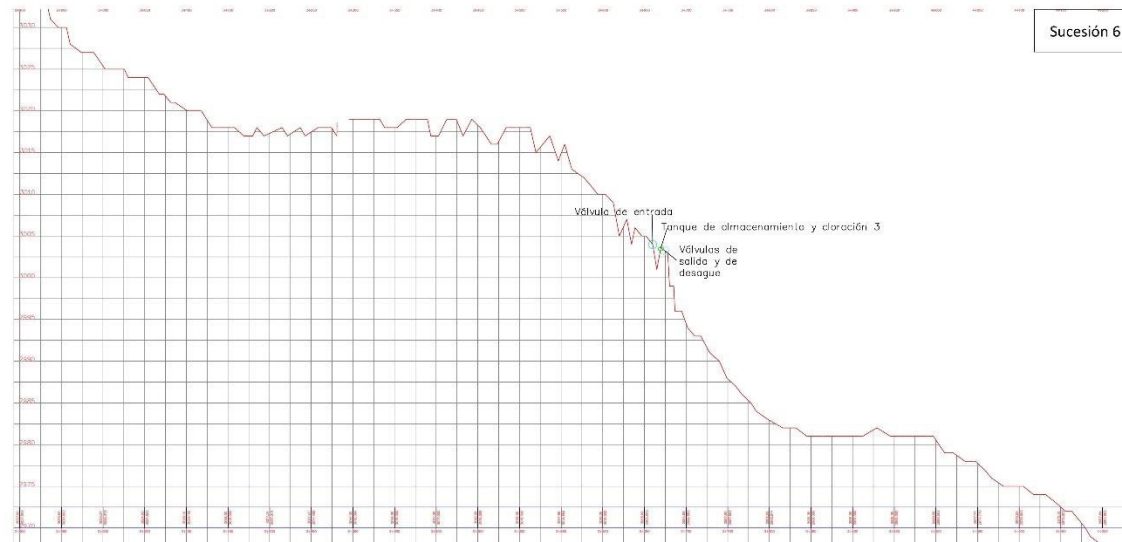
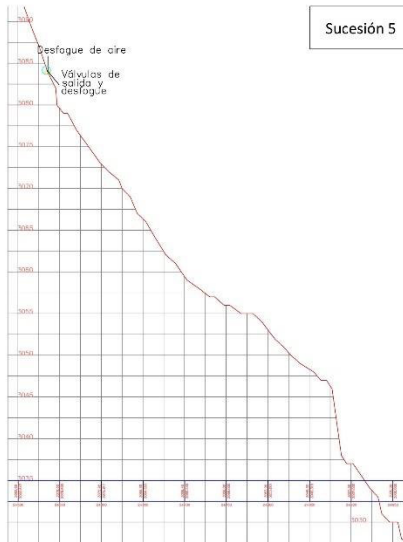
LEYENDA

- Línea de Perfil
- Captación 1
- Desfogue de aire
- Tanques
- Válvula de control
- Válvula de aire



ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEL ECUADOR		
TEMA: DESARROLLO DE UNA PROPOSTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RINAHURCO DEL PASO-10A		
CONTENIDO: CORTES DEL PERFIL DE LA CAPTACIÓN 1		
NOMBRE DEL DISEÑADOR: KEVIN ANDRÉS TOPÓN VELASCO		
FECHA: 06/09/2022	ESCALA: 1:2500	LAMINA: N°-1

PERFIL DE LA CAPTACIÓN 1



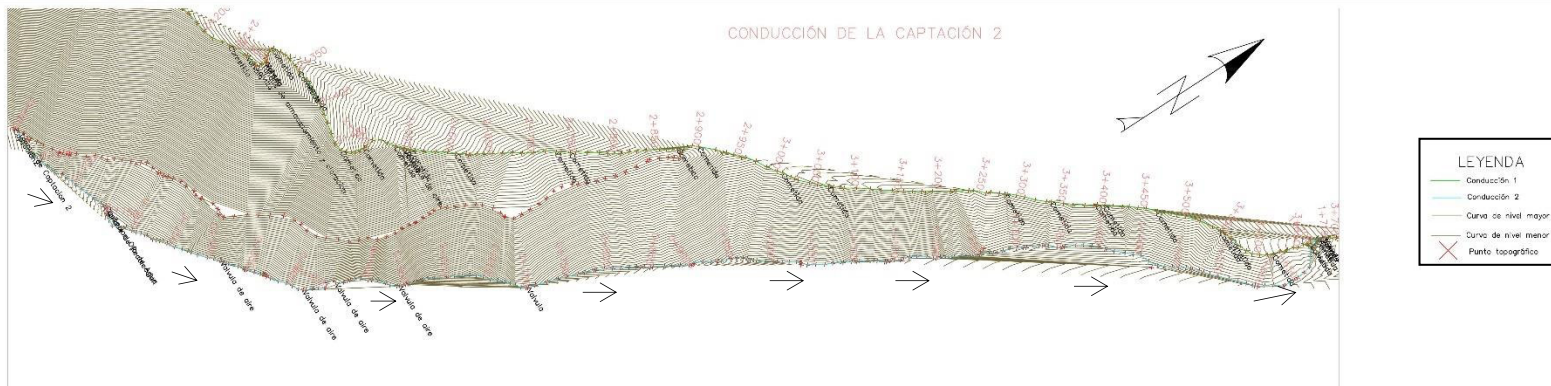
LEYENDA

- Línea de Perfil
- Captación 1
- Desfogue de aire
- Tanques
- Válvula de control
- Válvula de aire

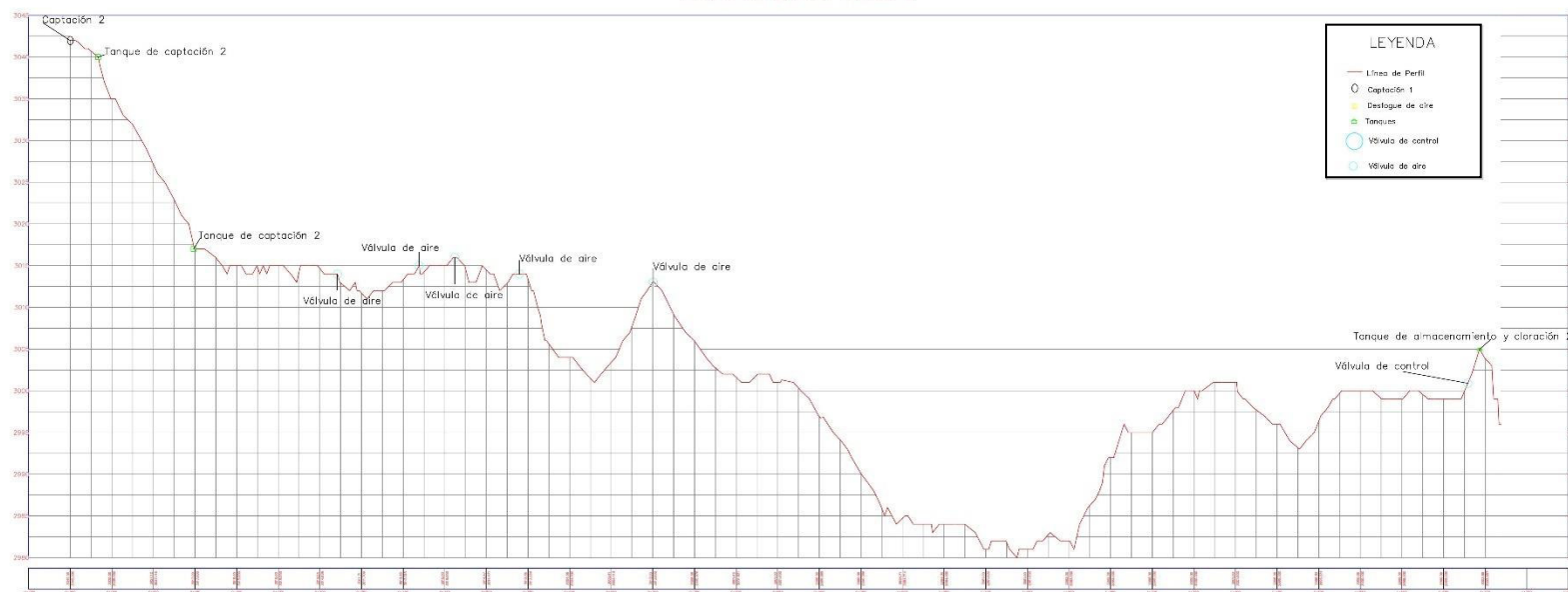


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEL ECUADOR		
TEMA: DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DEL PASOCHICA		
CONTENIDO: CORTES DEL PERFIL DE LA CAPTACIÓN 1		
NOMBRE DEL DISEÑADOR: KEVIN ANDRÉS TOPÓN VELASCO		
FECHA: 05/09/2022	ESCALA: 1:2500	LAMINA: N°-1

CONDUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN 2



PERFIL DE LA CAPTACIÓN 2



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEL ECUADOR		
TEMA: DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DEL PASOCHOA		
CONTENIDO: CONDUCCIÓN Y PERFIL DE LA CAPTACIÓN 2		
NOMBRE DEL DISEÑADOR: KEVIN ANDRÉS TOPÓN VELASCO		
FECHA: 06/09/2022	ESCALA: 1:2500	LAMINA: N°-1

7.4 ANEXO IV: Simulaciones Hidráulicas

Simulación hidráulica de la conducción

CAPTACIÓN 1						
ID Nodo	Descripción	Cota m	Demanda Base L/s	Demanda L/s	Altura m	Presión m.c.a
Conexión n1		3344	0	0	3344.93	0.93
Conexión n2		3344	0	0	3344.07	0.07
Conexión n3		3343	0	0	3344	1
Conexión n4	Desfogue de aire	3344	0	0	3343.92	-0.08
Conexión n5	Cambio de diámetro tubería	3344	0	0	3343.92	-0.08
Conexión n6		3337	0	0	3337.03	0.03
Conexión n7		3336	0	0	3336.9	0.9
Conexión n8		3315	0	0	3331	16
Conexión n9		3315	0	0	3328.45	13.45
Conexión n10		3308	0	0	3308.32	0.32
Conexión n11		3310	0	0	3291.53	-18.47
Conexión n12		3289	0	0	3279.38	-9.62
Conexión n13	Válvula	3262	0	0	3261.08	-0.92
Conexión n14		3246	0	0	3252.81	6.81
Conexión n15	Válvula	3228	0	0	3223.32	-4.68
Conexión n16		3217	0	0	3213.45	-3.55
Conexión n17		3194	0	0	3194.1	0.1
Conexión n18		3193	0	0	3193.89	0.89
Conexión n19		3172	0	0	3171.03	-0.97
Conexión n20	Válvula	3159	0	0	3159.27	0.27
Conexión n21		3144	0	0	3146.59	2.59
Conexión n22	Válvula	3133	0	0	3133.51	0.51

Conexión n23	Válvula	3131	0	0	3131.58	0.58
Conexión n24		3131	0	0	3131.11	0.11
Conexión n25	Válvula	3130	0	0	3131	1
Conexión n26		3129	0	0	3131	2
Conexión n27	Cambio de diámetro tubería	3126	0	0	3130.92	4.92
Conexión n28		3099	0	0	3114.73	15.73
Conexión n29	Válvula	3080	0	0	3108.08	28.08
Conexión n30	Desfogue de aire	3079	0	0	3107.94	28.94
Conexión n31		3047	0	0	3076.98	29.98
Conexión n32		3024	0	0	3059.06	35.06
Conexión n33		3017	0	0	3037.72	20.72
Conexión n34		3019	0	0	3022.27	3.27
Conexión n35		3018	0	0	3015.57	-2.43
Conexión n36		3007	0	0	3004.51	-2.49
Conexión n37	Válvula	2999	0	0	2999.46	0.46
Conexión n38	Válvula	2998	0	0	2998.94	0.94
Conexión n39		2984	0	0	2998.73	14.73
Conexión n40		2981	0	0	2992.96	11.96
Conexión n41		2981	0	0	2980.09	-0.91
Conexión n42		2966	0	0	2964.67	-1.33
Conexión n43		2960	0	0	2960.12	0.12
Conexión n44	Válvula	2960	0	0	2960.06	0.06

Conexión n45	Válvula	2959	0.0028	0	2959.99	0.99
Conexión n46		2961	0.0108	0.01	2959.94	-1.06
Conexión n47		2932	0.4946	0.49	2957.68	25.68
Conexión n48		2923	0.209	0.21	2957.06	34.06
Conexión n49	Válvula	2914	0	0	2956.76	42.76
Conexión n50		2895	0.4829	0.48	2955.92	60.92
Conexión n51		2877	0.3479	0.35	2955.48	78.48
Conexión n52		2863	0.3097	0.31	2955.27	92.27
Conexión n53	Válvula	2854	0	0	2955.21	101.21
Conexión n54		2844	0.3665	0.37	2955.16	111.16
Conexión n55	Válvula	2839	0	0	2955.16	116.16
Conexión n56		2837	0.1545	0.15	2955.15	118.15
Conexión n57		2833	0.0214	0.02	2955.15	122.15
Conexión n82		2999	0	0	2999.46	0.46
Conexión n83		2999	0	0	2999.1	0.1
Conexión 1	Válvula de distribución a Santa Ana	2958	1.58	1.58	2958.59	0.59
Embalse 2	T. Desarenador	3344	No Disponible	21.29	3344	0
Embalse 3	T. de Cloración 1	3337	No Disponible	-3.34	3337	0
Embalse 4	T. de Rompe Presión	3194	No Disponible	-0.35	3194	0
Embalse 5	T. de Almacenamiento y Cloración 2	3131	No Disponible	0.54	3131	0
Embalse 6	T. de Almacenamiento y Cloración 3	2999	No Disponible	1.44	2999	0

Embalse 7	T. de Reserva y distribución	2960	No Disponible	-15.87	2960	0
Embalse 10		3345	No Disponible	-24.97	3345	0
Embalse 14		2958	No Disponible	17.29	2958	0

CAPTACIÓN 2						
ID Nodo	Descripcion	Cota m	Demanda Base L/s	Demanda L/s	Altura m	Presión m.c.a
Conexión n60		3042	0	0	3042.82	0.82
Conexión n61		3039	0	0	3037.77	-1.23
Conexión n62		3032	0	0	3030.7	-1.3
Conexión n63		3025	0	0	3023.56	-1.44
Conexión n64		3017	0	0	3017.18	0.18
Conexión n66		3016	0	0	3017	1
Conexión n67		3015	0	0	3016.13	1.13
Conexión n68		3014	0	0	3015.99	1.99
Conexión n69		3014	0	0	3015.06	1.06
Conexión n70	Válvula	3013	0	0	3014.76	1.76
Conexión n71		3014	0	0	3013.81	-0.19
Conexión n72	Válvula	3016	0	0	3013.28	-2.72
Conexión n73	Válvula	3015	0	0	3012.92	-2.08
Conexión n74		3014	0	0	3012.75	-1.25
Conexión n75		3014	0	0	3012.35	-1.65
Conexión n76	Válvula	3012	0	0	3012.22	0.22
Conexión n77		3006	0	0	3011.97	5.97
Conexión n78		3001	0	0	3011.33	10.33
Conexión n79		3013	0	0	3010.5	-2.5
Conexión n80	Válvula	3013	0	0	3010.48	-2.52
Conexión n81		3006	0	0	3009.91	3.91
Conexión n84		3001	0	0	3008.48	7.48
Conexión n85		2988	0	0	3007.35	19.36
Conexión n86		2986	0	0	3007.13	21.13
Conexión n87		2985	0	0	3006.87	21.87
Conexión n88		2992	0	0	3004.04	12.04
Conexión n89		2996	0	0	3003.79	7.79
Conexión n90		3000	0	0	3002.92	2.92
Conexión n91		3001	0	0	3002.21	1.21
Conexión n92		2993	0	0	3001.32	8.32
Conexión n93		2999	0	0	3000.79	1.79
Conexión n94		3000	0	0	2999.73	-0.27

Conexión n95		2999	0	0	2999.02	0.02
Conexión n96		2999	0	0	2999.01	0.01
Conexión n97		2998	0	0	2999	1
Embalse 8		3043	No Disponible	-41.35	3043	0
Embalse 9	Tanque de Captación 2	3017	No Disponible	31.19	3017	0
Embalse 13	Tanque de almacenamiento y cloración 3	2999	No Disponible	10.16	2999	0

CONDUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN 1					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Factor de Fricción
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	
Tubería p1	12.77	110	24.97	2.63	0.021
Tubería p2	43.14	110	3.68	0.39	0.025
Tubería p3	4.093	110	3.68	0.39	0.025
Tubería p4	237.8	63	3.68	1.18	0.026
Tubería p5	58.43	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p6	25.29	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p7	199.4	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p8	166.4	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p9	120.4	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p10	181.3	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p11	81.94	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p12	292.2	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p13	97.81	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p14	191.7	63	7.02	2.25	0.025
Tubería p15	205.7	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p16	105.9	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p17	114.1	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p18	117.7	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p19	17.37	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p20	4.211	63	7.37	2.37	0.025
Tubería p21	4.235	160	6.83	0.34	0.023
Tubería p22	14.43	110	6.83	0.72	0.023
Tubería p23	169.1	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p24	69.51	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p25	1.43	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p26	323.5	63	6.83	2.19	0.025

Tubería p27	187.2	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p28	223	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p29	161.4	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p30	70	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p31	115.5	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p32	52.74	63	6.83	2.19	0.025
Tubería p33	3.385	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p34	95.46	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p35	212.7	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p36	255	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p37	75.17	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p38	1	63	5.39	1.73	0.025
Tubería p39	3.918	63	2.4	0.77	0.027
Tubería p40	178.7	63	2.39	0.77	0.027
Tubería p41	75.51	63	1.89	0.61	0.027
Tubería p42	45.37	63	1.68	0.54	0.028
Tubería p43	129.1	63	1.68	0.54	0.028
Tubería p44	125.7	63	1.2	0.38	0.029
Tubería p45	111.9	63	0.85	0.27	0.031
Tubería p46	68.57	63	0.54	0.17	0.034
Tubería p47	63.86	63	0.54	0.17	0.034
Tubería p48	31.4	63	0.18	0.06	0.037
Tubería p49	24.44	63	0.18	0.06	0.043
Tubería p50	7.729	63	0.02	0.01	0
Tubería p71	3.847	63	6.83	2.19	0.025
Tubería 1	1	110	24.97	2.63	0.021
Tubería 2	1	110	3.68	0.39	0.026
Tubería 3	1	63	3.68	1.18	0.026
Tubería 4	1	63	7.02	2.25	0.025
Tubería 5	1	63	7.02	2.25	0.025
Tubería 6	1	63	7.37	2.37	0.025
Tubería 7	1	63	7.37	2.37	0.025
Tubería 8	1	160	6.83	0.34	0.024
Tubería 10	1	63	5.39	1.73	0.025
Tubería 12	1	63	5.39	1.73	0.025
Tubería 13	1	63	2.4	0.77	0.027
Tubería 14	2	63	18.87	6.05	0.024
Tubería 20	1	110	24.97	2.63	0.021
Tubería 9	1	63	17.29	5.55	0.024
Tubería 11	1	63	6.83	2.19	0.025
Tubería 15	1	63	6.83	2.19	0.025

CONDUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN 2					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Factor de Fricción
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	
Tubería p52	27.69	110	41.35	4.35	0.021
Tubería p53	38.84	110	41.35	4.35	0.021
Tubería p54	39.15	110	41.35	4.35	0.021
Tubería p55	35.01	110	41.35	4.35	0.021
Tubería p57	73.66	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p58	11.65	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p59	78.17	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p60	25.79	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p61	80.24	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p62	44.19	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p63	30.7	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p64	14.88	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p65	33.5	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p66	10.8	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p67	20.91	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p68	54.69	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p69	69.57	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p70	2.236	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p72	48.13	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p73	120.2	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p74	95.33	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p75	19.18	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p76	22.03	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p77	239.2	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p78	20.44	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p79	73.78	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p80	60	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p81	75.02	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p82	44.88	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p83	90	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p84	60	110	10.16	1.07	0.022
Tubería p85	43.06	300	10.16	0.14	0.024
Tubería 16	1	110	41.35	4.35	0.021
Tubería 18	1	160	10.16	0.51	0.022
Tubería 19	1	110	41.35	4.35	0.021
Tubería 23	1	110	10.16	1.07	0.022
Tubería 1	1	63	0	0	0

Simulación hidráulica: Propuesta

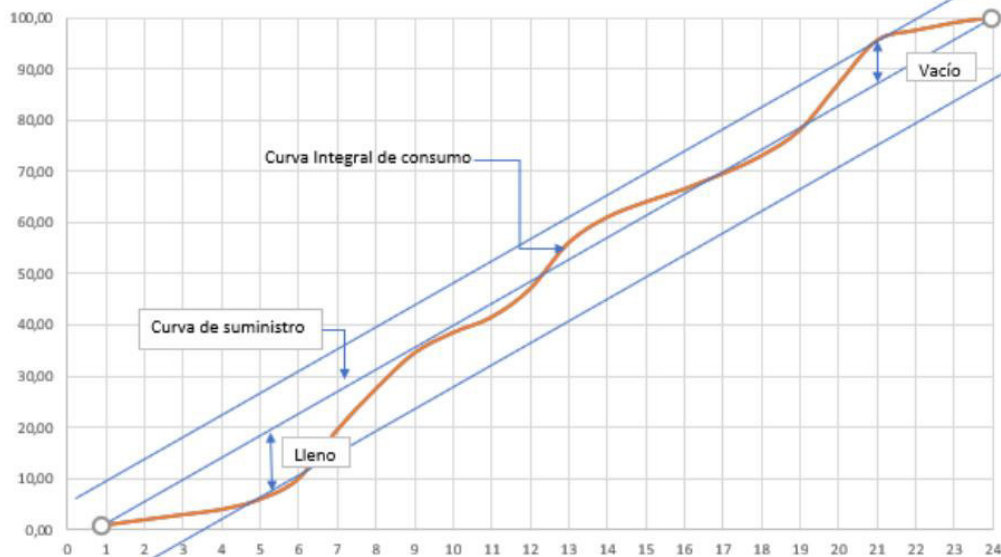
CAPTACIÓN 1					
	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nodo	m	LPS	LPS	m	m
Conexión n1	3344	0	0	3344.93	0.93
Conexión n2	3344	0	0	3344.07	0.07
Conexión n3	3343	0	0	3343.99	0.99
Conexión n4	3344	0	0	3343.57	-0.43
Conexión n5	3344	0	0	3343.53	-0.47
Conexión n6	3337	0	0	3337.03	0.03
Conexión n7	3336	0	0	3336.9	0.9
Conexión n8	3315	0	0	3331	16
Conexión n9	3315	0	0	3328.45	13.45
Conexión n10	3308	0	0	3308.32	0.32
Conexión n11	3310	0	0	3291.53	-18.47
Conexión n12	3289	0	0	3279.38	-9.62
Conexión n13	3262	0	0	3261.08	-0.92
Conexión n14	3246	0	0	3252.81	6.81
Conexión n15	3228	0	0	3223.32	-4.68
Conexión n16	3217	0	0	3213.45	-3.55
Conexión n17	3194	0	0	3194.1	0.1
Conexión n18	3193	0	0	3193.89	0.89
Conexión n19	3172	0	0	3171.03	-0.97
Conexión n20	3159	0	0	3159.27	0.27
Conexión n21	3144	0	0	3146.59	2.59
Conexión n22	3133	0	0	3133.51	0.51
Conexión n23	3131	0	0	3131.58	0.58
Conexión n24	3131	0	0	3131.11	0.11
Conexión n25	3130	0	0	3130.99	0.99
Conexión n26	3129	0	0	3130.97	1.97
Conexión n27	3126	0	0	3130.48	4.48
Conexión n28	3099	0	0	3114.36	15.36
Conexión n29	3080	0	0	3107.74	27.74
Conexión n30	3079	0	0	3107.6	28.6
Conexión n31	3047	0	0	3076.76	29.76
Conexión n32	3024	0	0	3058.92	34.92
Conexión n33	3017	0	0	3037.66	20.66
Conexión n34	3019	0	0	3022.27	3.27
Conexión n35	3018	0	0	3015.6	-2.4

Conexión n36	3007	0	0	3004.59	-2.41
Conexión n37	2999	0	0	2999.56	0.56
Conexión n38	2998	0	0	2998.94	0.94
Conexión n39	2984	0	0	2998.73	14.73
Conexión n40	2981	0	0	2992.96	11.96
Conexión n41	2981	0	0	2980.09	-0.91
Conexión n42	2966	0	0	2964.67	-1.33
Conexión n43	2960	0	0	2960.12	0.12
Conexión n44	2960	0	0	2960.06	0.06
Conexión n45	2959	0.0028	0	2960	1
Conexión n46	2961	0.0108	0.01	2960	-1
Conexión n47	2932	0.4946	0.49	2960	28
Conexión n48	2923	0.209	0.21	2960	37
Conexión n49	2914	0	0	2960	46
Conexión n50	2895	0.4829	0.48	2960	65
Conexión n51	2877	0.3479	0.35	2960	83
Conexión n52	2863	0.3097	0.31	2960	97
Conexión n53	2854	0	0	2960	106
Conexión n54	2844	0.3665	0.37	2960	116
Conexión n55	2839	0	0	2960	121
Conexión n56	2837	0.1545	0.15	2960	123
Conexión n57	2833	0.0214	0.02	2960	127
Conexión n82	2999	0	0	2999.46	0.46
Conexión n83	2999	0	0	2999.1	0.1
Conexión 1	2958	1.58	1.58	2960	2
Embalse 2	3344	No Disponible	15.76	3344	0
Embalse 3	3337	No Disponible	-8.82	3337	0
Embalse 4	3194	No Disponible	-0.91	3194	0
Embalse 5	3131	No Disponible	1.43	3131	0
Embalse 6	2999	No Disponible	3.64	2999	0
Embalse 7	2960	No Disponible	9.9	2960	0
Embalse 10	3345	No Disponible	-24.97	3345	0

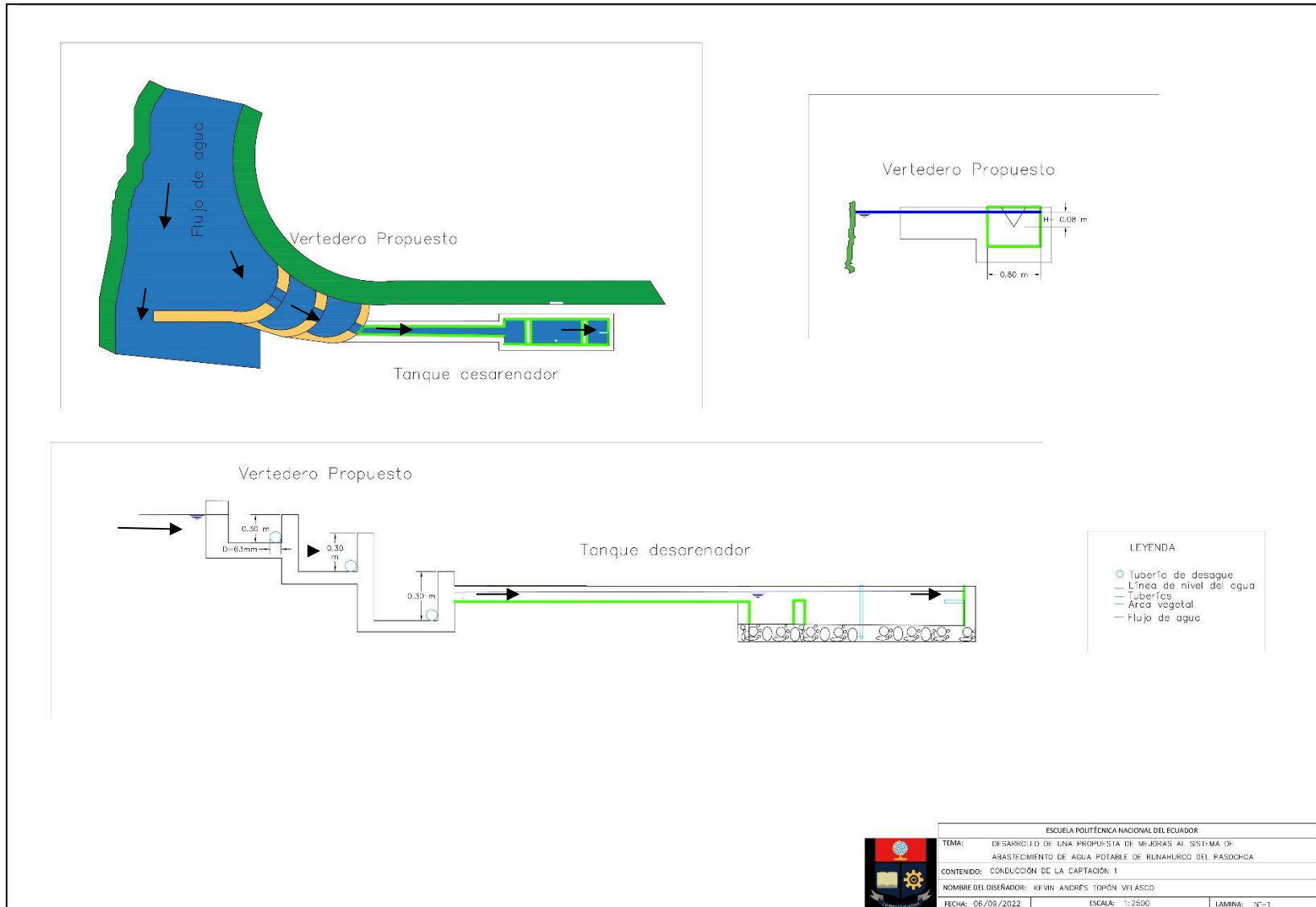
7.5 ANEXO V: Curva Integral de Consumo

Hora	Consumo	Σ Consumo	Suministro (%)	Σ Suministro	Δ (S-C)	$\Sigma\Delta$ (S-C)	Volumen (%)
1	1.00	1.00	4.17	4.17	3.17	3.17	11.17
2	1.00	2.00	4.17	8.33	3.17	6.33	14.33
3	1.00	3.00	4.17	12.50	3.17	9.50	17.50
4	1.00	4.00	4.17	16.67	3.17	12.67	20.67
5	2.00	6.00	4.17	20.83	2.17	14.83	22.83
6	4.00	10.00	4.17	25.00	0.17	15.00	23.00
7	9.50	19.50	4.17	29.17	-5.33	9.67	17.67
8	8.00	27.50	4.17	33.33	-3.83	5.83	13.83
9	7.00	34.50	4.17	37.50	-2.83	3.00	11.00
10	4.00	38.50	4.17	41.67	0.17	3.17	11.17
11	3.00	41.50	4.17	45.83	1.17	4.33	12.33
12	5.50	47.00	4.17	50.00	-1.33	3.00	11.00
13	9.00	56.00	4.17	54.17	-4.83	-1.83	6.17
14	5.00	61.00	4.17	58.33	-0.83	-2.67	5.33
15	3.00	64.00	4.17	62.50	1.17	-1.50	6.50
16	2.50	66.50	4.17	66.67	1.67	0.17	8.17
17	3.00	69.50	4.17	70.83	1.17	1.33	9.33
18	3.50	73.00	4.17	75.00	0.67	2.00	10.00
19	5.00	78.00	4.17	79.17	-0.83	1.17	9.17
20	9.00	87.00	4.17	83.33	-4.83	-3.67	4.33
21	8.50	95.50	4.17	87.50	-4.33	-8.00	0
22	2.00	97.50	4.17	91.67	2.17	-5.83	-2.17
23	1.50	99.00	4.17	95.83	2.67	-3.17	-4.83
24	1.00	100.00	4.17	100.00	3.17	0.00	-8.00

CURVA DE CONSUMO



7.6 ANEXO V: Plano del diseño de la propuesta



7.7 ANEXO VI: Memoria Técnica



SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE RUNAHURCO DEL PASOCHOA

EVALUACIÓN HIDRAULICA

MEMORIA TECNICA

INTRODUCCION

El proyecto de agua de Runahurco del Pasochoa es un sistema de abastecimiento que desde hace más de 50 años provee agua a las comunidades rurales del cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha, entre ellas están: Runahurco Pullincati y Santa Ana.

Se realiza desarrollar una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Runahurco del Pasochoa

En la actualidad el sistema de abastecimiento cuenta con sus respectivos elementos, sin embargo, a pesar de ser un sistema completo ha presentado problemas. se enfocará en evaluar los elementos y componentes del sistema de suministro y distribución del servicio mediante levantamiento de información sobre las estructuras actuales, además, se realizará la comprobación de su estado físico y la evaluación hidráulica en cuanto a capacidad de flujo y características de operación. En este documento se expondrán las singularidades del sistema, así como alternativas para solucionarlos.

ACTIVIDADES

Se plantea realizar una evaluación hidráulica al sistema de suministro de agua de la comunidad de Runahurco del Pasochoa, este estudio consiste en el diagnóstico de las capacidades hidráulicas entre las captaciones, tramos de la conducción, tanques rompe presión, tanques de cloración, tanques de reserva y distribución; con esto se aspira identificar los puntos más críticos del sistema de agua según la simulación hidráulica.

ACTIVIDADES EJECUTADAS

- Recolección de información existente
- Se realizó visitas técnicas para el reconocimiento del área de estudio, desde las captaciones hasta las demás infraestructuras que contienen el sistema de abastecimiento de Runahurco del Pasochoa
- Se realizó encuestas a los usuarios beneficiarios del servicio.
- Se tomó puntos georreferenciados y se recorrió la conducción y distribución con el GPS
- Se realizó el aforo de caudales por medio del método volumétrico por flotador, caudalímetro y ultrasónico.
- Se realizó el levantamiento de infraestructura de todos tanques y accesorios del sistema
- Se realizó simulaciones hidráulicas.
- Se evaluó el tanque de distribución.
- Se identificó los problemas para proponer mejoras.
- Se realizó una memoria técnica.

RESULTADOS

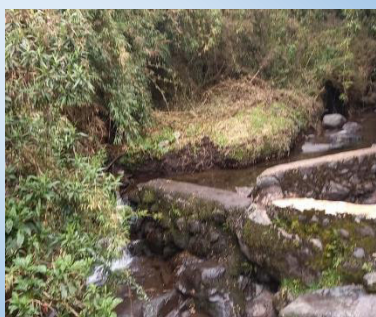
- Se obtuvo información y se identificó componentes del sistema de abastecimiento.
- Con la colaboración del operador se dio a conocer el estado del servicio de suministro y mediante encuestas que se realizó a la población se pudo llegar a entender los problemas que existen en este sistema de abastecimiento de Runahurco del Pasochoa
- Con los puntos tomados con el GPS se obtuvo la ubicación exacta de cada componente con su respectiva elevación, necesarios para la simulación hidráulica con el EPANET. Durante el recorrido por la conducción se localizó elementos hidráulicos como: válvulas de aire y de purga
- Se obtuvo la respectiva planimetría de la conducción.
- Se obtuvo una curva integral de consumo para determina en un periodo de 30 años su volumen
- Se propuso alternativas para mejor el sistema de suministro.

Las actividades anteriormente mencionadas se llevaron a cabo en las visitas técnicas planificadas. Esto se realizó con colaboración del operador que cuida y controla el sistema con los respectivos permisos concedidos por los mismos usuarios y propietarios de los terrenos por donde cruza el sistema de abastecimiento. A continuación, se presentan los resultados más relevantes de este estudio, así como también las posibles modificaciones a realizarse al Sistema de Abastecimiento dentro de un contexto técnico que permitirá la optimización del mismo

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

El sistema de abastecimiento cuenta con 2 captación , la captación 1, cuenta con fuente superficial captada del Rio del Cerro del Pasochoa hasta llega a un tramo de tanque desarenador pasando por una tubería PVC de 110 mm, luego en la línea de conducción se reduce el diámetro a 63 mm, llega al primer tanque de cloración 1 saliendo por una tubería de 63 mm toda estas tuberías se mantienen del mismo diámetro en cada tramo de llegada cuenta con 2 a 3 válvulas de control, pasando por un tanque rompe presión luego pasa por válvulas de control hasta llegar a un tanque de almacenamiento y cloración 2 y consecuentemente pasa por válvulas de control llegando al tanque de almacenamiento y cloración 3 donde une con la otra captación 2, la captación 2 cuenta con un tanque de almacenamiento y llega por una conducción de tubería PVC de 110 mm al tanque antes mencionado

Captación 1



Es de fuente superficial, tiene una entrada al extremo de la curva de la corriente del rio en donde existen pozos que retiene un caudal adecuado para suministrar, estas parades cuentan en el fondo con tubería de 63 mm para que pase el flujo de agua.

Tanque Desarenador

Su entrada es de canal abierto, con materia de hormigón, el espesor de paredes esta entre los 15-20 cm, conteniendo tapas que protejan que materiales solidos como hojas o sedimentos ingresen al tanque su salida empieza con una tubería de PVC de 110 mm de diámetro.





Tanque de Cloración 1

El tanque de cloración 1 es con materia de hormigón de un espesor de 15 cm, es protegida por una tapa de metal, Sus dimensiones son: 0.72 m de ancho; 0.82 m de largo y 0.9 m de profundidad, su salida de tubería a todo lo largo de la conducción es

Tanque de rompe presión

El tanque de rompe presión es diseñado con material de hormigón, es protegida por una tapa de metal, Sus dimensiones son: 0.6 m de ancho; 0.6 m de largo y 1 m de profundidad



Tanque de almacenamiento y cloración 2



Es protegida cerca de malla, el material en la que se diseña es de hormigón y una tapa metálica al momento de inspeccionar el agua almacenada, Sus dimensiones son: 6 m de ancho; 6 m de largo y 3 m de profundidad

Tanque de almacenamiento y cloración 3

Es protegida cerca de malla, el material en la que se diseña es de hormigón y una tapa metálica al momento de inspeccionar el agua almacenada, el tanque es de forma cilíndrica, sus dimensiones son: 4.5 m de diámetro y 3.1 m de profundidad



Captación 2



Es de fuente subterránea, típicamente de una vertiente y ojo de agua estas dos entradas son captadas a un tanque cubico de 1.5 m, las entradas del fujo de agua tiene una tubería de 110 mm para cada fuente y con esto llegan directamente sin intervención al tanque de almacenamiento y cloración 3

Válvulas de aire

Se tiene 5 válvulas en la cota mas alta para que se pueda desfogar el aire al momento de algún daño o mantenimiento



Después de que ambos tramos de cada captación llegan al tanque de almacenamiento y cloración 2 en la que finalmente al tanque de reserva y distribución

Tanque de reserva y distribución



De forma cúbica de 3 m, cuenta con una tapa metálica y es la infraestructura más antigua, este tanque distribuye también al sistema de abastecimiento de Santa Ana

RESULTADOS DE ENCUESTAS

Con ayuda de una pequeña encuesta de preguntas cerradas se pudo llegar a entender los problemas que existen en este sistema de abastecimiento de Runahurco del Pasochoa

En las encuestas realizadas se registraron 9 resultados. Son varias las actividades que requieren agua, sin embargo, el 89% de las personas utilizan el agua en la alimentación e higiene, siendo así, las principales actividades que requieren mayor cantidad de agua sin exclusión de la agricultura, ganadería e industria. El 100% de la población menciona que el agua de la tubería es la fuente principal para obtener agua como se presenta en la

A continuación, se presentan un resumen de los resultados de las preguntas realizadas en la encuesta. Por mayoría, el 67% conocen el lugar de donde proviene el agua, sin embargo, el 89% no ha recibido ninguna información sobre el servicio de agua y la calidad en los últimos meses, mientras que, el 100% de personas dice que la cantidad de agua que llega a las viviendas es suficiente. En cuanto a la interrupción del servicio el 78% asegura que son por daños en la infraestructura (tuberías), el 11% por mantenimiento, mientras que, algunas personas que dice que no ha existido cortes es el 11%, y el tiempo que tarda en retornar el agua es menos de 24 horas, por lo cual considera que el sistema de abastecimiento es bueno.

Pregunta	Resultados
Su vivienda cuenta con	Alcantarillado 0% Servicios básicos: Agua potable, energía eléctrica e internet 100% Ninguno 0%
¿Usted conoce de dónde proviene el agua para su comunidad?	SI 67% NO 33%

Ha recibido alguna información sobre el servicio de agua y la calidad de esta los últimos meses.	SI 11% NO 89%
¿Usted cree que la cantidad de agua que llega a su vivienda es suficiente para todos los miembros de la familia?	SI 100% NO 0%
Cuándo ha tenido interrupciones o cortes en el servicio de agua, ¿cuáles han sido los motivos?	Daños en la infraestructura (tuberías) 78% Mantenimiento 11% Demora de pago 0% No ha habido cortes 11%
En caso de interrupción, ¿cuánto se tarda en reponer el servicio?	Menos de 24 horas 67% 1 días 11% 2 o más días 11% No ha habido cortes 11%
¿Cómo califica usted el sistema de abastecimiento de agua potable?	Excelente 11% Bueno 89% Malo 0%
¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?	SI 0% NO 100%
¿En qué momento del día consume mayor cantidad de agua?	Día 67% Tarde 11% Noche 22%

DETERMINACION DE CAUDALES

Para el aforo de caudales se utilizó el método volumétrico, caudalímetro y método ultrasónico dependiendo de cada caso.

Para las captaciones se utilizaron el método volumétrico, método de velocidad de superficie y el método de medición de velocidad, mientras que, en tanques y tuberías se utilizó el método ultrasónico

CAUDALES AFORADOS

Captación 1	Aporte
Calado	0.17
Ancho de canal (m)	0.36
Distancia (m)	Tiempo (s)
2	39.33
2	29.01
2	30.1
2	22.67
Total	30.2775

Velocidad (m/s)	0.066
Área (m ²)	0.048

Vertiente	Aporte
Diámetro (mm)	110
Recipiente (l)	Tiempo (s)
13.3	6.06
14.4	6.36
14.5	7.06
Caudal 1 (l/s)	2.17
Ojo de Agua	
Velocidad (m/s)	0.85
Diámetro (mm)	110
Área m ²	0.0076

Caudal 2 (l/s)	6.48
Caudal total (l/s)	8.65

El caudal aforado de salida en la captación es de 2.42 l/s y debe ser igual a la que ingresa al tanque de cloración 1, su caudal de salida es de 1.54 l/s, mientras que, se obtiene un caudal de rebose de 0.88 l/s, de acuerdo con los datos obtenidos el caudal medio es de 1.7 l/s en la que se considera aceptable para el primer tanque.

Tanque de Cloración 1	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m²)
Q Entrada	2.43	63	0.0031
Q Salida	1.54		
Q Rebose	0.88		

El caudal aforado que ingresa tanque rompe presión es de 0.58 l/s, esto se debe a que mediante la conducción del tanque de cloración 1 al tanque rompe presión ya existen conexiones de consumo de agua a los usuarios. Luego del tanque de rompe presión, llega con un caudal aforado de entrada al tanque de almacenamiento y cloración 2 de 1.92 l/s, el volumen del tanque es de 108 m³, existe un caudal de rebose de 0.62 l/s y su caudal de salida es de 0.63 l/s, con un diámetro de 160 mm hasta reducirse de nuevo a 63 mm, de acuerdo con los datos obtenidos en campo el caudal medio es aceptable para la entrada al tanque mientras la salida no es aceptable por lo que no cumple con el caudal medio.

Tanque de Almacenamiento y Cloración 2	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m²)
Q Entrada	1.92	63	0.0031
Q Salida	0.63	160	0.020
Q Rebose	0.62	110	0.00057

Los caudales aforados que ingresa en el tanque de almacenamiento y cloración 3 es tanto de la línea de conducción de la captación 1, como también de la línea de conducción de la captación 2, se obtiene un caudal total aforado de entrada de 8.6 l/s se presenta en este caso un exceso

de caudal a comparación del caudal medio de 1.7 l/s, con un volumen del tanque de 39.30 m³, con un caudal de rebose de 0.61 l/s, de acuerdo con los datos obtenidos del aforo realizado.

Tanque de Almacenamiento y Cloración 3	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m ²)
Q Entrada de la Captación 1	4.28	63	0.0031
Q Entrada de la Captación 2	4.32	110	0.0095
Q Salida	2.3	63	0.0031
Q Rebose	0.61	63	0.0031

Luego de pasar por el tanque de almacenamiento y cloración 3 uniéndose así las dos líneas de captaciones, se dirigen al último tanque de reserva y distribución con un caudal aforado de entrada de 1.47 l/s en este último trayecto se suministra a otra comunidad del barrio Santa Ana repartiendo un caudal equitativo tanto para el barrio Runahurco como el barrio antes mencionado con un caudal aforado de 1.58 l/s, está en el rango aceptable con respecto al caudal medio

Tanque de Reserva y Distribución	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Área (m ²)
Q Entrada	1.47	63	0.0031
Q Salida	1.58		
Q Salida al barrio Santa Ana	1.58		

ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN

Para la estimación de la población futura se utilizó tres métodos: aritmético, geométrico y logarítmico. El dato de la población inicial se tomó de las encuestas realizadas, con ellos se registró 320 personas para el año 2022. La tasa de crecimiento poblacional se adoptó en función del crecimiento de población considerando el comportamiento de la localidad. La proyección se hizo para el período de 30 años, es decir para el año 2052 la población llegara a ser 791 personas. Se tomó el valor obtenido por el método logaritmo ya que se ajusta más a las condiciones del crecimiento poblacional.

Método	Año	Población actual	Tasa de crecimiento	Año de estimación	Población futura
Método Lineal	2022	320	k	2052	59776
			2100		
Método Geométrico			r		322
			0.03065255		

Método Logaritmo			Kg		791
------------------	--	--	----	--	-----

Caudales de diseño

Mediante las normas se utiliza la dotación media de 150 L/hab*día menores a 1000 personas, se utilizó la población futura anteriormente, conforme a los valores, el caudal medio es 1,7 l/s, sin embargo, el caudal que se debe utilizar es el caudal máximo diario de 2.4 l/s, no obstante, el caudal aforado al ingreso del tanque de reserva y distribución es 1.47 l/s, por lo cual está en el rango aceptable de caudal, no obstante, mediante determinaciones de la persona encargada nos afirma que en épocas de lluvias excesivas el tanque tiene una tubería de rebose ya que sobrepasa la cantidad de agua que puede suministrar el tanque de reserva y distribución.

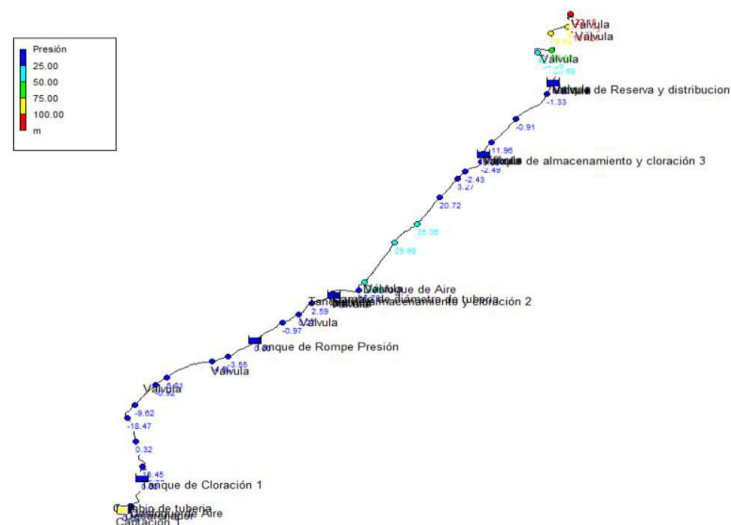
Consumo neto	150	L/hab*día
Consumo total	187.5	L/hab*día
Q medio	1.7	L/s
Q máx diario	2.4	L/s
Q máx horario	3.85	L/s

Simulación hidráulica

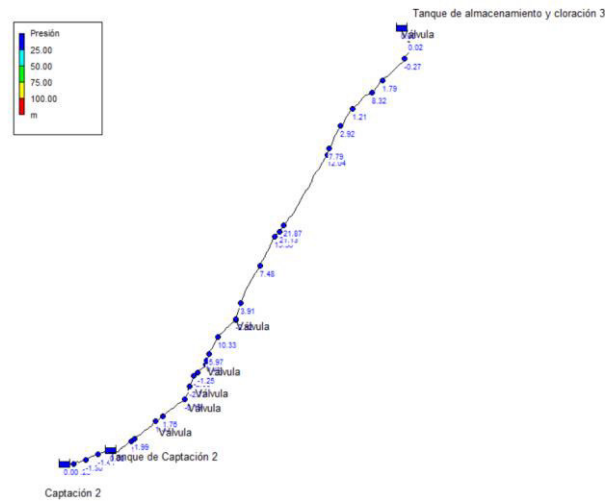
Antes de realizar la simulación se obtuvo el perfil de la conducción de acuerdo a los puntos tomados con un GPS, así como también la planimetría de la red de distribución.

Para la simulación se utilizó el EPANET ideal para el estudio de flujo presurizado, para ello fueron necesarios longitudes de tuberías, cotas y elevaciones de elementos importantes, se llevó a cabo en dos partes, primeramente, se realizó una evaluación de la línea de conducción para la captación 1 y la segunda línea de conducción de captación 2 hasta el tanque de almacenamiento y cloración 3 en la que se une con la línea de conducción antes mencionada.

A continuación, se presentan los resultados de la línea de conducción desde la captación 1 hasta el final de la red de distribución de agua potable de Runahurco del Pasochoa



Captación 1: Presiones



Captación 2: Presiones

Se realizó la evaluación en la que se encuentra varias presiones negativas que no cumplen lo requerido con la normativa por lo que se requiere una propuesta de mejoras

EVALUACIÓN DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Con base en la curva integral de consumo el mayor porcentaje de volumen requerido por hora es 23%, la capacidad del tanque debe ser de 47.69 m^3 para cubrir la demanda en las horas pico de la población.

Es decir, la capacidad actual es mayor a lo requerido para un caudal de 2.4 l/s. En esta ocasión el tanque de almacenamiento y cloración 2 y 3 están en el rango que se propone para el volumen del tanque en

población futura, en cambio en el tanque de reserva y distribución no cumple con el volumen del tanque futuro

Q máx diario	2.4	L/s
Q máx diario	207.36	m ³ /día
Volumen del tanque	47.69	m ³

PROPUESTAS

7.7.1 Captación

En la captación es necesario construir un nuevo sistema ya que el sistema actual es muy rudimentario, El diseño se basa en implementar un vertedero en forma triangular de 60 grados al mismo nivel del agua dando así un caudal medio constante para el ingreso al canal de captación y conduciendo al tanque desarenador obteniendo así una estabilidad y que no existan reboses ni tampoco se pretenda obtener muchos sedimentos en la captación

Su carga o altura del vertedero triangular es de 0.08 m para que su caudal sea constante al caudal promedio futuro, conscientemente para minimizar gastos se pretende utilizar el mismo muro para que luego se implemente el vertedero triangular con la finalidad de que el agua por medio de aireadores que se presenta en la otra propuesta en base a calidad del agua. Se debe también tener aberturas o desfuegos para limpieza de los vertederos que se presentan el esquema de diseño propuesto.

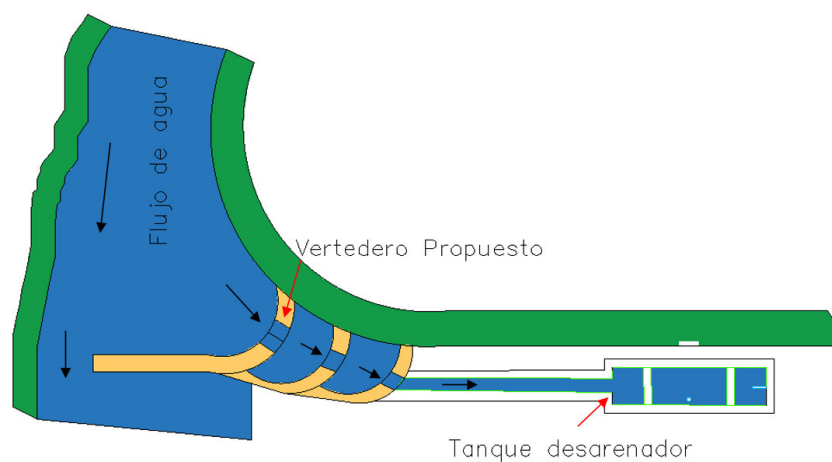


Figura: Plano superficial del vertedero triangular

Vertedero Propuesto

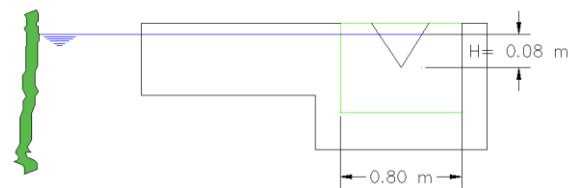


Figura Plano de perfil del vertedero triangular

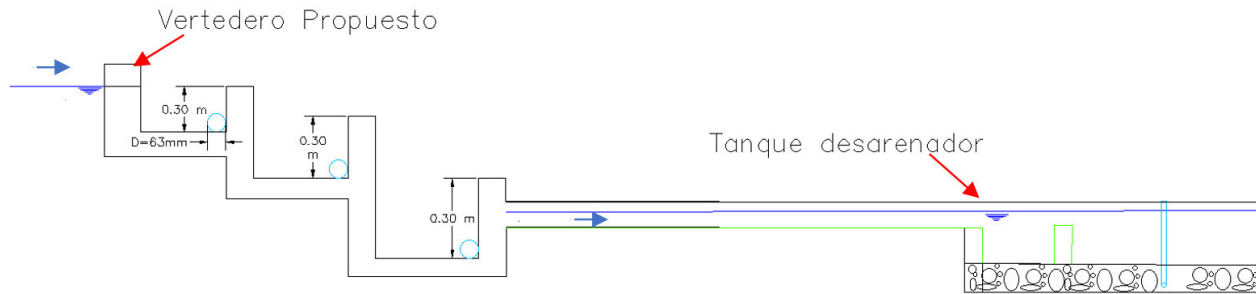


Figura Plano de perfil del sistema de captación

7.7.2 Red de distribución

En este caso existen muchas presiones elevadas en la que no se debe obtener cierta respuesta en la simulación hidráulica, se sabe que en la normativa la presión es lo mínimo de 5 metros de columna de agua por lo que se modifica los diámetros y se añade válvulas de control en las ubicaciones que se dan aquellas presiones con la finalidad de que la presión se acerque a lo normado, su caudal de salida del tanque de reserva y distribución a los moradores del barrio Runahurco del Pasochoa es de 1.58 l/s, por lo cual, en el tramo que existe altas presiones son desde el tanque de reserva y distribución hasta el final de la línea de conducción por lo que se propone aumentar el diámetro de tubería de 63 mm a 90 mm tuberías y con las válvulas que se tiene actualmente, en la cual, se reducirá las presiones y se tendría una mejor eficiencia en el sistema

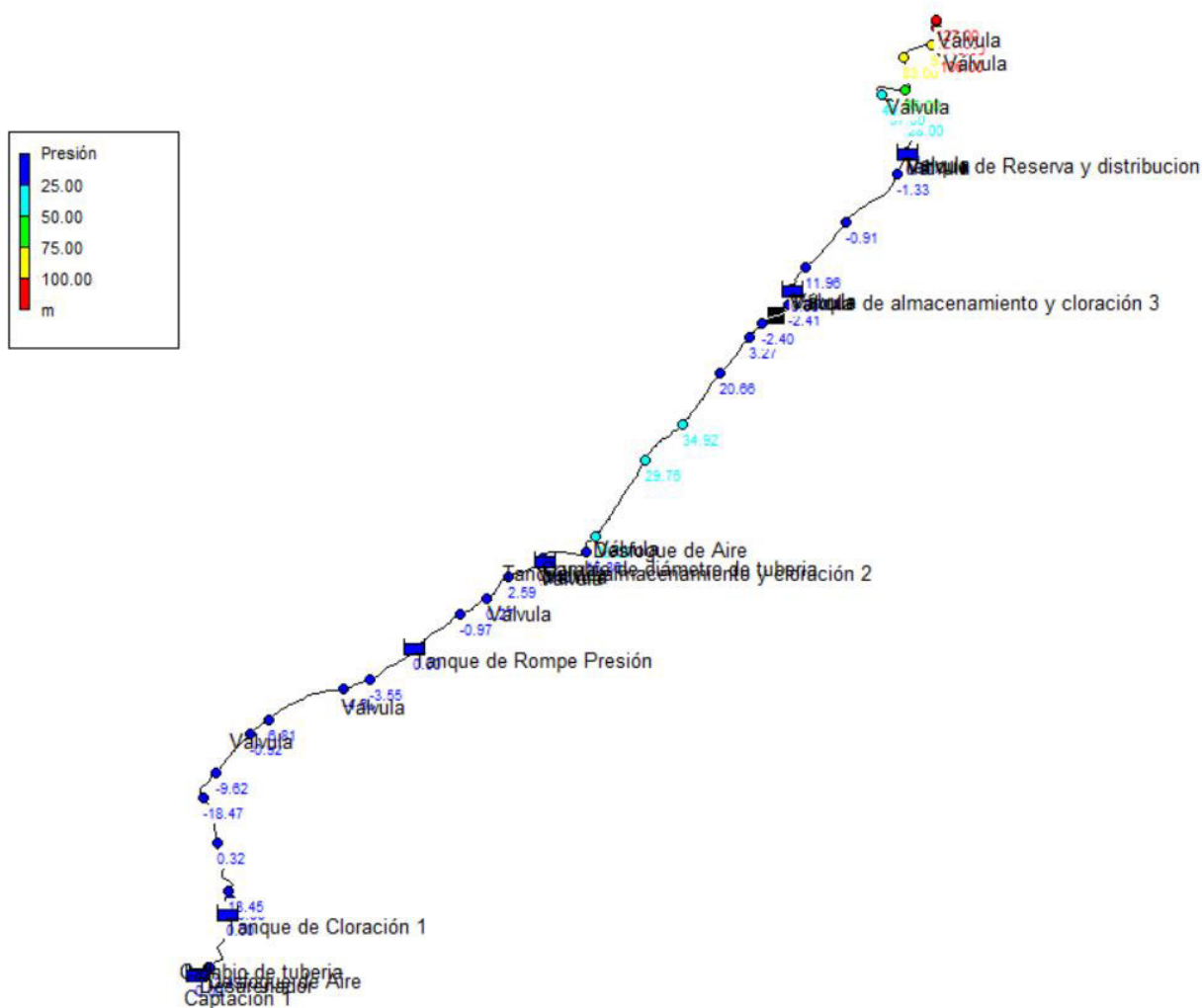


Figura: Plano de perfil del sistema de captación

7.7.3 Operación y Mantenimiento

Todos los componentes requieren de un control y la limpieza frecuente para poder mantener el sistema en buen estado, esto permite la durabilidad de los componentes y una operación de forma efectiva. Esto se debe realizar con una activa participación de la Junta de Agua y los usuarios beneficiarios del servicio.

Conclusiones

- De acuerdo con los aforos realizados se puede comprobar que el caudal captado y el caudal al ingreso de la planta de tratamiento no coinciden. Esto podría ser debido a roturas de la tubería o alguna conexión ilícita que ocasiona pérdidas en el sistema.
- En el sistema de abastecimiento de agua potable de Runahurco se localizan tres tanques de almacenamiento y cloración, dentro de los cuales, existen reboses muy notables que generan contaminación al suelo mediante el hipo clorador que está disuelto.
- Se tiene dos fuentes de captaciones tanto superficial como subterránea, en la captación 2 se tiene una conducción directa hasta el tanque de almacenamiento y cloración, se identifica 5 válvulas de aire a lo largo de la conducción en las cotas más elevadas para que no exista roturas en la tubería. Se manifiesta que en épocas de lluvia la captación 2 se cierra totalmente por motivos de derrumbes y sedimentos que pueden dañar la tubería o válvulas de aire
- En el caso de que alguna captación presente fallas o daños en su sistema y requiera reparaciones o mantenimientos, se puede utilizar la otra captación para suministrar normalmente el agua
- Existe problemas de perforación en tuberías presurizadas, en la cual, se presenta pérdidas de fluido y también se genera un chorro de agua que podría estar socavando y desestabilizando la conducción.
- En los resultados de la simulación de la red de conducción, se presentan presiones negativas que están fuera de la normativa, por lo cual, dentro de la propuesta se pretende mejorar todos los puntos de baja presión con cambios de diámetros en las tuberías
- El sistema de abastecimiento no sirve únicamente para la comunidad de Runahurco, debido a que, el tanque de reserva y distribución se puede notar que existe una derivación que se dirige hacia el barrio Santa Ana, dando como resultado un mismo caudal de 1.58 l/s para las dos comunidades.
- En los resultados de la simulación de la red de conducción, luego de pasar por el tanque de reserva y distribución se analiza presiones elevadas, las presiones que se presentan son de alrededor de 122.15 m.c.a, lo que superaría el valor notable a la normativa debido

a que se establece que la presión máxima debería ser 60 m.c.a y esto ocasiona que exista roturas en las tuberías debido a la sobrepresión.

- El total de precios necesario para aplicar las propuestas de mejoras que se detallan en este documento son; para la implementación del vertedero triangula se necesita una inversión de \$ 984.89, mientras que, para el cambio de tuberías se requiere un valor de \$ 18962.81.
- Una de las propuestas de mejoras del sistema pretende que exista una captación adecuada del caudal de diseño futuro, para que no exista un exceso de captación de caudal que podría atravesar a lo largo del sistema de abastecimiento.
- A lo largo del sistema de conducción se presentan varios tramos, en la cual, la tubería esta desenterrada y no cumple la normativa, puesto que debe estar enterrada a una profundidad de 60 cm bajo el nivel del arrasante para que no sufra golpes, roturas o cristalización debido a los rayos solares.

Recomendaciones

- Se recomienda limpiar partes externas de todas las infraestructuras que se presentan en el sistema de la red conducción cada dos veces al mes para que no existan plagas dentro de las instalaciones, también se sugiere supervisar las tuberías ya que se encuentran plantas que ingresan y puedan obstruir el paso de conducción del fluido también para el mantenimiento se sugiere dar un recubrimiento adecuado a las tuberías para que no generen los problemas antes mencionada, así mismo, pintar y señalizar todas las infraestructuras de la red de abastecimiento.
- Se recomienda alejar el cloro de las válvulas o tuberías de hierro galvanizado ya que corroe y pueden deteriorarse mucho más rápido
- Se recomienda una instalación de válvula de desfogue de aire ya que el pinchón que se encuentra pasando por el tanque desarenador no es muy eficiente y no tiene manipulación de control