

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA PARA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN,  
ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA PROVENIENTE DE UN  
MANANTIAL DE FONDO EN EL BARRIO PRADERAS DEL ILALÓ  
PERTENECIENTE A LA PARROQUIA LA MERCED, CANTÓN  
QUITO.**

**EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE  
CAPTACIÓN CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA.**

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

**ABEL STEVE VILLALVA GARCÍA**

**DIRECTORA: SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA**

**DMQ, febrero 2024**

## **CERTIFICACIONES**

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

---

Abel Steve Villalva García

**abel.villalva@epn.edu.ec**

**abelaoav2701@outlook.com**

Certifico que este trabajo de integración curricular lo desarrolló Abel Steve Villalva García, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Sandra Patricia Panchi Jima**

**DIRECTORA**

**sandra.panchi@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.

Abel Steve Villalva García

## **DEDICATORIA**

A mi madre, mis hermanos, mis abuelitos, mis tíos Ángel, Geoconda y mi bebé Sansón por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que hicieron posible mi educación. Su ejemplo de dedicación y esfuerzo han sido mi inspiración a lo largo de este camino.

A mis amigos y seres queridos, quienes han sido mi red de apoyo y fuente de ánimo en los momentos desafiantes. Su aliento ha sido fundamental para alcanzar este logro.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por las bendiciones brindadas a lo largo de mi vida y carrera universitaria, por darme sabiduría y fuerza para alcanzar mi objetivo y llenar de orgullo a mi familia.

Especialmente a mi madre Margarita, mis hermanos Jorge, Deyaneyra, mis abuelitos Ángel, Carmen, mis tíos Ángel y Geoconda por creer en mí y ser mi apoyo incondicional a pesar de los momentos difíciles que hemos atravesado en la vida.

Los amo mucho.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 Alcance .....	4
1.4 Marco teórico .....	5
1.4.1 Captación .....	6
1.4.2 Captación agua superficial .....	7
1.4.3 Galería de infiltración .....	8
1.4.4 Conducción .....	9
1.4.5 Almacenamiento .....	10
1.4.6 Métodos de estimación de población futura .....	11
1.4.7 Periodo de diseño .....	12
1.4.8 Cálculos de dotación de agua .....	13
1.4.9 Simulación hidráulica.....	14
2 METODOLOGÍA .....	15
2.1 Descripción del sistema de captación, conducción y almacenamiento de agua del manantial de fondo del barrio Praderas del Ilaló .....	16

2.2 Levantamiento de información topográfica del lugar .....	17
2.3 Descripción de la estructura hidráulica .....	18
2.4 Aforo de caudal mediante método volumétrico.....	19
2.5 Cálculo poblacional.....	20
2.6 Consumo total de agua .....	21
2.7 Simulador EPANET.....	22
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Evaluación de la infraestructura existente .....	24
3.1.1 Información de infraestructura .....	25
3.2 Caudales aforados.....	26
3.3 Volumen de tanques de almacenamiento .....	27
3.4 Simulación en EPANET.....	28
3.5 Propuesta de mejora para sistema de captación. conducción y almacenamiento de agua.....	29
3.5.1 Captación superficial .....	30
3.5.2 Tanque de almacenamiento.....	31
3.5.3 Válvulas requeridas en el sistema .....	32
3.6 Volumen de agua requerido.....	33
3.7 Diámetro de tubería .....	34
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>38</b>
ANEXO I .....	39
ANEXO II .....	40
ANEXO III.....	41

ANEXO IV.....	42
ANEXO V.....	43
ANEXO VI.....	44
ANEXO VI.....	45



## **RESUMEN**

Los retos que se presentan en las captaciones de agua van en incremento, sobre todo por las vertientes de agua que se puedan localizar para realizar dichas captaciones y almacenar el agua para su posterior tratamiento y distribución. El estudio pretende evaluar el sistema que abastece de agua al barrio Praderas del Ilaló que consiste en una captación superficial, una galería de infiltración, tubería de conducción del sistema y los tanques de almacenamiento. También, se proyecta proponer una mejora con base a los resultados de la evaluación de dichas estructuras para ayudar en la eficiencia del sistema y almacenar el líquido vital que luego consumirán los pobladores de este barrio. Se tomará en cuenta las normativas correspondientes establecidas para captaciones de agua y periodos de diseño de la Norma de Diseño de Agua Potable para la EPMAPS de Quito.

Se realizó las evaluaciones hidráulicas del sistema existente con ayuda del Software EPANET, el cual nos reflejó presiones negativas que incumplen con normativa. También se planteó variaciones en los diámetros de conducción. Se presentó mejoras en la estructura de captación superficial el cual incluye una rejilla para retener material grueso, válvulas y accesorios. Así mismo, se recomendó la implementación de válvulas de aire y purga en la línea de conducción. Finalmente, se propuso la colocación de válvulas y accesorios en los tanques de almacenamiento.

### **PALABRAS CLAVE**

Captación superficial, galería de infiltración, normativas, conducción, almacenamiento

## **ABSTRACT**

The challenges that arise in water collections are increasing, especially due to the water sources that can be located to carry out these collections and store the water for subsequent treatment. The study aims to evaluate the system that supplies water to the Praderas del Ilaló neighborhood, which consists of a surface catchment, an infiltration gallery, system conduction pipes and storage tanks. Also, it is planned to propose an improvement based on the results of the evaluation of said structures to help in the efficiency of the system and store the vital liquid that the residents of this neighborhood will later consume. The corresponding regulations established for water collections and design periods of the Drinking Water Design Standard for the EPMAPS of Quito will be considered.

## **KEYWORDS**

Surface collection, infiltration gallery, regulations, conduction, storage

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

Este proyecto se enfoca en evaluar el sistema que capta, conduce y almacena el recurso hídrico. En la visita a campo se pudo constatar que la fuente de captación proviene de un manantial superficial y otro subterráneo lo cual implica un análisis detallado de cada componente involucrado en el suministro de agua. Este sistema, creado para satisfacer las necesidades hídricas de la comunidad, se somete a un análisis exhaustivo para asegurar su eficiencia y sostenibilidad. Los pobladores de esta zona consumen este recurso por más de 30 años, por lo que es necesario e indispensable realizar un control y evaluación de las estructuras que almacenan el líquido vital, y mediante las cuales dotan de agua a más de 3000 habitantes. La captación de agua se revisa según la infraestructura utilizada para recolectar el manantial superficial y subterráneo, incluyendo la evaluación del método de captación, ya que sus condiciones serán un factor importante en la calidad del líquido vital. La conducción del agua desde el manantial hasta los puntos de distribución se evalúa al considerar la calidad de las tuberías, su resistencia a posibles fugas y la eficiencia general del sistema de transporte. Además, se tiene en cuenta la presión del agua a lo largo del recorrido para asegurar un suministro constante y adecuado. Este componente abarcará una inspección visual de las estructuras, planos presentados en AUTOCAD con medidas de tanques, tuberías y cajas de revisión, análisis de datos de población, caudal y dotación de agua para consumo, mediciones hidráulicas para la valoración de su funcionamiento y recomendaciones para aumentar la eficiencia y calidad de este sistema.

Es fundamental realizar una evaluación sistemática, que incorpore la participación de las autoridades locales y, especialmente, la comunidad beneficiaria. Los datos recopilados servirán en las mejoras que podrían aplicarse en un futuro a beneficio de las nuevas generaciones que habitarán esta zona, garantizando un abastecimiento seguro y de calidad del líquido vital.

## **1.1 Objetivo general**

Evaluar el sistema existente para captación, conducción y almacenamiento de agua en el barrio Praderas del Ilaló perteneciente a la parroquia La Merced, cantón Quito.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Levantar información de las estructuras de captación, conducción y almacenamiento existentes.

2. Evaluar la infraestructura existente de captación, conducción y almacenamiento de agua para el consumo de los habitantes del barrio.
3. Plantear propuestas de mejora al funcionamiento del sistema de agua.

### **1.3 Alcance**

El proyecto propuesto se centra en evaluar los elementos existentes que permiten la captación, conducción y almacenamiento del agua procedente de un manantial superficial y otro subterráneo. La información primaria se obtendrá a través del líder comunitario y mediante visitas al punto de captación y almacenamiento del agua. Se tiene como objetivo evaluar las estructuras hidráulicas que sirven para recolectar, transportar y guardar el agua utilizada por los habitantes del área. Como resultado, se generará un informe técnico que detallará el estado de la infraestructura hidráulica utilizada en la captación, conducción y almacenamiento del agua, y propuestas de mejoras para el sistema, si es necesario. Las propuestas de mejora ayudarán a las autoridades encargadas de aumentar la calidad del agua de consumo para los pobladores de dicho barrio a largo plazo.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Captación**

Las captaciones en cuerpos de agua se componen de estructuras que recogen este recurso para luego suministrarlo de manera continua a una comunidad o a varias. Este sistema puede captar el recurso hídrico por gravedad cuando el manantial identificado está ubicado a una elevación mayor que el punto de distribución del agua, o por un sistema de bombeo cuando la distribución se encuentra en un nivel inferior al de los consumidores. (Napuri, 2009)

Los tipos de captaciones dependen de la fuente a captar, sus características y de la dotación de caudal que se requerir o de la topografía, condiciones geológicas e hidrológicas del sitio. (USAID, 2016)

#### **1.4.2 Captación agua superficial**

La captación se refiere a los puntos de origen del suministro de agua y las estructuras necesarias para su recolección. Históricamente, el hombre ha aprovechado las fuentes superficiales como lluvia, arroyos, ríos, lagos o embalses para abastecerse, consumirla e incluso utilizarlas como vía de transporte, estableciendo las primeras civilizaciones en los valles fluviales. No obstante, en zonas áridas o semiáridas, se han desarrollado métodos

para captar agua lluvia para el riego de cultivos y uso doméstico como alternativa. (Cruz, 2011)

### **1.4.3 Galería de infiltración**

Las galerías de agua son un método para recolectar agua subterránea que consiste en un túnel horizontal excavado en la tierra, a diferencia de los pozos verticales. Estas excavaciones pueden extenderse varios kilómetros hacia el interior de la tierra en busca del recurso hídrico. Su origen es muy antiguo, con ejemplos como los kanats en Armenia que datan del año 2.700 a.C. Estas galerías tienen una doble función, sirven tanto para captar como para transportar el agua. (Otero, 2006)

### **1.4.4 Conducción**

La conducción de agua comprende los elementos que ayudan a transportar el caudal desde la zona de captura hasta el punto de reserva. Estos elementos adquieren mayor relevancia cuando la línea de conducción será para tramos de mayor longitud hacia la obra de almacenamiento y posterior distribución.

Existen dos términos que se deben diferenciar cuando se habla de transportar el agua de un punto a otro: la conducción y la aducción. Se llama conducción al sistema de tuberías que traslada agua potable desde una planta potabilizadora hasta la red de distribución, y se llama red de aducción a la estructura de tuberías que traslada agua cruda desde la obra que capta el agua hasta los tanques que almacenan el mismo previo a la planta potabilizadora. (Benavides, 2020)

### **1.4.5 Almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento son obras hidráulicas cuyo objetivo es reunir suficiente volumen de agua que cubra la demanda de una comunidad específica. Además, regulan la presión adecuada del sistema de distribución, para garantizar así la eficiencia en el servicio. (Aguero, 2004)

El diseño de estos tanques puede ser de diferentes tipos; las características para la construcción dependerán de las características del lugar y del terreno, de los componentes disponibles en el sitio, la mano de obra, etc. (SAGARPA)

### **1.4.6 Métodos de estimación de población futura**

Los sistemas diseñados para abastecer agua potable deben brindar un servicio de calidad y eficiencia todos los años para los que se planificó su funcionamiento. Para esto, es indispensable conocer el número de población futura a quienes se brindará el servicio de

abastecimiento. Con esta información, también se podrán obtener cálculos de caudal para el diseño de cada componente del sistema. Esta proyección de la población futura para una comunidad dependerá de ciertos factores económicos y sociales, tanto pasados como actuales, lo que permite obtener una estimación futura. La población futura depende de datos como nacimientos, defunciones, migraciones, crecimiento económico, aumento de la esperanza de vida, etc. (Aguirre, 2015)

En Ecuador, la entidad encargada del registro de datos poblacionales es el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos).

### 1.4.7 Período de diseño

El tiempo que se considera para un proyecto de captación de agua se establece dependiendo de ciertos factores para cada componente:

- Vida útil de la obra
- Factibilidad de la ampliación del sistema
- Crecimiento poblacional del lugar

La denominación de período de diseño obedece al tiempo en años para el que una estructura está diseñada y brindará un servicio eficiente y efectivo. (Aguirre, 2015)

**Tabla 1.1** Vida útil de componentes de un sistema de agua potable

Componente	Vida útil (años)
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías en la red de distribución	20 a 25

Se debe considerar un periodo de diseño con una proyección mínima de 30 años. (EPMAPS, 2009)

### 1.4.8 Dotación de agua

Proporción de agua que cada persona utiliza diariamente, la cual abarca todas las formas de consumo habituales y considera las pérdidas físicas del sistema.

## Tipos de consumo de agua

- **Doméstico:** Hace referencia a todos los aparatos hidrosanitarios y de consumo de una vivienda.
- **Comercial:** Hace referencia a agua destinada a actividades comerciales como locales, oficinas, hoteles, restaurantes, etc.

## Dotación neta

Cantidad de agua efectiva que recibe el consumidor para satisfacer las necesidades del mismo.

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

**Ecuación 1.7.** Cálculo de dotación bruta

$d_{bruta}$  = Dotación bruta (L)

$d_{neta}$  = Dotación neta (L)

$\%p$  = Porcentaje de pérdidas

## Demanda doméstica

La demanda doméstica es expresada como un caudal que implica la proyección de habitantes por la dotación bruta.

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

**Ecuación 1.8.** Cálculo de demanda doméstica

$Q_{md}$  = Caudal media diario (L/s)

P = Población futura (hab)

$d_{bruta}$  = Dotación bruta (L)

## Demanda máxima diaria

Se refiere al consumo máximo que se registra al transcurso de un día durante un año y resulta de multiplicar el caudal máximo diario por el coeficiente de consumo máximo diario ( $k_1$ ).

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

### **Ecuación 1.9.** Cálculo de demanda máxima diaria

QMD = Caudal máximo diario (L/s)

$Q_{md}$  = Caudal media diario (L/s)

$K_1$  = Coeficiente en parroquias rurales

### **Demanda máxima horaria**

Es la multiplicación del coeficiente ( $k_2$ ) para consumo máximo horario y el caudal medio diario.

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

### **Ecuación 1.10.** Cálculo de demanda máximo horario

QMH = Caudal máximo horaria

$Q_{md}$  = Caudal media diario (L/s)

$K_2$  = poblaciones menores a 2500 habitantes

### **1.4.9 Simulador hidráulico**

EPANET es un programa de simulación hidráulica que calcula el caudal en las tuberías y la energía de presión en los nodos. Considera las condiciones principales en los depósitos, así como la evolución temporal de las demandas en los nodos. En cada paso del tiempo, los niveles en los depósitos se ajustan según los caudales que entran y salen, el requerimiento en los nodos y los niveles en las presas se adaptan según el modelado de sus curvas.

Establecer los caudales y alturas en un momento específico es un proceso en el que se resuelven de manera simultánea las operaciones que conservan el caudal en los nodos y las ecuaciones de pérdidas en cada tramo de la red. Este procedimiento denominado "equilibrado hidráulico", necesita el uso de un método iterativo para resolver esas ecuaciones no lineales, y EPANET confía en el "Algoritmo del Gradiente" para llevar a cabo esta tarea con destreza y precisión. (Luis Manuel Rena Rojas, 2017)



## 2 METODOLOGÍA

La metodología de evaluación nos ayuda a entender el funcionamiento y la eficacia de las estructuras que captan el agua en esta área, así como para identificar posibles mejoras o intervenciones necesarias. Este proceso implica técnicas y procedimientos específicos que permitan analizar la infraestructura existente en el barrio Praderas del Ilaló.

### 2.1 Descripción del sistema de captación, conducción y almacenamiento de agua de los manantiales que dotan de líquido vital al del barrio Praderas del Ilaló.



**Figura 2.1.** Fotografía aérea del área de captación del sistema de abastecimiento existente

Con ayuda de los dirigentes del GAD parroquial de la Merced, se identificó que las fuentes que abastecen de agua al barrio Praderas del Ilaló son dos, una fuente superficial captada por una tubería de 3 pulgadas de diámetro y una subterránea captada por una galería de infiltración ubicada en una cota más baja. Las tuberías que transportan estos afluentes se ubican en la margen izquierda del cauce de la cuenca alta del cerro Ilaló, la conducción se lleva a cabo por gravedad hacia el tanque principal de almacenamiento.

### Servicios básicos

#### Agua

- Los pobladores del barrio tienen servicio de agua potable, pero el tratamiento del agua es una desinfección con cloro granulado para piscina que es colocada en los dos tanques de almacenamiento previo a su distribución.

#### Alcantarillado

- El barrio no cuenta con un sistema de alcantarillado debido a su localización geográfica y porque se ubica dentro de una zona considerada como zona protegida.

## 2.2 Levantamiento de información

En el levantamiento de información con puntos georreferenciados, se contó con la ayuda de las autoridades del GAD de la Merced, así como del presidente del barrio Praderas del Ilaló. Las actividades iniciaron en la mañana tomando como punto inicial el GAD, se trasladó junto con el presidente del barrio y las autoridades del GAD al cerro del Ilaló, luego se ingresó a la quebrada donde se encuentran las captaciones. Con el uso del equipo GPS se registraron las coordenadas que permitieron tener la referencia de los puntos de captación y la línea de tuberías que transportan el líquido hacia las estructuras de almacenamiento, se procuró que el equipo cargue correctamente y se configuró el mismo para obtener una mejor precisión. Se utilizó el flexómetro para tomar las dimensiones de las estructuras hidráulicas de almacenamiento de agua y para la medición de caudal se lo realizó por el método volumétrico con un balde de 20 litros.

El recorrido era de difícil acceso, las pendientes eran inclinadas, por lo que casi no se contaba con suelo firme, pero se pudo llegar a los destinos con la colaboración de dirigentes que ya conocían el lugar.

### Planimetría del lugar

Para obtener los planos topográficos del lugar se ayudó de los puntos tomados por el GPS durante la visita a campo. Los datos de coordenadas obtenidas en campo fueron descargados con la ayuda del programa MapSource, se los pasó a un bloc de notas para luego importarlos en el AutoCAD. Se utilizó el programa PLEX-EARTH para obtener las curvas de nivel geo referenciadas del sitio, debido a la complejidad de acceso a la zona, no se pudieron obtener puntos precisos de la conducción del agua hasta los tanques de almacenamiento. Así mismo, gracias al PLEX-EARTH se pudo obtener la superficie del lugar.



**Figura 2.2.** Curvas de nivel de la zona de proyecto

## 2.3 Descripción del sistema de abastecimiento

El sistema que almacena el agua previa a su distribución cuenta con los siguientes componentes:

- Captación de agua superficial
- Conducción
- Galería de infiltración
- Tanques de almacenamiento

### 2.3.1 Descripción general

#### Captación agua superficial

La estructura que se catastró es una caja de hormigón la cual recoge el agua superficial que cae de la vertiente y tiene una salida conectada a una manguera de PVC de 3" de diámetro color negro, esta manguera se dirige a lo largo de la margen izquierda del cauce hacia la galería de infiltración.

Este tanque cuenta con una estructura de madera en la parte frontal por donde vierte el agua hacia el interior e ingresa hacia el primer tanque.



**Figura 2.3.** Captación agua superficial

#### Captación galería de infiltración

Esta galería se encuentra localizada aguas abajo de la captación superficial, es una estructura ubicada dentro de una cueva de montaña la cual tiene una puerta que se asegura con un candado, sus dimensiones principales son 2,0 m de alto, 1,60 m ancho y



4,0 m de profundidad. A través de esta galería se infiltra el agua subterránea, la misma que es conducida mediante una tubería de 50 mm de diámetro a lo largo de la margen izquierda del cauce hacia el tanque de almacenamiento principal.



**Figura 2.4.** Galería de infiltración

## Conducción

Según indica los dirigentes del barrio, la tubería se conduce por la margen derecha del cauce hacia los tanques de almacenamiento.

El GPS manual ayudó a obtener los puntos donde se ubican cada estructura de captación y almacenamiento de agua, esto fue importante para obtener las curvas de nivel según topografía de restitución.

Se hizo el trazado de la tubería de aducción desde la captación superficial hacia la galería de infiltración con polilíneas entre las curvas de nivel por la margen izquierda del cauce. Luego, se hizo el trazado de la tubería que transporta el agua cruda hacia los tanques de almacenamiento con polilíneas por la margen derecha del cauce de acuerdo a las indicaciones de los dirigentes.



**Figura 2.5.** Planimetría del proyecto

### **Tanque de almacenamiento principal**

El tanque de almacenamiento mostrado en la figura 2.9, es el principal, ya que allí llega el agua captada de la fuente subterránea y superficial. Esta estructura es de hormigón y tiene forma cilíndrica. El agua llega a este tanque con ayuda de una tubería de PVC con diámetro de 2" y aquí es donde se ejecuta el primer proceso de tratamiento del agua, la desinfección. De este tanque sale una tubería de acero galvanizado de 2" de diámetro, la cual transporta el agua hacia el segundo tanque.



**Figura 2.9.** Tanque cilíndrico

### **Tanque de almacenamiento secundario**

Este tanque de almacenamiento mostrado en la figura 2.10, también es de hormigón, pero su forma es cónica. A esta estructura llega el agua del primer tanque con ayuda de una tubería de acero galvanizado de 2" de diámetro, con una longitud de 3,10 metros y es utilizada para realizar la segunda desinfección con la diferencia que desde este tanque salen dos tuberías de PVC de 2" de diámetro cada una con su respectiva llave de corte. Las dos tuberías abastecen de agua a diferentes barrios de la zona.



**Figura 2.10.** Tanque de almacenamiento cónico

## 2.4 Aforo de caudal mediante método volumétrico

Para establecer el caudal que ingresa al tanque principal, se procedió a un aforo volumétrico con ayuda de un balde de 20 L. Se colocó el balde en la llegada del agua al tanque de almacenamiento y se registró el tiempo que tardó en llenar el mismo. Se realizó 3 aforos siguiendo los mismos pasos.

## 2.5 Cálculo de población

Los datos de los censos poblacionales se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), sin embargo, los datos corresponden a la población de la parroquia La Merced por lo que se tuvo que determinar el porcentaje de habitantes que le corresponden al barrio Praderas del Ilaló a partir de la información poblacional de toda la parroquia. Según el gobierno autónomo de La Merced, los barrios de la zona alta corresponden al 20% de la población parroquial. Con base en ello, los valores aplicados fueron los siguientes:

**Tabla 2.1.** Censo parroquial

Parroquia La Merced	
Año de censo	Hab
1990	3733
2001	5744
2010	8394

**Tabla 2.2.** Promedio del 20% para población alta

Parroquia La Merced	
Censo	Hab
1990	747
2001	1149
2010	1679

Se estimó un período de diseño de 30 años, según la tabla 1.1. (Vida útil de un sistema de agua potable) para tanque de almacenamiento, hasta el 2054.

### Método lineal

La población aumenta constantemente y es independiente del tamaño de la misma.

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

**Ecuación 1.1** Cálculo de población futura

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

**Ecuación 1.2.** Cálculo de pendiente de la recta

$P_{uc}$  = Población del último censo (hab)

$k$  = pendiente de la recta

$P_{ci}$  = Población de censo inicial (hab)

$T_{uc}$  = Tiempo del último censo (hab)

$T_{ci}$  = Tiempo del censo inicial (hab)

### Método Geométrico

Considera el mismo porcentaje de incremento de la población a iguales periodos.

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

**Ecuación 1.3.** Cálculo de población futura

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

**Ecuación 1.4.** Cálculo de tasa de crecimiento

$P_{uc}$  = Población del último censo (hab)

$P_{ci}$  = Población de censo inicial (hab)

$T_{uc}$  = Tiempo del último censo (hab)

$T_{ci}$  = Tiempo del censo inicial (hab)

### Método Logarítmico

El crecimiento poblacional es proporcional al tamaño de la misma.

$$Pf = P_{uc} * e^{k_g(T_f - T_{uc})}$$

**Ecuación 1.5.** Cálculo de población futura

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

**Ecuación 1.6.** Cálculo de tasa de crecimiento

$P_{uc}$  = Población del último censo (hab)

$P_{ci}$  = Población de censo inicial (hab)

$T_{uc}$  = Tiempo del último censo (hab)

$T_{ci}$  = Tiempo del censo inicial (hab)

### **Población futura – Método lineal**

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

$$k = \frac{1149 - 747}{2001 - 1990} = 36.54$$

$$k = \frac{1679 - 1149}{2010 - 2001} = 58.88$$

$$k = 47.71$$

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

$$Pf = 1679 + 47.71(2054 - 2010)$$

$$Pf = 3778 \text{ hab}$$

### **Población futura – Método Geométrico**

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

$$r = \left[ \left( \frac{1149}{747} \right)^{\frac{1}{2001 - 1990}} - 1 \right] = 0.04$$

$$r = \left[ \left( \frac{1679}{1149} \right)^{\frac{1}{2010 - 2001}} - 1 \right] = 0.04$$

$$r = 0.04$$

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

$$Pf = 1679(1 + 0.04)^{2054 - 2010}$$

$$Pf = 9430 \text{ hab}$$



## Población futura – Método Logarítmico

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

$$k_g = \frac{\ln(1149) - \ln(747)}{2001 - 1990} = 0.04$$

$$k_g = \frac{\ln(1679) - \ln(1149)}{2010 - 2001} = 0.04$$

$$k_g = 0.04$$

$$Pf = P_{uc} * e^{k_g(T_f - T_{uc})}$$

$$Pf = 1679 * e^{0.04(2054 - 2010)}$$

$$Pf = 9759 \text{ hab}$$

### 2.5.1 Análisis pérdidas de energía en el sistema

Se consideró un porcentaje de pérdida de 20% de acuerdo con las normas establecidas de diseño y abastecimiento de agua potable (EPMAPS, 2009). Esto para conexiones de domicilio que cuentan con una llave de grifo por cada casa y letrinas.

## 2.6 Cálculo de dotación para la población

Se estimó una dotación neta de 150 L/hab\*día según la Norma CO 10.7 – 601, tabla 2.3, con una población menos de 5000 habitantes para el barrio praderas del Ilaló.

**Tabla 2.3.** Dotación de agua según los habitantes

Población (Habitantes)	Clima	Dotación Media (Lt/Hab*día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

## Dotación total de agua

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

$$d_{bruta} = \frac{150}{1 - 0.2}$$

$$d_{bruta} = 187.5 \frac{L}{hab} * dia$$

## Demanda doméstica

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

$$Q_{md} = \frac{1679 * 187.5}{86400}$$

$$Q_{md} = 3,64 \frac{L}{hab} * dia$$

## Demanda Máxima Diaria

Se tomó un factor de mayoración ( $k_1$ ) de 1,3 para poblaciones de 12.500 habitantes o menores.

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

$$QMD = 3,64 * 1.3$$

$$QMD = 4,73 L/s$$

## Demanda Máxima Horaria

Se tomó un factor de mayoración ( $k_2$ ) de 1.6 para habitantes menores a 2,500 habitantes. Este factor no puede ser mayor a 1,6.

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

$$QMH = 3,64 * 1.6$$

$$QMH = 5,82 L/s$$

**Tabla 2.4.** Coeficiente de mayoración para caudal máximo horario (Lopez, 2003)

Población	Red menor de 4"
<2500 habitantes	1,6

2,500 - 12,500 habitantes	1,6
12,500 - 60,000 habitantes	1,5
>60,000 habitantes	1,5

## 2.7 Simulación EPANET

### Datos programa AutoCAD

Con base en los puntos obtenidos del GPS, se trazó la línea de conducción de agua, por lo que se dibujaron polilíneas pasando por cada punto desde la captación superficial llegando a los tanques de almacenamiento. Se establecieron los nodos más importantes ya que corresponden a la captación superficial, galería de infiltración y tanques de almacenamiento, para que en el programa EPANET solo sean visibles los mismos.

### Datos programa EPANET

Se necesitó la ayuda del programa EPACAD para exportar los puntos donde se ubican las captaciones, la conducción y los tanques de almacenamiento en AutoCAD que guarda los documentos en formato dwg. Para esto, es importante cambiar el formato del archivo a dxf, ya que el programa solo permite abrir archivos con este formato. Se eligió la conversión en modo vértice y se guardó nuevamente.

### Simulación EPANET

Los datos se exportaron al programa EPANET, se verificó los valores de diámetros, longitudes, pérdidas de carga y cotas. A continuación, se realizó la simulación hidráulica con el programa y se obtuvieron los valores de presiones en relación con las elevaciones o cotas y caudales en las tuberías.

#### 2.8.1 Pérdidas por rugosidad en el proyecto

Para determinar el coeficiente de rugosidad se recomienda utilizar la fórmula de Darcy – Weisbach que considera el material de la tubería de conducción. En este caso, se consideró un  $K_s$  igual a 0.12 para material de polietileno.

Los valores se determinan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5.** Coeficiente de rugosidad Darcy – Weisbach Fuente: (EPMAPS, 2009)

<b>Coeficiente de Rugosidad Darcy - Weisbach</b>	
<b>Clase de tubería y revestimiento interno</b>	<b>Coeficiente Ks (mm)</b>
PVC	0,12
Polietileno	0,12
GRP	0,12
Acero con revestimiento interno	0,12
CCP	0,24
Hierro dúctil y acero con revestimiento interno en mortero de cemento	0,24
Referencia: Norma RAS-2000, Título B. República de Colombia	

Los coeficientes de rugosidad considerados en la simulación fueron los de Darcy – Weisbach ya que en las Normas de Diseño de Agua Potable de la EPMAPS – Quito utilizadas como referencia, se establece esta rugosidad.

### **2.8.2 Normativa**

**Velocidades.** Para la velocidad mínima, la cual hace referencia al caudal medio al primer año del período de diseño, para agua cruda debe ser de mayor o igual a 0.6 m/s.

**Presión en la red.** La presión mínima en la red para estos sectores deberá ser de 5 m.c.a

**Diámetros de tuberías.** El diámetro mínimo para estas zonas es de 2 pulgadas.

**Límite de velocidad.** La velocidad máxima será de 3,0 m/s.

Consideración de válvulas para la conducción

- Válvula de aire
- Válvula de purga
- Válvula check

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Evaluación de la infraestructura existente

##### 3.1.1 Información de infraestructura existente

Los planos de las estructuras de captación y tanques de almacenamiento que existen en el barrio actualmente se detallan en el anexo 3.

##### Captación Superficial

Con base a las dimensiones tomadas en campo, se realizó el esquema que representa la estructura de captación de agua superficial existente. En la misma, se pudo observar una obra deteriorada, presencia de material grueso en las entradas del flujo a la captación, sin ningún mantenimiento que garantice el buen estado del tanque que recibe el afluente.

Las dimensiones de la estructura de hormigón son: 1.4 m de alto, 1.10 m de ancho por 1.10 m de profundidad. Para la caja frontal las dimensiones son: 0.9 m de alto, 0.3 m de ancho y 1.25 m de profundidad.

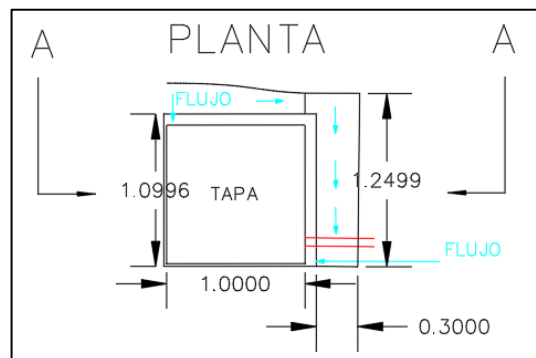


Figura 3.1. Captación superficial existente – vista planta

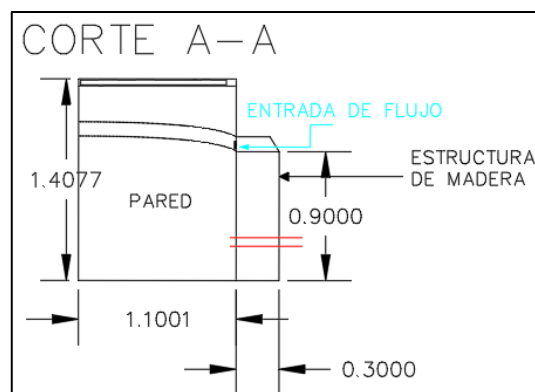
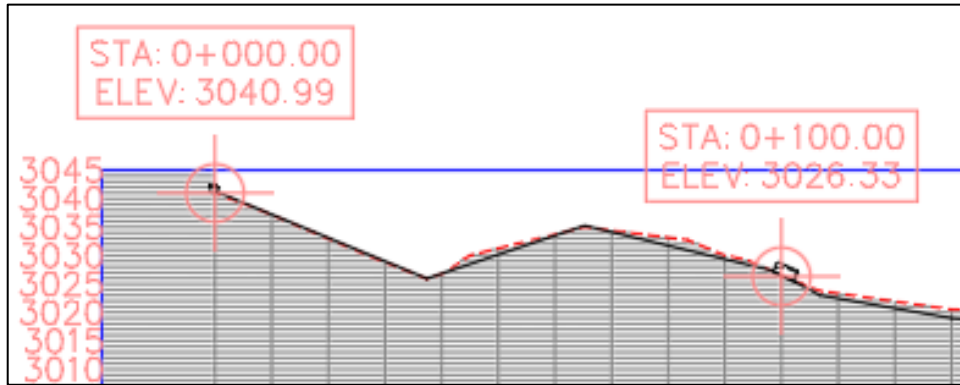


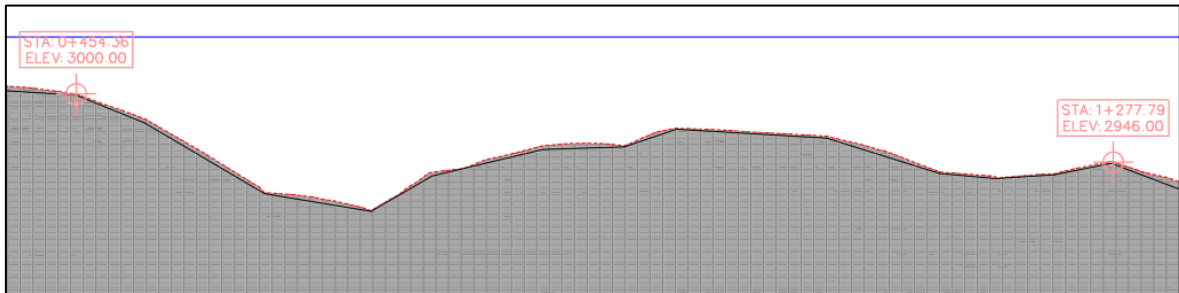
Figura 3.2. Captación superficial existente – vista corte

## Conducción

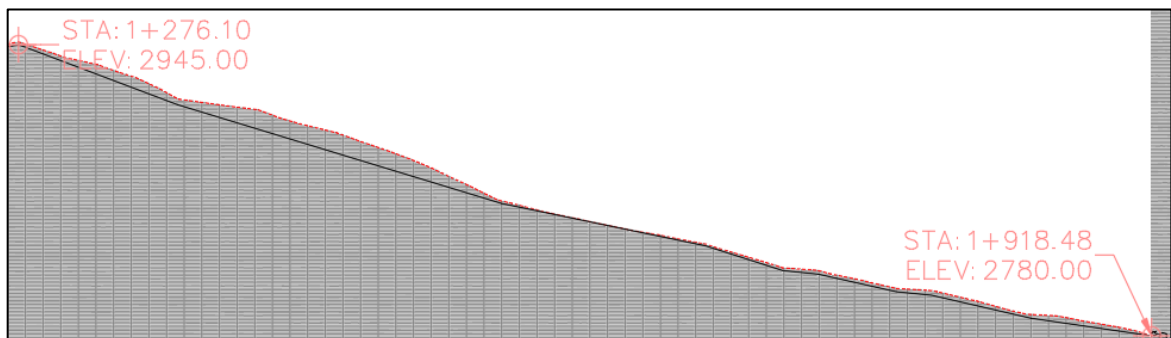
Las figuras que se presentan a continuación hacen referencia al perfil longitudinal del terreno en la zona del proyecto existente, y la localización de las estructuras de captación, conducción y tanques de almacenamiento se detallan como plano en el anexo 2.



**Figura 2.6.** Perfil – Línea de conducción existente desde la captación superficial abscisa 0+000.00 hasta la galería de infiltración abscisa 0+100.00



**Figura 2.7.** Perfil – Línea de conducción existente desde abscisa 0+454.36 hasta abscisa 1+277.79



**Figura 2.8.** Perfil – Línea de conducción existente desde la abscisa 1+277.79 hasta los tanques de almacenamiento abscisa 1+918.48

### Galería de Infiltración

Con las medidas tomadas en la galería de infiltración, se presenta la figura 3.4 del esquema actual existente. Se observó que esta estructura no tiene ningún diseño especial de una galería como tal, sino que se trata de una cueva en la que se añadió una entrada con puerta para la inspección de la misma.

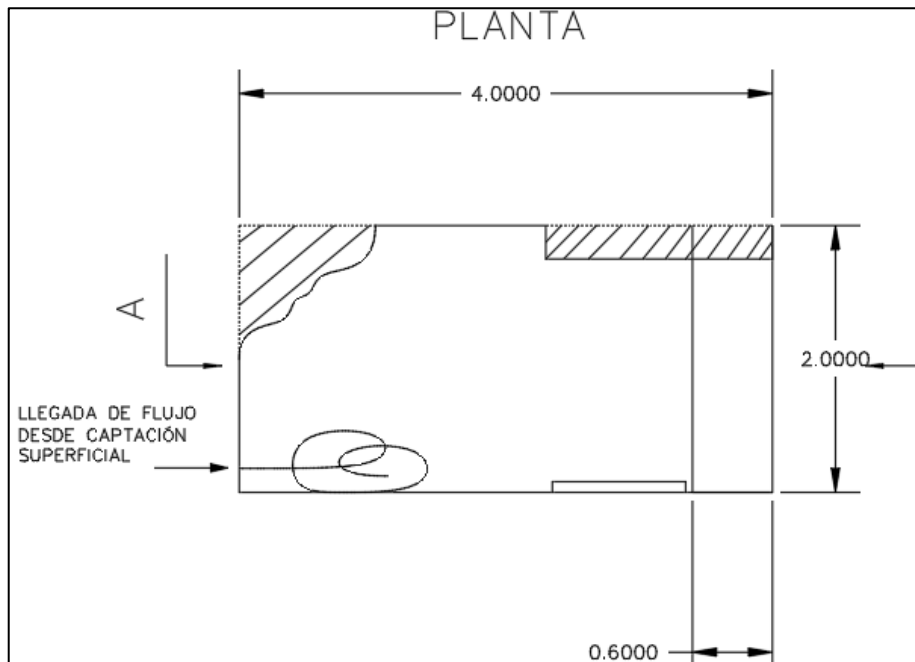


Figura 3.3. Galería de infiltración existente – vista planta

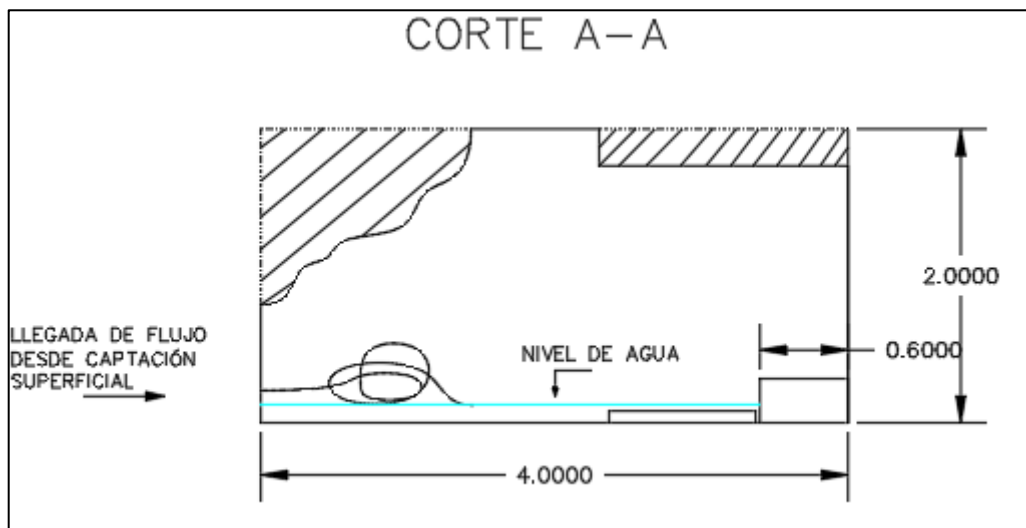


Figura 3.4. Galería de infiltración existente – vista corte

### Tanque de almacenamiento principal

En relación a las dimensiones tomadas en campo, se hizo el esquema del tanque principal el cual recibe el agua cruda desde la captación superficial y la galería de infiltración. Se visualizó que en esta estructura existe un deterioro por el tiempo que existe en la zona ya que los mantenimientos se realizan de 4 a 6 meses. En la parte superior de la tapa hay restos de cloro granulado que evidencia que no se clora adecuadamente por lo que puede causar desgaste prematuro en la estructura del tanque.

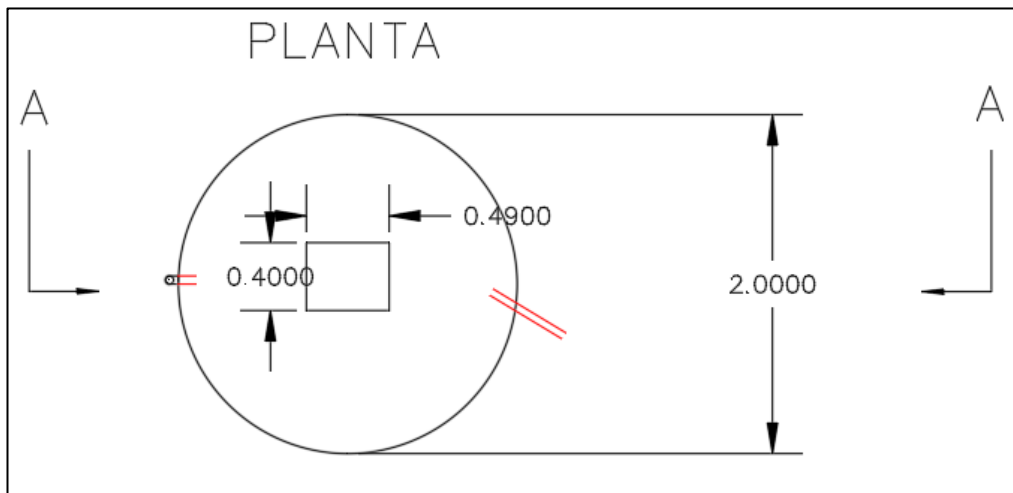


Figura 3.5. Tanque de almacenamiento principal existente – vista planta

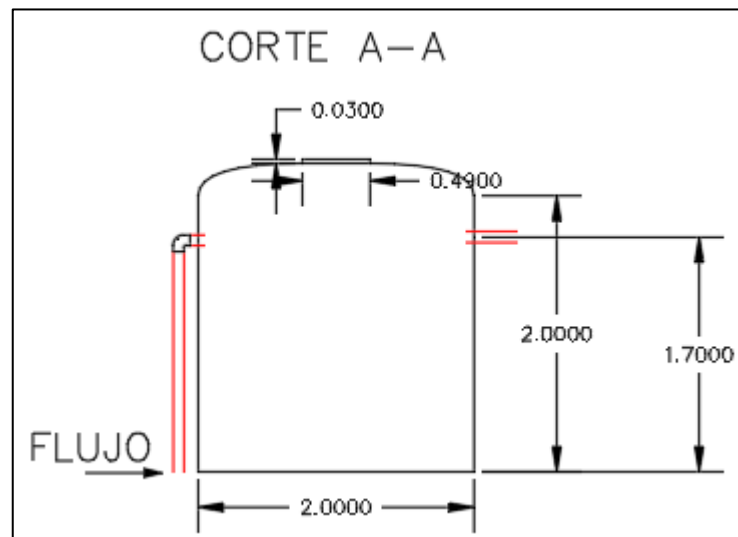


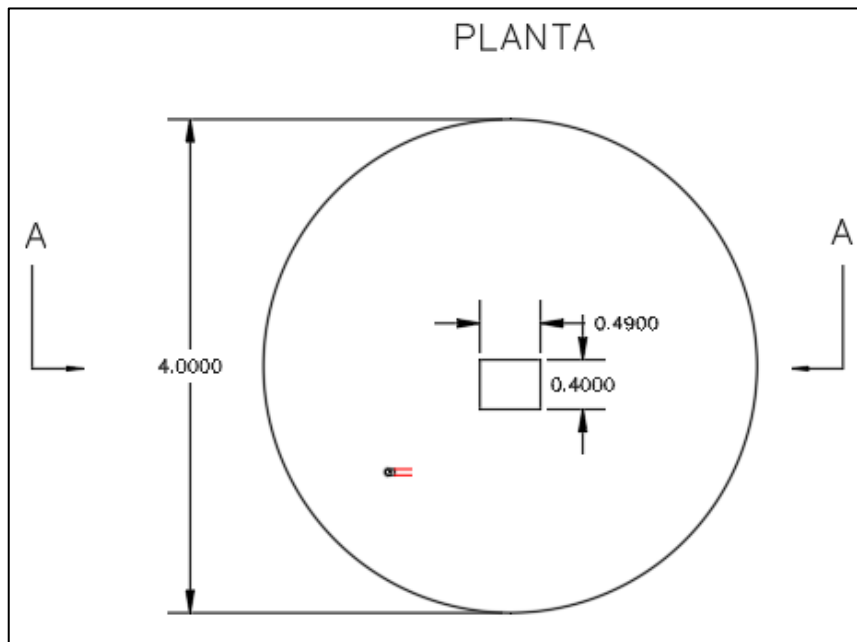
Figura 3.6. Tanque de almacenamiento principal existente – vista corte

### Tanque de almacenamiento secundario

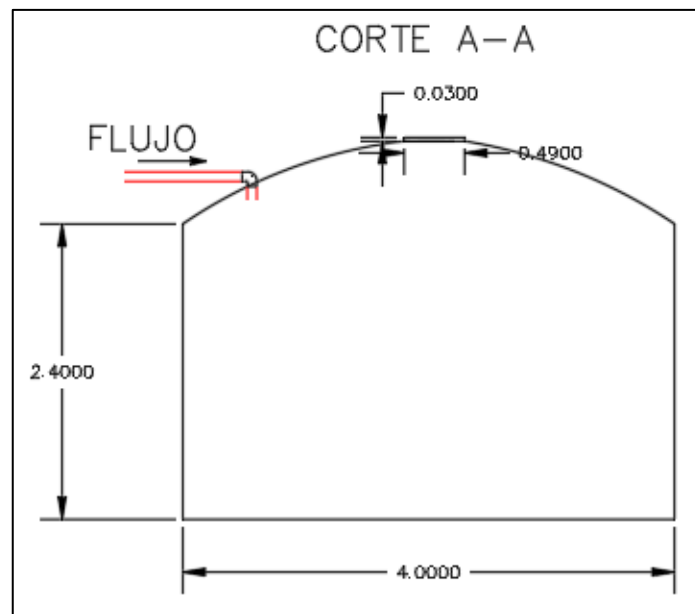
Con las dimensiones de la estructura se realizó el esquema del tanque secundario. En este tanque se almacena el agua que ya recibió desinfección del primer tanque y el cual



abastece de líquido vital al barrio. Se observó que el estado del tanque es similar al tanque principal.



**Figura 3.7.** Tanque de almacenamiento secundario existente- vista planta



**Figura 3.8.** Tanque de almacenamiento secundario existente – vista corte

### 3.2 Caudales aforados

A continuación, se presentan los resultados de los 3 aforamientos realizados en campo.

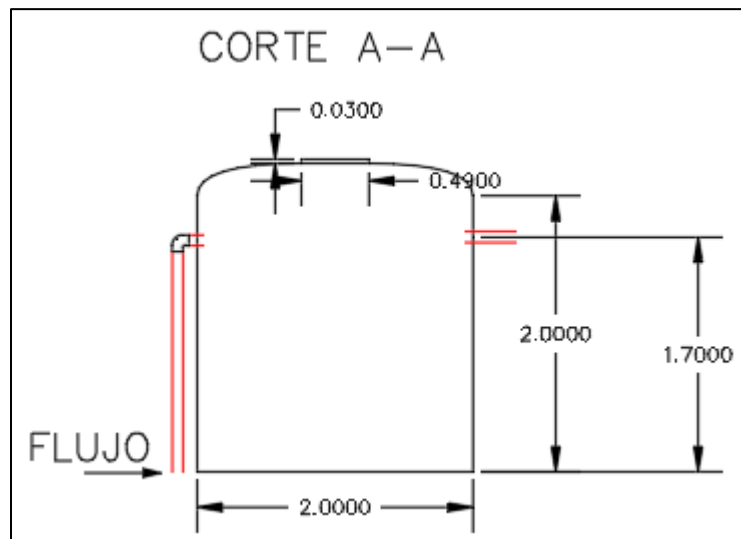
**Tabla 3.1.** Determinación de caudal de ingreso al tanque de almacenamiento

N° aforo	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	20	4.86	4.11
2	20	4.85	4.12
3	20	4.88	4.09
		<b>Caudal</b>	<b>4.12</b>

### 3.3 Volumen de tanques de almacenamiento

#### Tanque de almacenamiento principal

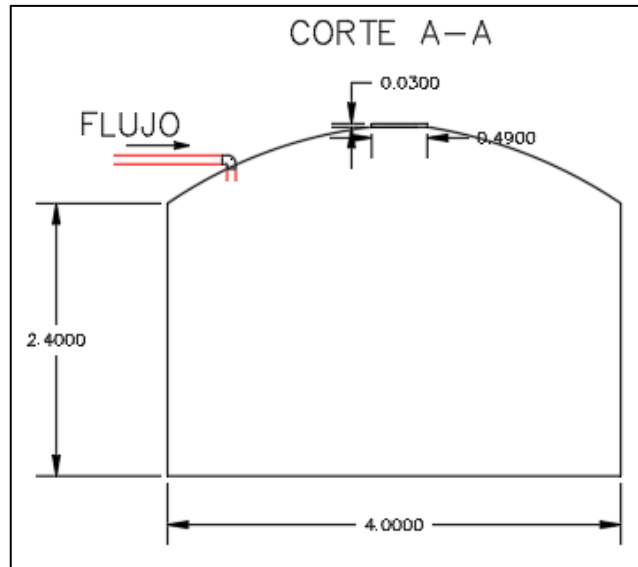
Con base a las dimensiones tomadas en la visita al lugar donde se encuentra el tanque principal, se determinó que el volumen del tanque es de 6,28 m<sup>3</sup>.



**Figura 3.9.** Tanque de almacenamiento principal

#### Tanque de almacenamiento secundario

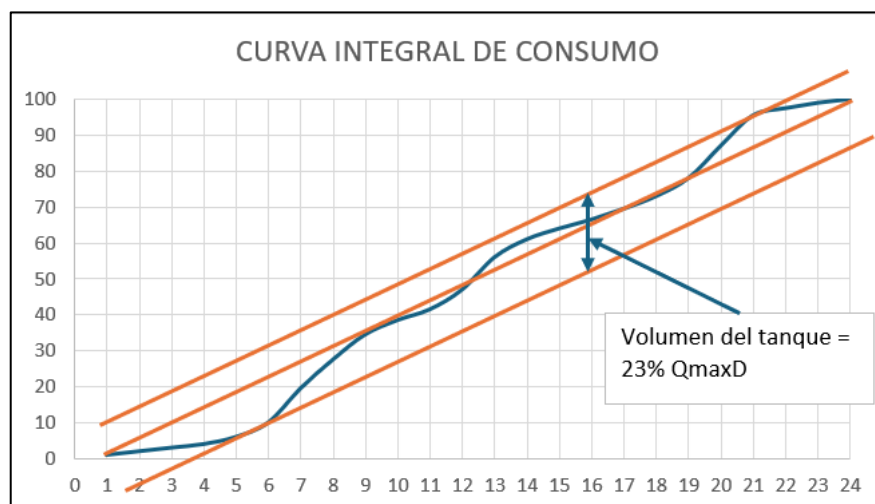
A partir de las dimensiones del tanque que almacena el agua previa a la distribución en las viviendas, se determinó un volumen de 50.26 m<sup>3</sup>. Considerando este volumen cuando el tanque está lleno.



**Figura 3.10.** Tanque de almacenamiento previo a la distribución

### Método para capacidad del tanque de almacenamiento

Para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento se basó en el método de la curva acumulada de consumo.



**Gráfico 3.1.** Curva acumulada de consumo

Con base en la tabla de suministro a gravedad a un tanque superficial que consta en el anexo 7, se establece que el porcentaje del volumen horario de agua en el tanque es del 23%.

$$Volumen_{Tanque} = 0,23 * 579,74$$

$$Volumen_{Tanque} = 131.15 m^3$$

### 3.4 Simulación en EPANET

Se realizó la simulación hidráulica presentando los resultados de presiones y caudal en el sistema, el cual tiene inicio en la captación superficial pasando por la galería de infiltración y terminando en los tanques de almacenamiento.

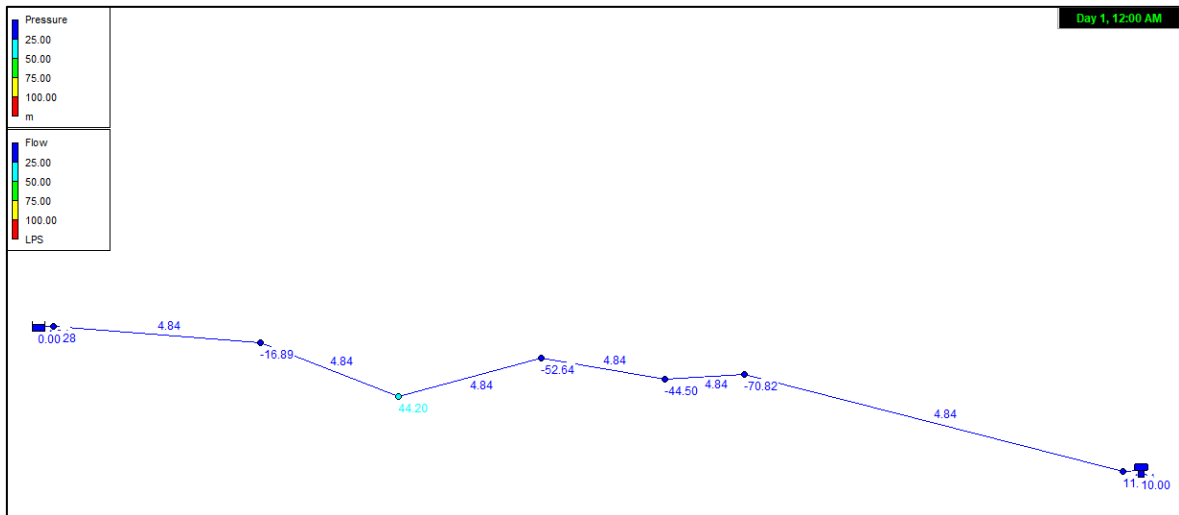


Figura 3.11. Modelado de conducción

#### Resultado de presión

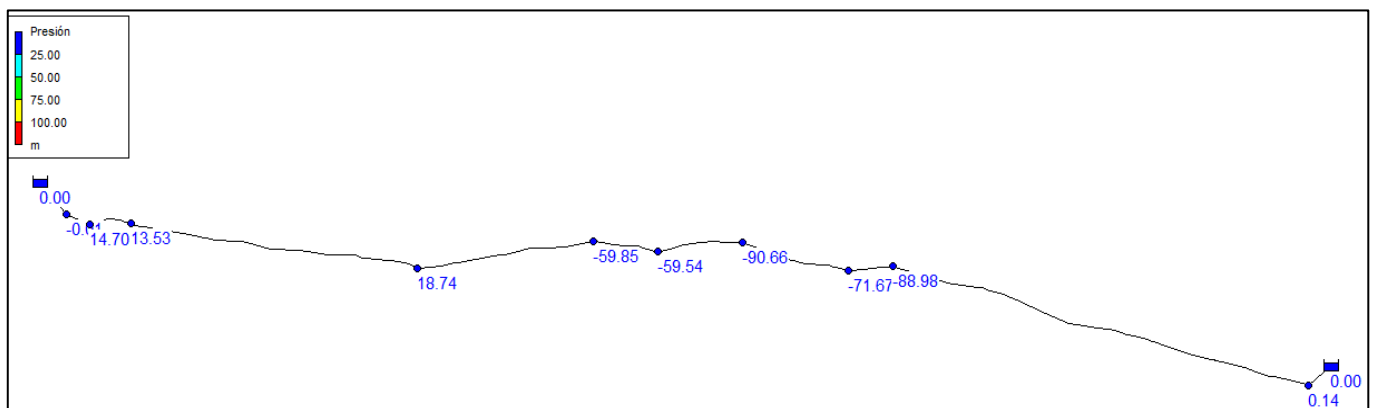


Figura 3.12. Modelado de conducción – Presiones

El resultado en el tramo de conducción existente refleja presiones que no cumplen con la norma establecida la cual habla de presiones mínimas de 5 m.c.a. Así mismo, se refleja presiones negativas en los siguientes tramos; abscisa 0+814,37 (-59,85), abscisa 0+914,33 (-59,54), abscisa 1+045.53 (-90,66), abscisa 1+209.50 (-71,67) y abscisa 1+278,45 (-88,98). Esto estaría provocando daños y roturas en las tuberías.

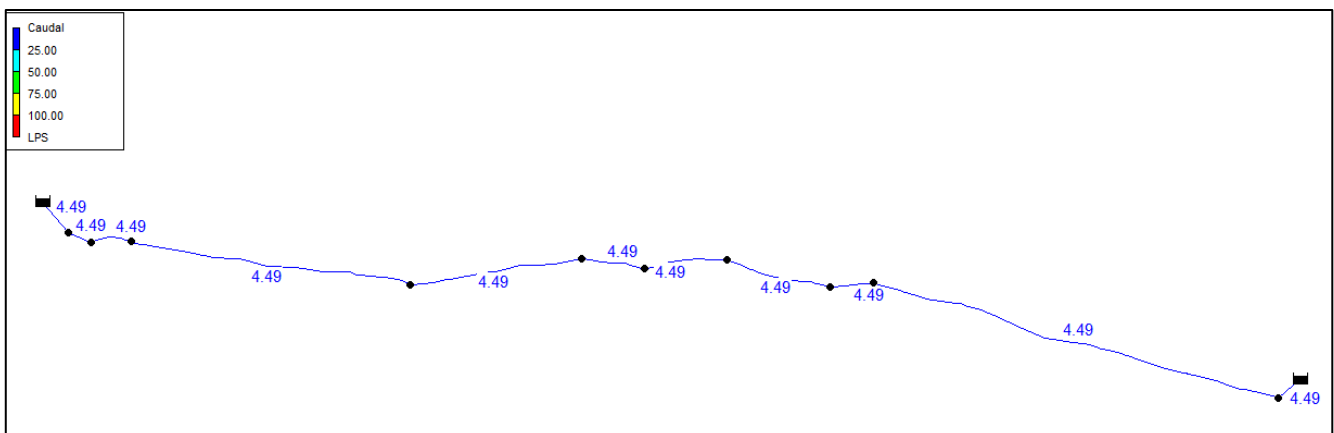
El resultado de estas presiones obedece a la planimetría del lugar la cual se compone de montañas y quebradas.

Se considera que la conducción de agua desde la captación superficial a la galería de infiltración se la realiza con tubería de 90 mm y la conducción desde la galería de infiltración hacia los tanques de almacenamiento se realiza con tubería de PVC de 50 mm.

**Tabla 3.2.** Presiones

Nodo ID	Abscisa	Elevación (m)	Presión (m)
Junc n1	0+000,00	3041	-0,01
Junc n2	0+037,02	3026,02	14,70
Junc n3	0+100,00	3026,73	13,53
Junc n4	0+543,19	2958,71	18,74
Junc n5	0+814,37	2998,97	-59,85
Junc n6	0+914,33	2984,54	-59,54
Junc n7	1+045,53	2997,14	-90,66
Junc n8	1+209,50	2954,4	-71,67
Junc n9	1+278,45	2962,04	-88,98
Tanque	1+921,15	2779.4	0,14

### Resultado de caudal



**Figura 3.13.** Modelado de conducción – Caudales

En la modelación de EPANET se tuvo como objetivo la comparación de caudal de aforo con el caudal calculado mediante el programa y con las características de las tuberías existentes en el sistema. En el programa se utilizó la ecuación de Darcy-Weisbach para el coeficiente de rugosidad del material de la tubería, dando como incógnita el caudal que

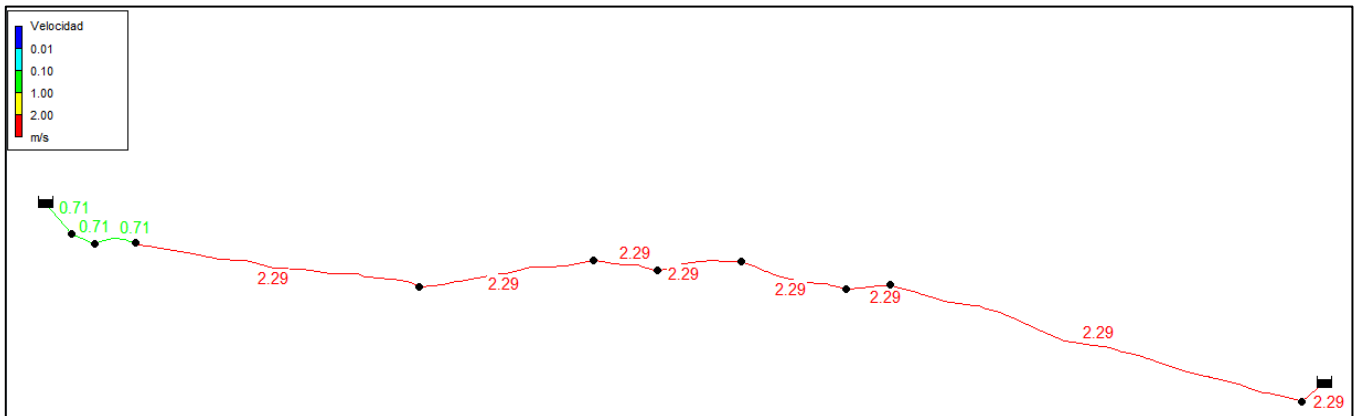
fluye por todo el tramo hasta el punto donde se almacena el fluido. Para esto se tomó en cuenta que el sistema no cuenta con válvulas que provoquen pérdidas localizadas por estos accesorios.

El caudal reflejado en la simulación es de 4.49 L/s y el caudal volumétrico calculado es de 4.12 L/s, lo que evidencia un resultado cercano al caudal medido en campo.

**Tabla 3.3** Caudales

Nodo ID	Abscisa	Elevación (m)	Caudal (L/s)
Junc n1	0+000,00	3041	4,49
Junc n2	0+037,02	3026,02	4,49
Junc n3	0+100,00	3026,73	4,49
Junc n4	0+543,19	2958,71	4,49
Junc n5	0+814,37	2998,97	4,49
Junc n6	0+914,33	2984,54	4,49
Junc n7	1+045,53	2997,14	4,49
Junc n8	1+209,50	2954,4	4,49
Junc n9	1+278,45	2962,04	4,49
Tanque	1+921,15	2779.4	4,49

### Resultado de velocidades



**Figura 3.14.** Modelado de conducción – Velocidades

En la simulación hidráulica, se evidencia que el sistema está en la velocidad mínima y máxima de 0.6 m/s a 3.0 m/s respectivamente para agua cruda.

**Tabla 3.4.** Velocidades

<b>Nodo ID</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Velocidades (m/s)</b>
Junc n1	0+000,00	3041	2,29
Junc n2	0+037,02	3026,02	2,29
Junc n3	0+100,00	3026,73	2,29
Junc n4	0+543,19	2958,71	2,29
Junc n5	0+814,37	2998,97	2,29
Junc n6	0+914,33	2984,54	2,29
Junc n7	1+045,53	2997,14	2,29
Junc n8	1+209,50	2954,4	2,29
Junc n9	1+278,45	2962,04	2,29
Tanque	1+921,15	2779.4	2,29

### **3.5 Propuesta de mejora para sistema de captación, conducción y almacenamiento de agua.**

Se presenta una propuesta de mejora al sistema de abastecimiento de agua, mediante modificaciones y adiciones a la infraestructura existente. En las ilustraciones constan; la estructura de captación superficial, tanques de almacenamiento con accesorios y válvulas de compuerta en vista planta y corte, válvulas de aire y purga en la tubería de aducción desde la captación superficial hacia los tanques de almacenamiento.

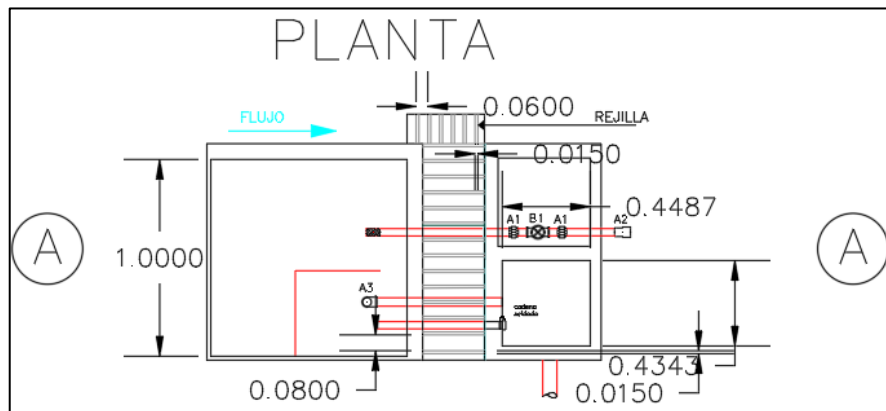
El plano de las estructuras de captación, conducción y almacenamiento de agua con la implementación de las mejoras propuestas se visualiza en el anexo 4. El plano detallado con accesorios y válvulas recomendadas en las estructuras se presentan en el anexo 5.

En el anexo 6 consta una guía de mantenimiento para prevenir y corregir imperfectos que se pueden presentar en las estructuras de captación y los tanques de almacenamiento. Esto para prevenir deterioros o daños en las estructuras.

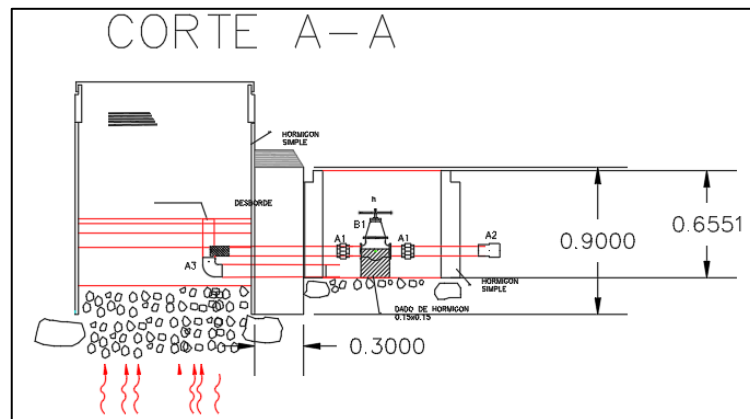
#### **3.5.1 Captación Superficial**

Con base en la estructura existente, se plantea añadir una rejilla en la superficie de la caja que se ubica en la parte frontal del tanque de captación por donde vierte la mayor cantidad de caudal, esto para retener los materiales gruesos que pueden ingresar a la estructura ocasionando posibles obstrucciones en la misma o en el recorrido del agua por las tuberías. También, se plantea añadir una cámara de válvulas para control o corte de flujo, en la

estructura se contará con una tubería de salida para conservar el caudal ecológico el cual es normado.



**Figura 3.15.** Planteamiento de mejora - Captación superficial vista planta



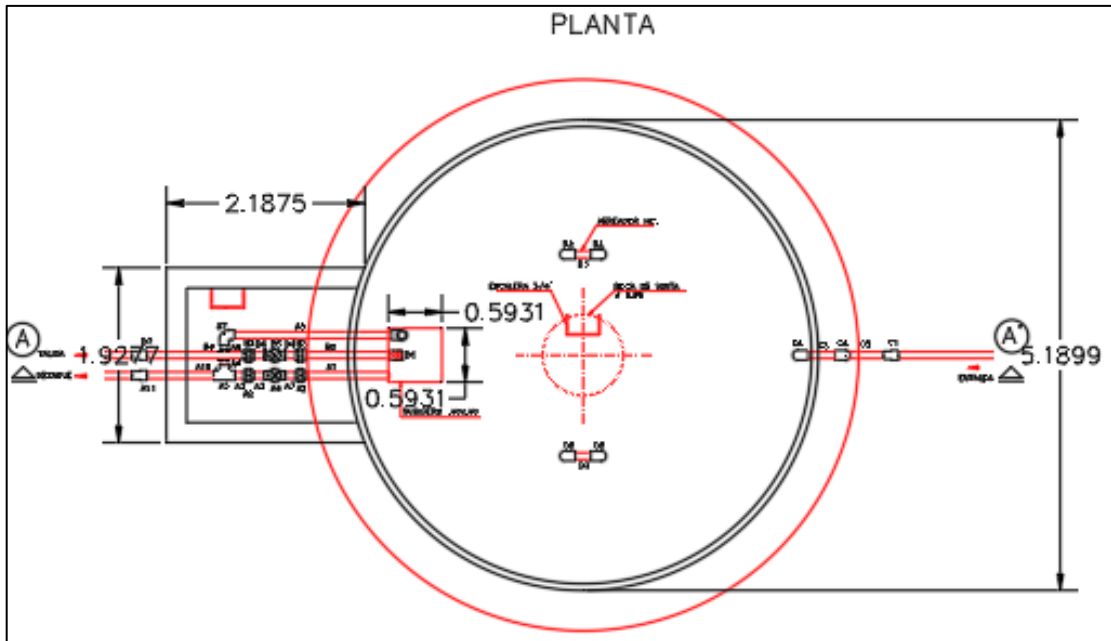
**Figura 3.16.** Planteamiento de mejora - Captación superficial vista corte

### 3.5.2 Tanques de almacenamiento

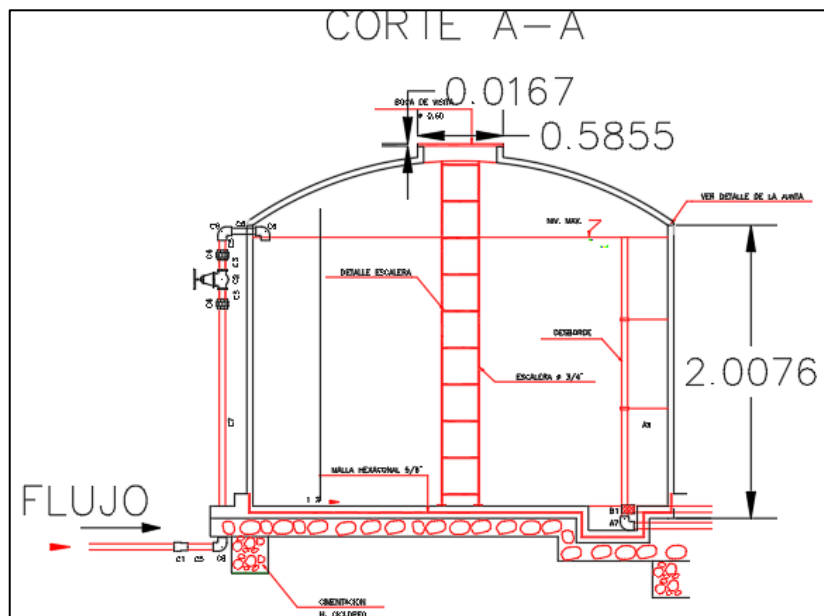
#### Tanque de almacenamiento principal

Con relación a los tanques de almacenamiento existentes, se plantea mejoras en la estructura con la implementación de accesorio y válvulas que permitan un control adecuado del flujo.





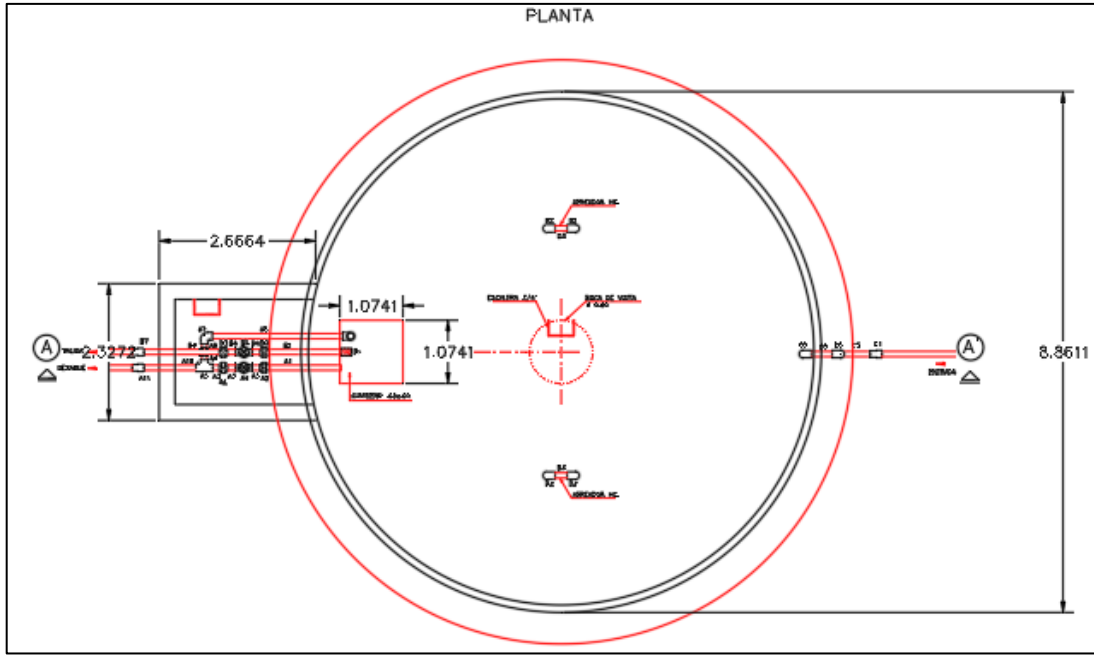
**Figura 3.17.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento principal vista planta



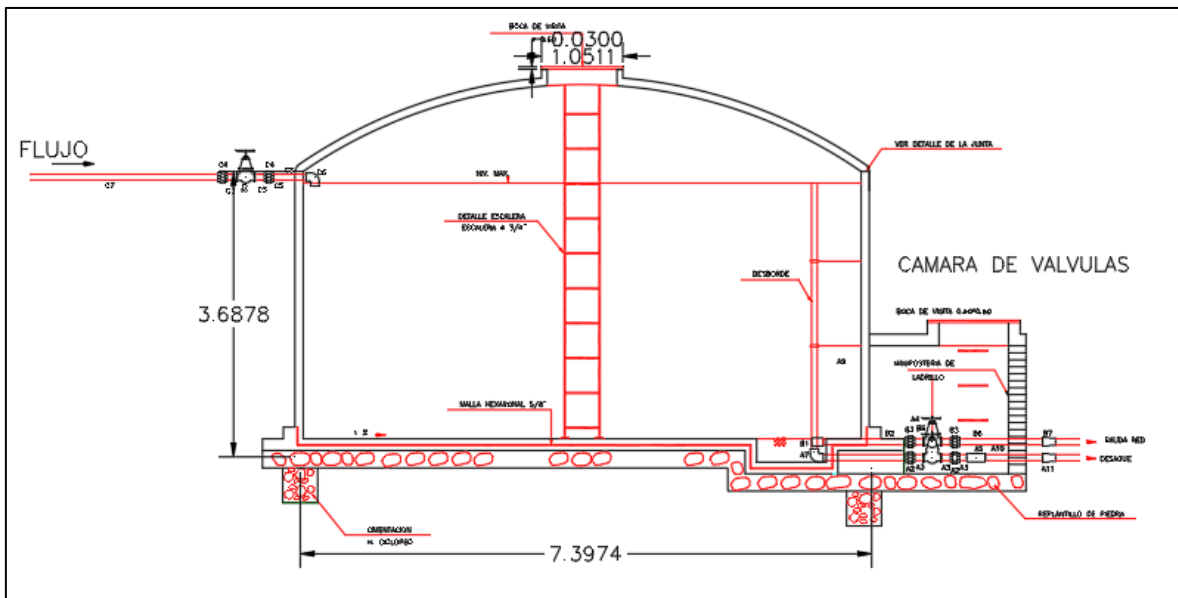
**Figura 3.17.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento principal vista corte

### Tanque de almacenamiento secundario

Así mismo, se plantea mejoras para el tanque que acumula el agua previa a la distribución. Las mejoras consisten en colocación de accesorios y válvulas para un mejor funcionamiento.



**Figura 3.18.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento secundario vista planta



**Figura 3.18.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento secundario vista corte

### 3.5.3 Válvulas requeridas en el sistema

Se observó que la conducción no cuenta con ningún tipo de válvulas, la ausencia de estas puede desembocar en daños graves y funcionamiento inadecuado a lo largo de la

conducción. Por ello, se plantea colocar válvulas de aire, purga y compuerta en el sistema que conduce el agua hacia los tanques de almacenamiento.

### Válvula de aire

Este tipo de válvula es indispensable para controlar el aire en el sistema de conducción. Ayudará a prevenir la poca eficiencia provocada por el aire acumulado durante el llenado de tuberías y en las operaciones bajo presión. Además, mitiga efectos nocivos de las condiciones de vacío y golpes de ariete.

Las válvulas de aire se colocarán en los picos altos de la línea de conducción, en intervalos de 400 a 800 m.

**Tabla 3.5.** Ubicación de válvulas de aire en el sistema

Válvulas de aire		
N° de válvula	Abscisas	Elevación
Válvula 1	0+814,37	2999,57
Válvula 2	1+045,53	2997,74
Válvula 3	1+278,45	2962,64

### Válvula de purga

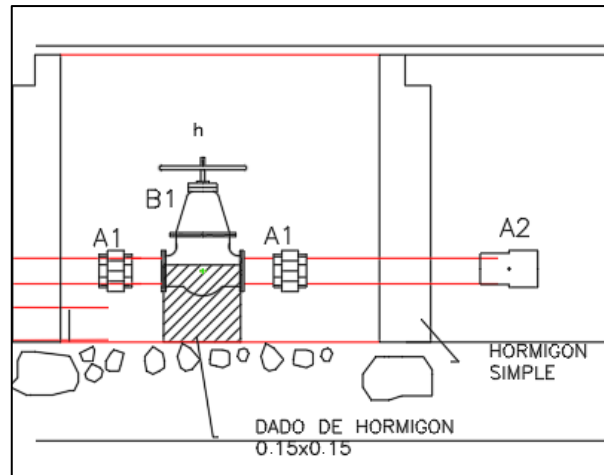
Las válvulas de purga son igual de importantes que las de aire, estas válvulas se colocan en cotas bajas de la línea de conducción, igualmente procurando mantener intervalos de distancia de 400 m a 800 m.

**Tabla 3.6.** Ubicación de válvulas de purga en el sistema

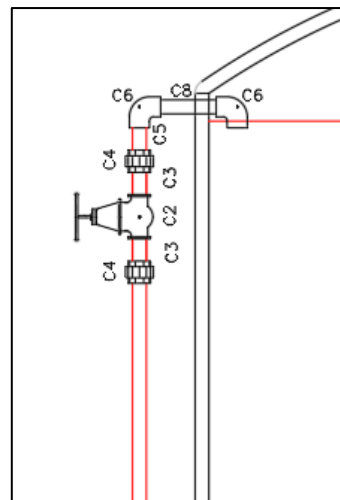
Válvulas de purga		
N° de válvula	Abscisas	Elevación
Válvula 1	0+037,02	3026,02
Válvula 2	0+543,19	2959,31
Válvula 3	0+914,33	2985,14
Válvula 4	1+209,50	2955

### Válvula de compuerta

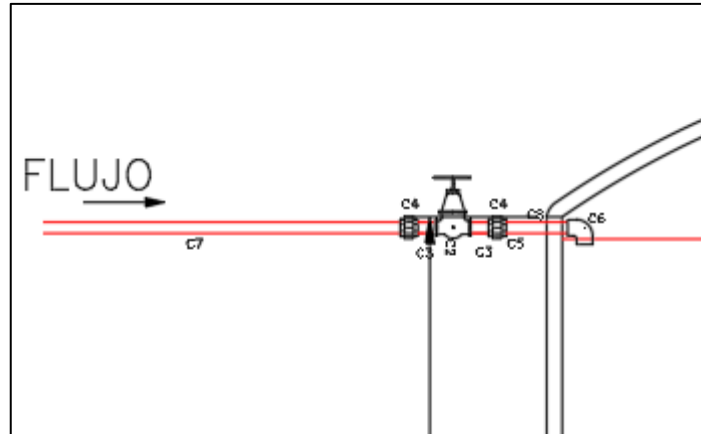
Estas válvulas cumplen un rol importante en casos de mantenimiento o daños sectorizados en el sistema. Así mismo, ayudará al control del fluido en toda la conducción hacia los tanques de almacenamiento



**Figura 3.19.** Propuesta de mejora – Válvula de compuerta en la estructura de captación superficial



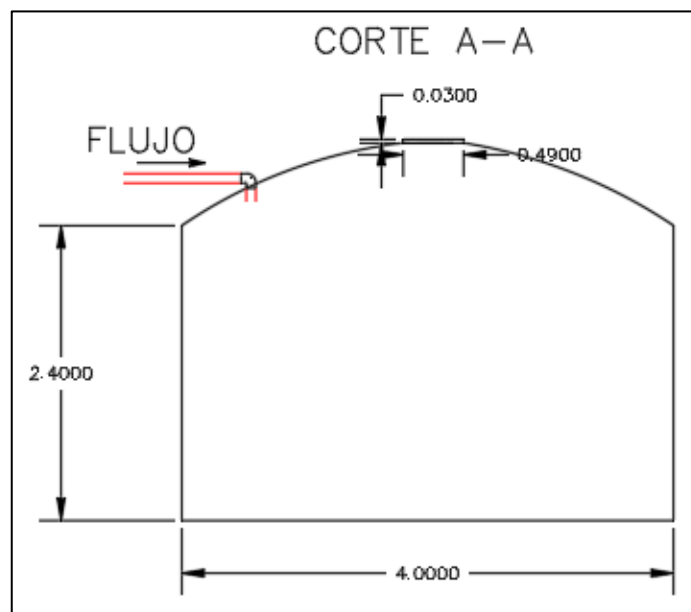
**Figura 3.20.** Propuesta de mejora – Válvula de compuerta tanque de almacenamiento principal



**Figura 3.21.** Propuesta de mejora – Válvula de compuerta tanque de almacenamiento secundario

### 3.6 Volumen de agua requerido

El volumen de agua necesario para el abastecimiento del barrio Praderas del Ilaló, con base al método de la curva acumulada de consumo calculado es de 131,15 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se recomienda aumentar la capacidad del tanque de almacenamiento para cubrir con la demanda de agua a los pobladores del barrio.



**Figura 3.22.** Planteamiento Tanque de almacenamiento de 131,15 m<sup>3</sup>

### 3.7 Diámetro de tuberías en la conducción

Las presiones negativas en el sistema se presentan porque las tuberías actuales de 50 mm y 90 mm están por encima de la línea piezométrica hidráulica, esto por la configuración topográfica de la zona, ya que esta se compone de montañas y quebradas. Estas presiones producen roturas en las tuberías que conducen el agua hacia los tanques de almacenamiento.

Por ello, para eliminar las presiones negativas en el sistema en base a los resultados del simulador hidráulico EPANET, se recomienda cambiar las dimensiones de tuberías existentes con diámetros entre 50 mm a 90 mm según los tramos que se detallan en la tabla 3.8. Con estos diámetros aumentará la capacidad de flujo en el sistema dando un caudal de 6,60 L/s.

Se tomó referencias del catálogo de tuberías comerciales plastigama Wavin.

**Tabla 3.8.** Diámetros recomendados en los tramos de conducción.

Tramos	Abscisa Inicio	Abscisa Final	Diámetro nominal (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (mm)	Presión de trabajo (Mpa)
Tramo 1	0+000,00	0+037,02	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 2	0+037,02	0+100,00	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 3	0+100,00	0+543,19	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 4	0+543,19	0+814,37	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 5	0+814,37	0+914,33	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 6	0+914,33	1+045,53	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 7	1+045,53	1+209,50	63	2	59	0,8
Tramo 8	1+209,50	1+278,45	50	1,6	46,8	0,8
Tramo 9	1+278,45	1+921,15	50	1,6	46,8	0,8

## Modelado de conducción con diámetros propuestos

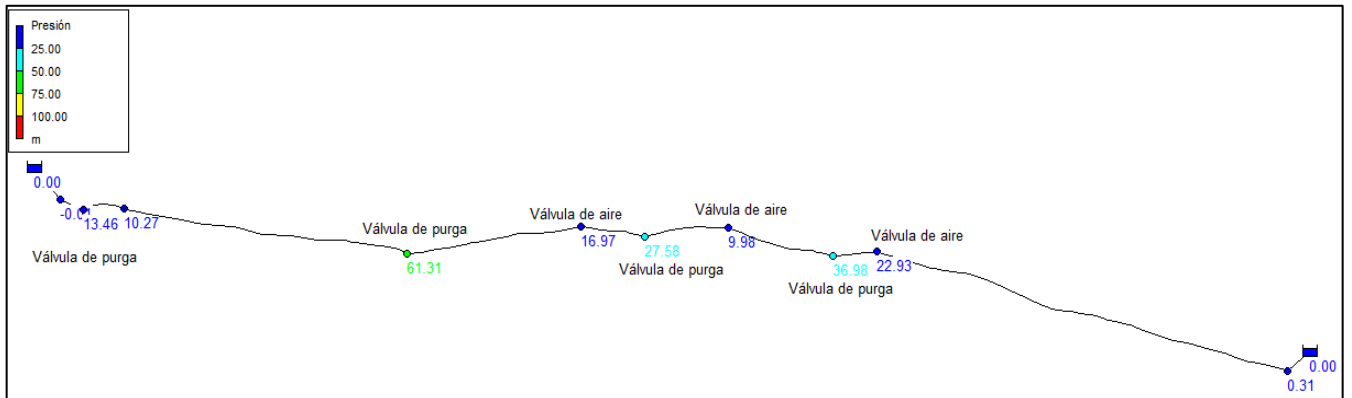


Figura 3.23. Presiones

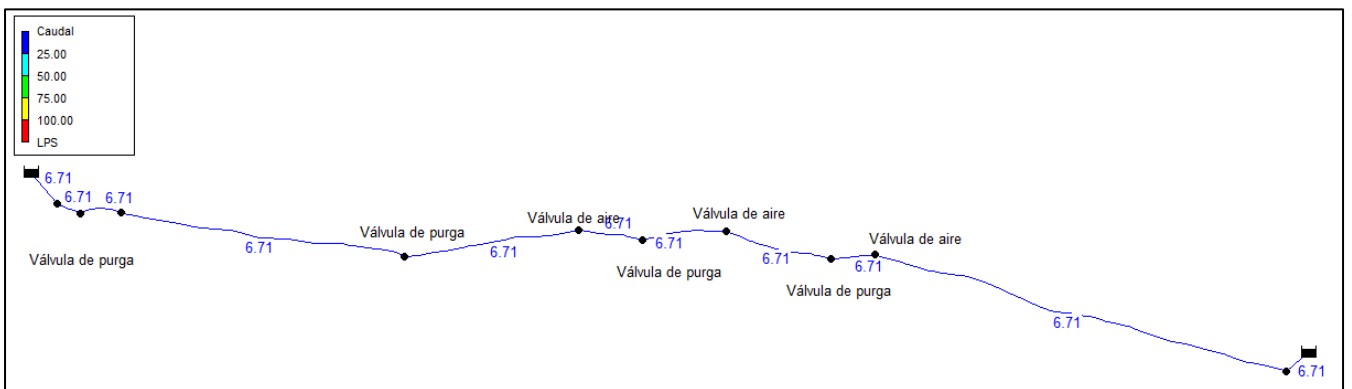


Figura 3.24. Caudal

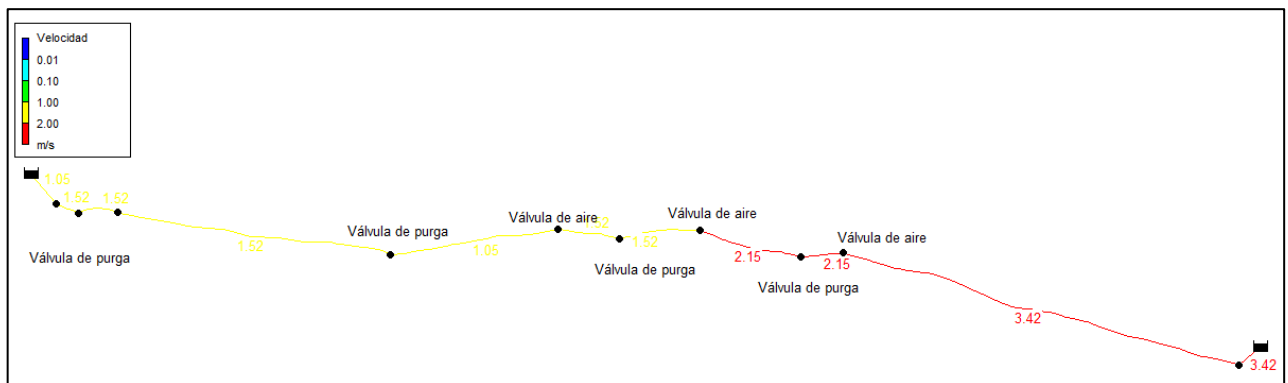


Figura 3.25. Velocidad

## 4 CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación de las estructuras de captación de agua existentes en el barrio Praderas del Ilaló y se observó que, si bien ayudan a transportar el agua hacia los tanques de almacenamiento, las estructuras no cumplen como captación, tanto la superficial como la subterránea.
- La conducción de agua no cuenta con válvulas que ayuden a controlar el flujo ni posibles eventos hidráulicos, por lo que el mantenimiento de la misma es complejo o nulo.
- Se realizó una evaluación preliminar de acuerdo a las indicaciones y datos obtenidos por parte de las autoridades del GAD La Merced y el barrio Praderas del Ilaló.
- De acuerdo con el método de la curva acumulada de consumo para determinar el volumen de los tanques de almacenamiento existentes se observó que el volumen de agua almacenado tiene un déficit para cubrir la demanda de los pobladores de esta zona.
- Para levantar los puntos que permitan tener la ubicación del sistema, se ocupó el GPS manual. Se utilizó información cartográfica de la zona del proyecto y puntos georreferenciados de la conducción ya que no se obtuvo con precisión el recorrido de las tuberías que transportan el agua hacia los tanques por el desconocimiento del personal que acompañó en el recorrido de la zona. Se obtuvieron curvas de nivel con los puntos registrados en el GPS. Esto se puede reflejar en la planimetría y perfiles de la zona.
- Con base a la simulación hidráulica con el programa EPANET se evidenció que las presiones en la línea de conducción no cumplen con lo establecido por normativa.
- En cuanto a la velocidad de circulación en el sistema, se refleja una velocidad de flujo que cumple con la normativa para agua cruda.
- Se planteó colocar válvulas de aire, válvulas de purga y válvula mariposa en la llegada a los tanques de almacenamiento. A pesar de que por la planimetría del lugar se complica colocar en cotas más arriba de la conducción, las válvulas de aire y purga son muy importantes para mantener, controlar y garantizar un funcionamiento correcto del sistema.



## 5 RECOMENDACIONES

- Se debe acondicionar el sistema de captación superficial para que este tenga un funcionamiento correcto y eficiente en la recolección de estas aguas.
- Debido a que la conducción no cuenta con válvulas que ayuden a controlar el flujo o posibles problemas hidráulicos, se deben añadir válvulas de aire y purga para permitir la salida de aire durante el llenado de las tuberías suprimiendo bolsas de este mismo que perturben el flujo del agua, además las válvulas mariposa para el corte o control del flujo.
- Se recomienda cambiar las dimensiones de las tuberías que van desde 50 mm a 90 mm de diámetro como se indica en la tabla 3.8. Esto para eliminar las presiones negativas que se presentan en el sistema debido a la configuración de la zona.
- Plantear el diseño de un tanque con mayor capacidad de almacenamiento de agua para cubrir con la dotación en la estimación de población futura de la zona.
- Se recomienda que las tuberías estén enterradas mínimo 0.6 m, esto para evitar la cristalización de las mismas por efectos climáticos que provoquen daños y roturas.
- Se deben realizar mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema y tanques de almacenamiento de manera más periódica para evitar daños prematuros en las estructuras de captación, conducción y almacenamiento.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguero, R. (2004). PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES Y RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO .

Aguirre, F. (2015). Abastecimiento de Agua Potable para comunidades.

Benavides, C. M. (2020). La línea de conducción es algo más que tramos de tuberías. *Carlinhos*.

Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.

Cruz, F. J. (25 de mayo de 2011). *Universidad Politécnica de Cartagena*. Obtenido de Abastecimiento de aguas: Captación de aguas superficiales: [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod\\_resource/content/1/Tema\\_02\\_CAPT\\_AGUAS\\_SUP.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf)

EPMAPS. (2009). Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Lopez, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Obtenido de [https://www.academia.edu/43690289/Elementos\\_de\\_Diseño\\_para\\_Acueductos\\_y\\_Alcantarillados](https://www.academia.edu/43690289/Elementos_de_Diseño_para_Acueductos_y_Alcantarillados)

Luis Manuel Rena Rojas, G. D. (2017). *SIMULACION ATRAVES DEL SOFTWARE LIBRE EPANET VERSION 2.0, DE*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/52d0f056-84e8-4007-8c5c-d57c9e751f8b/content>

Napuri, C. B. (2009). Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. *Organización panamericana de la salud*, 135.

Otero, R. V. (abril de 2006). *Sistema de captación de aguas subterráneas*. Obtenido de [https://www.agronomia.criba.edu.ar/carreras/ia/archivos/Materias/579/archivos/aguassubterranas/presenta\\_sistemas\\_captacion.pdf](https://www.agronomia.criba.edu.ar/carreras/ia/archivos/Materias/579/archivos/aguassubterranas/presenta_sistemas_captacion.pdf)

SAGARPA. (s.f.). Tanques de almacenamiento en concreto y mampostería. *SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALMACENAMIENTO*.

USAID. (2016). Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad. *USAID DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA*, 57.

Washed, P. (1995). *Normas de diseño y abastecimiento de agua potable.*, . Obtenido de Normas de diseño y abastecimiento de agua potable., .

Wavin, P. (2024). *Plastigama Wavin*. Obtenido de [https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/bltacbb5d5d072f1091/646e1fe4cd012162c8a99830/PRESION\\_Union\\_Z\\_2022-06.pdf](https://eu-assets.contentstack.com/v3/assets/blt573fdbfcb1106c2a/bltacbb5d5d072f1091/646e1fe4cd012162c8a99830/PRESION_Union_Z_2022-06.pdf)

## 7 ANEXOS



### ANEXO I

#### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

#### ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

#### TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



Turnitin porcentaje de plagio 12%

F\_AA\_236

#### CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

#### TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Quito, D.M. 20 de febrero de 2024

De mi consideración:

Yo, SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA, en calidad de Directora del Trabajo de Integración Curricular titulado: EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA asociado al proyecto: EVALUACIÓN DEL SISTEMA PARA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA PROVENIENTE DE UN MANANTIAL DE FONDO EN EL BARRIO PRADERAS DEL ILALÓ PERTENECIENTE A LA PARROQUIA LA MERCED, CANTÓN QUITO elaborado por el estudiante ABEL STEVE VILLALVA GARCÍA de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL, certifico que he empleado la herramienta antiplagio "TURNITIN" para la revisión de originalidad del documento escrito producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 12%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



**Patricia Panchi Jima**

**Docente ocasional a tiempo completo**

ESFOT

## Tesis final\_Villalva

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

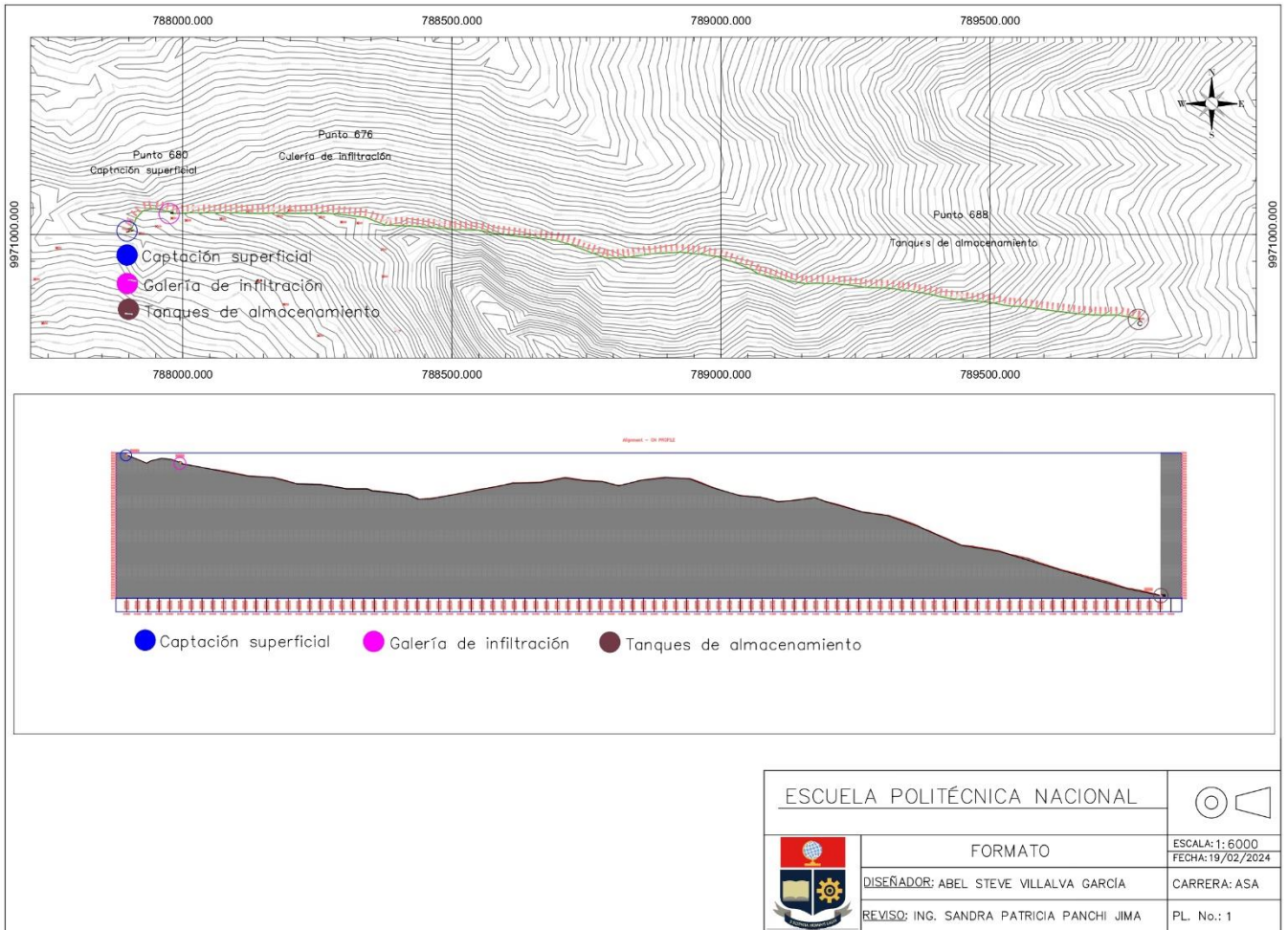
<b>1</b>	<b>repositorio.unesum.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Colombia</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repository.ucc.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Aliat Universidades</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>swwm.info</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>



**ANEXO II**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



Plano implantación general y perfil de la línea de conducción existente.

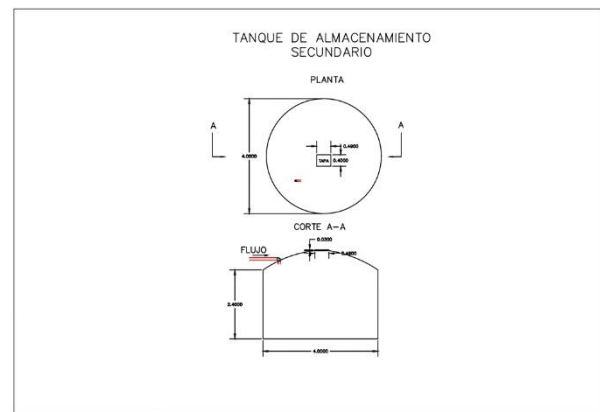
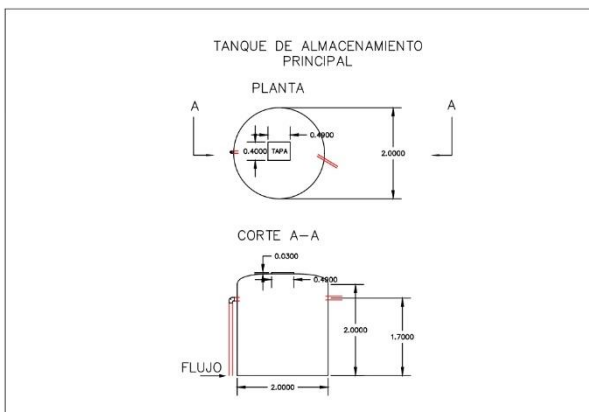
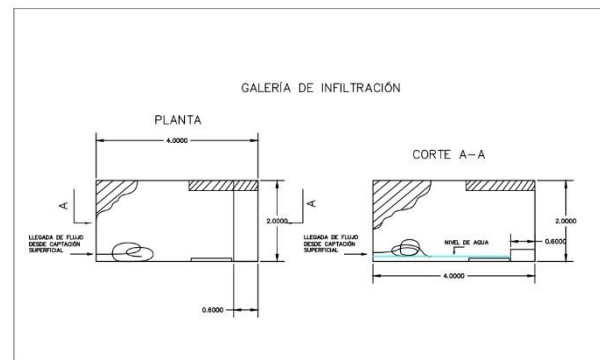
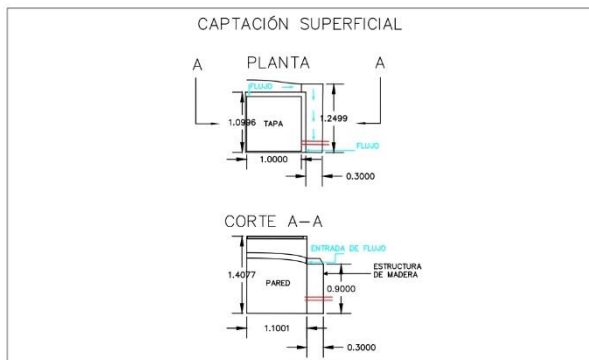




**ANEXO III**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



Plano de infraestructuras existentes de captación y tanques de almacenamiento.



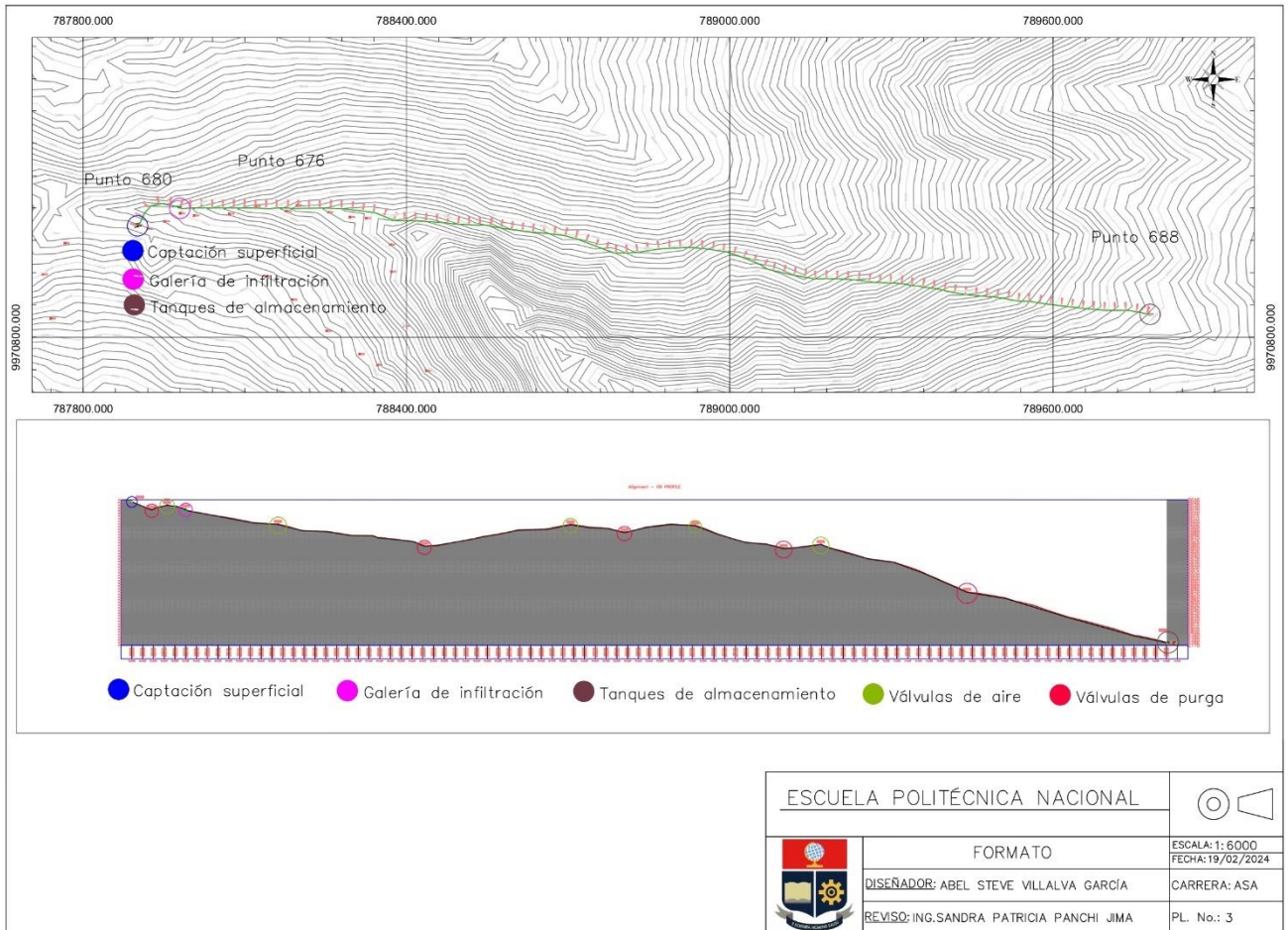
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		
	FORMATO	ESCALA: 1:100 FECHA: 19/02/2024
	DISEÑADOR: ABEL STEVE VILLALVA GARCÍA	CARRERA: ASA
	REVISOR: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA	PL. No.: 2



**ANEXO IV**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



Plano propuesta de mejora implantación general y perfil de la línea de conducción.







# ANEXO V

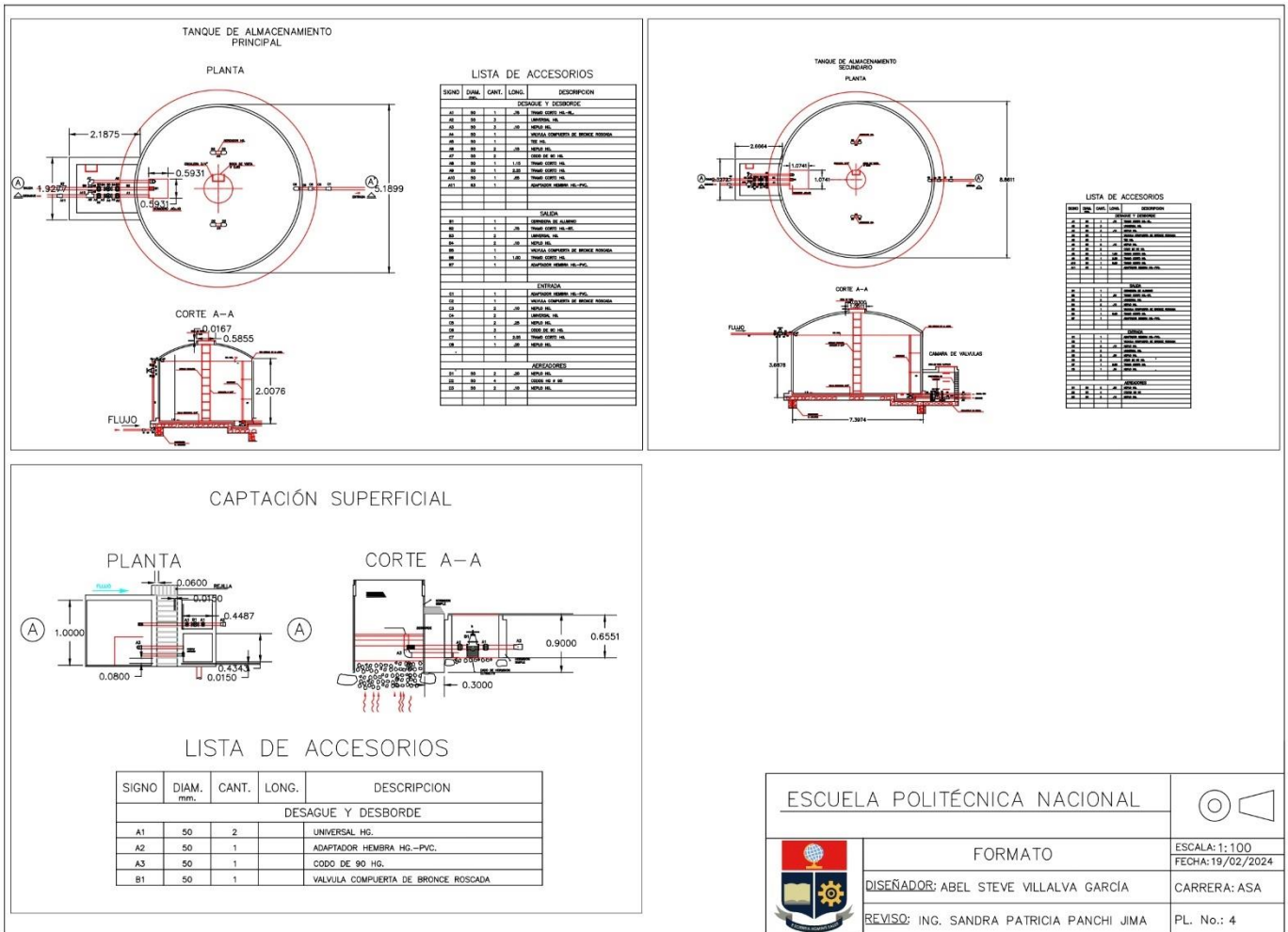
## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

#### TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



Plano de propuesta de mejora en estructura de captación y tanques de almacenamiento.





**ANEXO VI**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**  
**MEMORIA TÉCNICA**



## **1. Introducción**

El propósito del proyecto es evaluar el sistema de captación, conducción y almacenamiento del recurso hídrico. Si bien se indicó que la fuente es un manantial de fondo, en la visita a campo se pudo constatar que la fuente de captación proviene de un manantial superficial y otro subterráneo lo cual implica un análisis detallado de cada componente involucrado en el suministro de agua. Este sistema creado para satisfacer las necesidades hídricas de la comunidad se somete a un análisis exhaustivo para asegurar su eficiencia y sostenibilidad. Los pobladores de esta zona consumen este recurso por más de 30 años, por lo que es necesario e indispensable realizar un control y evaluación de las estructuras que almacenan el líquido vital, y mediante las cuales dotan de agua a más de 3000 habitantes por día.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar el sistema existente para captación, conducción y almacenamiento de agua en el barrio Praderas del Ilaló perteneciente a la parroquia La Merced, cantón Quito.

### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Levantar información de las estructuras de captación, conducción y almacenamiento existentes.
2. Evaluar la infraestructura existente de captación, conducción y almacenamiento de agua para el consumo de los habitantes del barrio.
3. Plantear propuestas de mejora al funcionamiento del sistema de agua.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Levantamiento de información**

Con ayuda de los dirigentes del GAD y del barrio se dirigió hacia el primer punto de captación la cual corresponde a una fuente superficial ubicada en la abscisa 0+000,00 y a una elevación de 3041 m. También, se dirigió hacia el segundo punto de captación el cual corresponde a una galería de infiltración ubicada en la abscisa 0+100,00 y a una elevación de 3026,73 m. Finalmente se visitó los tanques de almacenamiento los cuales están ubicados en la abscisa 1+921,15 y a una elevación de 2780 m.

#### **Captación superficial**

La estructura que se catastró es una caja de hormigón la cual recoge el agua superficial que cae de la vertiente y tiene una salida conectada a una manguera de PVC de 3" de diámetro color negro, esta manguera se dirige a lo largo de la margen izquierda del cauce hacia la galería de infiltración.

Este tanque cuenta con una estructura de madera en la parte frontal por donde vierte el agua hacia el interior e ingresa hacia el primer tanque.



**Figura 3.1.** Captación superficial existente

#### **Captación galería de infiltración**

Esta galería se encuentra localizada aguas abajo de la captación superficial, es una estructura ubicada dentro de una cueva de montaña la cual tiene una puerta que se asegura con un candado. A través de esta galería se infiltra el agua subterránea, la misma

que es drenada mediante una tubería de 50 mm de diámetro a lo largo de la margen izquierda del cauce hacia el tanque de almacenamiento principal.



**Figura 3.2.** Captación galería de infiltración

### **Conducción**

Se hizo el trazado de la tubería de aducción desde la captación superficial hacia la galería de infiltración con polilíneas entre las curvas de nivel por la margen izquierda del cauce. Luego, se hizo el trazado de la tubería que transporta el agua cruda hacia los tanques de almacenamiento con polilíneas por la margen derecha del cauce de acuerdo a las indicaciones de los dirigentes.



**Figura 3.3.** Puntos de captación y tanques de almacenamiento

### **Tanques de almacenamiento**

Durante la visita a los tanques que almacenan el líquido vital se observó que estas estructuras tienen un deterioro importante, esto se debe al tiempo que ya llevan en existencia. También, el mantenimiento que se le da a las mismas no es constante por lo que su desgaste incrementa al pasar del tiempo.

### **Tanque de almacenamiento principal**

Esta estructura es de hormigón y tiene forma cilíndrica. El agua llega a este tanque a través de una tubería de PVC de 2" de diámetro y aquí es donde se realiza el primer proceso de tratamiento del agua, la desinfección.



**Figura 3.4.** Tanque de almacenamiento principal existente

### **Tanque de almacenamiento secundario**

Esta estructura también es de hormigón, pero su forma es cónica. A esta estructura llega el agua del primer tanque con ayuda de una tubería de acero galvanizado de 2" de diámetro, con una longitud de 3,10 metros y es utilizada para realizar la segunda desinfección.



**Figura 3.5.** Tanque de almacenamiento secundario existente

### **3.2. Aforo de caudal mediante método volumétrico**

Para establecer el caudal que ingresa al tanque principal, se procedió a un aforo volumétrico con ayuda de un balde de 20 L. Se colocó el balde en la llegada del agua al

tanque de almacenamiento y se registró el tiempo que tardó en llenar el mismo. Se realizó 3 aforos siguiente los mismos pasos.

### 3.3. Cálculo de población

Los datos de los censos poblacionales se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), sin embargo, los datos corresponden a la población de la parroquia La Merced por lo que se tuvo que determinar el porcentaje de habitantes que le corresponden al barrio Praderas del Ilaló a partir de la información poblacional de toda la parroquia. Según el gobierno autónomo de La Merced, los barrios de la zona alta corresponden al 20% de la población parroquial. De acuerdo a los últimos censos realizados en la parroquia, actualmente el barrio Praderas del Ilaló cuenta con 1679 habitantes aproximadamente. Con base en ello, se determinó la población futura del barrio el cual es de 3778 habitantes.

### 3.4. Cálculo de dotación de agua

Se estimó una dotación neta de 150 L/hab\*día según la Norma CO 10.7 – 601, tabla 2.3, con una población menos de 5000 habitantes para el barrio praderas del Ilaló.

**Tabla 3.1.** Dotación de agua según los habitantes

<b>Población (Habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media (Lt/Hab*día)</b>
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230



De acuerdo con este dato se calculó la dotación total de agua diaria para cada habitante del barrio, dando como resultado 187.5 L/hab\*día.

### 3.5. Simulación EPANET

Con la ayuda del programa EPANET se realizó la simulación hidráulica con los trazados tentativos de la línea de conducción de las tuberías existentes. La simulación tuvo como objetivo determinar el caudal, las presiones y velocidades en el sistema.

## 4. Resultados

### 4.1. Propuesta de mejora

#### Captación Superficial

Las dimensiones de la estructura de hormigón son: 1.4 m de alto, 1.10 m de ancho por 1.10 m de profundidad. Para la caja frontal las dimensiones son: 0.9 m de alto, 0.3 m de ancho y 1.25 m de profundidad.

Con base en la estructura existente, se plantea añadir una rejilla en la superficie de la caja que se ubica en la parte frontal del tanque de captación por donde vierte la mayor cantidad de caudal, esto para retener los materiales gruesos que pueden ingresar a la estructura ocasionando posibles obstrucciones en la misma o en la línea de conducción. También, se plantea añadir una cámara de válvulas para control o corte de flujo, en la estructura se contará con una tubería de salida para conservar el caudal ecológico el cual es normado.

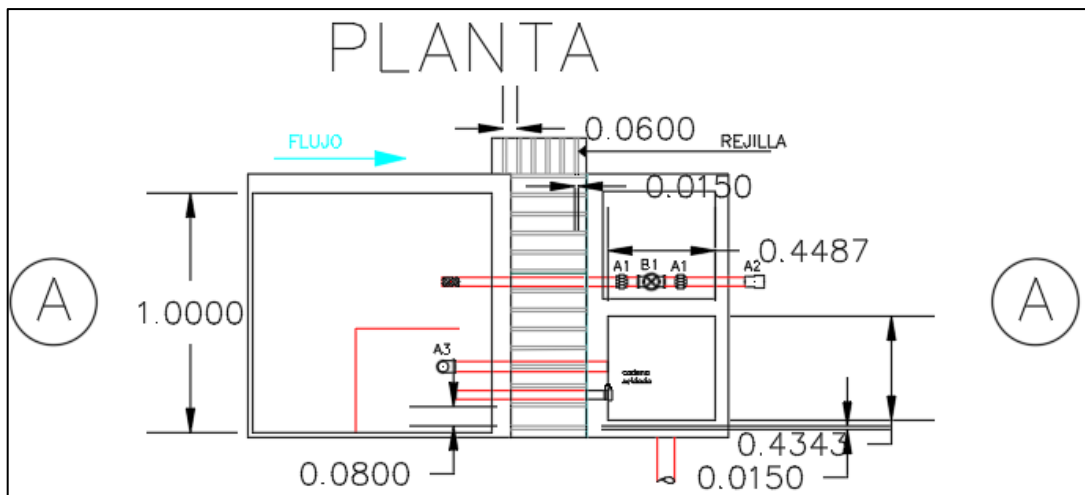
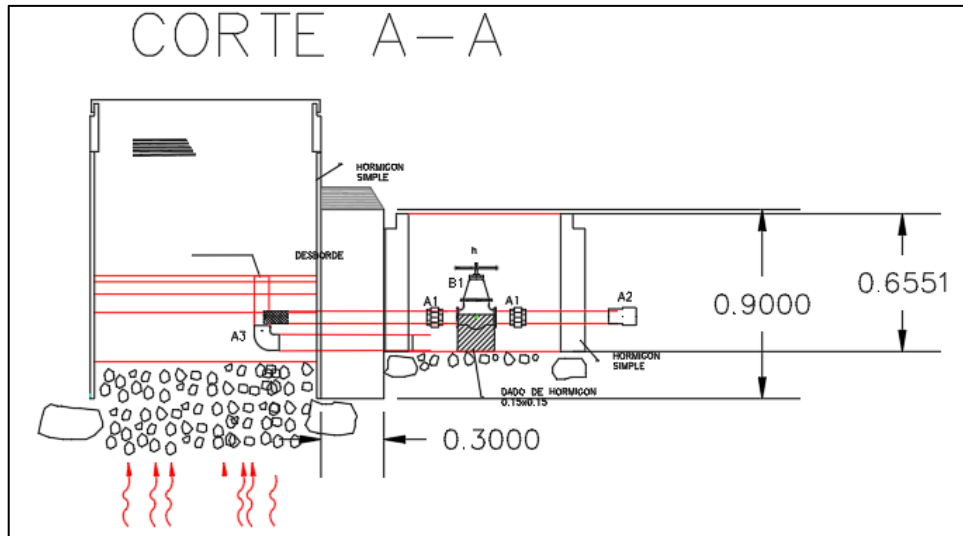


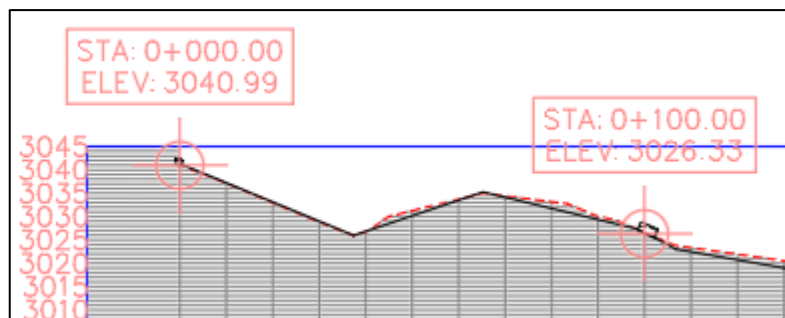
Figura 4.1. Planteamiento de mejora - Captación superficial vista planta



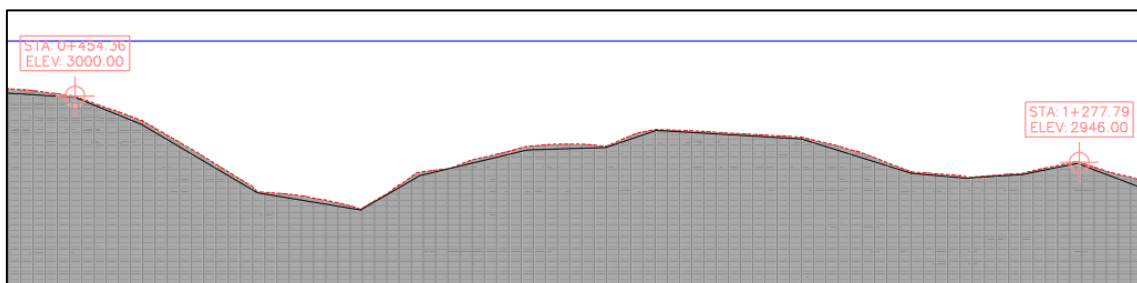
**Figura 4.2.** Planteamiento de mejora - Captación superficial vista corte

### Conducción

Se presenta el perfil del trazado de la tubería.

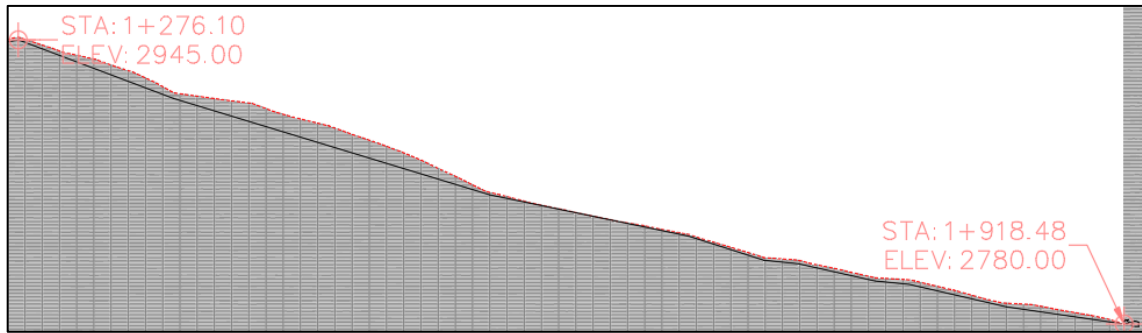


**Figura 3.4.** Perfil – Línea de conducción existente desde la captación superficial abscisa 0+000.00 hasta la galería de infiltración abscisa 0+100.00



**Figura 3.5.** Perfil – Línea de conducción existente desde abscisa 0+454.36 hasta abscisa 1+277.79

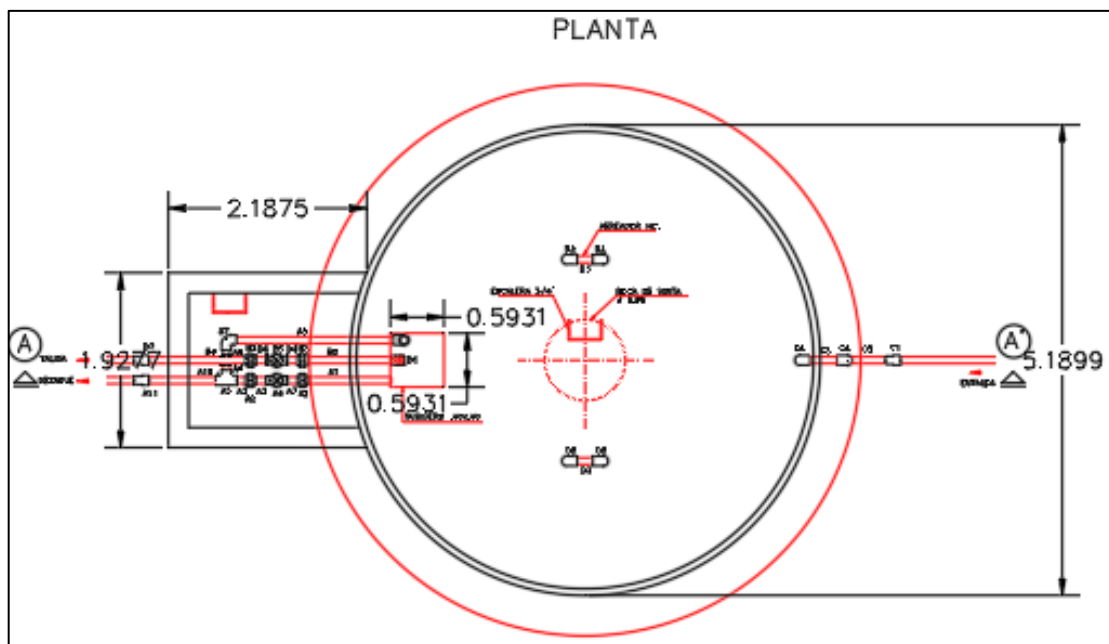




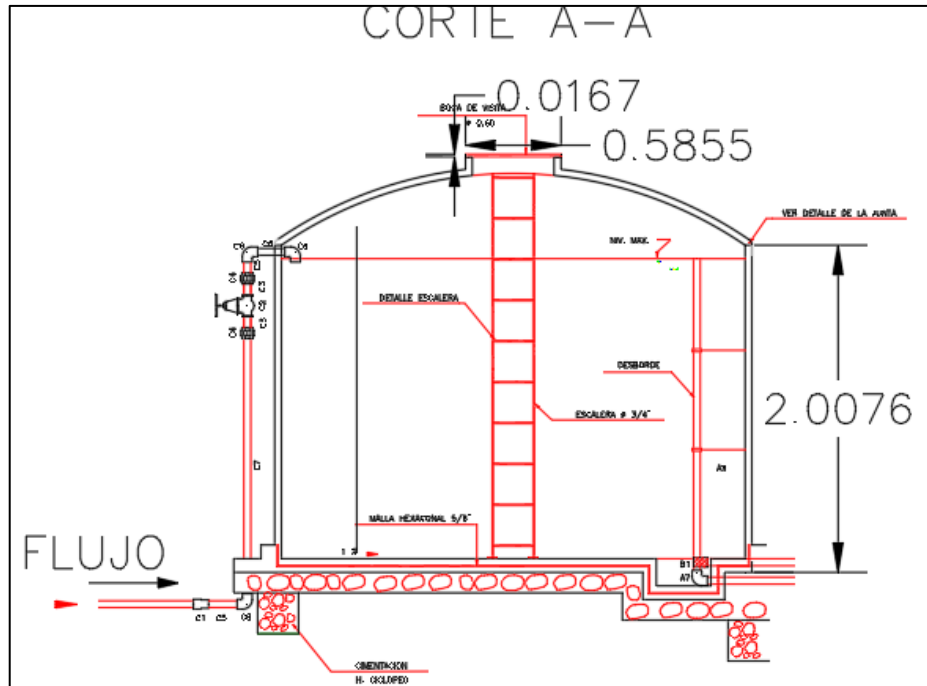
**Figura 3.6.** Perfil – Línea de conducción existente desde la abscisa 1+277.79 hasta los tanques de almacenamiento abscisa 1+918.48

### Tanque de almacenamiento principal

Con relación a los tanques de almacenamiento existentes, se plantea mejoras en la estructura con la implementación de accesorio y válvulas que permitan un control adecuado del flujo.



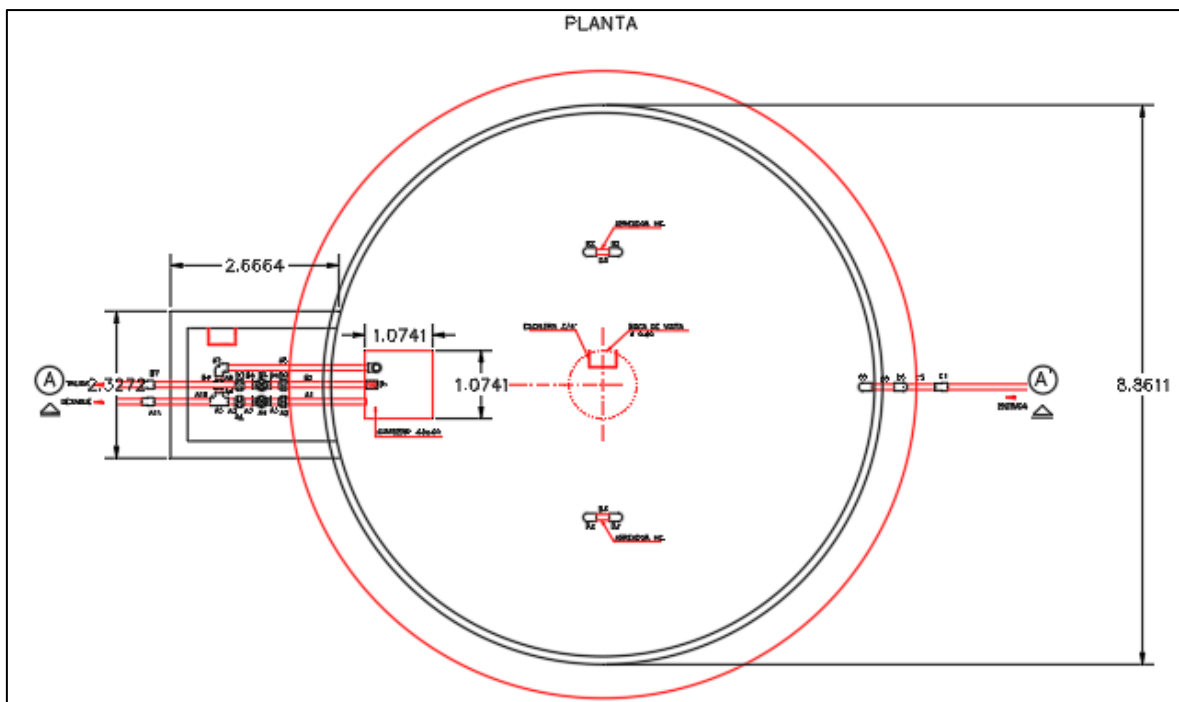
**Figura 4.3.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento principal vista planta



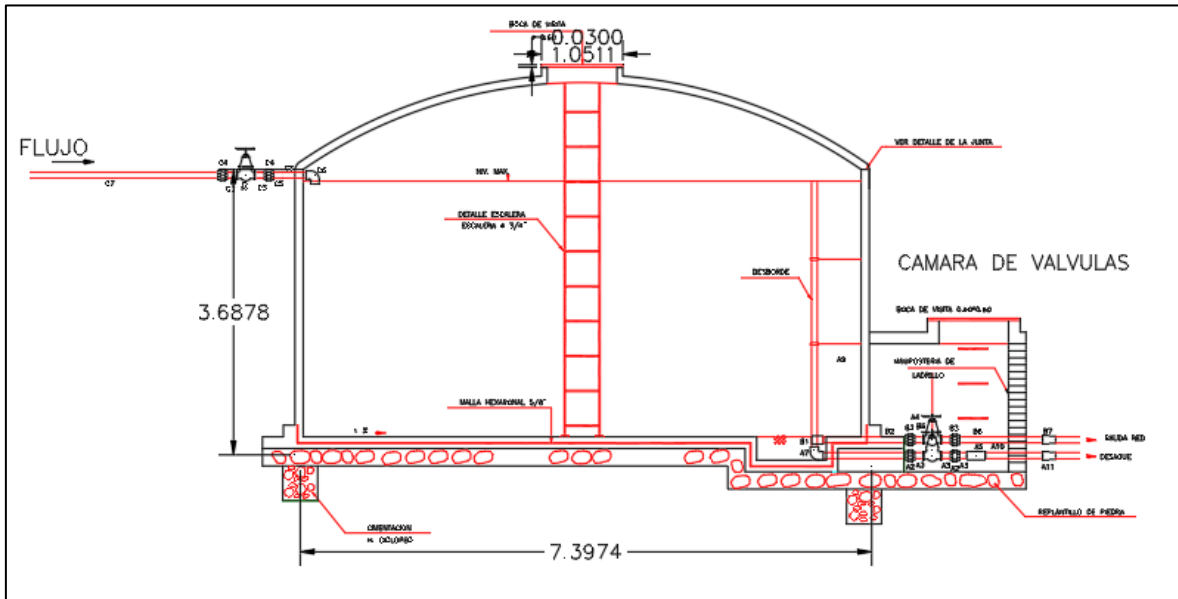
**Figura 4.4.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento principal vista corte

### Tanque de almacenamiento secundario

Así mismo, se plantea mejoras para el tanque que almacena el agua previa a la distribución. Las mejoras consisten en colocación de accesorios y válvulas para un mejor funcionamiento.



**Figura 4.5.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento secundario vista planta



**Figura 4.6.** Planteamiento de mejora – Tanque de almacenamiento secundario vista corte

#### 4.2. Caudales aforados

A continuación, se presentan los resultados de los 3 aforamientos realizados en campo.

**Tabla 4.1.** Determinación de caudal de ingreso al tanque de almacenamiento

N° aforo	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	20	4.86	4.11
2	20	4.85	4.12
3	20	4.88	4.09
		<b>Caudal</b>	<b>4.12</b>

#### 4.3. Tanques de almacenamiento

##### Tanque de almacenamiento principal

En base a las dimensiones tomadas al tanque de almacenamiento principal, se determinó que el volumen del tanque es de 6,28 m<sup>3</sup>.

##### Tanque de almacenamiento secundario

A partir de las dimensiones del tanque que almacena el agua previa a la distribución en las viviendas, se determinó un volumen de 50,26 m<sup>3</sup>.

#### 4.4. Volumen de agua requerido

El volumen de agua necesario para el abastecimiento del barrio Praderas del Ilaló, con base al método de la curva acumulada de consumo calculado es de 131,15 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se recomienda aumentar la capacidad del tanque de almacenamiento para cubrir con la demanda de agua de los pobladores del barrio.

#### 4.5. Simulación en EPANET

Se realizó la simulación hidráulica con el trazado tentativo de las tuberías, se ingresó datos de cotas, coeficiente de rugosidad y diámetros de tuberías.

#### Resultado de presiones

El resultado en el tramo de conducción existente refleja presiones que no cumplen con la norma establecida la cual habla de presiones mínimas de 5 m.c.a. Así mismo, se refleja presiones negativas en los siguientes tramos; abscisa 0+814,37 (-59,85), abscisa 0+914,33 (-59,54), abscisa 1+045.53 (-90,66), abscisa 1+209.50 (-71,67) y abscisa 1+278,45 (-88,98). Esto estaría provocando daños y roturas en las tuberías.

**Tabla 4.3.** Presiones

Nodo ID	Abscisa	Elevación (m)	Presión (m)
Junc n1	0+000,00	3041	-0,01
Junc n2	0+037,02	3026,02	14,70
Junc n3	0+100,00	3026,73	13,53
Junc n4	0+543,19	2958,71	18,74
Junc n5	0+814,37	2998,97	-59,85
Junc n6	0+914,33	2984,54	-59,54
Junc n7	1+045,53	2997,14	-90,66
Junc n8	1+209,50	2954,4	-71,67
Junc n9	1+278,45	2962,04	-88,98
Tanque	1+921,15	2779.4	0,14

#### Resultado de caudales

El caudal reflejado en la simulación es de 4.49 L/s y el caudal volumétrico calculado es de 4.12 L/s, lo que evidencia un resultado cercano al caudal medido en campo.

**Tabla 4.4. Caudales**

<b>Nodo ID</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
Junc n1	0+000,00	3041	4,49
Junc n2	0+037,02	3026,02	4,49
Junc n3	0+100,00	3026,73	4,49
Junc n4	0+543,19	2958,71	4,49
Junc n5	0+814,37	2998,97	4,49
Junc n6	0+914,33	2984,54	4,49
Junc n7	1+045,53	2997,14	4,49
Junc n8	1+209,50	2954,4	4,49
Junc n9	1+278,45	2962,04	4,49
Tanque	1+921,15	2779.4	4,49

### **Resultado de velocidades**

En la simulación hidráulica, se evidencia que el sistema está en la velocidad mínima y máxima de 0.6 m/s a 3.0 m/s respectivamente para agua cruda.

**Tabla 4.5. Velocidades**

<b>Nodo ID</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Velocidades (m/s)</b>
Junc n1	0+000,00	3041	2,29
Junc n2	0+037,02	3026,02	2,29
Junc n3	0+100,00	3026,73	2,29
Junc n4	0+543,19	2958,71	2,29
Junc n5	0+814,37	2998,97	2,29
Junc n6	0+914,33	2984,54	2,29
Junc n7	1+045,53	2997,14	2,29
Junc n8	1+209,50	2954,4	2,29
Junc n9	1+278,45	2962,04	2,29
Tanque	1+921,15	2779.4	2,29

### **4.6. Válvulas requeridas**

Se observó que la conducción no cuenta con ningún tipo de válvulas, la ausencia de estas puede desembocar en daños graves y funcionamiento inadecuado a lo largo de la conducción. Por ello, se plantea colocar válvulas de aire, purga y compuerta en el sistema que conduce el agua hacia los tanques de almacenamiento.

## Válvulas de aire

Este tipo de válvula es indispensable para controlar el aire en el sistema de conducción. Ayudará a prevenir la poca eficiencia provocada por el aire acumulado durante el llenado de tuberías y en las operaciones bajo presión.

Las válvulas de aire se colocarán en los picos altos de la línea de conducción, en intervalos de 400 a 800 m.

**Tabla 4.6.** Ubicación de válvulas de aire en el sistema

Válvulas de aire		
N° de válvula	Abcisas	Elevación
Válvula 1	0+814,37	2999,57
Válvula 2	1+045,53	2997,74
Válvula 3	1+278,45	2962,64

## Válvula de purga

Las válvulas de purga son igual de importantes que las de aire, estas válvulas se colocan en los puntos bajos de la línea de conducción, igualmente procurando mantener intervalos de distancia de 400 m a 800 m.

**Tabla 4.7.** Ubicación de válvulas de purga en el sistema

Válvulas de purga		
N° de válvula	Abcisas	Elevación
Válvula 1	0+037,02	3026,02
Válvula 2	0+543,19	2959,31
Válvula 3	0+914,33	2985,14
Válvula 4	1+209,50	2955

## Válvula de compuerta

Estas válvulas cumplen un rol importante en casos de mantenimiento o daños sectorizados en el sistema. Así mismo, ayudará al control del fluido en toda la conducción hacia los tanques de almacenamiento

Por ello, se propone colocar válvulas de corte en la captación superficial, en la salida de la galería de infiltración y en los dos tanques de almacenamiento de agua.

#### 4.7. Diámetros de tuberías en la conducción

Las presiones negativas en el sistema se presentan porque las tuberías actuales de 50 mm y 90 mm están por encima de la línea piezométrica hidráulica, esto por la configuración topográfica de la zona, ya que esta se compone de montañas y quebradas. Estas presiones producen roturas en las tuberías que conducen el agua hacia los tanques de almacenamiento.

Por ello, para eliminar las presiones negativas en el sistema en base a los resultados del simulador hidráulico EPANET, se recomienda cambiar las dimensiones de tuberías existentes con diámetros entre 50 mm a 90 mm según los tramos que se detallan en la tabla 3.8. Con estos diámetros aumentará la capacidad de flujo en el sistema dando un caudal de 6,60 L/s.

Se tomó referencias del catálogo de tuberías comerciales plastigama Wavin.

**Tabla 4.8.** Diámetros recomendados en los tramos de conducción.

Tramos	Abscisa Inicio	Abscisa Final	Diámetro nominal (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (mm)	Presión de trabajo (Mpa)
Tramo 1	0+000,00	0+037,02	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 2	0+037,02	0+100,00	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 3	0+100,00	0+543,19	90	1,8	86,4	0,5
Tramo 4	0+543,19	0+814,37	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 5	0+814,37	0+914,33	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 6	0+914,33	1+045,53	75	1,9	71,2	0,63
Tramo 7	1+045,53	1+209,50	63	2	59	0,8
Tramo 8	1+209,50	1+278,45	50	1,6	46,8	0,8
Tramo 9	1+278,45	1+921,15	50	1,6	46,8	0,8

## Modelado de conducción con diámetros propuestos

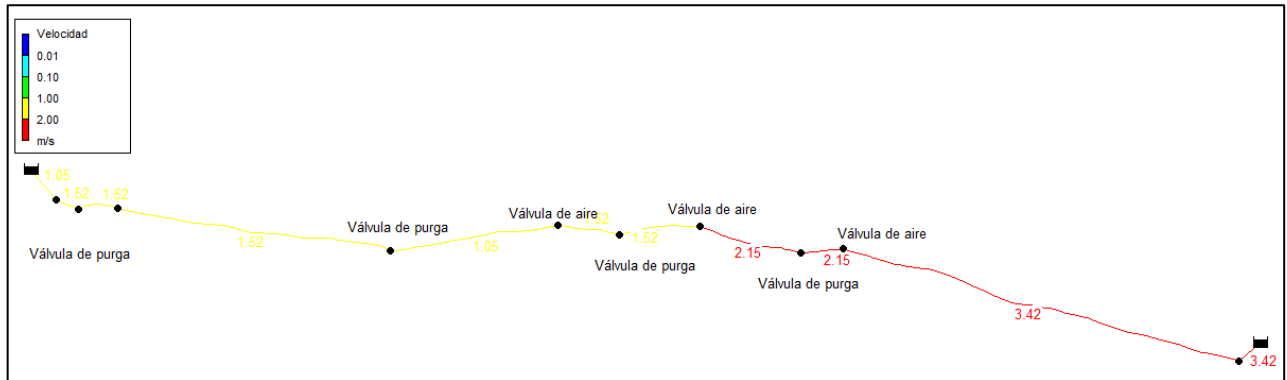


Figura 4.7. Velocidad

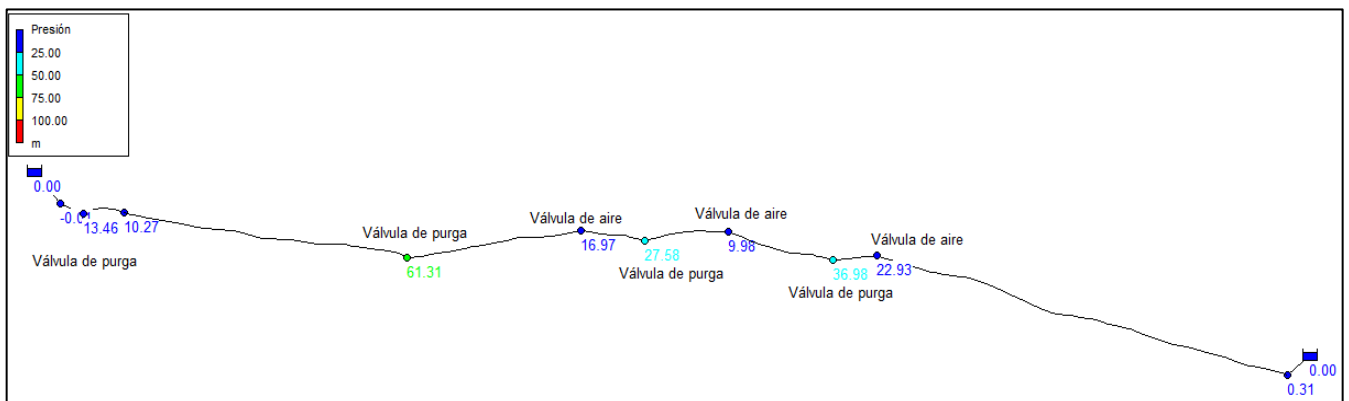


Figura 4.8. Presiones

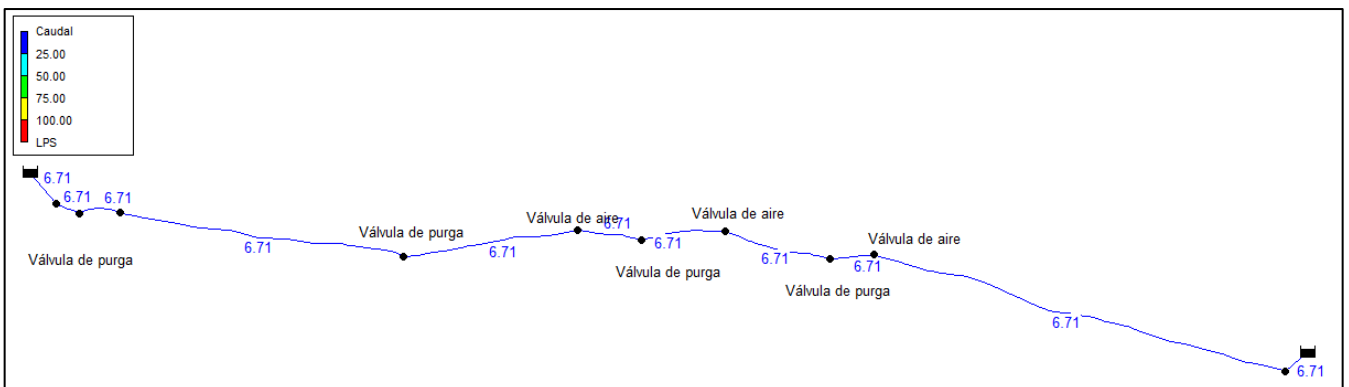


Figura 4.8. Caudal



## **4.8. Guía de mantenimiento de estructuras existentes**

### **Captación superficial**

#### **a) Preventivo**

- Limpieza del terreno
- Mantener libre y sin obstrucciones los accesos
- Revisar filtraciones o grietas en las estructuras
- Verificar que llegue suficiente agua al tanque
- Realizar limpieza y desinfección del tanque de captación.

#### **Pasos a seguir**

- Cerrar el ingreso de agua al tanque
- Eliminar sedimentos presentes en el fondo del tanque, con ayuda de equipos acordes con la característica de la estructura
- Lavar el interior del tanque y las columnas con escobillas para eliminar lodos impregnados.
- Eliminar el agua de lavado mediante motobombas.
- Efectuar la limpieza hasta obtener agua lo suficientemente clara
- Abrir la entrada del agua.

#### **b) Correctivo**

- Reparar daños en la estructura
- Cambiar los accesorios desgastados o rotos.
- Limpiar y desinfectar el tanque.

### **Galería de infiltración**

Por lo general, si una galería es diseñada y construida de manera correcta no sólo operará sin problemas, sino que estará libre de mantenimientos.

#### **a) Preventivo**

- Limpieza del tanque recolector
- Mantener libre y sin obstrucciones los accesos
- Revisar filtraciones o grietas en las estructuras
- Limpieza del área alrededor de la galería
- Eliminación de material grueso flotante en la galería

## **b) Correctivo**

- Repara daños en la estructura
- Cambiar los accesorios desgastados o rotos.
- Limpiar y desinfectar el tanque.

### **Tanques de almacenamiento**

## **a) Preventivo**

- Revisión de filtración o grietas en la estructura y accesorios
- Verificar la llegada de agua al tanque
- Limpieza y desinfección del tanque

## **Pasos a seguir**

- Cerrar el ingreso de agua al tanque
- Eliminar sedimentos presentes en el fondo del tanque, con ayuda de equipos acordes con la característica de la estructura
- Lavar el interior del tanque y las columnas con escobillas para eliminar lodos impregnados.
- Eliminar el agua de lavado mediante motobombas.
- Efectuar la limpieza hasta obtener agua lo suficientemente clara.
- Controlar los residuos de cloro en el tanque mediante un kit exclusivo para esto. Si el nivel de cloro es el adecuado y dentro de los límites aceptados, el tanque de almacenamiento está listo para su uso.

## **b) Correctivo**

- Repara daños en la estructura
- Cambiar los accesorios desgastados o rotos.
- Limpiar y desinfectar el tanque.

## **5. Conclusiones**

- Se realizó la evaluación de las estructuras de captación de agua existentes en el barrio Praderas del Ilaló y se observó que, si bien ayudan a transportar el agua hacia los tanques de almacenamiento, las estructuras no cumplen como captación, tanto la superficial como la subterránea.
- La conducción de agua no cuenta con válvulas que ayuden a controlar el flujo ni posibles eventos hidráulicos, por lo que el mantenimiento de la misma es complejo o nulo.

- Se realizó una evaluación preliminar de acuerdo a las indicaciones y datos obtenidos por parte de las autoridades del GAD La Merced y el barrio Praderas del Ilaló.
- De acuerdo con el método de la curva acumulada de consumo para determinar el volumen de los tanques de almacenamiento existentes se observó que el volumen de agua almacenado tiene un déficit para cubrir la demanda de los pobladores de esta zona.
- Para levantar los puntos que permitan tener la ubicación del sistema, se ocupó el GPS manual. Se utilizó información cartográfica de la zona del proyecto y puntos georreferenciados de la conducción ya que no se obtuvo con precisión el recorrido de las tuberías que transportan el agua hacia los tanques por el desconocimiento del personal que acompañó en el recorrido de la zona. Se obtuvieron curvas de nivel con los puntos registrados en el GPS. Esto se puede reflejar en la planimetría y perfiles de la zona.
- Con base a la simulación hidráulica con el programa EPANET se evidenció que las presiones en la línea de conducción no cumplen con lo establecido por normativa.
- En cuanto a la velocidad de circulación en el sistema, se refleja una velocidad de flujo que cumple con la normativa para agua cruda.
- Se planteó colocar válvulas de aire, válvulas de purga y válvula mariposa en la llegada a los tanques de almacenamiento. A pesar de que por la planimetría del lugar se complica colocar en cotas más arriba de la conducción, las válvulas de aire y purga son muy importantes para mantener, controlar y garantizar un funcionamiento correcto del sistema.

## **6. Recomendaciones**

- Se debe acondicionar el sistema de captación superficial para que este tenga un funcionamiento correcto y eficiente en la recolección de estas aguas.
- Debido a que la conducción no cuenta con válvulas que ayuden a controlar el flujo o posibles problemas hidráulicos, se deben añadir válvulas de aire y purga para permitir la salida de aire durante el llenado de las tuberías suprimiendo bolsas de este mismo que perturben el flujo del agua, además las válvulas mariposa para el corte o control del flujo.
- Se recomienda cambiar las dimensiones de las tuberías que van desde 50 mm a 90 mm de diámetro como se indica en la tabla 3.8. Esto para eliminar las presiones negativas que se presentan en el sistema debido a la configuración de la zona.

- Plantear el diseño de un tanque con mayor capacidad de almacenamiento de agua para cubrir con la dotación en la estimación de población futura de la zona.
- Se recomienda que las tuberías estén enterradas mínimo 0.6 m, esto para evitar la cristalización de las mismas por efectos climáticos que provoquen daños y roturas.
- Se deben realizar mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema y tanques de almacenamiento de manera más periódica para evitar daños prematuros en las estructuras de captación, conducción y almacenamiento.



**ANEXO VII**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**ESCUELA FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**  
**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



Suministro a gravedad de un tanque superficial

HORA	CONSUMO %QMaxD	$\Sigma$ Consumo	Suministro (%)	$\Sigma$ Suministro	$\Delta$ (S - C)	$\Sigma\Delta$ (S - C)	Volumen (%)
	Consumo horario de la población	Curva integral de consumo (Consumo Acumulado)	Agua que llega al tanque (Captación, planta de tratamiento)	Curva integral del suministro	Déficit horario	Déficit acumulado	Volumen horario de agua en el tanque (% QmaxD)
1	1	1	4,17	4,17	3,17	3,17	11,17
2	1	2	4,17	8,33	3,17	6,33	14,33
3	1	3	4,17	12,50	3,17	9,50	17,50
4	1	4	4,17	16,67	3,17	12,67	20,67
5	2	6	4,17	20,83	2,17	14,83	22,83
6	4	10	4,17	25,00	0,17	15,00	23,00
7	9,5	19,5	4,17	29,17	-5,33	9,67	17,67
8	8	27,5	4,17	33,33	-3,83	5,83	13,83
9	7	34,5	4,17	37,50	-2,83	3,00	11,00
10	4	38,5	4,17	41,67	0,17	3,17	11,17
11	3	41,5	4,17	45,83	1,17	4,33	12,33
12	5,5	47	4,17	50,00	-1,33	3,00	11,00
13	9	56	4,17	54,17	-4,83	-1,83	6,17
14	5	61	4,17	58,33	-0,83	-2,67	5,33
15	3	64	4,17	62,50	1,17	-1,50	6,50
16	2,5	66,5	4,17	66,67	1,67	0,17	8,17
17	3	69,5	4,17	70,83	1,17	1,33	9,33
18	3,5	73	4,17	75,00	0,67	2,00	10,00
19	5	78	4,17	79,17	-0,83	1,17	9,17
20	9	87	4,17	83,33	-4,83	-3,67	4,33
21	8,5	95,5	4,17	87,50	-4,33	-8,00	0
22	2	97,5	4,17	91,67	2,17	-5,83	-2,17
23	1,5	99	4,17	95,83	2,67	-3,17	-4,83
24	1	100	4,17	100,00	3,17	0,00	-8,00