

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA COMUNIDAD SAN ANTONIO DEL PUNGE, QUIROGA

EVALUACIÓN HIDRÁULICA

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

GI SELA MARIBEL TÚQUERRES SAAVEDRA

DIRECTOR: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, GISELA TÚQUERRES 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.

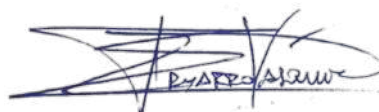


GISELA TÚQUERRES

gisela.tuquerres@epn.edu.ec

giselatuquerres@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por GISELA TÚQUERRES, 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.

GISELA TÚQUERRES

DEDICATORIA

A mi madre, Luz Saavedra por su apoyo incondicional y confianza que me brindó para concluir con mi formación profesional.

A Dios, por darme la fuerza para no rendirme en esta larga travesía y darme la sabiduría para seguir por el camino correcto.

A los jóvenes indígenas, que a pesar de que aún exista discriminación, podemos sobresalir en la sociedad y demostrar que también somos capaces de ser técnicos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme seguir con vida y gozar de buena salud a pesar de las dificultades que hoy en día se vive debido a la pandemia.

A mi madre, Luz Saavedra que a pesar de los problemas económicos permitió culminar con mis estudios y ser el mejor ejemplo de seguir y no rendirme en conseguir mis objetivos.

A mis hermanos, por todos sus consejos y ánimos que siempre estuvieron recalcándome en cada momento para lograr culminar esta meta.

A Edison Pijuango, por el apoyo económico en momentos complicados y facilitarme los equipos necesarios para poder seguir con mi educación.

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

A las personas de la comunidad San Antonio de Punge por su colaboración y acogida ante todos los requerimientos para poder finalizar este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1 Métodos y materiales para recopilar información.....	9
2.2 Visitas Técnicas.....	9
2.3 Levantamiento de puntos georreferenciados	9
2.4 Aforo de caudales.....	10
2.5 Cálculo de caudales	11
2.6 Procesamiento de datos	12
2.7 Trazados de perfiles	13
2.8 Simulación hidráulica.....	13
2.9 Evaluación del tanque de distribución.....	14
2.10 Propuestas	15
3 RESULTADOS	16
3.1 Información recopilada	16

3.2	Análisis de la encuesta	19
3.3	Caudales	21
3.4	Población futura.....	22
3.5	Caudal de diseño.....	23
3.6	Simulación Hidráulica	24
3.7	Propuestas	27
4	CONCLUSIONES	28
5	RECOMENDACIONES.....	29
6	BIBLIOGRAFÍA.....	30
7	ANEXOS.....	i
7.1	Anexo II: Certificado de originalidad	i
7.2	Anexo II: Planos	vi
7.3	Anexo III: Simulaciones hidráulicas	xii
7.4	Anexo IV: Curva integral de consumo.....	xvi
7.5	Anexo V: Formato de encuesta.....	xviii
7.6	Anexo VI: Memoria Técnica.....	xix

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Curva de distribución horaria [24]	14
Figura 2.2: Curva integral de consumo [24]	14
Figura 3.1: Tanque de Captación.....	17
Figura 3.2: Desarenador	17
Figura 3.3: Planta de Tratamiento.....	18
Figura 3.4: Ubicación espacial de los componentes del sistema.....	19
Figura 3.5: Actividades en la que se utiliza agua	19
Figura 3.6: Fuente de agua para consumo.....	20
Figura 3.7: Línea de conducción: Presiones	24
Figura 3.8: Línea de conducción: Caudales	25
Figura 3.9: Simulación de la red de distribución: Estado Estático	26
Figura 3.10: Simulación de la red de distribución: Estado Dinámico	26
Figura 7.1: Curva integral de consumo	xvii

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Métodos para la estimación de la población [23]	11
Tabla 3.1: Diámetro de tuberías del Sistema de Abastecimiento.....	18
Tabla 3.2: Resumen de los resultados de la encuesta	20
Tabla 3.3: Microcuenca 1	21
Tabla 3.4: Microcuenca 2	21
Tabla 3.5: Datos de la Planta de Tratamiento.....	22
Tabla 3.6: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico	22
Tabla 3.7: Resultados de la población futura.....	22
Tabla 3.8: Consumo de agua	23
Tabla 3.9: Caudales de diseño	23
Tabla 3.10: Resultados de la simulación de la conducción: Nodos.....	24
Tabla 3.11: Resultados de la simulación de la línea de conducción: Tuberías	25
Tabla 3.12: Dimensiones del Tanque de distribución	26
Tabla 3.13: Capacidad del tanque de distribución	27
Tabla 7.1: Resultados de la curva integral de consumo	xvi

RESUMEN

El presente proyecto plantea mejoras al sistema de suministro de agua por medio de una evaluación hidráulica de los elementos del sistema de la comunidad de San Antonio del Punge. El sistema fue implementado de forma empírica por los propios usuarios, no existe algún estudio técnico que confirme su correcto funcionamiento, por ello se realizó una evaluación para determinar las condiciones hidráulicas del mismo. Esta evaluación se dio a partir de la captación hasta la red de distribución de las viviendas. Durante el proceso del proyecto se realizó visitas técnicas de campo con el fin de identificar las condiciones de las estructuras, además, 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 implementó el método volumétrico o instrumentos 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 con la ayuda de la directiva. Estos datos permitieron determinar el estado de la infraestructura y obtener poblaciones futuras y caudales de diseño.

Con los puntos georreferenciados tomados y con el uso del Civil 3D se obtuvo la planimetría y perfil de la conducción y distribución de agua. Posteriormente, se realizó simulaciones del sistema hidráulico con uso del software EPANET con el que se obtuvo presiones, caudales y velocidades. Partiendo de la evaluación se llegó a la conclusión que la red de distribución deber ser modificada en cuanto al diámetro de tuberías, ya que los diámetros actuales están fuera de la normativa y no tienen la capacidad de abastecer suficiente agua a las zonas baja de la comunidad. 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 que incluso las tuberías llegan a taparse.

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

ABSTRACT

This project proposes improvements to the water supply system through a hydraulic evaluation of the elements of the system of the community of San Antonio del Punge. The system was implemented empirically by the users themselves, there is no technical study that confirms its correct operation, so an evaluation was carried out to determine the hydraulic conditions of the same. This evaluation was given from the catchment to the distribution network of the houses. During the project process, technical field visits were carried out in order to identify the conditions of the structures, in addition, the survey of georeferenced points of the conduction line and the distribution network was carried out with the help of GPS, as well as the respective flow capacity where the volumetric method or specific instruments for flow measurement were implemented depending on each case. To obtain information about the distribution network and the efficiency of the service, community surveys were conducted with the help of the board. These data allowed to determine the state of the infrastructure and obtain future populations and design flows.

With the georeferenced points taken and with the use of the Civil 3D, the planimetry and profile of the conduction and distribution of water was obtained. Subsequently, simulations of the hydraulic system were carried out using the EPANET software with which pressures, flows and speeds were obtained. Based on the evaluation, it was concluded that the distribution network should be modified in terms of the diameter of pipes, since the current diameters are outside the regulations and do not have the capacity to supply enough water to the lower areas of the community. Maintenance is one of the main recommendations because of the large amounts of solids present in the water that accumulate in the storage and distribution tanks that even the pipes become clogged.

KEYWORDS: Supply, distribution, conduction, rural, flows

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El proyecto de agua Cambugán es un sistema de abastecimiento que desde hace 30 años provee agua a seis comunidades rurales indígenas, entre ellas están: Cumbas Conde, Morocho, San Antonio del Punge, Chilcapamba, Arrayanes y Morales Chupa.

En el siguiente trabajo se plantea realizar una evaluación hidráulica al sistema de suministro de agua de la comunidad de San Antonio del Punge, este análisis consiste en la determinación de las capacidades hidráulicas entre los tramos de la conducción y planta de tratamiento; el tanque y la red de distribución, con esto se pretende identificar los puntos más críticos del sistema de agua según la simulación hidráulica. Se procura analizar las características, caudales, poblaciones y problemas de las obras civiles que integran 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. Una simulación se hace 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 caudales y presiones adecuadas. Mediante los puntos previamente obtenidos con el GPS se crea superficies y con la generación de un alineamiento se obtiene perfiles y la respectiva planimetría de la zona.

La simulación se realiza 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 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 realizar cambios de diámetros de las tuberías hasta mejorar el rango de valores. Mediante esta evaluación y modificación nacen las propuestas a realizarse en el sistema de abastecimiento con el fin de mejorar la capacidad de la conducción y distribución.

1.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua para la comunidad San Antonio del Punge, Quiroga.

1.2 Objetivos específicos

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

1.3 Alcance

San Antonio del Punge es una comunidad rural perteneciente a la Parroquia de Quiroga. En esta zona, alrededor de 57 familias cuentan con el servicio de agua, el líquido vital del que se abastece la comunidad es captado de las microcuencas del Río Cambugán [1]. Sin embargo, y pese a tener la fuente descrita y otras pequeñas captaciones adicionales, el 70% del agua que se consume es únicamente transportada en una tubería cerrada y no posee ningún tipo de tratamiento, mientras que el otro 30% es transportada por canales abiertos, también sin tratamiento. Es decir, se tiene una cobertura de agua cruda amplia [2]. 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 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. 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

Sistema de Abastecimiento de Agua

El sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de estructuras conectadas que facilita la captación del agua y la conducción hasta las viviendas de los usuarios en buenas condiciones. Este sistema debe cumplir con ciertos criterios y requisitos de localización,

cantidad y calidad, garantizando un porcentaje de caudal mínimo aguas debajo de la captación [3].

Sistema de abastecimiento por gravedad

Son sistemas que permiten que el agua ubicada en una fuente elevada baje por su propio peso hasta los consumidores situados en zonas más bajas. Para este desplazamiento se utiliza la energía potencial del agua en virtud de su altura. Al aprovechar la gravedad no requiere de gastos para bombeo, el mantenimiento es mínimo y permite la distribución de agua por persona a un costo asumible para las comunidades [4].

Partes y características generales de un Sistema de Abastecimiento

Por lo general, un sistema de abastecimiento está constituido por:

- Fuente de abastecimiento
- Obras de Captación
- Línea de conducción
- Tratamiento
- Almacenamiento
- Red de distribución

Agua Cruda

El agua que se encuentra en el medio natural se conoce como agua cruda, cuyas propiedades físicas, químicas o biológicas no han sido tratadas ni modificadas. El agua natural se encuentra en contacto con diferentes medios como aire, suelo, lluvia, etc., ya sea por disolución o arrastre, incluso existe un intercambio gaseoso. Esto significa que el agua dulce puede presentar compuestos químicos naturales [5].

Fuente de abastecimiento

La fuente es un recurso hídrico del cual una comunidad obtiene agua para su consumo y es uno de los elementos primordiales para el diseño del resto del sistema. La forma natural de la fuente depende de su posición geográfica, origen, tipo y hábitos de la población. Las principales fuentes de agua en nuestro entorno son aguas superficiales y subterráneas [6].

Fuentes de abastecimiento superficiales

Son cuerpos de agua quietas o en movimiento sobre la superficie, por lo general, provienen de las precipitaciones de cada cuenca y se ven afectadas por el calor y la luz [7].

Captación

Consiste en la recolección de agua para el suministro continuo de la comunidad. El agua recolectada puede provenir de fuentes naturales superficiales o subterráneas, por gravedad o bombeo, dependiendo de las propiedades de la fuente y el caudal requerido. Las obras de captación se colocan directamente sobre la fuente y dependerán de la cantidad o flujo de agua y de lo que se desee captar [8].

Tipo de captación

Los cuerpos de agua superficiales figuran una alternativa de suministro y dependiendo de lo que se desee captar ya sea ríos, lagunas, embalses, etc, los tipos de captación son esencialmente diferentes.

- Captación en ríos
 - Obra de toma directa
 - Captación en barraje
 - Captación en dique
- Captación en presa derivadora
- Captación en presa de almacenamiento
- Captación en almacenamiento
- Captación en manantiales

Captación en ríos: Toma directa

La forma de captar agua directamente varía según el volumen de agua por captar, además, se debe tomar en cuenta varios aspectos como el régimen de escurrimiento, velocidad, pendiente, topografía, geología del suelo, niveles de agua máximo y mínimo, entre otros para poder seleccionar el tipo de obra de captación por toma directa [9].

Línea de conducción

Un kit compuesto por tuberías, accesorios y dispositivos de control para garantizar un funcionamiento adecuado cuando se transporta agua desde la fuente hasta la planta de tratamiento en condiciones suficientes de calidad, cantidad y presión, también se tiene en cuenta la topografía del terreno para su diseño [10].

Tipos de conducción

La conducción de agua por gravedad es esencial para transportar el agua sin uso de equipos adicionales. El agua baja por efecto de gravedad desde la captación hasta el tanque de almacenamiento, a través de tuberías o canales. La conducción puede ser flujo libre y a presión.

- Flujo libre: El agua conducida está en contacto con el aire, esto es característico en canales abiertos o tuberías que trabajan sin estar completamente llenas pero con constante movimiento de agua. Es fácil de operar, no requiere de reguladores de presión ni elementos de control, su costo y mantenimiento es mínimo. Por ello, las comunidades rurales dan prioridad a su implementación [11].
- Flujo a presión: Las tuberías al trabajar completamente llenas crean una presión igual o superior a la atmosférica. Estos sistemas requieren mantener determinadas presiones por lo que es necesario la regulación a través de válvulas y cámaras rompe carga [11].

Tratamiento

También conocido como potabilización. El tratamiento de agua consiste en operaciones unitarias físicas, químicas o biológicas con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes o compuestos no deseables y obtener agua con características adecuadas según el uso designado. Estos procesos varían en función de las propiedades de la fuente como de su destino final [12].

Almacenamiento

Estructuras o reservorios que permiten acumular cierto volumen de agua antes de ser distribuida permitiendo satisfacer la demanda de una población. El agua se almacena durante los momentos de poca demanda y asegura suficiente agua para las horas pico, es decir, cuando varias personas utilizan agua al mismo tiempo [11].

El agua contenida en el depósito va directamente al consumo a través de la red de distribución, por lo tanto, debe garantizar la inalterabilidad de la calidad del agua evitando variaciones de temperatura, crecimiento de algas o contaminación exterior [13].

Tanques y cisternas

Los tanques o depósitos de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados o enterrados. Generalmente son cilíndricos o rectangulares colocados sobre torres, columnas o se construyen directamente sobre o bajo la superficie del suelo [14].

Distribución

Consiste en transportar agua desde los depósitos hasta cada una de las viviendas mediante infraestructuras requeridas como tuberías de diferentes diámetros o contenedores de agua instaladas en el interior de la población proporcionando agua a los usuarios para consumo doméstico [15].

La red de distribución puede ser de tipo ramificada, mallada o mixta. Las ramificadas o también conocidas como redes abiertas están constituidas por una tubería principal del cual se desprenden varias tuberías con forma ramificada, son ideales para zonas dispersas o semidispersas. Las malladas tienen circuitos cerrados y cualquier zona puede ser distribuida por más de una tubería. Las mixtas están compuestas por redes malladas y ramificadas, son aplicables en poblaciones grandes o con un crecimiento a lo largo de vías de acceso [16].

Abastecimiento de agua en zonas rurales

El suministro de agua abarca todas las actividades para satisfacer la demanda de agua en regiones rurales ya sea para consumo y otros usos de la población, incluyendo el cultivo y ganado.

Las comunidades rurales se caracterizan por sus aspectos nómadas y agrícolas, tienden a aprovechar las aguas subterráneas, superficiales y pluviales. En algunas zonas rurales se combina el aprovechamiento de las tres fuentes dependiendo del volumen disponible en las distintas épocas del año para cubrir la demanda. La construcción y operación de estos sistemas descentralizados se llevan a cabo en casos con la participación de los beneficiarios en el marco de proyectos de autoayuda.

La captación de fuentes superficiales se realiza en pequeños embalses. El agua de precipitación se recoge en cisternas o tanques por medio de canales [17].

Gestión Comunitaria

Las alternativas que utilizan las comunidades para proveer y tratar el agua es parte de la gestión comunitaria, son formas en que los habitantes de diferentes zonas implementan procesos de organización social basados en modelos tecnológicos para acceder a los recursos, priorizar las relaciones sociales y la acción comunitario, donde la comunicación y transmisión son fundamentales. Los habitantes se organizan en torno a sus propios recursos 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 [18].

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 diseño 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. [19]. Los datos de población son utilizados para obtener la demanda, consumo o suministro de agua [20].

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 [20].

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 [19].

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 [19].

Parámetros particulares de la línea de conducción y red distribución

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

1. 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.
2. 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.
3. 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").
5. 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 [19].

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 distribución durante un periodo determinado de simulación [21].

2 METODOLOGÍA

2.1 Métodos y materiales para recopilar información

La obtención de información se dio mediante visitas de campo y recorridos por la zona que permitió identificar cada uno de los componentes, el estado físico y el funcionamiento del sistema. Las visitas se realizaron con la autorización del operador y propietarios de los terrenos, además con la colaboración del presidente de la comunidad se realizó el recorrido de la línea de conducción.

En este estudio se efectuó una encuesta de 21 preguntas de respuestas cerradas, de las cuales 10 corresponden al aspecto hidráulico del sistema, 9 referente a la calidad del agua y 2 restantes como información adicional de saneamiento de la comunidad, con el fin de evaluar los hábitos de consumo de los pobladores y obtener información sobre la realidad del sistema de agua en cada una de las viviendas. Esta actividad se llevó a cabo el día sábado 4 de diciembre de 2021 en una reunión organizada por el consejo directivo de la comunidad, donde 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.

2.2 Visitas Técnicas

Se realizó dos visitas fundamentales con el propósito de conocer el sistema de abastecimiento e identificar singularidades del mismo. La primera visita se realizó el 17 de noviembre del 2021, donde se realizó el aforo de caudales con la respectiva instrumentación y con un flexómetro se tomó las mediciones de las estructuras más relevantes. La última visita se realizó el 27 de noviembre del 2021, con la compañía del presidente de la comunidad se recorrió la línea de conducción. Durante el recorrido fue necesario herramientas de trabajo y equipos de protección como: machete, mascarilla, botas y capuchón de lluvia por el desfavorable clima y la abundante maleza.

2.3 Levantamiento de puntos georreferenciados

Con la finalidad obtener coordenadas geográficas y elevaciones de todos los componentes del sistema, se utilizó el GPS marca GARMIN. Se encendió el GPS y se empezó el recorrido en donde se tomó los puntos a lo largo de la conducción, además, se registró puntos específicos como componentes del sistema entre ellos: captación, tanque de almacenamiento, planta de tratamiento, tanque de distribución, así como también las válvulas. Además, se realizó un recorrido por la comunidad para obtener la red de

distribución y se recolectó datos que posteriormente se ubicó los puntos en el Google Earth y Civil 3D para trabajar con coordenadas UTM en la zona WGS84.

2.4 Aforo de caudales

El aforo de caudales permite determinar la cantidad de agua que atraviesa por un cauce. Para el aforo de caudales se utilizó el método volumétrico por flotadores, caudalímetro y 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. El caudalímetro digital tiene incorporado un sensor de desplazamiento que por medio de un turbohélice detecta la velocidad del flujo. 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 [22].

En la captación 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 demora en recorrer 1 metro. Se realizó 3 mediciones de cada microcuenca 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.

$$Q = V * A$$

Ecuación 2.1: Dinámica de fluidos: Caudal

Donde:

- Q= Caudal (l/s)
- V= Velocidad (m/s)
- A= Área del canal (m²)

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

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Ecuación 2.2: Ecuación Caudal Total

En la Planta de tratamiento se utilizó un caudalímetro digital marca Flow Pro 301 ideal para canales abiertos y tuberías parcialmente llenas. Se introdujo la parte inferior del

caudalímetro en el canal y se registró la velocidad. Se tomó mediciones al ingreso de la planta de tratamiento y en el canal antes de los procesos unitarios. De la misma forma, se aplicó la **Ecuación 2.1** y se determinó el caudal con el diámetro de la tubería, ancho y calado del canal.

En el tanque de almacenamiento se utilizó el medidor de flujo ultrasónico ya que el agua es de flujo presurizado. Se colocó las sondas con gel en la tubería de ingreso al tanque. Una vez estabilizado el equipo se registró los datos.

2.5 Cálculo de caudales

Estimación de Población

Para determinar la población futura se utilizó 3 métodos: lineal, geométrico y logarítmico, con la finalidad de elegir el más acorde a las características del crecimiento de la población. Para ello se utilizó los datos ya existentes de la población en el régimen cantonal desde el 2010 al 2020 difundido por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. Con esos datos se determinó la tasa de crecimiento del cantón Cotacachi como lo requiere en cada caso, posteriormente se determinó la población futura de la comunidad San Antonio del Punge.

Tabla 2.1: Métodos para la estimación de la población [23]

Método	Fórmula
Lineal	$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$ $P_f = P_{uc} + k(T_f - T_{uc})$
Geométrico	$r = \left[\left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \right]$ $P_f = P_{uc} + (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$
Logarítmico	$kg = \frac{\ln(P_{uc}) - \ln(P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci})}$ $P_f = P_{uc} * e^{kg(T_f - T_{uc})}$

Donde:

- k = Pendiente de la recta
- r = Tasa de crecimiento (método geométrico)
- kg = Tasa de crecimiento (método logarítmico)
- P_{uc} = Población del último censo (número de individuos)
- T_{uc} = Año del último censo (años)

- P_{ci} = Población del censo inicial (número de individuos)
- T_{ci} = Año del censo inicial (años)

Dotación de agua

Se estableció un consumo de agua según el “Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Sólidos en el Área Rural” de acuerdo a las actividades en que se utiliza el agua para obtener el consumo neto por habitante.

Caudal de diseño

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**.

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

Ecuación 2.3: Estimación de la dotación total

$$Q_{promedio} = \frac{\text{Consumo total} \cdot \text{Población}}{86400}$$

Ecuación 2.4: Proyección de la demanda doméstica

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

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

Ecuación 2.6: Caudal Máximo Horario

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

2.6 Procesamiento de datos

Los datos recolectados en los puntos georreferenciados fueron procesados de la siguiente manera, 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.

2.7 Trazados de perfiles

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 importó todos los puntos ya convertidos en coordenadas UTM. Se creó 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 creó un bloque y se colocó a una distancia de 100 m en el trazado, se realizó el trazado con una polilínea con divisiones de 100m para trabajar con mayor facilidad a la hora de trapazarlo al Epanet.

2.8 Simulación hidráulica

En el análisis de la conducción y distribución se utilizó el software EPANET; para la ejecución de este fueron necesarios 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 rectangulares 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 de los nodos y el diámetro de las tuberías, se tomó en cuenta el coeficiente de rugosidad de 0.12 para tuberías de PVC. Se hizo correr el programa y se obtuvo el informe hidráulico del sistema de conducción.

Lo mismo se realizó con la distribución, se creó una superficie con los datos importados de la red y se realizó el trazado con una polilínea con divisiones de 100 m. Se convirtió el archivo con Epcad en formato inp. 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 y se obtuvo el informe hidráulico estático de la distribución. Para la simulación dinámica, se determinó la demanda base por cada metro mediante la relación entre el caudal máximo

horario y la longitud total de la red. El producto de la demanda por metro y la distancia entre nodo y nodo se obtuvo la demanda base. Esto se realizó con todos los nodos, una vez finalizado se hizo correr el programa.

2.9 Evaluación del tanque de distribución

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 a partir de la curva de distribución se obtiene la curva integral.

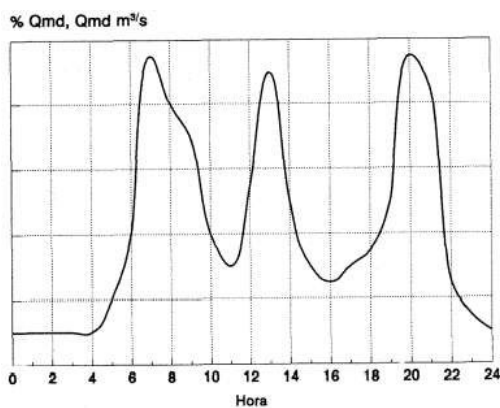


Figura 2.1: Curva de distribución horaria [24]

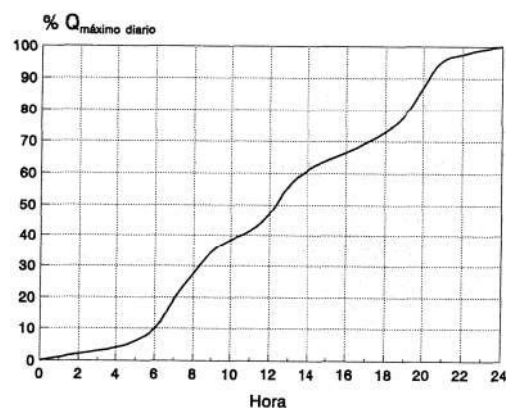


Figura 2.2: Curva integral de consumo [24]

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.

Al obtener el gráfico de dispersión se tiene cuatro curvas diferentes, donde el eje de abscisas representa las horas de consumo y el eje de ordenadas están: la curva integral de consumo, curva integral de suministro y paralelas tangentes a la curva de suministro como se muestra en la **Figura 7.1**. El valor arriba de la curva integral de suministro es cuando el tanque está vacío y abajo de la curva de suministro cuando el tanque está lleno. Mediante los cálculos obtenidos (**Tabla 7.1**) para la elaboración de la curva integral se tomó en cuenta el mayor porcentaje obtenido en el volumen de agua en el tanque por hora el cual se utilizó en la siguiente ecuación.

$$V = Qmd * \%$$

Ecuación 2.7: Fórmula de Volumen de tanque regulador por gravedad

2.10 Propuestas

Una vez finalizada la evaluación del sistema y con los resultados obtenidos, se planteó las mejoras necesarias con la respectiva evidencia para un óptimo funcionamiento del sistema de abastecimiento.

3 RESULTADOS

El proyecto propuesto se realizó en el Sistema de abastecimiento Cambugán en la ciudad de Cotacachi, dicho sistema se alimenta por dos microcuencas. 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 San Antonio del Punge 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. A continuación, se presenta de forma detallada los resultados con el respectivo análisis.

3.1 Información recopilada

Información general del área de estudio

San Antonio del Punge es una comunidad rural perteneciente a la parroquia de Quiroga del cantón Cotacachi ubicada en la provincia de Imbabura, está rodeado de bosques muy húmedos montanos y bosques húmedos montanos bajos [1]. Limita al norte con la Quebrada de Cuicocha, al sur con la comunidad Cumbas Conde, al este con la comunidad San José de Punge y al oeste con la comunidad San Nicolás. Su extensión es de aproximadamente de 512 768 ha. Debido a la ubicación, se presenta precipitaciones de 1897 mm al año, incluso en el mes más seco presenta mucha lluvia, mientras que la temperatura varía entre los 9 ° C y los 15 ° C [1].

San Antonio del Punge está conformado por 57 familias con un promedio de 5 miembros por cada familia, dando una población total de 285 habitantes según la asamblea parroquial realizada en Quiroga [1].

Características del Sistema de Abastecimiento

El proyecto de agua Cambugán, hace aproximadamente 30 años provee agua a seis comunidades. En la actualidad posee un sistema de suministro y conducción, iniciando con la captación de las microcuencas del río Cambugán. Cuenta con tres tanques principales de almacenamiento y distribución y la infraestructura correspondiente para conducir agua hacia la población. En el 2012, se construyó la planta de tratamiento de agua con el fin de mejorar la calidad de vida mediante gestiones comunitarias con la ayuda de la Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi (UNORCAC), que permitía suministrar agua a 2400 personas [24], con la construcción de esta obra hubo un aumento en la tarifa de 150 % por el servicio, con un valor a cancelar de \$2,50 por mes. A pesar de las mejoras

realizadas, hoy en día la planta de tratamiento no cumple adecuadamente con su función, los procesos fisicoquímicos se encuentran deshabilitados.

La captación se realiza desde 1995, en ese entonces el agua se dirigía directamente hacia los hogares, llegando agua con un color amarillento y olor desagradable. Está construida de forma rectangular de hormigón, la obra de captación es de toma directa debido a la presencia de la confluencia de dos cauces naturales. Esta obra se encuentra cubierta de una membrana con la finalidad de evitar el ingreso de escombros o residuos al tanque.



Figura 3.1: Tanque de Captación

Además, cuenta con dos estructuras para tener una operación unitaria de pretratamiento conocida como desarenador para retener la mayor cantidad de sólidos como se indica en la **Figura 3.2**. La captación se encuentra cercada para evitar el ingreso de personas y animales ajenos que puedan alterar tanto la infraestructura como la calidad del agua. Al encontrarse en un terreno privado, las personas que tienen permiso de acceso a la obra de toma son: presidente de la comunidad, operador y dueño del terreno.



Figura 3.2: Desarenador

La línea de conducción tiene una longitud de 6 Km hasta la planta de tratamiento, recorriendo las praderas de la zona, quebradas e incluso hay tramos que atraviesan terrenos privados. La tubería es de PVC de 110 mm de diámetro. En el trayecto se puede encontrar dos válvulas de aire y dos válvulas de purga.

La Planta de tratamiento está ubicada en la comunidad San Nicolás. No cuenta con un sistema de desinfección, ya que la distancia de las comunidades excede los 3 a 4 kilómetros y se obtenía un cloro residual muy bajo resultando infructuosa la cloración [24]. La planta de tratamiento cuenta con procesos unitarios de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Anteriormente se agregaba sulfato de aluminio como coagulante para tratar la turbiedad y el color.



Figura 3.3: Planta de Tratamiento

La red de distribución de la comunidad corresponde a una red abierta, puesto que las viviendas se encuentran distribuidas de manera dispersa. Esta red consiste en una tubería principal que pasa por medio de los terrenos de los usuarios y llegan a tanques rompe presiones. El diámetro de las tuberías va disminuyendo cada vez que llega a un tanque rompe presión y alimenta a tuberías laterales que salen de la tubería principal.

El sistema cuenta con tuberías PVC distribuidas a lo largo del trayecto, 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	Diámetros (pulg)	Diámetro Interno (mm)
Captación-Planta Tratamiento	4"	110
Planta Tratamiento-Tanque de distribución	4"	110
Tanque de distribución- T. rompe presión 1	2"	50

T. rompe presión 1- T. rompe presión 2	2"	50
T. rompe presión 2- T. rompe presión3	1"	25
T. rompe presión 3- Últimas viviendas	1/2"	13

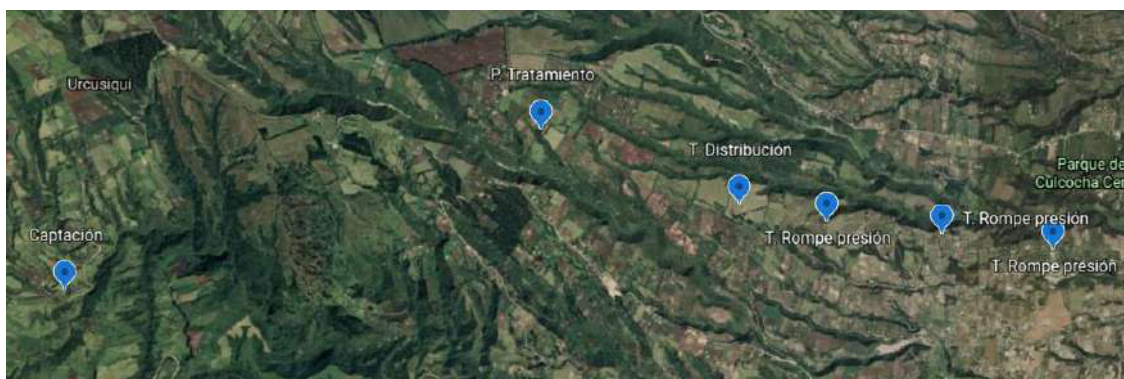


Figura 3.4: Ubicación espacial de los componentes del sistema

3.2 Análisis de la encuesta

En las encuestas realizadas se registraron 73 resultados, uno por cada vivienda. Al realizar la evaluación se obtuvo 353 personas que habitan en la comunidad y hacen uso del sistema de abastecimiento de este estudio.

Son varias las actividades que requieren agua, sin embargo, el 98,6% de las personas utilizan el agua en la alimentación y el 97,3% en la higiene, siendo así, la alimentación y la higiene las principales actividades que requieren mayor cantidad de agua sin exclusión de la agricultura, ganadería e industria, pero en menores porcentajes como se detalla en la **Figura 3.5.**

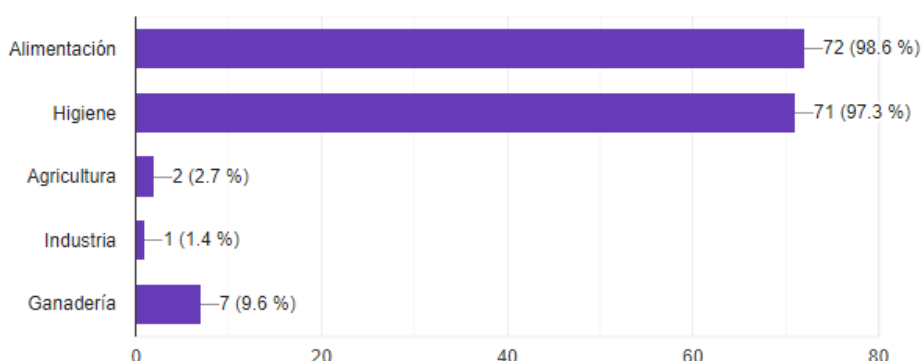


Figura 3.5: Actividades en la que se utiliza agua

El 100% de la población menciona que el agua de la tubería es la fuente principal para obtener agua. En caso que esta fuente este suspendida o presente algún agravio en la red

de distribución o conducción solo 26% tiene fuentes alternativas como agua de lluvia o algún otro manantial como se presenta en la **Figura 3.6**,

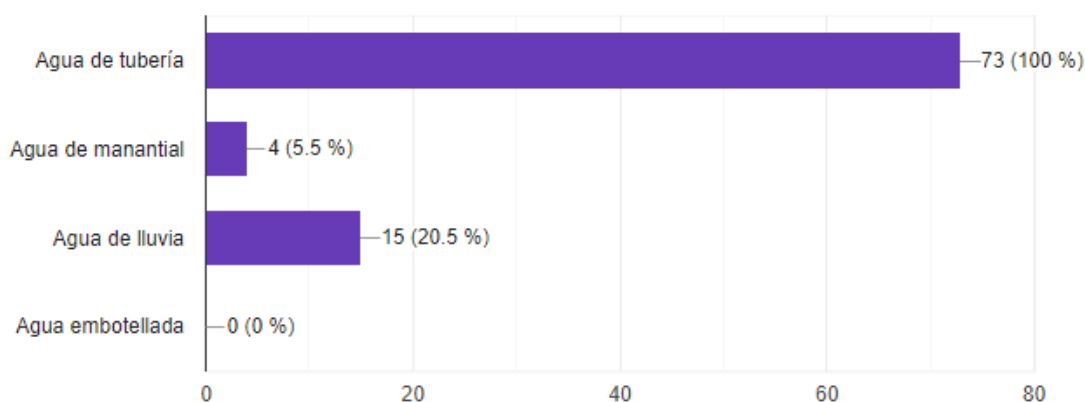


Figura 3.6: Fuente de agua para consumo

A continuación, se presentan un resumen de los resultados de las preguntas realizadas en la encuesta. Por mayoría, el 76.7% conocen el lugar de donde proviene el agua y son concientes de los inconvenientes que presenta el sistema. Los pobladores de la comunidad consideran que existen varias complicaciones con la red de distribución en lo que es la cantidad y la interrupción del servicio, sin embargo el 72,6% dice que la cantidad de agua que llega a las viviendas es suficiente. En cuanto a la interrupción del servicio el 97,3% no han contado con agua en al menos una ocasión, el 98.6% aseguran que se debe a algún daño en tuberías de la red de distribución o inconvenientes en la captación ya que se han reportado deslaves por la zona y el tiempo que tarda en retornar el agua es alrededor de 3 días o más por lo cual el 52.1% considera que el sistema de abastecimiento es malo. A pesar de ello, solo el 71,2% cuenta con depósitos temporales para su consumo.

Tabla 3.2: Resumen de los resultados de la encuesta

Pregunta	Resultados
¿Usted conoce de donde proviene el agua para su comunidad?	Si: 76.7% No:23.3%
¿Usted cree que la cantidad de agua que llega a su vivienda es suficiente para todos los miembros de la familia?	Si: 72.6% No: 27.4%
¿En algún momento su hogar no contó con agua para consumo suficiente cuando la necesitaban?	Si: 97.3% No: 1.4% No sabe: 1.4%
Cuando ha tenido interrupciones o cortes en el servicio de agua, ¿cuáles han sido los motivos?	Daños: 98.6% Mantenimiento: 1.4% Demora en pago: 0

¿En caso de interrupción cuánto tiempo tarda para reponer el servicio?	24 horas: 5.6% 2 días: 33.3% 3 o más: 61.1%
¿Cómo califica usted las instalaciones y estructuras del sistema de abastecimiento?	Excelente:0 Bueno:47.9% Malo: 52.1%
¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?	Si:71.2% No: 28.8%
¿En qué hora del día consume mayor cantidad de agua?	Día: 50.7% Tarde: 41.1% Noche 8.2%

3.3 Caudales

La captación cuenta con dos microcuencas, donde la microcuenca 1 cuenta con un caudal de 7,9 l/s y la microcuenca 2 con caudal de 4,56 l/s. Es decir, el caudal total que ingresa a la captación es de 12,46 l/s. El volumen del tanque de captación es de 9.27 m³. El tiempo adecuado para la sedimentación de partículas esta entre 0,5 y 4 horas, el tiempo de retención del agua en el tanque es 0.33 horas por ende no existe una adecuada sedimentación.

Tabla 3.3: Microcuenca 1

Captación	APORTE 1
Calado	0.023
Ancho canal (m)	0.37
Distancia (m)	Tiempo (s)
1	1.02
1	1.07
1	1.14
Total	1.077
Velocidad (m/s)	0.929
Área (m2)	0.0085

Tabla 3.4: Microcuenca 2

Captación	APORTE 2
Calado	0.025
Ancho canal (m)	0.385
Distancia (m)	Tiempo (s)
1	2.32
1	1.94
1	2.07
Total	2.110
Velocidad (m/s)	0.474
Área (m2)	0.0096

El caudal aforado en la captación debe ser igual al que ingresa a la Planta de Tratamiento, sin embargo, en la Planta de Tratamiento el caudal es 11,88 l/s de acuerdo con los datos obtenidos del aforo realizado, los datos son representados en la siguiente tabla:

Tabla 3.5: Datos de la Planta de Tratamiento

Planta de tratamiento	Tubería
Diámetro (mm)	110
Velocidad (ft/s)	4.1
Velocidad (m/s)	1.24968
Área (m ²)	0.00950
Caudal (l/s)	11.88

El caudal que ingresa al taque de distribución de la comunidad es de 2.31 l/s, esto se debe a que no es la única comunidad que se beneficia de este suministro.

Tabla 3.6: Datos obtenidos con el medidor de flujo ultrasónico

Tanque de Distribución	
Tubería (mm)	35
Flujo (l/s)	2.31
Velocidad (m/s)	2.77

3.4 Población futura

La población inicial se determinó mediante las encuestas realizadas. Se registran 353 personas para el año 2021. 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 422 personas. Se tomó el valor obtenido por el método geométrico ya que se ajusta más a las condiciones del crecimiento poblacional.

Tabla 3.7: Resultados de la población futura

Método	Año	Población Actual	Tasa de crecimiento	Año de estimación	Población futura
Método Lineal	2021	353	k	2052	8029
			247,6		
Método Geométrico			r		422
			0,0057814		
Método Logarítmico			kg		414
			0,005168		

3.5 Caudal de diseño

A pesar de ser una población con gran actividad agrícola y ganadera, el agua se utiliza principalmente para las actividades domésticas, se estableció el consumo como indica en la **Tabla 3.8**. Además, se tomó en cuenta la existencia de una industria dentro de la comunidad.

Tabla 3.8: Consumo de agua

POBLACIÓN	USO	Demanda	Unidades	Consumo neto
422		(L/d)	u	(L/hab*día)
DOMÉSTICO	Lavado ropa			15
	Cocina			8
	Aseo personal			32
	Aseo doméstico			8
	Abrevadero animales			47
	Descargas sanitarias			15
	Bebida			2
	TOTAL			127
COMERCIAL E INDUSTRIAL	Lácteos	20000	1	47,39
	TOTAL	L/d (C&I) =	20000	47,39

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 3.9**, el caudal medio es 1,06 l/s, sin embargo, el caudal que se debe utilizar es el caudal máximo diario de 1,49 l/s, no obstante, el caudal aforado al ingreso del tanque de distribución es 2,31 l/s, es evidente que existe un excedente de caudal. Por esta razón el tanque de distribución tiene una tubería de desagüe por donde se desvía el exceso de agua hacia el medio natural.

Tabla 3.9: Caudales de diseño

Consumo neto	232,39	L/hab*día
Consumo total	290,49	L/hab*día
Q medio	1,06	L/s
Q máx diario	1,49	L/s
Q máx horario	2,38	L/s

3.6 Simulación Hidráulica

La simulación hidráulica se llevó a cabo en dos partes, primeramente, se realizó una evaluación de la línea de conducción y la segunda parte sobre la red de distribución. A continuación, se presentan los resultados de la línea de conducción desde la captación hasta el tanque de tratamiento.

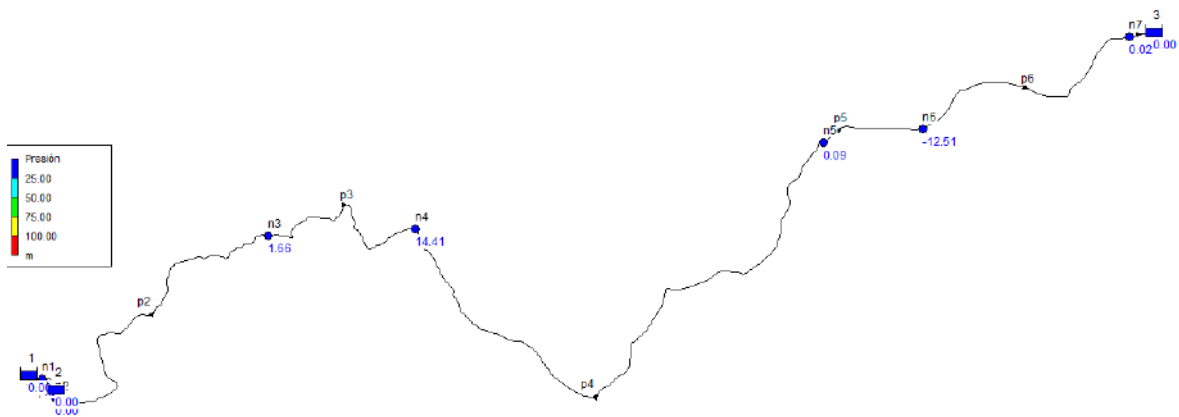


Figura 3.7: Línea de conducción: Presiones

Al realizar la evaluación, el sistema no cumple con las presiones mínimas requeridas, especialmente en el nodo 6 con -12,51 m-c-a, donde la magnitud de la presión es negativa. El motivo de presiones negativas en este punto es la posición topográfica, la tubería atraviesa un punto alto, lo que hace que la línea piezométrica esté bajo la línea de la tubería; esto provoca la generación de un sifón el cual funciona solamente si no existe aire en la tubería, por eso es que se ubica una válvula de aire en ese punto.

La ubicación de las válvulas se encuentra detallado en la **Tabla 3.10**. Se tomó en cuenta el diámetro ya existente de 110mm que soporta hasta unos 1,25 MPa (Mega pascales) equivalentes a 127,4 m.c.a. (metro de columna de agua).

Tabla 3.10: Resultados de la simulación de la conducción: Nodos

ID Nodo	Descripción	Demanda L/s	Altura m	Presión m.c.a
Conexión n1	Salida T. Captación	0	3107,21	1,21
Conexión n2	Salida T. almacenamiento	0	3105	0
Conexión n3	Válvula de aire	0	3081,66	1,66
Conexión n4	Válvula de desagüe	0	3068,41	14,41
Conexión n5	Válvula de desagüe	0	3027,09	0,09
Conexión n6	Válvula de aire	0	3020,49	-12,51
Conexión n7	Llegada P. Tratamiento	0	3004,02	0,02
Embalse 1	Tanque de Captación	-12,34	3107,22	0

Embalse 2	Tanque de almacenamiento	12,34	3004	0
Embalse 3	Planta de tratamiento	12,34	3105	0

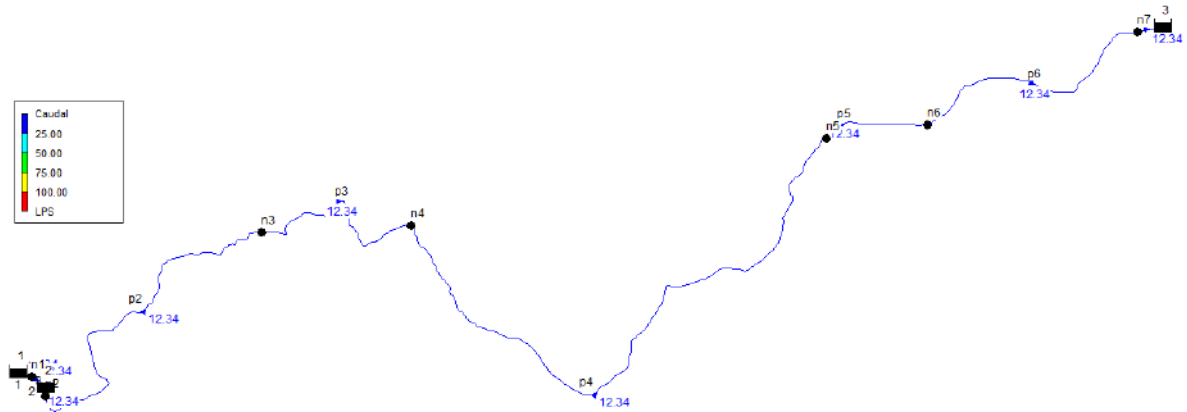


Figura 3.8: Línea de conducción: Caudales

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 en específico. Se comparó el caudal aforado con el calculado por el programa. Como se observa el caudal calculado es 12,34 L/s, mientras que el caudal aforado fue 12,46 l/s, con esto se comprueba que esta tubería transporta el caudal de captación. Pero el caudal aforado en la salida de la conducción en la planta de tratamiento es de 11,88 l/s, por lo tanto, no concuerda con el caudal calculado por el programa.

Tabla 3.11: Resultados de la simulación de la línea de conducción: Tuberías

ID Línea	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de fricción
	l/s	m/s	m/km	
Tubería p2	12,34	1,3	17,21	0,022
Tubería p3	12,34	1,3	17,21	0,022
Tubería p4	12,34	1,3	17,21	0,022
Tubería p5	12,34	1,3	17,21	0,022
Tubería p6	12,34	1,3	17,21	0,022
Tubería 4	12,34	1,3	17,26	0,022
Tubería 3	12,34	1,3	16,67	0,022
Tubería 1	12,34	1,3	17,26	0,023
Tubería 2	12,34	1,3	17,22	0,022

El mismo estudio se realizó en la red de distribución. La red de agua debe ser eficaz y continua, con presiones suficientes, sin embargo, con los diámetros existentes de 50mm, 25mm y 13mm se puede apreciar presiones negativas en la evaluación estática, incluso en

el estudio dinámico se obtiene presiones negativas es decir existen pérdidas considerables en la parte baja de la comunidad y zonas que no han sido evaluadas topográficamente y que presentan inconvenientes de suministro, sobre todo en horas pico de consumo.

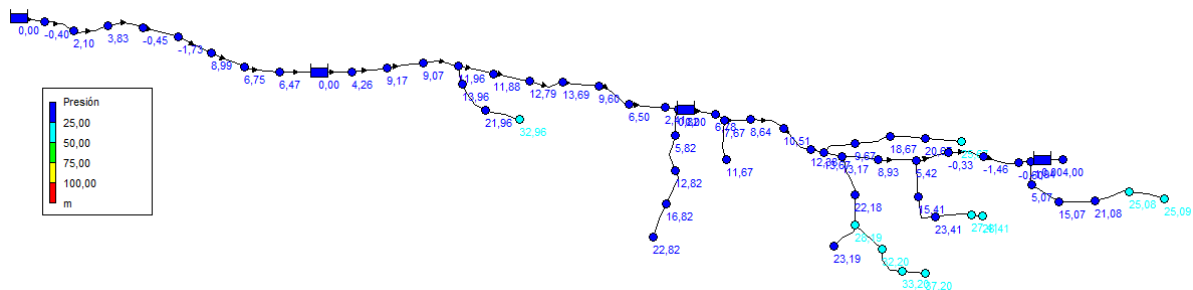


Figura 3.9: Simulación de la red de distribución: Estado Estático

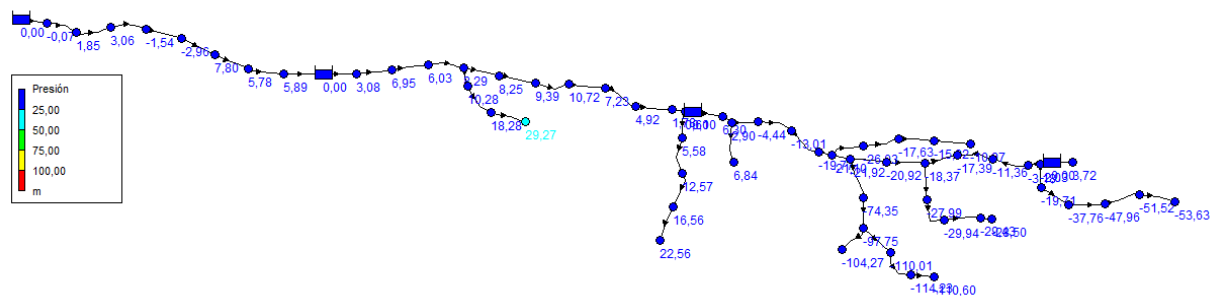


Figura 3.10: Simulación de la red de distribución: Estado Dinámico

La red de distribución no cumple con los requerimientos establecidos, ciertos nodos no alcanzan las presiones mínimas normadas. Esto podría estar ocasionando la inconformidad de ciertos usuarios que no tienen la presión suficiente. Incluso el diámetro de las tuberías no se encuentra dentro de lo normado. La normativa establece que el diámetro mínimo de tuberías debe ser 75 mm en la red de distribución.

Evaluación de Tanque de Distribución

Con las medidas obtenidas del tanque de distribución que se presentan en la **Tabla 3.12**, el tanque de distribución tiene una capacidad actual de 60 m³ sin tomar en cuenta el espesor de la pared.

Tabla 3.12: Dimensiones del Tanque de distribución

Dimensiones del tanque de distribución		
Ancho	5,5	m
Largo	5,5	m
Altura	2,9	m

Espesor de pared	0,5 m
------------------	-------

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 29,61 m³ 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 1,49 l/s.

Tabla 3.13: Capacidad del tanque de distribución

Caudal Máx Diario (l/s)	1,49
Caudal Máx Diario (m ³ /d)	128,74
Capacidad Tanque (m ³)	29,61

3.7 Propuestas

Captación

En la Captación es necesario realizar un estudio de estabilización de las laderas aledañas a las obras de captación para evitar posibles deslizamientos de tierra que ocasionan problemas de paralización y abastecimiento afectando a la población.

Se debe realizar la limpieza de todos los componentes de la captación como rejillas, canales, tuberías y principalmente de tanques de captación ya que opera como pretratamiento. Esta actividad se debe realizar cada 15 días dependiendo de las características del agua cruda y presencia de lluvia que puede obstruir canales y rejillas. Y cada 3 meses realizar la revisión de las tuberías, válvulas de aire y válvulas de purga. Se debe realizar una revisión a lo largo del recorrido por posibles conexiones clandestinas, fugas o roturas ya que los caudales no concuerdan.

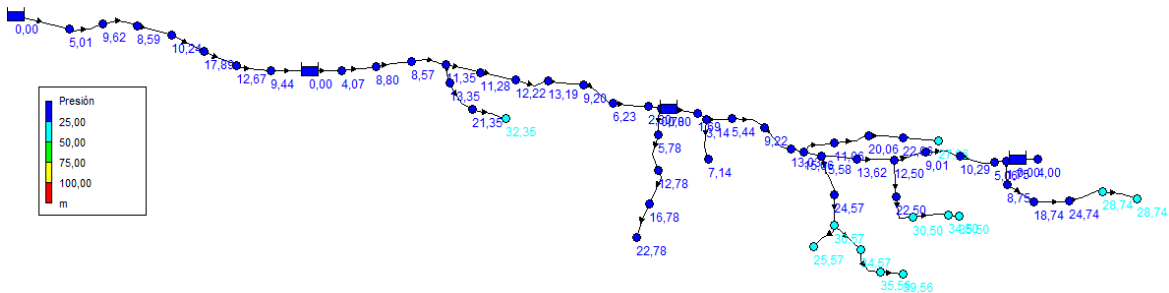
Planta de tratamiento

Se debe realizar un estudio de los procesos unitarios para poder ponerlos en funcionamiento ya que actualmente están deshabilitados permaneciendo cerrados y sin acceso a evaluación. Además, se debe realizar la respectiva limpieza para evitar acumulación de materia orgánica o escombros.

Red de distribución

De acuerdo a los estudios realizados y hallazgos obtenidos, la red de distribución no cumple con las condiciones adecuadas para abastecer la comunidad por tanto se propone realizar un cambio de tuberías con diámetros acorde a la establecido por la normativa. A

continuación, se presenta una simulación de la red de distribución con los respectivos cambios a realizar.



Debido a que la red de distribución fue instalada empíricamente, su función no es óptima. Al implementar diámetros de 110 mm y 90mm las presiones negativas desaparecen, sin embargo, no alcanzan las presiones mínimas normadas pero la red puede llegar a funcionar sin inconvenientes solventando la problemática de los usuarios de la comunidad sin afectar al resto de la red de distribución.

En la distribución no deben existir tanque rompe presión, estos son puntos de contaminación debido a que están a presión atmosférica, hay presencia de animales domésticos y de pastoreo, además las viviendas no cuentan con servicio de alcantarillo. Sin embargo, es necesario para romper la presión en la zona baja de la comunidad. Se propone un estricto control y limpieza de los mismos para que no afecte la calidad del suministro.

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.

4 CONCLUSIONES

La captación cuenta con presedimentadores debido a la presencia de la gran cantidad de solidos en el agua permitiendo la remoción de sólidos suspendidos que incrementan la turbiedad, también se observó que, en casos de excesos de caudal, el presedimentador presenta una abertura por donde circula el caudal excedente en el caso de la microcuenca 1, mientras que la microcuenca 2 cuenta con una compuerta que controla la altura del agua, similar caso sucede en el tanque de distribución de la comunidad que cuenta con una tubería de desagüe sacando al medio exterior el exceso de agua del tanque.

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.

De acuerdo con los aforos realizados y caudales obtenidos con base en la población futura y las dotaciones, el caudal aforado en el tanque de distribución es de 2,31 l/s y el caudal teórico es 1,49 l/s, es decir la comunidad tiene un exceso de caudal a lo necesario.

En la simulación hidráulica de la conducción, la presión negativa se debe a la ubicación topográfica por lo cual cuenta con accesorios necesarios para conducir agua sin inconveniente para su óptimo funcionamiento.

En el análisis estático de la red de distribución, se pretendía eliminar los tanques rompe presiones sin embargo fueron necesarios ya que las presiones superaban los valores máximos inclusive al cambiar el diámetro de las tuberías afectando a la zona baja de la comunidad hasta puede llegar a existir daños en las tuberías afectando drásticamente a los usuarios.

En el análisis dinámico de la red de distribución, se evidenció que ciertas zonas de la comunidad son muy afectadas especialmente la parte final de la distribución. Con los diámetros actuales varios puntos de entrega las presiones tienen valores negativos, es decir existen ciertos puntos donde el agua no llega con la presión adecuada incluso algunos usuarios deben dejar de usar el servicio para que la zona baja cuente con este recurso, por esta razón es necesario realizar cambio tuberías con los diámetros anteriormente establecidos.

A la falta de interés de la Junta de Agua a cargo de este proyecto y falta de recursos de la comunidad las obras civiles especialmente la planta de tratamiento se encuentran abandonadas. Por otro lado, el tanque de distribución de la comunidad se encuentra en buen estado sin embargo no cuenta con su respectivo mantenimiento y debido a la gran cantidad de sólidos presentes en el agua puede convertirse en una razón más para afectar la calidad del recurso, ya que se ha llegado a encontrar anfibios en el tanque incluso llegan a tapar las tuberías afectando a los usuarios.

5 RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio para la protección de las laderas que se encuentran rodeando la captación para evitar derrumbes y que alteren la continuidad del suministro.

Se debe realizar una inspección por la línea de conducción para determinar para identificar los motivos de la pérdida de caudal en la planta de tratamiento.

Se debe realizar el respectivo mantenimiento de todo el sistema de abastecimiento especialmente de los tanques de almacenamiento y distribución con la finalidad de eliminar sedimentos acumulados que pueden llegar a tapar tuberías.

Debido a la problemática de presiones, se recomienda aumentar los diámetros de las tuberías acorde a la normativa para su óptimo funcionamiento.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] GAD Parroquial de Quiroga , «Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Quiroga 2015-2019,» Prefectura de Imbabura , Cotacachi, 2015.
- [2] Grupo El Comercio, «El Comercio,» 24 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/mitad-poblacion-vive-agua-descontaminacion.html>. [Último acceso: enero 2022].
- [3] L. Herrera y K. Quisaguano, «EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE TAMBILLO,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2019.
- [4] S. Arnalich, Abastecimiento de agua por gravedad, kabul: Water and habit, 2008.
- [5] «Análisis de Agua,» [En línea]. Available: https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf. [Último acceso: noviembre 2021].
- [6] C. Sierra, «Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico,» Ediciones de la U , Medellín, 2011.
- [7] Gobierno de España, «Aguas Superficiales,» 8 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>. [Último acceso: noviembre 2021].
- [8] B. Stauffer y D. Spuhler, «Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios),» [En línea]. Available: <https://sswm.info/es/perspective/gestion-de-agua-y-saneamiento-sostenible-en-zonas-rurales-de-mexico>.

- [9] CONAGUA, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Obras de captación superficiales,» México, 2015.
- [1 SOGARPA, «Líneas de conducción por gravedad,» Colegio de Postgraduados, 0] Montecillo.
- [1 L. R. Pérez, «Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox,» [En línea]. 1] Available: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conduccion-por-gravedad>.
- [1 DISEPROSA, «Plantas de Tratamiento de Aguas,» 24 Julio 2009. [En línea]. Available: 2] https://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos_y_documentos/87264/plantas_de_tratamiento_de_aguas.pdf. [Último acceso: enero 2022].
- [1 A. Trapote, Infraestructuras hidráulico-sanitarias: Abastecimiento y distribución de 3] agua, Alicante: Universidad de Alicante, 2013.
- [1 M. Chán, «Métodos de almacenamiento del agua,» Instituto Privado de Investigación 4] sobre Cambio Climático, Guatemala, 2012.
- [1 Comisión Nacional del Agua, «Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: 5] Diseño de redes de distribución de agua potable,» CONAGUA, Coyoacán, 2016.
- [1 F. Aguirre, Abastecimiento de agua para comunidades rurales, Machala: UTMACH, 6] 2015.
- [1 Guía de Protección Ambiental Tomo I: Introducción, Planificación Suprasectorial, 7] Infraestructura, Deutschland : Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), 1996.
- [1 Red de Agua UNAM, «Gestión Comunitaria del Agua,» de *Impluvium*, México, 2020. 8]
- [1 EMAAP, «Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q,» 9] EMAAP, Quito, 2008.
- [2 CONAGUA, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos básicos 0] para proyectos de agua potable y alcantarillado,» CONAGUA, México, 2015.

- [2 AquaKnow, «EPANET: un software libre simulaciones del comportamiento hidráulico y
1] de la calidad del agua en redes de tuberías a presión,» Aquaknow, junio 2021. [En
línea]. Available: <https://aquaknow.jrc.ec.europa.eu/es/news/epanet-un-software-libre-simulaciones-del-comportamiento-hidraulico-y-de-la-calidad-del-agua-en-rede>.
[Último acceso: febrero 2022].
- [2 PROCOEN, «Medidores ultrasónico, principio de funcionamiento,» [En línea]. Available:
2] <https://procoen.com/medidores-ultrasonicos-funcionamiento/>. [Último acceso: 14
Febrero 2022].
- [2 V. Guerrero, «Prezi,» 20 febrero 2018. [En línea]. Available: <https://prezi.com/flh-3lletbihl/unidad-no-5-metodos-para-la-estimacion-de-poblacion-futura/>. [Último acceso:
3] febrero 2022].
- [2 A. Cantón, «Youtube,» Octubre 2012. [En línea]. Available:
4] youtube.com/watch?v=gii_6EWifgY&list=LL&index=1&t=122s.

7 ANEXOS

7.1 Anexo II: Certificado de originalidad

proyectogisela

ORIGINALITY REPORT

10 %
SIMILARITY INDEX

10 %
INTERNET SOURCES

1 %
PUBLICATIONS

3 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 **idoc.pub** 1 %
Internet Source

2 **hdl.handle.net** 1 %
Internet Source

3 **repositorio.uladech.edu.pe** 1 %
Internet Source

4 **estrucplan.com.ar** 1 %
Internet Source

5 **docplayer.es** <1 %
Internet Source

6 **documentop.com** <1 %
Internet Source

7 **sswm.info** <1 %
Internet Source

8 **Submitted to Universidad Santo Tomas** <1 %
Student Paper

9	ciencia.lasalle.edu.co	<1%
	Internet Source	
10	Submitted to Universidad <u>Catolica</u> Los Angeles de Chimbote	<1%
	Student Paper	
11	repositorio.unesum.edu.ec	<1%
	Internet Source	
12	vbook.pub	<1%
	Internet Source	
13	es.slideshare.net	<1%
	Internet Source	
14	www.slideshare.net	<1%
	Internet Source	
15	www.tochtli.fisica.uson.mx	<1%
	Internet Source	
16	www.clubensayos.com	<1%
	Internet Source	
17	Submitted to Universidad de Costa Rica	<1%
	Student Paper	
18	"XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable", XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable, 2019	<1%
	Publication	
19	Submitted to Universidad <u>Cooperativa</u> de Colombia	<1%
	Student Paper	

32	repository.ucatolica.edu.co	Internet Source	<1%
33	www.cr2.cl	Internet Source	<1%
34	www.dspace.espol.edu.ec	Internet Source	<1%
35	1library.co	Internet Source	<1%
36	bibdigital.epn.edu.ec	Internet Source	<1%
37	consultaspublicas.semarnat.gob.mx	Internet Source	<1%
38	docplayer.pl	Internet Source	<1%
39	dspace.uazuay.edu.ec	Internet Source	<1%
40	es.scribd.com	Internet Source	<1%
41	panama50.com	Internet Source	<1%
42	repositorio.espe.edu.ec	Internet Source	<1%
43	repositorio.unfv.edu.pe	Internet Source	<1%

44	ri.ues.edu.sv Internet Source	<1%
45	ri.ufs.br Internet Source	<1%
46	www.aguaclarareach.org Internet Source	<1%
47	www.cid.harvard.edu Internet Source	<1%
48	www.iuvalladolid.org Internet Source	<1%
49	www.marinesan.com Internet Source	<1%
50	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	<1%
51	vibdoc.com Internet Source	<1%
52	www.emcali.com.co Internet Source	<1%
53	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).", <u>Universitat Politècnica de Valencia</u> , 2019 Publication	<1%

54 archive.org <1%
Internet Source

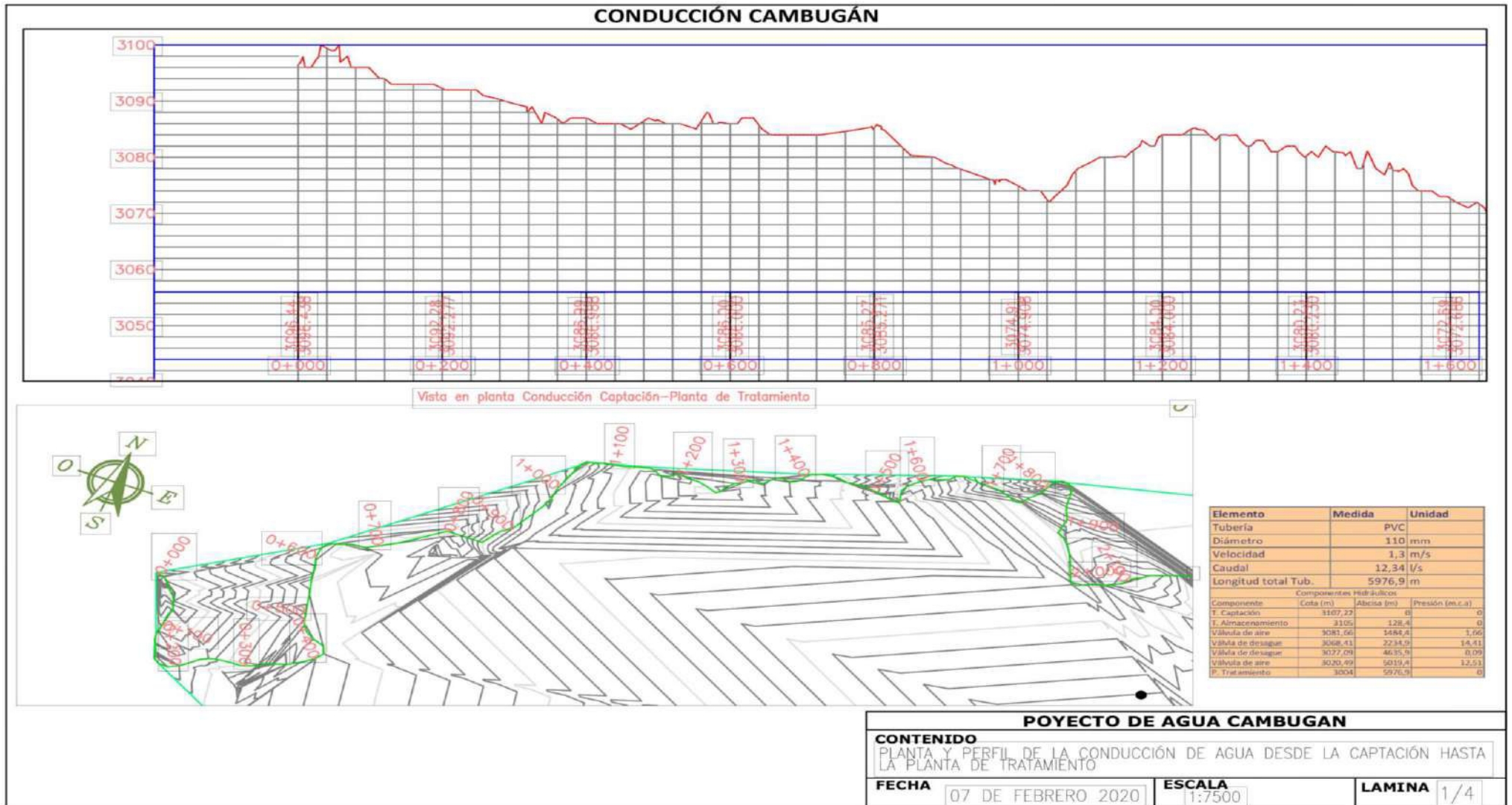
55 blogdelagua.com <1%
Internet Source

Submitted to Universidad Catolica De Cuenca <1%
Student Paper

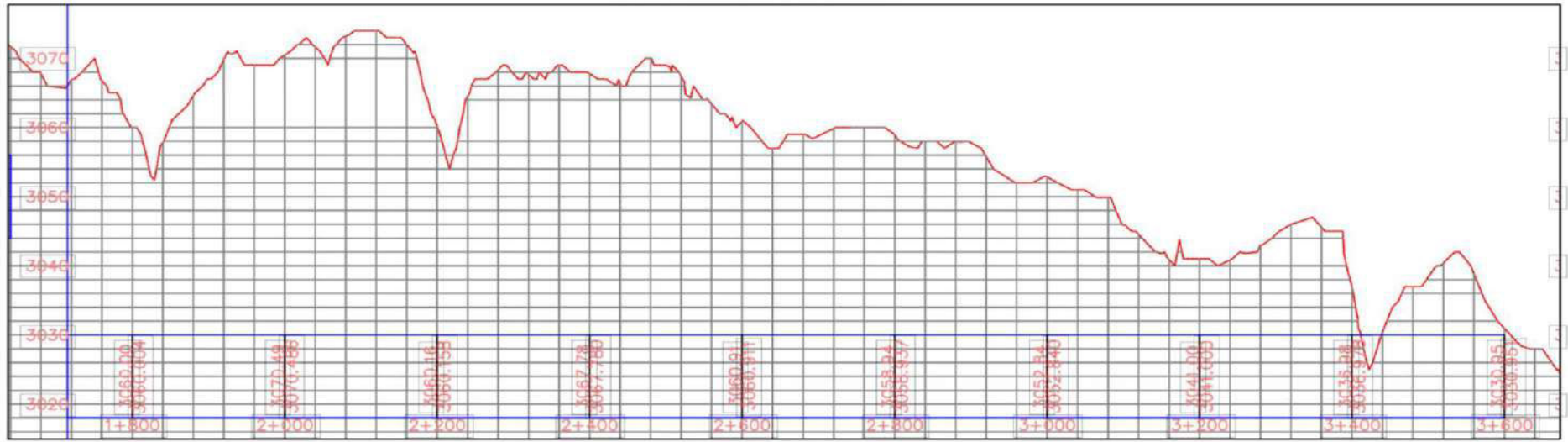
Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches Off

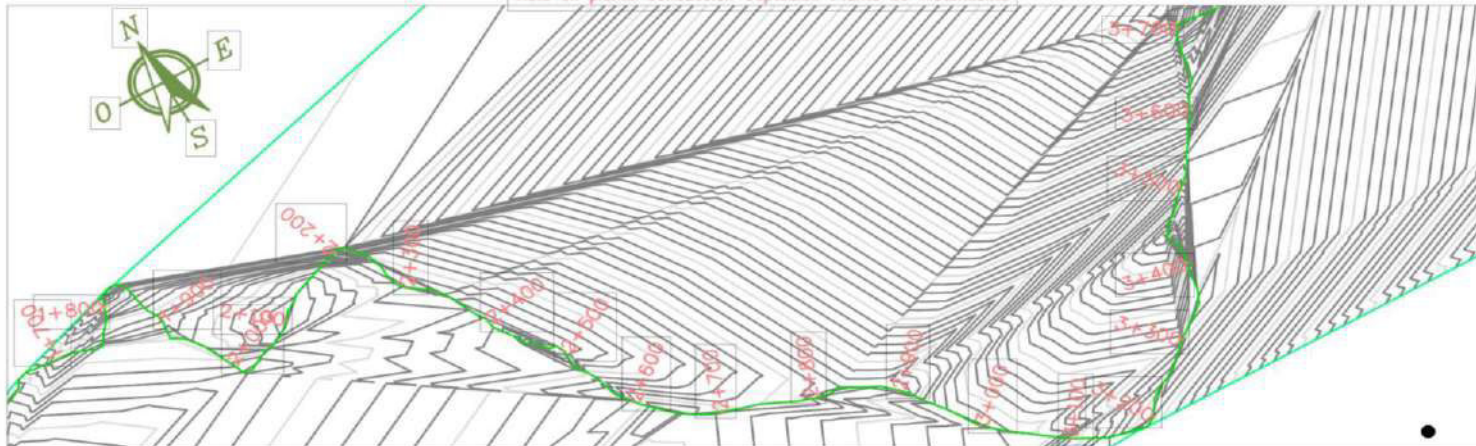
7.2 Anexo II: Planos



CONDUCCIÓN CAMBUGÁN



Vista en planta Conducción Captación-Planta de Tratamiento



Elemento	Medida	Unidad
Tubería	PVC	
Diámetro	110	mm
Velocidad	1,3	m/s
Caudal	12,34	l/s
Longitud total Tub.	5976,9	m

Componentes Hidráulicos			
Componente	Cota (m)	Abscisa (m)	Presión (m.c.a)
T. Captación	3107,22	0	0
T. Almacenamiento	3105	129,4	0
Válvula de aire	3081,26	1388,4	1,66
Válvula de escape	3058,41	2234,9	14,41
Válvula de desague	3027,09	4530,9	0,09
Válvula de aire	3020,49	5019,4	12,51
P. Tratamiento	3004	5976,9	0

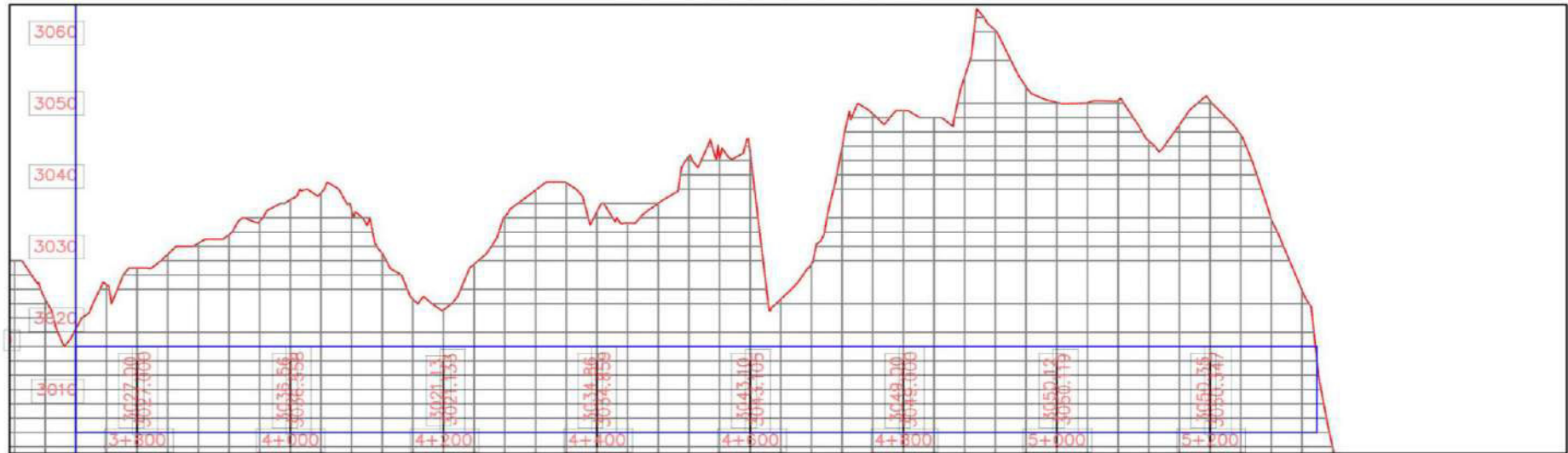
POYECTO DE AGUA CAMBUGAN

CONTENIDO

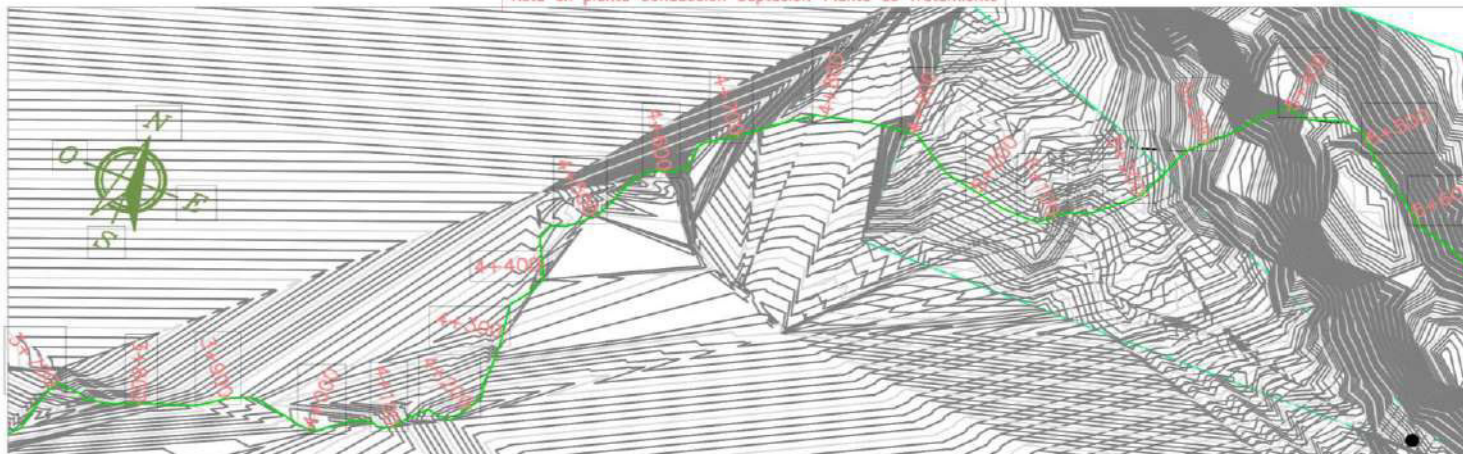
PLANTA Y PERFIL DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

FECHA	07 DE FEBRERO 2020	ESCALA	1:7500	LAMINA	2/4
--------------	--------------------	---------------	--------	---------------	-----

CONDUCCIÓN CAMBUGÁN



Vista en planta Conducción Captación-Planta de Tratamiento



Elemento	Medida	Unidad
Tubería		PVC
Diámetro		110 mm
Velocidad		1,3 m/s
Caudal		12,34 l/s
Longitud total Tub.		5976,9 m
Componentes Hidráulicos		
	Cota (m)	Ábscisa (m)
I. Captación	3107,22	0
I. Almacenamiento	3105	178,4
Válvula de aire	3083,96	1484,4
Válvula de desague	3068,41	2234,9
Válvula de desague	3027,09	4635,9
Válvula de aire	3070,48	5019,4
P. Tratamiento	3004	5976,9

PROYECTO DE AGUA CAMBUGAN

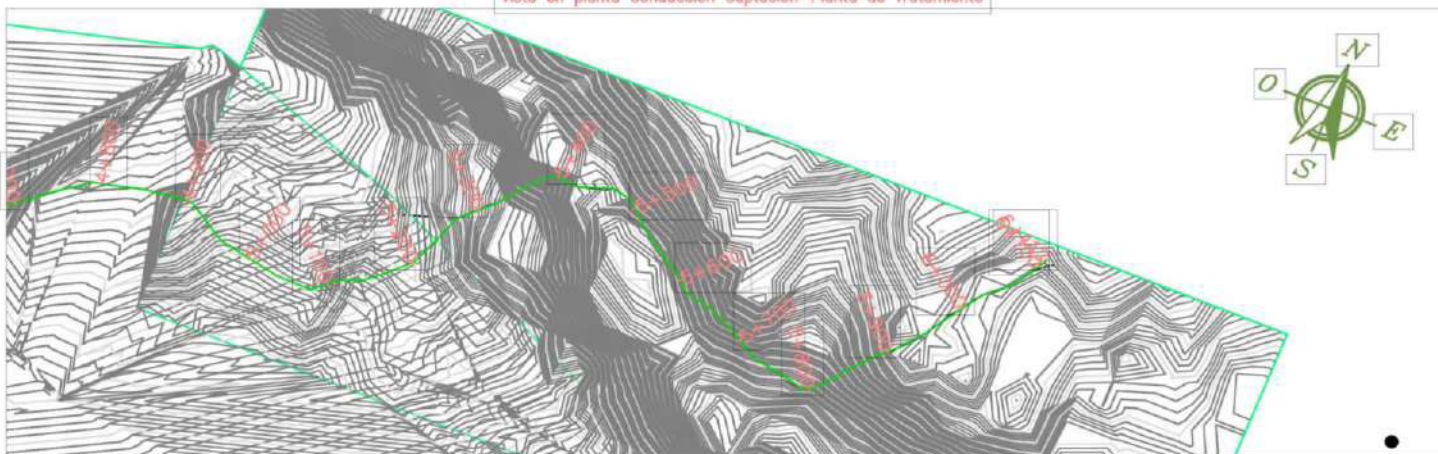
CONTENIDO
 PLANTA Y PERFIL DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

FECHA 07 DE FEBRERO 2020 **ESCALA** 1:7500 **LAMINA** 3/4

CONDUCCIÓN CAMBUGÁN



Vista en planta Conducción Captación-Planta de Tratamiento



Elemento	Medida	Unidad
Tubería	PVC	
Diámetro	110	mm
Velocidad	1,3	m/s
Caudal	12,34	l/s
Longitud total Tub.	5976,9	m

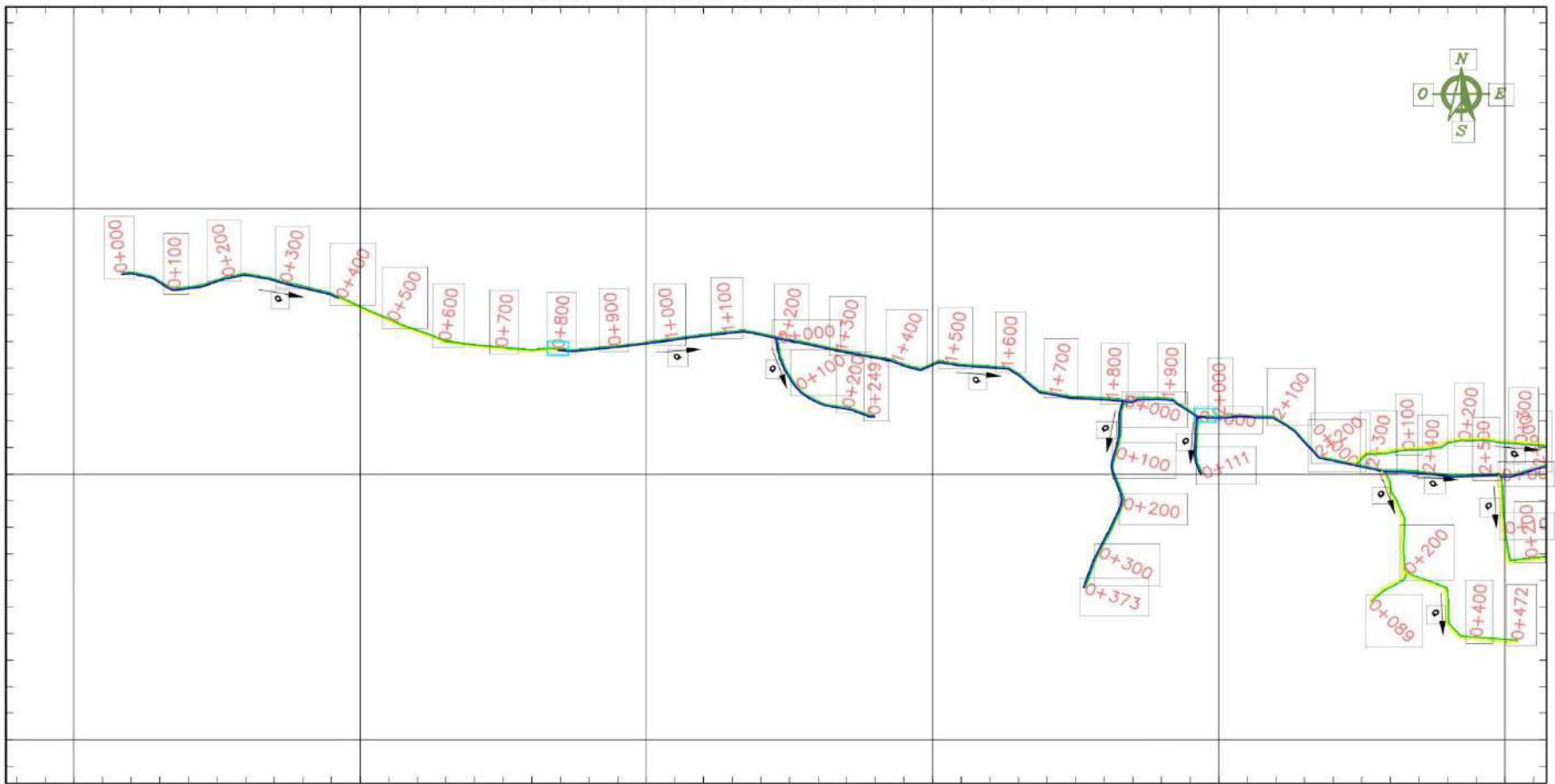
Componente	Componentes Hidráulicos		Presión (m.c.a.)
	Cota (m)	Alcance (m)	
T. Captación	3107,22	0	0
T. Almacenamiento	3105	128,4	0
Válvula de aire	3081,66	1488,4	1,66
Válvula de desague	3068,41	2234,9	14,41
Válvula de desague	3077,09	4635,9	0,09
Válvula de aire	3020,49	5019,4	12,51
P. Tratamiento	3004	5976,9	0

PROYECTO DE AGUA CAMBUGAN

CONTENIDO
 PLANTA Y PERFIL DE LA CONDUCCIÓN DE AGUA DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

FECHA 07 DE FEBRERO 2020 **ESCALA** 1:7500 **LAMINA** 4/4

RED DE DISTRIBUCIÓN SAN ANTONIO DEL PUNGE



796500.000 797000.000 797500.000 798000.000 798500.000 799000.000

30500.000
30000.000
29500.000

39,56 m.c.a	PRESIÓN
	TANQUE ROMPE PRESIÓN
	TUBERÍA DE 90 mm
	TUBERÍA DE 110 mm

RED DE DISTRIBUCIÓN SAN ANTONIO DEL PUNGE			
CONTENIDO			
VISTA EN PLANTA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA			
FECHA	08 DE FEBRERO 2022	ESCALA	1:10000
LAMINA	1/2		

7.3 Anexo III: Simulaciones hidráulicas

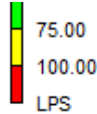
Simulación hidráulica de la conducción

Presión		Tabla de Red - Nodos						
25.00		ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad		
50.00		Conexión n2	0.00	3105.00	0.00	0.00		
75.00		Conexión n3	0.00	3081.66	1.66	0.00		
100.00		Conexión n4	0.00	3068.41	14.41	0.00		
m		Conexión n5	0.00	3027.09	0.09	0.00		
		Conexión n6	0.00	3020.49	-12.51	0.00		
		Conexión n7	0.00	3004.02	0.02	0.00		
		Conexión n1	0.00	3107.21	1.21	0.00		
		Embalse 1	-12.34	3107.22	0.00	0.00		
		Embalse 3	12.34	3004.00	0.00	0.00		
		Embalse 2	0.01	3105.00	0.00	0.00		

Caudal		Tabla de Red - Líneas						
25.00		ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s/d	Estado
50.00		Tubería p2	12.34	1.30	17.21	0.022	0.00	Abierto
75.00		Tubería p3	12.34	1.30	17.21	0.022	0.00	Abierto
100.00		Tubería p4	12.34	1.30	17.21	0.022	0.00	Abierto
m		Tubería p5	12.34	1.30	17.21	0.022	0.00	Abierto
		Tubería p6	12.34	1.30	17.21	0.022	0.00	Abierto
		Tubería 4	12.34	1.30	17.26	0.022	0.00	Abierto
		Tubería 3	12.34	1.30	16.67	0.021	0.00	Abierto
		Tubería 1	12.34	1.30	17.26	0.022	0.00	Abierto
		Tubería 2	12.34	1.30	17.22	0.022	0.00	Abierto

Simulación hidráulica de la red de distribución

Presión		Plano de la Red				
25.00		ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
50.00		Conexión n2	2874	0.04	2879.05	5.05
75.00		Conexión n3	2866	0.04	2875.71	9.71
100.00		Conexión n4	2864	0.04	2872.37	8.37
m		Conexión n5	2859	0.04	2869.05	10.06
		Conexión n7	2842	0.04	2859.78	17.78
		Conexión n8	2838	0.04	2850.60	12.60
		Conexión n9	2832	0.04	2841.42	9.42
		Conexión n10	2821	0.05	2825.12	4.12

	Conexión n11	2809	0.04	2817.89	8.89
	Conexión n12	2802	0.04	2810.69	8.69
	Conexión n13	2792	0.04	2803.51	11.51
	Conexión n14	2790	0.02	2803.51	13.51
	Conexión n15	2782	0.04	2803.51	21.51
	Conexión n16	2771	0.04	2803.51	32.51
	Conexión n17	2785	0.04	2796.43	11.43
	Conexión n18	2777	0.04	2789.36	12.36
	Conexión n19	2769	0.04	2782.32	13.32
	Conexión n20	2766	0.04	2775.30	9.30
	Conexión n21	2762	0.04	2768.30	6.30
	Conexión n22	2759	0.04	2761.33	2.33
	Conexión n23	2758	0.02	2758.79	0.79
	Conexión n24	2753	0.03	2758.79	5.79
	Conexión n25	2746	0.04	2758.79	12.79
	Conexión n26	2742	0.04	2758.79	16.79
	Conexión n27	2736	0.04	2758.79	22.79
	Conexión n28	2751	0.04	2752.80	1.80
	Conexión n29	2748	0.01	2751.27	3.27
	Conexión n30	2744	0.05	2751.27	7.27
	Conexión n31	2742	0.03	2747.63	5.63
	Conexión n32	2733	0.04	2742.49	9.49
	Conexión n33	2724	0.04	2737.37	13.37
	Conexión n34	2720	0.02	2735.43	15.43
Conexión n35	2724	0.04	2735.43	11.43	
Conexión n36	2715	0.04	2735.43	20.43	
Conexión n37	2713	0.04	2735.43	22.43	
Conexión n38	2708	0.04	2735.43	27.43	
Conexión n39	2717	0.02	2732.96	15.96	
Conexión n40	2708	0.05	2732.96	24.96	
Conexión n42	2698	0.05	2732.96	34.96	
Conexión n43	2697	0.04	2732.96	35.96	
Conexión n44	2693	0.03	2732.96	39.96	
Conexión n45	2714	0.04	2728.00	14.00	
Conexión n46	2710	0.05	2722.87	12.87	
Conexión n47	2700	0.04	2722.87	22.87	

Presión
25.00
50.00
75.00
100.00
m
Caudal
25.00
50.00
75.00
100.00
LPS

Plano de la Red		ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m	
Presión 25.00 50.00 75.00 100.00 m		Conexión n45	2714	0.04	2728.00	14.00	
		Conexión n46	2710	0.05	2722.87	12.87	
		Conexión n47	2700	0.04	2722.87	22.87	
		Conexión n48	2692	0.04	2722.87	30.87	
		Conexión n49	2688	0.04	2722.87	34.87	
		Conexión n50	2687	0.01	2722.87	35.87	
	Caudal 25.00 50.00 75.00 100.00 LPS		Conexión n51	2709	0.04	2718.34	9.34
			Conexión n52	2703	0.04	2713.57	10.57
			Conexión n53	2695	0.04	2700.19	5.19
			Conexión n54	2694	0.01	2695.83	1.83
			Conexión n55	2687	0.03	2695.82	8.82
			Conexión n57	2677	0.04	2695.82	18.82
			Conexión n58	2671	0.04	2695.82	24.82
			Conexión n59	2667	0.04	2695.82	28.82
			Conexión n60	2667	0.04	2695.82	28.82
			Conexión n63	2688	0.03	2692.00	4.00
		Conexión n66	2702	0.04	2732.96	30.96	
		Conexión n67	2707	0.04	2732.96	25.96	
		Embalse 1	2882	-17.44	2882.00	0.00	
		Embalse 2	2832	-8.71	2832.00	0.00	
	Embalse 3	2758	3.30	2758.00	0.00		
	Embalse 4	2692	20.54	2692.00	0.00		

Simulación hidráulica: Propuesta

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n2	2874	0.04	2879.05	5.05
Conexión n3	2866	0.04	2875.71	9.71
Conexión n4	2864	0.04	2872.37	8.37
Conexión n5	2859	0.04	2869.05	10.06
Conexión n7	2842	0.04	2859.78	17.78
Conexión n8	2838	0.04	2850.60	12.60
Conexión n9	2832	0.04	2841.42	9.42
Conexión n10	2821	0.05	2825.12	4.12
Conexión n11	2809	0.04	2817.89	8.89

Conexión n12	2802	0.04	2810.69	8.69
Conexión n13	2792	0.04	2803.51	11.51
Conexión n14	2790	0.02	2803.51	13.51
Conexión n15	2782	0.04	2803.51	21.51
Conexión n16	2771	0.04	2803.50	32.50
Conexión n17	2785	0.04	2796.43	11.43
Conexión n18	2777	0.04	2789.36	12.36
Conexión n19	2769	0.04	2782.32	13.32
Conexión n20	2766	0.04	2775.30	9.30
Conexión n21	2762	0.04	2768.30	6.30
Conexión n22	2759	0.04	2761.33	2.33
Conexión n23	2758	0.02	2758.79	0.79
Conexión n24	2753	0.03	2758.79	5.79
Conexión n25	2746	0.04	2758.79	12.79
Conexión n26	2742	0.04	2758.79	16.79
Conexión n27	2736	0.04	2758.79	22.79
Conexión n28	2751	0.04	2752.80	1.80
Conexión n29	2748	0.01	2751.27	3.27
Conexión n30	2744	0.05	2751.27	7.27
Conexión n31	2742	0.03	2747.63	5.63
Conexión n32	2733	0.04	2742.49	9.49
Conexión n33	2724	0.04	2737.37	13.37
Conexión n34	2720	0.02	2735.43	15.43
Conexión n35	2724	0.04	2735.43	11.43
Conexión n36	2715	0.04	2735.43	20.43
Conexión n37	2713	0.04	2735.43	22.43
Conexión n38	2708	0.04	2735.43	27.43
Conexión n39	2717	0.02	2732.96	15.96
Conexión n40	2708	0.05	2732.96	24.96
Conexión n42	2698	0.05	2732.96	34.96
Conexión n43	2697	0.04	2732.96	35.96
Conexión n44	2693	0.03	2732.96	39.96
Conexión n45	2714	0.04	2728.00	14.00
Conexión n46	2710	0.05	2722.87	12.87
Conexión n47	2700	0.04	2722.87	22.87

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n45	2714	0.04	2728.00	14.00
Conexión n46	2710	0.05	2722.87	12.87
Conexión n47	2700	0.04	2722.87	22.87
Conexión n48	2692	0.04	2722.87	30.87
Conexión n49	2688	0.04	2722.87	34.87
Conexión n50	2687	0.01	2722.87	35.87
Conexión n51	2709	0.04	2718.34	9.34
Conexión n52	2703	0.04	2713.57	10.57
Conexión n53	2695	0.04	2700.19	5.19
Conexión n54	2694	0.01	2695.83	1.83
Conexión n55	2687	0.03	2695.82	8.82
Conexión n57	2677	0.04	2695.82	18.82
Conexión n58	2671	0.04	2695.82	24.82
Conexión n59	2667	0.04	2695.82	28.82
Conexión n60	2667	0.04	2695.82	28.82
Conexión n63	2688	0.03	2692.00	4.00
Conexión n66	2702	0.04	2732.96	30.96
Conexión n67	2707	0.04	2732.96	25.96
Embalse 1	2882	-17.44	2882.00	0.00
Embalse 2	2832	-8.71	2832.00	0.00
Embalse 3	2758	3.30	2758.00	0.00
Embalse 4	2692	20.54	2692.00	0.00

7.4 Anexo IV: Curva integral de consumo

Tabla 7.1: Resultados de la curva integral de consumo

HORA	CONSUMO	Σ CONSUMO	S (%)	Σ S	Δ (S-C)	$\Sigma\Delta$ (S-C)	V (%)
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

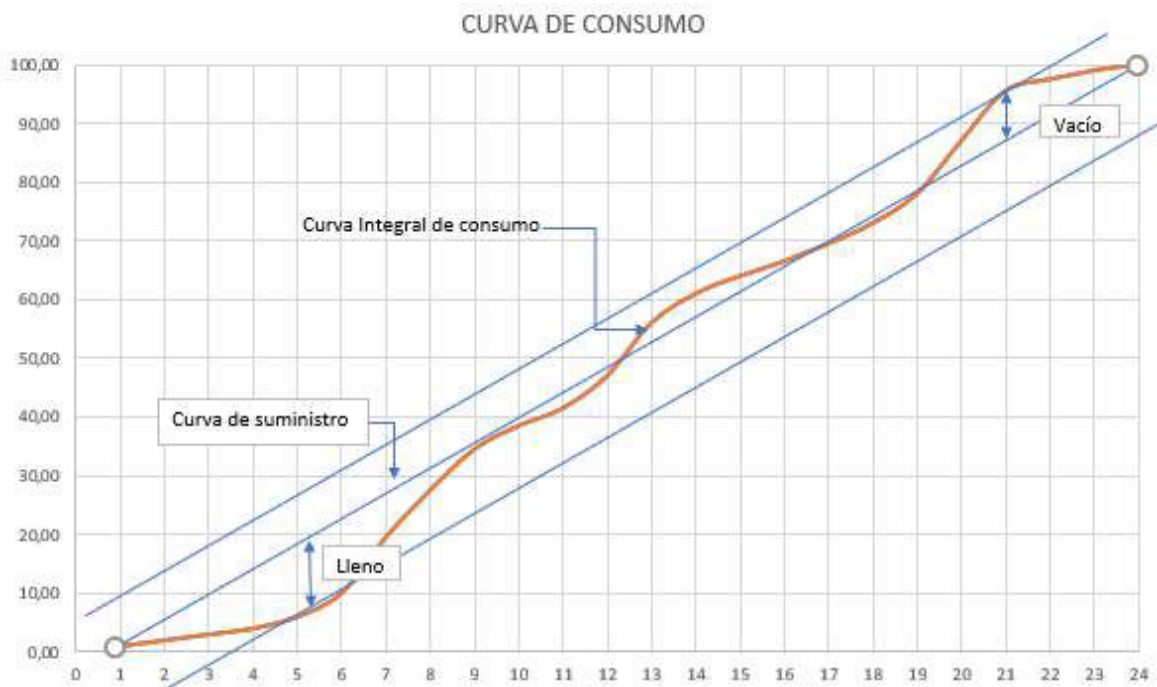


Figura 7.1: Curva integral de consumo

7.5 Anexo V: Formato de encuesta



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental

“DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORAS AL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA DE SAN ANTONIO DEL PUNGE, QUIROGA”



Encuesta sobre la calidad y servicio del agua en la comunidad San Antonio del Punge

Nombre: _____ Encuesta N°: _____

1. **¿Cuántas personas habitan en la vivienda?**

2. **Su vivienda cuenta con**
 - a) Fosa séptica
 - b) Cueva
 - c) Conexión a red de alcantarillado
3. **¿Cómo elimina normalmente la basura en su hogar?**
 - a) La recoge un proveedor de servicios formal
 - b) La recoge un proveedor de servicios informal
 - c) Se elimina en un espacio específico para la eliminación de residuos
 - d) Se elimina en el patio o la parcela del hogar
 - e) Se entierra o quema
 - f) Se elimina en otro lugar
 - g) No lo sabe
4. **¿Cuál es su principal fuente de agua para su consumo?**
 - a) Agua de tubería
 - b) Agua de un manantial
 - c) Agua de lluvia
 - d) Agua embotellada
 - e) Sequía o vertiente
5. **¿Cuáles son las actividades principales en la que utiliza agua?**
 - a) Alimentación
 - b) Higiene
 - c) Agricultura
 - d) Industria
 - e) Ganadería
6. **¿Usted conoce de dónde proviene el agua para su comunidad?**
 - a) SI
 - b) NO
7. **Califique la calidad de agua de grifo 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) Gastritis
 - c) Dolor de Cabeza
 - d) Deshidratación
 - e) Resequedad de la piel
 - f) Otros
 - g) Ninguno de los anteriores
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 sabor, color y olor característico?**
 - a) SI
 - b) NO
12. **¿Qué métodos emplea habitualmente 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) Otro
 - f) Ninguno de los anteriores
13. **¿En la zona cercana a la fuente usted sabe si existe alguna actividad que afecten la calidad del agua?**
 - a) Parcelas Agrícolas

- b) Zonas Forestales
 - c) Centro recreacional (parque)
 - d) Actividad Agrícola y Ganadera
 - e) Otros
 - f) Ninguno
14. **¿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
15. **¿En algún momento su hogar no contó con agua para consumo suficiente cuando la necesitaban?**
- a) Sí, en al menos una ocasión
 - b) No, siempre contamos con agua suficiente
 - c) No lo sabe
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
17. **En caso de interrupción cuanto tiempo tarda para reponer el servicio**
- a) 24 horas
 - b) 2 días
 - c) 3 o más días
18. **¿Cómo califica usted las instalaciones y estructuras del sistema de abastecimiento?**
- a) Excelente
 - b) Bueno
 - c) Malo
19. **Usted cree que el aporte económico es el adecuado al servicio que ofrece**
- a) Si
 - b) No
20. **¿Cuenta su hogar con un depósito temporal de almacenamiento de agua?**
- a) SI
 - b) NO
21. **¿En qué hora del día consume mayor cantidad de agua?**
- a) Dia
 - b) Tarde
 - c) Noche

7.6 Anexo VI: Memoria Técnica



SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CAMBUGÁN

EVALUACIÓN HIDRÁULICA

MEMORIA TÉCNICA

INTRODUCCIÓN

El proyecto de agua Cambugán, desde hace ya 30 años provee agua a seis comunidades rurales:

- *Cumbas Conde*
- *Morocho*
- *San Antonio del Punge*
- *Arrayanes*
- *Chilcapamba*
- *Morales Chupa*

Este proyecto se llevo a cabo con el objetivo de conseguir el sumak Kawsay de las comunidades al brindar el servicio de agua para el consumo humano.

A principios del proyecto los usuarios recibían agua con gran cantidad de desechos orgánicos por lo que fue necesario la intervención para la mejora de la infraestructura y la gestión comunitaria.

En la actualidad el sistema de abastecimiento cuenta con sus respectivos elementos, sin embargo, a pesar de ser un sistema completo ha presentado problemas. En este documento se expondrán las singularidades del sistema así como alternativas para solucionarlos.

ACTIVIDADES

El propósito del este proyecto fue realizar una evaluación hidráulica tanto de la línea de conducción como la red de distribución. El sistema de abastecimiento al proveer agua a seis comunidades, el estudio de la red de distribución se realizó solo en una comunidad. San Antonio del Punge es una de las comunidades beneficiarias de este proyecto y fue el área de estudio donde se realizó la evaluación. Las actividades que se ejecutaron fueron las siguientes:

ACTIVIDADES EJECUTADAS

- *Se realizó visitas técnicas para el reconocimiento del área de estudio, desde la captación hasta la red de distribución.*
- *Se realizó el aforo de caudales por medio del método volumétrico por flotador, caudalímetro y ultrasónico.*
- *Recolección de información existente*
- *Se tomó puntos georreferenciados y se recorrió la conducción y distribución con el GPS*
- *Se realizó encuestas a los usuarios beneficiarios del servicio.*
- *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 singularidades de los componentes del sistema de abastecimiento.*
- *Además con la colaboración de los usuarios se dio a conocer el estado del servicio de suministro.*
- *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.*
- *Se obtuvo la respectiva planimetría de la conducción.*
- *Durante el recorrido por la conducción se localizó elementos hidráulicos como: válvulas de aire y de purga.*
- *Se propuso alternativas para mejorar el sistema de suministro.*

Las actividades anteriormente mencionadas se llevo a cabo en las visitas técnicas planificadas. Esto se realizó con colaboración del presidente de la comunidad con los respectivos permisos concedidos por los mismos usuarios y propietarios de los terrenos por donde cruza el sistema de abastecimiento. Durante el recorrido fue necesario herramientas de trabajo y equipos de protección por el desfavorable clima y la abundante maleza.

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.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA



CAPTACIÓN

La captación está construida de forma rectangular de hormigón, la obra de captación es de toma directa y cuenta con dos tomas. Esta cubierta con un membrana con la finalidad de evitar el ingreso de escombros o residuos al tanque.

ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento protegida por una tapa de hormigón. Sus dimensiones son: 3m de ancho; 9 m de largo y 2,60 m de profundidad.



CONDUCCIÓN

La tubería va desde la captación hasta la planta de tratamiento, recorriendo una logitud de aproximadamente 6 km. La tubería es de PVC de 110 mm de diámetro.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

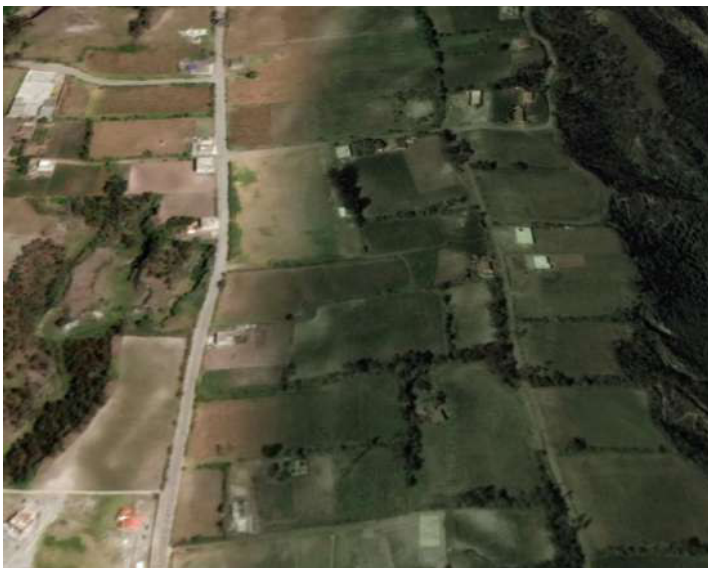


PLANTA DE TRATAMIENTO

Ubicada en la comunidad San Nicolás. La planta de tratamiento cuenta con todos los procesos unitarios de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Anteriormente se agregaba sulfato de aluminio como coagulante para tratar la turbiedad y el color.

TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Cada comunidad cuenta con su tanque de distribución. Los tanques son de forma rectangular de hormigón, cuenta con una tapa metálica para su respectivo control.

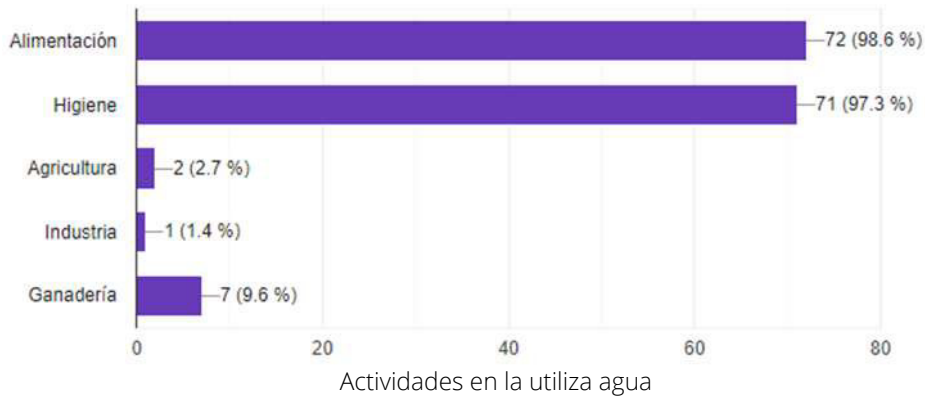


RED DE DISTRIBUCIÓN

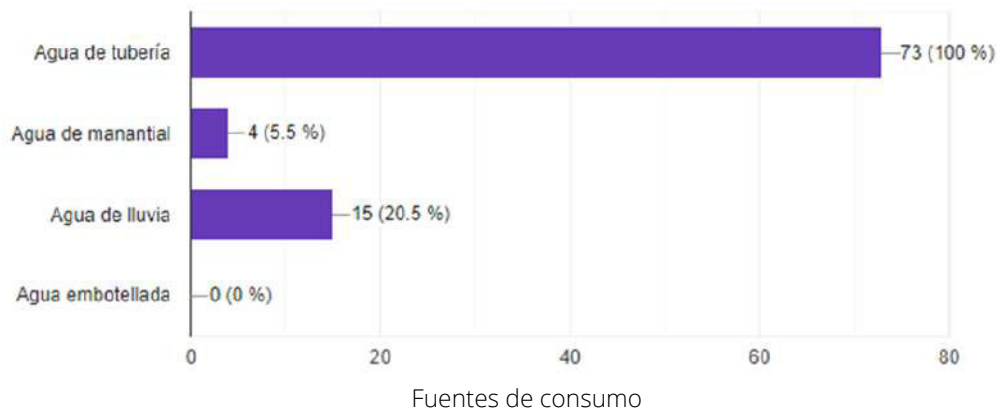
La red de distribución de la comunidad corresponde a una red abierta, puesto que las viviendas se encuentran distribuidas de manera dispersa. Esta red consiste en una tubería principal que pasa por medio de los terrenos de los pobladores y llegan a tanques rompe presiones.

RESULTADO DE ENCUESTAS

Se efectuó 21 preguntas de respuestas cerradas con el fin de evaluar los hábitos de consumo y obtener información adicional sobre el servicio. Con ello se obtuvo 73 resultados con un total de 353 habitantes dato importante para el análisis de caudales. El 98,6% de las personas utilizan agua en la alimentación y 97,3% en higiene, siendo las más principales.



El 100% de la población menciona que el agua de la tubería es la principal fuente de consumo. Cuando esta este suspendida o presente algún daño solo el 26% tiene fuentes alternativas como agua de lluvia o algún otro manantial .



En resumen de todas las preguntas propuestas, el 76.7% conoce el lugar de donde proviene el agua y son conscientes de los inconvenientes que presenta el sistema. El 72.6% dice que la cantidad de agua que llega a las viviendas es suficiente. En cuanto a la interrupción del servicio el 97,3% no han contado con agua en al menos una ocasión, el 98.6% aseguran que se debe a algún daño en tuberías o inconvenientes en la captación ya que se han reportado deslaves por la zona y el tiempo que tarda en retornar el agua es alrededor de 3 días o más por lo cual el 52.1% considera que el sistema de abastecimiento es malo. A pesar de ello, solo el 71,2% cuenta con depósitos temporales para su consumo.

DETERMINACIÓN DE CAUDALES

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

En la captación se utilizó el método volumétrico por flotadores por los calados pequeños. En la planta de tratamiento se implementó el caudalímetro ya que es ideal para la medición de velocidades en tuberías parcialmente llenos. En el tanque de distribución el flujo es presurizado por lo que se utilizó el método ultrasónico.

CAUDALES AFORADOS

La captación cuenta con dos aportes, donde la microcuena 1 tiene un caudal de 7,9 l/s y la microcuena 2 caudal de 4,56 l/s. El caudal total que ingresa a la captación es de 12,46 l/s.

Datos obtenidos en el aforo de caudales

Captación	Microcuena 1
Calado	0.023
Ancho canal (m)	0.37
Distancia (m)	Tiempo (s)
1	1.02
1	1.07
1	1.14
Total	1.077
Velocidad (m/s)	0.929
Área (m ²)	0.0085

Captación	Microcuena 2
Calado	0.025
Ancho canal (m)	0.385
Distancia (m)	Tiempo (s)
1	2.32
1	1.94
1	2.07
Total	2.110
Velocidad (m/s)	0.474
Área (m ²)	0.0096

Se estima que el tiempo adecuado para la sedimentación varía entre 0,5 y 4 horas, y la relación entre el volumen del tanque y caudal total el tiempo de retención es 0.33 horas por ende no existe una adecuada sedimentación.

El caudal aforado en la captación debe ser igual al que ingresa a la Planta de Tratamiento, sin embargo, en la planta de tratamiento el caudal es de 11,88 l/s como se representa en la siguiente tabla:

Datos hidráulicos de la Planta de Tratamiento

Planta de tratamiento	Tubería
Diámetro (mm)	110
Velocidad (ft/s)	4.1
Velocidad (m/s)	1.24968
Área (m ²)	0.00950
Caudal (l/s)	11.88

Datos hidráulicos del Tanque de Distribución

Tanque de Distribución	
Tubería (mm)	35
Flujo (l/s)	2.31
Velocidad (m/s)	2.77

El caudal que ingresa al tanque de distribución de la comunidad es 2.31 l/s, esto se debe a que no es la única comunidad que se beneficia de este servicio.

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 353 personas para el año 2021. La proyección se hizo para el período de 30 años, es decir para el año 2052 la población llegará a ser 422 personas. Se tomó el valor obtenido por el método geométrico ya que se ajusta más a las condiciones del crecimiento poblacional.

Resultados de la estimación poblacional

Método	Año	Población Actual	Tasa de crecimiento	Año de estimación	Población futura
Método Lineal	2021	353	k	2052	8029
			247,6		
Método Geométrico			r		422
			0,0057814		
Método Logarítmico			kg		414
			0,005168		

CAUDAL DE DISEÑO

Se estableció el consumo dependiendo de las actividades y hábitos de los pobladores. Además, se tomó en cuenta una industria dentro de la comunidad. Se utilizó la población futura anteriormente obtenida para el cálculo de caudales.

Consumo de agua

POBLACIÓN	USO	Demanda	Unidades	Consumo neto
		(L/d)	u	(L/hab*día)
422	Lavado ropa			15
	Cocina			8
	Aseo personal			32
	Aseo doméstico			8
	Abrevadero animales			47
	Descargas sanitarias			15
	Bebida			2
	TOTAL			127
COMERCIAL	Lácteos	20000	1	47,39
E INDUSTRIAL	TOTAL	L/d (C&I) =	20000	47,39

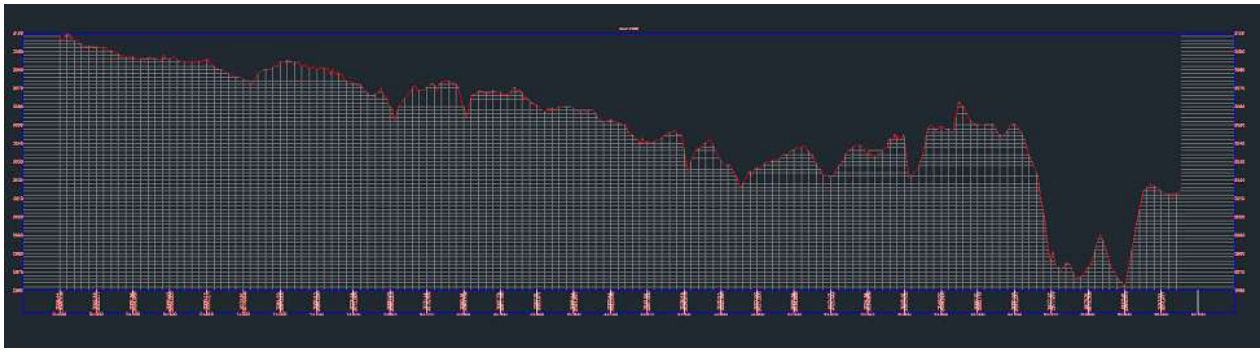
Conforme a los resultados presentados, el caudal medio es 1,06 l/s, pero para el respectivo análisis se utilizó el caudal máximo diario de 1,49 l/s, no obstante, el caudal aforado al ingreso del tanque de distribución es 2,31 l/s, es evidente que existe un excedente de caudal.

Caudales de diseño

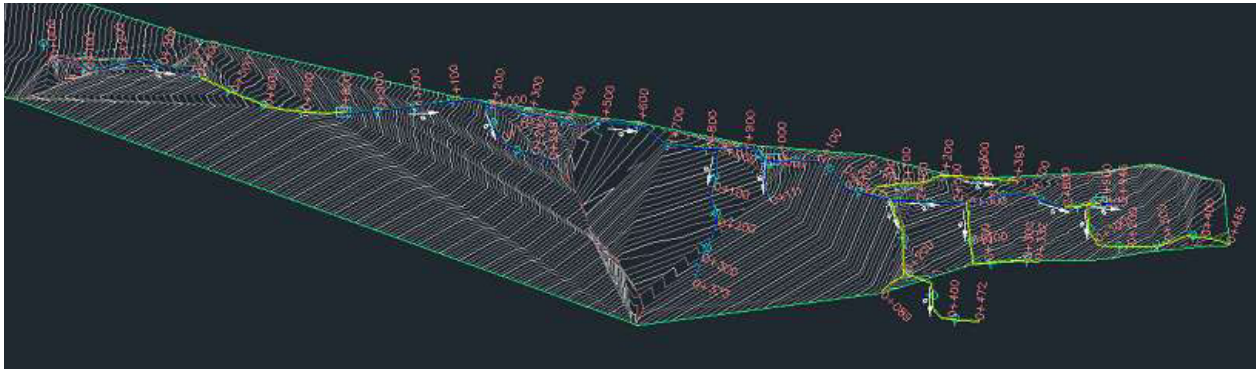
Consumo neto	232,39	L/hab*día
consumo total	290,49	L/hab*día
Q medio	1,06	L/s
Q máx diario	1,49	L/s
Q máx horario	2,38	L/s

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.

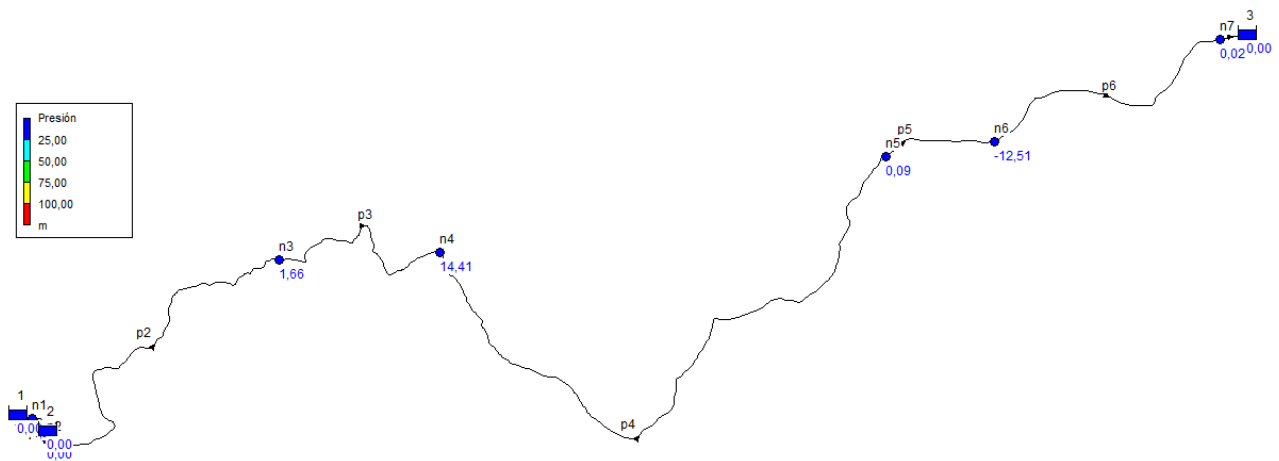


Perfil de la Conducción



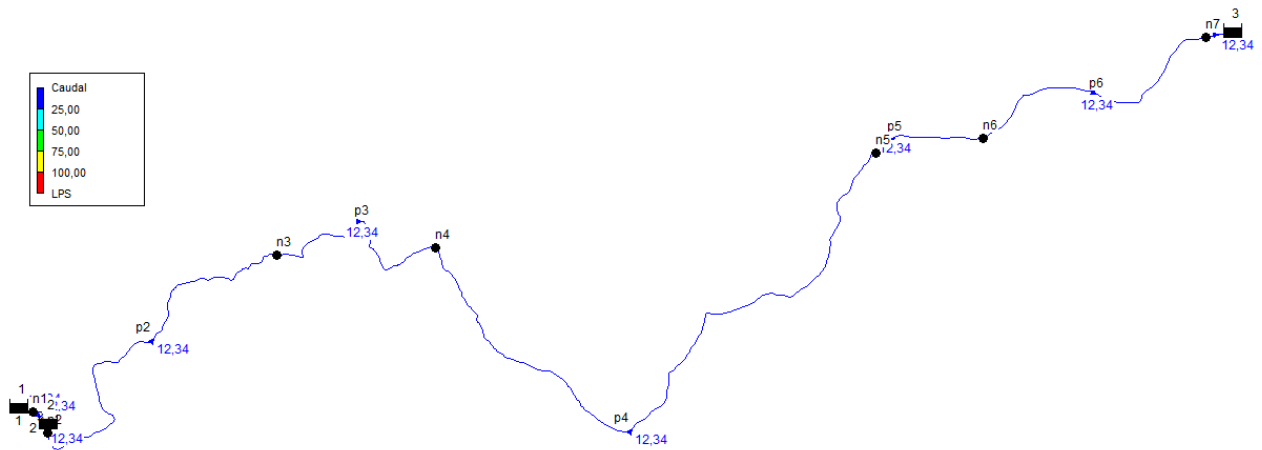
Planimetría de la red de distribución

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. A continuación, se presentan los resultados de la línea de conducción desde la captación hasta el tanque de tratamiento, donde el sistema no cumple con las presiones mínimas requeridas, especialmente en el nodo 6 con presión de -12,51m.c.a, esto se debe a la posición topográfica, la tubería atraviesa un punto alto, lo que provoca la generación de un sifón que funciona solamente si no existe aire en la tubería, por eso es necesario de válvulas.



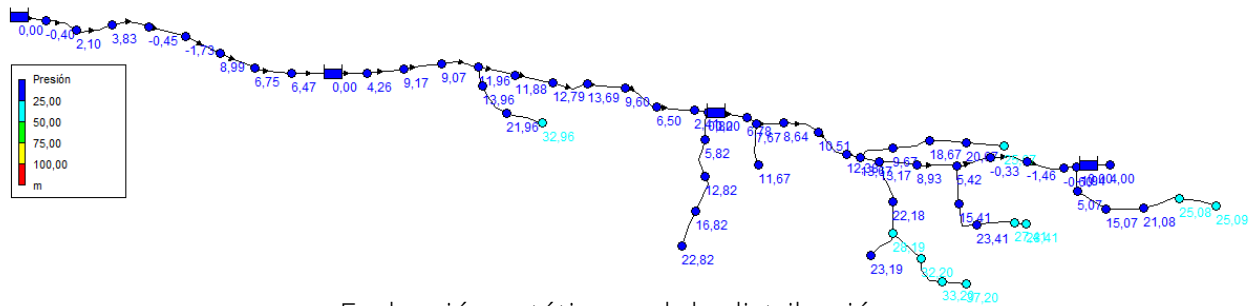
Simulación hidráulica de la conducción: Presiones

Con respecto a los caudales, el caudal calculado es 12,34 l/s, mientras que el caudal aforado fue 12,46 l/s, con esto se comprueba que esta tubería transporta el caudal de captación. Pero el caudal aforado en la planta de tratamiento es de 11,88 l/s, por lo tanto, no concuerda con el caudal calculado por el programa.



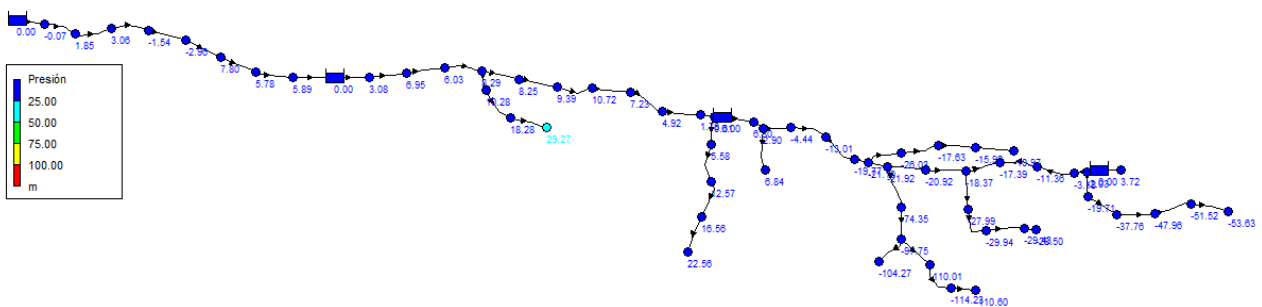
Simulación hidráulica de la conducción: Caudales

Lo mismo se realizó con la red de distribución. Con los diámetros existentes de 50mm, 25mm y 13mm se aprecian presiones negativas en la evaluación estática, incluso en el estudio dinámico se obtiene presiones negativas es decir existen inconvenientes de suministro, sobre todo en horas pico de consumo.



Evaluación estática: red de distribución

La red de distribución no cumple con los requerimientos establecidos, ciertos nodos no alcanzan las presiones mínimas normadas. Esto podría estar ocasionando la inconformidad de ciertos usuarios que no tienen presiones suficientes. Incluso el diámetro de las tuberías no se encuentra dentro de lo normado. La normativa establece que el diámetro mínimo de tuberías debe ser 75mm en la red de distribución.



Evaluación dinámica de la red de distribución

EVALUACIÓN TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Con las dimensiones obtenidas el tanque tiene una capacidad actual de 60 m³ sin tomar en cuenta el espesor de la pared.

Con base en la curva integral de consumo, la capacidad del tanque debe ser 29,61 m³ para cubrir la demanda en las horas pico de la población.

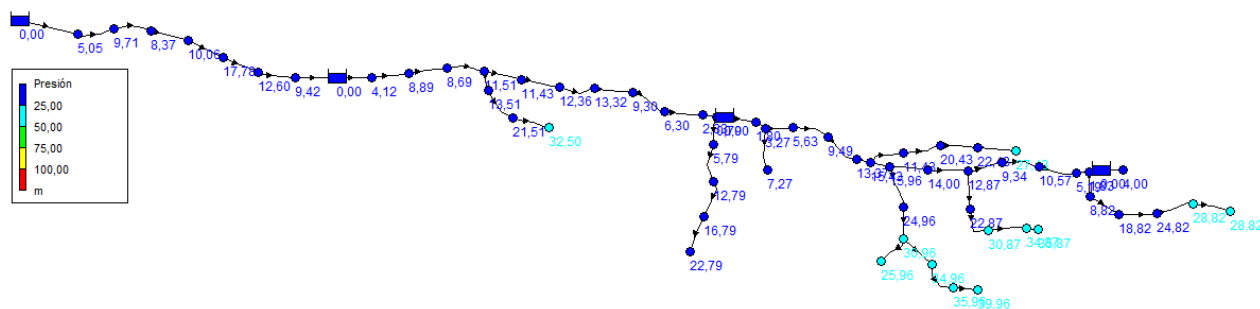
Es decir, la capacidad actual es mayor a lo requerido.

Dimensiones del tanque de distribución	
Ancho	5,5 m
Largo	5,5 m
Altura	2,9 m
Espesor de pared	0,5 m

Caudal Máx Diario (l/s)	1,49
Caudal Máx Diario (m ³ /d)	128,74
Capacidad Tanque (m ³)	29,61

PROPUESTAS

- Una de las principales propuestas es el mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento. El control y la limpieza frecuente permite la durabilidad de los componentes y una operación de forma efectiva.
- En la captación se debe realizar un estudio de estabilización de las laderas aledañas a la toma de captación para evitar posibles deslizamientos de tierra.
- Se debe realizar un estudio de los procesos unitarios existentes en la planta de tratamiento ya que actualmente se encuentran cerrados sin acceso y sin funcionamiento.
- De acuerdo con los estudios realizados, la red de distribución requiere de cambios en los diámetros de tuberías.
- Con diámetros de 110 mm y 90mm las presiones negativas desaparecen, sin embargo, no alcanzan las presiones mínimas normadas de 10 m.c.a. pero la red puede llegar a operar sin inconvenientes solventando la problemática de los usuarios de la comunidad en horas pico.
- Además se debe tomar en cuenta que no deben existir tanque rompe presión, estos son puntos de contaminación debido a que están a presión atmosférica, hay presencia de animales domésticos y de pastoreo, además las viviendas no cuentan con servicio de alcantarillo. Sin embargo, es necesario para romper la presión en la zona baja de la comunidad. Se propone un estricto control y limpieza de los mismos para que no afecte la calidad del suministro.



Simulación hidráulica con cambios de tuberías

MANTENIMIENTO Y OPERACION

El operador juega un papel importante dentro de un sistema de abastecimiento de agua. Es el encargado de manejar y operar los elementos del sistema de agua. Con ello el mantenimiento es indispensable para que opere de forma adecuada.

Las principales actividades que se deben implementar dependerá del componente:

CAPTACIÓN

- *Limpiar rejilla, se debe retirar hojas o escombros presentes.*
- *Lavar, limpiar el tanque de captación por posible acumulación de sedimentos en el interior.*
- *Revisar el estado de válvulas, compuertas entro otros accesorios.*
- *Realizar revisiones de estructuras con la finalidad de encontrar fugas, daños o deterioro de la infraestructura.*

CONDUCCIÓN

- *Realizar recorridos frecuentes a lo largo de la tubería para identificar fugas o conexiones ilícitas.*
- *Los tramos de tuberías no debe estar expuestos al sol.*
- *Abrir las válvulas de limpieza para drenar los sedimentos.*
- *Revisar periódicamente las válvulas de aire para expulsar el aire contenido en las tuberías.*

PLANTA DE TRATAMIENTO

- *Retirar cuerpos extraño o flotantes*
- *Mantener el área de rejillas y desarenadores despejados.*
- *Limpiar las estructuras de procesos unitarios por dentro y por afuera de ser necesario.*
- *Revisar las válvulas*
- *Evitar el ingreso de personas ajenas y animales de pastoreo.*

TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

- *Eliminar lodos acumulados o focos de contaminación, estos pueden alterar la calidad de agua.*
- *Limpiar el tanque por el interior.*
- *Revisar fugas o grietas de la estructura.*
- *Informar a la comunidad de la suspensión del servicio cuando se realice el mantenimiento.*
- *Evitar el ingreso de personas ajenas y animales de pastoreo.*

RED DE DISTRIBUCIÓN

- *Reparar las tuberías que presenten rupturas en el menor tiempo posible.*
- *Revisar accesorios y tanque rompe carga presentes en la red de distribución.*
- *Informar a la comunidad en caso de suspensión de servicio.*

CONCLUSIONES

- *La captación cuenta con presedimentadores por la presencia de gran cantidad de sólidos en el agua permitiendo la remoción de sólidos suspendidos que incrementan la turbiedad, también se observó que, en casos de excesos de caudal, el presedimentador presenta una abertura por donde circula el caudal excedente en el caso de la microcuenca 1, mientras que la microcuenca 2 cuenta con una compuerta que controla la altura del agua, similar caso sucede en el tanque de distribución de la comunidad que cuenta con una tubería de desagüe sacando al medio exterior el exceso de agua del tanque.*
- *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.*
- *Los caudales obtenidos con base en la población futura y las dotaciones, el caudal aforado en el tanque de distribución es de 2,31 l/s y el caudal teórico es 1,49 l/s, es decir la comunidad tiene un exceso de caudal a lo necesario.*
- *En la simulación hidráulica de la conducción, la presión negativa se debe a la ubicación topográfica por lo cual cuenta con accesorios necesarios para conducir agua sin inconveniente.*
- *En el análisis estático de la red de distribución, se pretendía eliminar los tanques rompe presiones sin embargo fueron necesarios ya que las presiones superaban los valores máximos inclusive al cambiar el diámetro de las tuberías afectando a la zona baja de la comunidad hasta puede llegar a existir daños en las tuberías afectando drásticamente a los usuarios.*
- *Se evidenció que ciertas zonas de la comunidad son muy afectadas especialmente la parte final de la distribución. Con los diámetros actuales varios puntos de entrega las presiones tienen valores negativos, es decir existen ciertos puntos donde el agua no llega con la presión adecuado incluso algunos usuarios deben dejar de usar el servicio para que la zona baja cuente con este recurso, por esta razón es necesario realizar cambio tuberías con los diámetros anteriormente establecidos.*
- *A la falta de interés de la Junta de Agua a cargo de este proyecto y falta de recursos de la comunidad las obras civiles especialmente la planta de tratamiento se encuentran abandonadas. Por otro lado, el tanque de distribución de la comunidad se encuentra en buen estado sin embargo no cuenta con su respectivo mantenimiento y debido a la gran cantidad de sólidos presentes en el agua puede convertirse en una razón más para afectar la calidad del recurso, ya que se ha llegado a encontrar anfibios en el tanque incluso llegan a tapar las tuberías afectando a los usuarios.*