



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en las Redes de Distribución
de Agua Potable de Palosolo, Cantón Piñas, Provincia de El Oro**

**ARIAS CEVALLOS JUAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en las Redes de
Distribución de Agua Potable de Palosolo, Cantón Piñas, Provincia
de El Oro**

**ARIAS CEVALLOS JUAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en las Redes de
Distribución de Agua Potable de Palosolo, Cantón Piñas,
Provincia de El Oro**

**ARIAS CEVALLOS JUAN PAULO
INGENIERO CIVIL**

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

**MACHALA
2024**

TRABAJO DE TITULACIÓN_PAULO ARIAS

6%
Textos sospechosos



5% Similitudes
 0% similitudes entre comillas
 2% entre las fuentes mencionadas
 2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TRABAJO DE TITULACIÓN_PAULO ARIAS.docx ID del documento: 025a607c2c548f14db2e68827b9e307804d207d3 Tamaño del documento original: 32,56 MB Autores: []	Depositante: FREDY ALEJANDRO AGUIRRE MORALES Fecha de depósito: 3/2/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 3/2/2025	Número de palabras: 19.024 Número de caracteres: 118.835
--	---	---






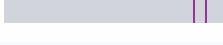

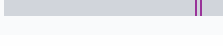

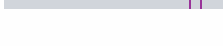
Ubicación de las similitudes en el documento:





Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 scielo.iics.una.py Factores determinantes de los modelos matemáticos para el dise... http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2708-04122024000100018 11 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (184 palabras)
2	 dx.doi.org Factores determinantes de los modelos matemáticos para el diseño, sim... http://dx.doi.org/10.53732/rccsociales/e601116 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (169 palabras)
3	 doi.org https://doi.org/10.1007/s10668-023-04431-2	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (108 palabras)
4	 repositorio.lamolina.edu.pe https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6723/verastegui-maita-aniba...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (64 palabras)
5	 dx.doi.org Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agu... http://dx.doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.503 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (53 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 hdl.handle.net Plataforma SIG para el mejoramiento de la gesti?n de redes de agu... https://hdl.handle.net/20.500.14138/5909	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	 132.248.9.195 Problemas en las redes de abastecimiento de agua potable http://132.248.9.195/ptd2013/mayo/0694817/Index.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
3	 riunet.upv.es https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185343/DiazGonzalez - The importance of water te...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	 link.springer.com Optimal Operational Scheduling of Available Partially Closed Val... https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11269-020-02579-4.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
5	 doi.org https://doi.org/10.1007/s11269-014-0707-y	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	 https://doi.org/10.2166/washdev.2018.262
2	 https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.281
3	 https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2006.08.032
4	 https://doi.org/10.1007/s13369-013-0782-z
5	 https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.104075

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ARIAS CEVALLOS JUAN PAULO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en las Redes de Distribución de Agua Potable de Palosolo, Cantón Piñas, Provincia de El Oro, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ARIAS CEVALLOS JUAN PAULO

0706448719

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a todos quienes forman parte de mi familia, y de manera especial a mis padres, Marlon Arias y Amparo Cevallos, cuyo esfuerzo y dedicación inquebrantable me han impulsado a luchar y alcanzar esta meta. Su amor, valores y ejemplo han sido mi mayor inspiración y motivación a lo largo de esta etapa. Sin ustedes, este logro no habría sido posible; cada página de este trabajo refleja todo lo que me han enseñado y el inmenso apoyo que me han brindado.

También dedico este trabajo a mi pareja, Allison Fernández, y a mi hija, Alice Paulette Arias, quienes han sido mi mayor fuente de motivación y un pilar fundamental en mi camino. Gracias por su amor, paciencia y por darme fuerzas para seguir adelante en cada momento. Este logro también es suyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por haberme guiado en este camino, protegiéndome cada día, dándome salud y fortaleza para continuar. Su presencia ha sido mi luz y mi refugio en cada etapa de este proceso.

A mis padres, Marlon y Amparito, por su inmenso apoyo y amor incondicional. Han sido, y siempre serán, mi mayor inspiración. Su esfuerzo, compromiso y valores han sido la base de mi éxito, y por ello les estaré eternamente agradecido.

A mi pareja, Allison, quien ha estado a mi lado desde el inicio de esta etapa, cuando éramos enamorados, y hoy, formando juntos una hermosa familia con nuestra pequeña Alice. Gracias por tu compañía, paciencia y apoyo incondicional en cada momento de este camino.

A mi querida hermana, Anabel, y mi sobrina, Sofía, por sus palabras de aliento, sus consejos y su motivación constante para seguir adelante. Su presencia ha sido un impulso invaluable en este proceso.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi tutor, Ing. Fredy Alejandro Aguirre Morales, cuya guía, orientación y dedicación han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Su apoyo ha contribuido significativamente a mi crecimiento tanto profesional como personal.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que formaron parte de este proceso. A mis amistades, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles, y a quienes contribuyeron de alguna manera a la realización de este trabajo. A todos aquellos que, de una u otra forma, fueron parte de este viaje, mi más sincera gratitud.

RESUMEN

El estudio de las redes de abastecimiento de agua potable es fundamental para garantizar un servicio eficiente y de calidad, promoviendo el desarrollo de las comunidades y cumpliendo con los lineamientos establecidos en normativas y proyectos originales. A través del modelado hidráulico de la red de la comunidad Palosolo del Cantón Piñas, se busca evaluar sus condiciones actuales, compararlas con las especificaciones iniciales y verificar su funcionamiento. Ante las irregularidades, se plantean soluciones y se simulan sus efectos en el sistema.

Para ello, se realizaron visitas de campo a la comunidad con el objetivo de recopilar información detallada sobre la infraestructura existente. Se llevó a cabo un levantamiento de datos, incluyendo la verificación de planos, la medición de caudales, presiones y la evaluación de la calidad del agua en distintos puntos de la red. Con estos datos, se elaboró un modelo lo más fiel posible a la realidad haciendo una simulación de periodo extendido en el software WaterCAD.

Los resultados de las simulaciones evidenciaron la presencia de presiones excesivas en diversos puntos de la red, lo que podría comprometer su eficiencia y durabilidad. Para mitigar este problema, se evaluó la implementación de un tanque regulador de presión, obteniéndose una mejora significativa en el desempeño del sistema, optimizando su operación y garantizando una distribución más eficiente del recurso.

Palabras Clave: Presión, agua potable, modelación, calidad del agua.

ABSTRACT

The study of drinking water distribution networks is crucial for ensuring an efficient and high-quality service, fostering community development, and adhering to regulatory frameworks and original project specifications. This research employs hydraulic modeling to analyze the current conditions of the water distribution network in the community of Palosolo of the canton Piñas, comparing them against the initial design parameters and assessing system performance. Identified irregularities are addressed through solutions, whose effects are simulated to evaluate their impact on network efficiency.

To achieve this study's purpose, field visits were carried out to collect detailed data on the current infrastructure. The data collection process included plan verification, flow rate, pressure measurements, and water quality assessments at several nodes of the network. Using these data, a high-fidelity hydraulic model was developed and subjected to an extended-period simulation in WaterCAD software.

The Simulation results demonstrated excessive pressure at multiple points within the network, potentially compromising both efficiency and structural integrity. To mitigate this issue, the feasibility of implementing a pressure regulation tank was analyzed, demonstrating significant improvements in system performance. The proposed solution enhances network operation and ensures a more efficient and balanced distribution of potable water.

Keywords: Pressure, potable water, hydraulic modeling, water quality.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	10
Importancia del tema	10
Actualidad de la problemática	10
Estructura del Trabajo	10
CAPITULO I	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Tema de investigación.....	12
1.2 Línea base del proyecto	12
1.2.1 Ubicación	12
1.2.2 Sistema de Agua Potable.....	12
1.2.3 Situaciones turísticas y sociales	14
1.2.4 Educación y salud.	14
1.2.7 Topografía	15
1.2.8 Uso del suelo.....	15
1.2.9 Riesgos Hidrológicas	16
1.2.10 Clima.....	16
1.3. Descripción de la situación problemática.	17
1.3.1. Descripción del problema.	17
1.4 Formulación del Problema.....	19
1.4.1 Problema	19
1.4.2 Problemas secundarios.....	19
1.5 Delimitación del Tema	19
1.6 Justificación	20
1.7 Objetivos.....	21
1.7.1 Objetivo General.....	21
1.7.2 Objetivos específicos	21
CAPITULO II	22
MARCO TEORICO.....	22
2.1 Antecedentes contextuales	22
2.1.1 Macro	22
2.1.2 Meso.....	24
2.1.3 Micro.....	24
2.2 Antecedentes Referenciales	25
2.3 Antecedentes Conceptuales	29
2.3.1 Tuberías Presurizadas	29
2.3.2 Pérdida de Carga	29

2.3.3	Software de Diseño Hidráulico.....	29
2.3.4	Formula de Darcy-Weisbach.....	29
2.3.5	Flujo Laminar y Turbulento.....	29
CAPITULO III.....		30
METODOLOGÍA.....		30
3.1	Modalidad básica de la investigación.....	30
3.2	Tipo de investigación.....	30
3.2.1	Investigación Inductiva.....	30
3.2.2	Investigación Deductiva.....	30
3.2.3	Investigación de Campo.....	30
3.2.4	Investigación Aplicativa.....	31
3.3	Objeto de Estudio.....	31
3.4	Población y muestra.....	31
3.4.1	Población.....	31
3.5	Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	32
3.5.1	Reconocimiento del lugar.....	32
3.5.2	Medición del Caudal.....	33
3.5.3	Medición del cloro residual.....	34
3.5.4	Técnicas.....	35
3.5.5	Instrumentos.....	36
3.5.6	Calculo de dotaciones.....	36
3.5.7	Modelamiento en WaterCAD.....	37
3.5.9	Modelación de la calidad del agua.....	41
3.6	Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos.....	42
CAPITULO IV:.....		46
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		46
4	Análisis de resultados.....	46
4.1	Cálculo de Población Futura y Dotación.....	46
4.2	Análisis de Periodo Extendido.....	50
4.2.1	Red de abastecimiento de agua potable.....	52
4.2.2	Verificación del funcionamiento actual de la red de abastecimiento de agua potable.....	52
4.2.3	Análisis de la calidad del agua.....	63
4.2.4	Mediciones en campo.....	68
4.3	Planteamiento de Soluciones.....	70
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES.....		76

Anexos	82
--------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1: Datos de Población Parroquia Moromoro _____	31
Tabla 2: Tasa de Crecimiento Poblacional _____	32
Tabla 3: Dotaciones de agua para los distintos niveles de servicio _____	36
Tabla 4: Porcentaje de fugas a considerar en el diseño de sistemas de agua potable ____	37
Tabla 14: Rango de Cloro Residual _____	41
Tabla 5: Calculo del índice de crecimiento _____	46
Tabla 6: Calculo de las poblaciones futuras _____	47
Tabla 7: Datos de Consumo por usuario _____	48
Tabla 8: Patrón Horario _____	51
Tabla 9: Diámetros y Distancia de Tuberías _____	54
Tabla 10: Tuberías de la Red _____	55
Tabla 11: Nudos de la Red _____	56
Tabla 12: Reporte Tubería A1 _____	57
Tabla 13: Reporte Tubería S-B1 _____	60
Tabla 15: Resultados de mediciones en campo _____	69
Tabla 16: Resultados en WaterCAD _____	69

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación de Palosolo _____	12
Ilustración 2: Recorrido por la Planta de Tratamiento _____	13
Ilustración 3: Mapa de Cuencas y Subcuencas _____	15
Ilustración 4: Mapa de Eventos Peligrosos _____	16
Ilustración 5: Mapa de Precipitaciones _____	17
Ilustración 6: Medición de presión en el barrio "Los Remedios" _____	18
Ilustración 7: Medidor de Caudal _____	33
Ilustración 8: Comparador Visual de Cloro _____	34
Ilustración 9: Variación del Consumo _____	51
Ilustración 10: Grafico de la Red de Agua Potable de Palosolo _____	52
Ilustración 11: Disposición del tanque en diseño _____	53
Ilustración 12: Tanque de Reserva _____	53
Ilustración 13: Cambio de la ubicación del tanque _____	54

Ilustración 14: Perfil de la tubería principal _____	58
Ilustración 15: Perfil de Variante desde el nudo 4 al 9 _____	59
Ilustración 16: Perfil de Variante desde el nudo 3 hasta ROM-FIN _____	59
Ilustración 17: Perfil de Tubería desde el nodo 3 al 12 _____	60
Ilustración 18: Perfil de la tubería del segundo ramal _____	62
Ilustración 19: Variación de la presión en el punto ROM-FIN _____	63
Ilustración 20: Medición del Cloro a la salida del Tanque _____	64
Ilustración 21: Cloro Residual Nudo 7 _____	65
Ilustración 22: Cloro Residual Nudo 9 _____	66
Ilustración 23: Cloro Residual Nudo ROM-FIN _____	67
Ilustración 24: Cloro Residual Nudo 15 _____	68
Ilustración 25: Medición de Presión con Manómetro _____	69
Ilustración 26: Tubería A-3 _____	70
Ilustración 27: Perfil Tramo A1 _____	71
Ilustración 28: Ubicación del TRP _____	72
Ilustración 29: Perfil de Elevación y Presión de la tubería principal aplicando el TRP.	72
Ilustración 30: Perfil de la tubería hasta el nudo 9 tras aplicar el TRP _____	73
Ilustración 31: Variación de la presión en el nudo ROM-FIN _____	74

Índice de Anexos

Anexo 1: Medición de Caudal por horas	82
Anexo 2: Datos de Consumo Proporcionados por EPAAP	85
Anexo 3: Consumos Tabulados por Usuario	93
Anexo 4: Registro de Presiones en campo.....	96
Anexo 5: Registro Cloro Residual en Campo.....	100
Anexo 6: Modelo en WaterCAD.....	101
Anexo 7: Mediciones de Presion en campo.....	101
Anexo 8: Mediciones de Cloro Residual	105
Anexo 9: Mediciones del Caudal en la salida de la planta	108
Anexo 10: Instalación del Flujómetro	112

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

Las redes de abastecimiento de agua potable desempeñan un papel fundamental en la provisión de agua segura a los asentamientos humanos, asegurando que esta se mantenga libre de patógenos mediante rigurosos procesos de desinfección. Además, la distribución del agua debe ser continua y cumplir con normativas de diseño que garanticen una presión adecuada y una calidad óptima.

En la comunidad de Palosolo, ubicada en el cantón Piñas, el sistema de abastecimiento de agua potable ha sido diseñado para adaptarse a la topografía montañosa de la zona, lo que ha generado ciertos inconvenientes en su funcionamiento.

Actualidad de la problemática

La red de agua potable de Palosolo, construida en 2014 por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Piñas, la planta funciona a un caudal promedio de 0.93 l/s, y abastece a los sectores “Los Remedios”, “Palosolo”, “Florida”, “Romapamba”, “Divino Niño” pertenecientes a la comunidad. En “Los Remedios” las presiones existentes son bajas, generando un descontento en los usuarios, por el contrario, en sectores como “Florida” existen presiones muy elevadas, lo cual afecta al funcionamiento del sistema, además, en el proceso de cloración del agua, se carece de un control técnico, provocando que la distribución del cloro no sea eficaz.

Estructura del Trabajo

El presente trabajo, se desarrolla en 4 capítulos. En el capítulo I se llevará a cabo la contextualización de la problemática que se tratará, planteando las preguntas y objetivos en los cuales se basará el trabajo.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, analizando el estado del arte actual en relación a las modelaciones y simulaciones de redes de agua potable, así como otros aspectos clave a tener en cuenta en la investigación.

En el capítulo III se describe la metodología de trabajo, tomando en cuenta todos los parámetros a ser analizados, los métodos y técnicas utilizados en la toma de datos y su procesamiento, con el fin de explicar el trabajo que se realizará.

Para el capítulo IV, se expone los datos obtenidos con base en la recopilación de información, el estudio del modelo y la ejecución de las simulaciones, así como la presentación de una solución a los problemas de la red.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

Modelación hidráulica y de calidad del agua de la red de distribución de agua potable en la comunidad Palosolo del Cantón Piñas.

1.2 Línea base del proyecto

1.2.1 Ubicación

Ilustración 1: Ubicación de Palosolo



Fuente: Autor

1.2.2 Sistema de Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad cuenta con un sistema completo de tratamiento de agua, se encuentra a cargo de la empresa de agua y alcantarillado de Piñas (EPAAP). La planta se construyó en el año 2014, se ejecutó para un caudal de 1.2 l/s con una captación de agua cruda en la quebrada Guayacán que está ubicada a 1200 m de la población en una cota de 1013 msnm, la cual, después de pasar por un desarenador, se transporta a la planta mediante una conducción de 960 metros de longitud, el caudal que se necesita para abastecer a la población es de 0.93 L/s, por lo que la planta actualmente trabaja a esa capacidad.

Existe otro sistema de agua en la comunidad, el cual la conduce desde una captación en la misma quebrada hasta tanques dispersos en la comunidad, este sistema es directo, sin pasar por procesos de potabilización, lo cual genera una reducción en la demanda de agua, debido a que gran parte de los usuarios posee ambos sistemas.

El agua se trata en la planta utilizando los siguientes procesos:

- Filtro grueso dinámico
- Filtro grueso ascendente
- Filtro lento descendente (2u)
- Cloración
- Reserva de 50 m³. (1u)

La cámara de cloración hace uso de un dosificador, que funciona con cloro en pastillas, el proceso actualmente no se controla técnicamente, solo se verifica la presencia del cloro granular en el dosificador.

Ilustración 2: Recorrido por la Planta de Tratamiento



Fuente: Autor

La red de abastecimiento que distribuye agua a 118 usuarios, los cuales cuentan con medidores individuales, se carece de un macromedidor para medir el caudal que sale del

tanque de reserva hacia los dos ramales de abastecimiento que existen, esto debido a la dispersión de las viviendas y la topografía de la zona, de las dos zonas la mayor concentración de usuarios se encuentra alrededor del parque central.

La comunidad carece de un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas servidas son descargadas a través de tuberías que desembocan en las quebradas del sector. Esta situación genera un alto nivel de contaminación en estos cuerpos de agua, los cuales a su vez alimentan al río Moromoro, un afluente del río Puyango.

1.2.3 Situaciones turísticas y sociales

La comunidad de Palosolo es un destino turístico de gran relevancia, reconocido por sus quebradas, extensos paisajes con abundante flora y fauna, y un clima templado. En la cabecera parroquial de Moromoro se ubican balnearios populares, lo que la convierte en uno de los destinos preferidos del cantón.

1.2.4 Educación y salud.

Para servicios de salud los pobladores de la comunidad deben movilizarse hacia la cabecera parroquial Moromoro, que cuenta con un subcentro de salud de nivel I, donde no es posible atender necesidades especializadas. Estos casos son derivados directamente a centros de mayor nivel como el Hospital Básico de Piñas.

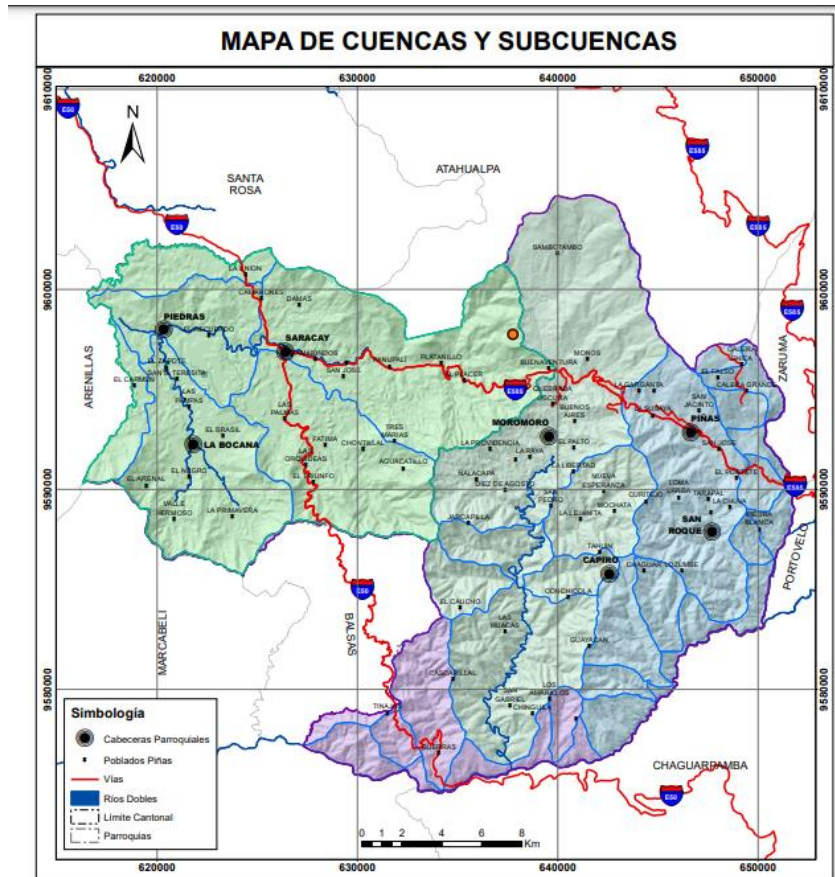
1.2.5 Ordenamiento territorial Cantón Piñas

El cantón Piñas se conforma por la cabecera cantonal, dos parroquias urbanas y seis parroquias rurales. Entre estas últimas se encuentra la parroquia Moromoro, la cual cuenta con una cabecera parroquial y múltiples comunidades dispersas a lo largo de su territorio. Entre las principales comunidades que conforman Moromoro están Sambotambo, Buenaventura, La Palma, 10 de agosto, Ñalacapa, Jarcapilla, Buenos Aires, El Palto y Palosolo. (PDOT Piñas, 2019)

1.2.6 Hidrografía

La parroquia de Moromoro se sitúa completamente dentro de la cuenca hidrográfica del río del mismo nombre, un afluente significativo del río Puyango. Esta ubicación implica que todas las corrientes de agua, arroyos y riachuelos dentro de la parroquia desembocan en el río Moromoro, contribuyendo así a su caudal. (PDOT Piñas, 2019)

Ilustración 3: Mapa de Cuencas y Subcuencas



Fuente: PDOT Piñas

1.2.7 Topografía

La topografía del sector, al igual que la de todo el cantón Piñas, es muy irregular, con pendientes muy fuertes que en ocasiones superan el 50%, toda la comunidad se encuentra en una cota promedio de 950 msnm, pero existen puntos más altos y más bajos.

La captación se realiza en la cota 1010 msnm, y a lo largo de la conducción cuenta con distintos cambios de elevación, hasta llegar a la planta de tratamiento, la cual se ubica a 989 msnm, siendo el punto más bajo en la conducción, 953 msnm.

1.2.8 Uso del suelo

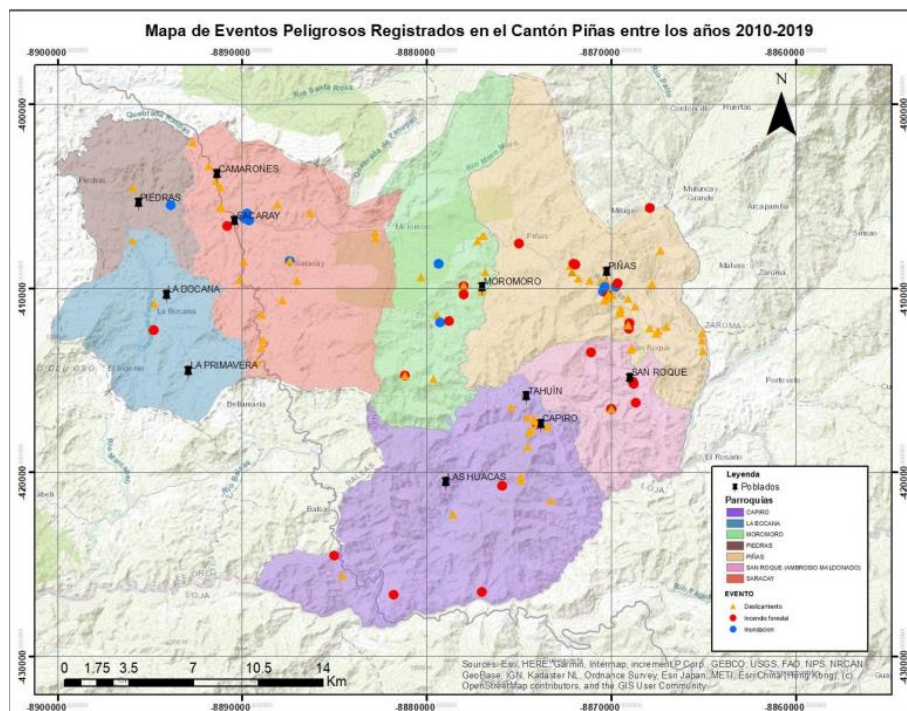
La parroquia Moromoro se caracteriza por su diversidad en el uso del suelo. Esta localidad se destaca como un importante centro de producción agrícola y cuenta con una significativa extensión de bosque bajo protección. En el sector de Palosolo, se extienden terrenos cultivables que constituyen el pilar de la economía local, asimismo, la región

cuenta con extensas áreas de pastizales destinadas a la actividad ganadera, que representa un sector de suma importancia para la población en general. (PDOT Piñas, 2019)

1.2.9 Riesgos Hidrológicas

En la zona de Palosolo, al poseer una topografía considerablemente irregular, los riesgos en épocas de lluvia se manifiestan en forma de deslizamientos, lo cual afecta a la comunicación de la comunidad con el resto del cantón y de la provincia, ambos accesos se encuentran en zonas que comúnmente existen deslaves. (PDOT Piñas, 2019)

Ilustración 4: Mapa de Eventos Peligrosos



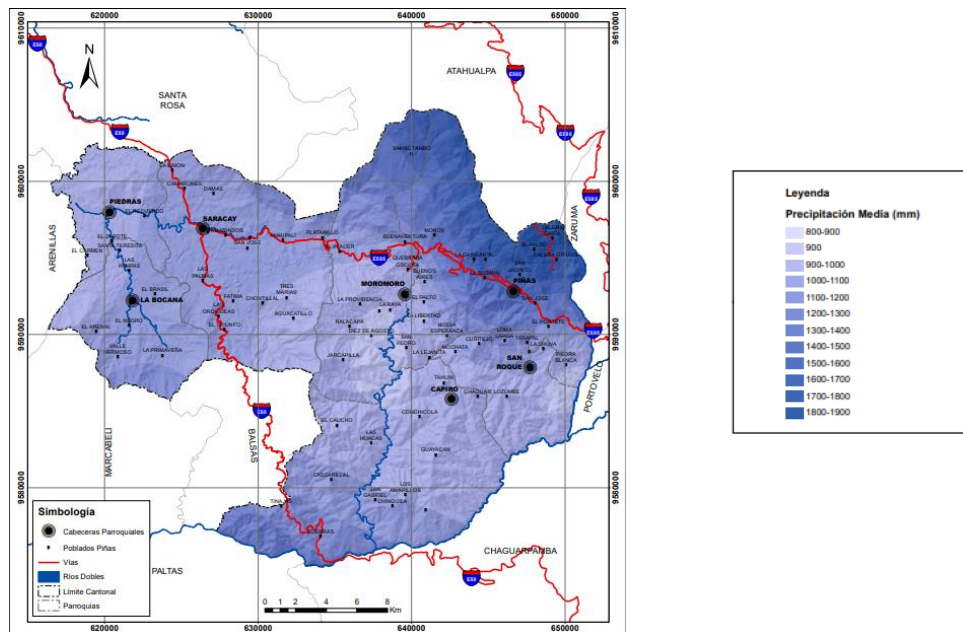
Fuente: PDOT Cantón Piñas

1.2.10 Clima

La comunidad Palosolo se encuentra cerca de la reserva “Buenaventura” por lo tanto, es una zona de clima ecuatorial mesotérmico Semihúmedo, el cual se caracteriza por tener temperaturas medias anuales que oscilan entre 10 y 22°C. La precipitación media anual varía entre 750 y 1.500 mm, predominando en áreas situadas a más de 500 metros sobre

el nivel del mar. La humedad relativa fluctúa entre el 65% y el 85%, con una incidencia de radiación solar que va de 1.000 a 2.000 horas anuales. (PDOT Piñas, 2019)

Ilustración 5: Mapa de Precipitaciones



Fuente: PDOT Cantón Piñas

1.3. Descripción de la situación problemática.

1.3.1. Descripción del problema.

El agua es un elemento de suma importancia para los seres humanos; se debe priorizar, al igual que la alimentación, la vestimenta y la vivienda. Las personas hacen uso del agua para una gran cantidad de actividades, se puede mencionar el consumo, lavado de ropa, aseo personal, limpieza del hogar, entre otras. También existen empresas y negocios que disponen de agua para sus productos, en ocasiones, en grandes cantidades. (Budhawant et al., 2022)

Por lo tanto, es absolutamente necesario, que el control del agua se lleve de una manera rigurosa, tomando la consideración que el agua en la red se envejece y pierde sus cualidades desde que sale de la planta. Al realizar la cloración del agua, se disminuye considerablemente la probabilidad de que el agua se vea afectada por factores orgánicos, aunque la concentración de cloro también se ve afectada por el tiempo y más condiciones. (Al-Jasser, 2007)

El ramal principal de la red, que dirige el agua hacia la mayor parte de la población, presenta en ocasiones fugas, debido a la fuerte presión que se genera, la red no posee tanques válvulas reguladoras de presión, por lo que, el flujo se dirige directamente hasta los puntos más bajos y alejados de la red, en contraste, el barrio “Los Remedios” se encuentra muy cerca de la salida de la red, con una diferencia de elevación que promedia 10 m, por lo que, las presiones en este sector no son las óptimas, en algunos de los casos no llegan a los 10 mca que según la normativa, son obligatorios en una red de agua potable, y también cuando existen fugas en la red, el sector es el primero en notar la falta de líquido vital.

Ilustración 6: Medición de presión en el barrio “Los Remedios”



Fuente: Autor

Adicionalmente, la falta de un control constante y de mantenimiento adecuado conduce a problemas de calidad del agua, el no conocer el estado del cloro residual en la red podría afectar a la salud de los residentes, en la planta, el proceso de cloración se lo realiza con un dosificador automático, programado para el caudal de salida de la planta, que es de

0.93 L/s, pero este proceso no se lo lleva a cabo de manera técnica, el operador no realiza el proceso de desinfección de manera técnica, debido a la falta de capacitación.

Dada la importancia crítica del agua potable para la salud pública y el bienestar de la comunidad, es necesario realizar un análisis del estado actual de la red en Palosolo. Este análisis debe identificar los puntos críticos de la infraestructura, evaluar la calidad del agua suministrada y proponer mejoras que aseguren un suministro continuo, seguro y de calidad.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema

- ¿Cuentan los pobladores de la comunidad Palosolo con un sistema de agua potable eficiente que cumpla con las normas de diseño?

1.4.2 Problemas secundarios

- ¿Qué datos específicos son necesarios para evaluar y modelar el funcionamiento hidráulico y la calidad del agua de la red de distribución en la comunidad Palosolo?
- ¿Cómo se pueden aplicar herramientas tecnológicas, como el software WaterCAD, para simular y diagnosticar el estado actual de la red de agua potable?
- ¿Qué mejoras se puede integrar en la red con el fin de mejorar las condiciones actuales?

1.5 Delimitación del Tema

El enfoque principal del trabajo se centra en la red de agua potable de la comunidad Palosolo, ubicada en la parroquia Moromoro del cantón Piñas. Después de la recolección de datos en el campo, se procederá a realizar el modelo digital de la red en el programa WaterCAD, software que se utilizará haciendo uso de la licencia educativa, con la finalidad de llevar a cabo una simulación de las condiciones actuales de la red, para conocer las presiones y calidad del agua en los diferentes sectores y posteriormente, proponer una solución a los problemas de presiones bajas o altas, así como verificar que la presencia del cloro en el agua sea acorde a la norma.

Con la finalidad de lograr este propósito se tomará en cuenta las presiones de funcionamiento dictaminadas por la norma INEN 1680, donde aclara que la presión mínima en la red debe de ser 0.1 MPa y la máxima 0.5 MPa. De la misma manera, comparar la cantidad de cloro residual en los puntos más lejanos de la red, con lo que dicta la norma INEN 1108 para el tratamiento del agua potable.

1.6 Justificación

El agua es vital para la supervivencia de los seres humanos. Con el crecimiento constante de la población, la necesidad de agua potable está incrementándose de manera constante. El diseño de redes de abastecimiento eficaces, que se basen en sistemas de cómputo avanzados, dentro de los que constan los softwares modernos para la simulación y proyectos hidráulicos. (Sonaje & Joshi, 2015).

El abastecimiento de agua potable es un componente esencial para el bienestar y desarrollo de cualquier comunidad. En la comunidad de Palosolo, el sistema de red de abastecimiento de agua se basa en la gravedad, un método ampliamente utilizado en zonas rurales y comunidades montañosas debido a su bajo costo operativo y simplicidad de mantenimiento. Sin embargo, este tipo de sistemas también enfrenta varios desafíos que deben ser continuamente evaluados para asegurar su eficacia y sostenibilidad.

Los sistemas de abastecimiento por gravedad son beneficiosos por bajos costos, pero, puede que presenten ciertos inconvenientes que se relacionen a la infraestructura, calidad del agua, presiones excesivas o muy bajas y fugas en puntos críticos, los cuales afectan directamente a los consumidores y a la empresa de agua encargada.

Estos desafíos son relevantes para la comunidad de Palosolo, donde se han reportado incidencias de fallas en la red de abastecimiento y problemas de calidad del agua que podrían poner en riesgo la salud de los habitantes. La evaluación del estado actual de la red permitirá identificar los puntos críticos y proponer mejoras que garanticen un suministro seguro y continuo de agua potable. Además, contribuirá al desarrollo de estrategias de gestión más eficientes y sostenibles que pueden ser replicadas en otras comunidades con características similares.

Por lo tanto, la realización de este análisis es de vital importancia para asegurar que la comunidad de Palosolo pueda beneficiarse de un sistema de abastecimiento de agua

potable confiable y de alta calidad, promoviendo así la salud pública y el desarrollo comunitario.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Realizar la modelación hidráulica y de la calidad del agua en la red de abastecimiento de agua potable de la comunidad Palosolo y proponer soluciones a los problemas existentes.

1.7.2 Objetivos específicos

- Identificar y recopilar la información clave necesaria, como datos de flujo, presión y calidad del agua, para realizar un análisis técnico integral de la red.
- Implementar un modelo hidráulico con el software WaterCAD, que permita simular el funcionamiento de la red y diagnosticar posibles problemas de calidad del agua.
- Proponer soluciones técnicas específicas para mejorar el diseño y funcionamiento de la red de distribución, optimizando la calidad y continuidad del servicio de agua potable.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes contextuales

Con el fin de respaldar la investigación actual, se procede a citar artículos realizados a nivel nacional e internacional, los cuales se relacionan con los diversos temas que aborda el presente trabajo.

2.1.1 Macro

Los modelos de simulación hidráulica se emplean para una gran variedad de objetivos, que van desde tareas básicas, como el diseño de sistemas de distribución de agua, hasta aplicaciones más sofisticadas y complejas, como la optimización de la operación de dichos sistemas (Al-Zahrani, 2014).

En el estudio realizado por (Teichmann et al., 2020) en la República Checa, se modeló únicamente la red de abastecimiento de agua. Sin embargo, el autor concluye que, para profundizar en el análisis y obtener una visión más completa de la realidad, es necesario incluir otras partes del sistema, como las fuentes de agua, captaciones, conducciones, embalses y plantas de tratamiento. Esto permitiría una evaluación más detallada e integral del sistema en su conjunto.

En Europa como (Vicente et al., 2016) menciona en su artículo el Reino Unido ha emergido como un líder en la implementación de la gestión de la presión (PM), contando con numerosos programas activos. Desde la década de 1980, ha sido una práctica común dividir la red en zonas aisladas para optimizar la gestión de la presión.

(Mabrok et al., 2022) en su estudio menciona como el llevar a cabo el modelamiento de la Red de Distribución de Agua de Kuwait, beneficia no solamente al país, sino que, a toda la región del golfo persa, ya que el tener este modelo, les permite a los operadores conocer el estado actual y obtener los datos necesarios para administrar las redes.

El estudio realizado por (Joseph Terlumun et al., 2019) se llevó a cabo en Universidad Federal de Agricultura, Makurdi, Nigeria. Aquí se hizo el modelado de la red de abastecimiento de la Universidad, se llevó a cabo para verificar y analizar la red en búsqueda de deficiencias en la misma, es decir, para realizar un chequeo del correcto funcionamiento del sistema, tomando en cuenta todos los desperdicios de agua. Se

establece que existen fluctuaciones en la presión, esto debido a la presencia de una topografía irregular, detectando en ciertos nudos, una presión insuficiente, y en otras posibles fugas debido a la gran presión.

Debido a las presiones elevadas, se encuentran casos en los que ciertos puntos críticos, se vean afectados por fugas de agua, lo cual acarrea problemas de desabastecimiento, presiones reducidas, daños en infraestructura circundante, etc. El manejo de la presión es una solución que afecta de manera directa a las fugas de agua. La presión en los nudos de la red está estrechamente relacionada a una predicción de futuras fugas, y claramente presiones altas pueden provocar el daño en tuberías, y una presión negativa puede acabar reduciendo la vida útil de la red. (Mehdi & Asghar, 2019)

Según (Kadhim et al., 2021), al modelar una red, después de realizar visitas de campo y contrastar los resultados obtenidos con las observaciones en la zona de estudio, es posible identificar diversas diferencias. Estas discrepancias pueden ser el resultado de alteraciones en la red, como la presencia de conexiones privadas de los usuarios o la existencia de depresiones y grietas generadas por el envejecimiento de las tuberías. Dichos factores modifican la rugosidad de las estructuras y aumentan la fricción en el sistema.

El autor (Sutharsan, 2023) en su artículo lleva a cabo el modelamiento hidráulico de una pequeña comunidad rural en el distrito de Mannar, Sri Lanka. Analiza el estado actual de la red. La población es poco mayor a los 500 hab, el autor indica que las presiones en los puntos de entrega durante las horas pico y no pico no son constantes, ya que la demanda en el sistema varía a lo largo del día. Generalmente, la demanda alcanza su máximo por la mañana y al final de la tarde, cuando las personas usan agua para bañarse, lavar y cocinar.

Destacando a (Izinyon & B. U. Anyata, 2011) su artículo menciona que el modelado de las redes de agua asistido por computadora ofrece ventajas considerables sobre los cálculos manuales, debido a que permite al diseñador el diseñar un sistema relativamente rápido, lo cual ahorra tiempo y cálculos repetitivos para determinar flujos y presiones.

2.1.2 Meso

En Latinoamérica, los sistemas de distribución de agua en las ciudades andinas presentan el desafío de una topografía muy irregular, lo cual interfiere con el diseño de las redes, al presentar puntos altos y puntos bajos en un mismo sistema, los problemas de presión se hacen presentes.

Como indican los autores (Aldana & López, 2017) en Bogotá según la normativa nacional y el contrato de condiciones uniformes para la prestación del servicio, es obligatorio mantener una presión dinámica mínima superior a 15 mca y no exceder una presión máxima de 50 mca

Según lo mencionado por (Joseph Terlumun et al., 2019) la presión mínima utilizada para este estudio fue 10 m. La presión en el sistema de distribución es baja y no suficiente para un rendimiento eficiente. Esto puede deberse a varios factores como: la rugosidad de las tuberías, fugas, fallos en el equipo, y la elevación.

En el estudio realizado por (Sánchez Araujo et al., 2021) en la ciudad de Acobamba, concluyen que en la mayor parte de los muestres de cloro en la red los valores del cloro residual se encontraba por debajo del 0.5 mg/L, por lo tanto, el proceso de desinfección no era eficiente, y por consiguiente esa agua no es apta para el consumo.

Según concluyen (González-Ramírez & Bejarano-Salazar, 2019) en su artículo, el generar un modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable la información obtenida tiene muchas funcionalidades y funciona como una herramienta para la operación y mantenimiento, gestión y otras ventajas a nivel administrativo.

2.1.3 Micro

En el sector Zamora Huayco, en Loja, Ecuador, los autores (Serrano Agila et al., 2018) con la finalidad de encontrar la curva de demanda horaria, se realizó un muestreo de 70 datos diarios, tanto en demandas como en presiones.

En un estudio realizado en Azogues siguiendo la misma metodología (García-Ávila et al., 2019) indica que las presiones elevadas impactan las tuberías cercanas a los nodos donde la presión excede los límites permitidos, aumentando significativamente la probabilidad de fugas (operación anormal). La gestión de la presión puede disminuir las fugas en las tuberías y prevenir posibles rupturas.

Los autores (Ávila et al., 2022) llevaron a cabo un modelado en la ciudad de Manta, Ecuador, con el objetivo de optimizar la detección de fugas en las redes de distribución de agua. Para la adquisición de datos, se utilizó un caudalímetro instalado en la salida del reservorio, permitiendo el monitoreo continuo del flujo. El estudio abarcó un período de un año, lo que permitió realizar una simulación más realista del sistema, facilitando una gestión eficiente del recurso hídrico y mejorando la detección de pérdidas en la red.

La modelación hidráulica y la calibración de redes de agua potable son primordiales para asegurar un funcionamiento eficiente de los sistemas de abastecimiento. Según indica (Rodríguez-Procel & Muñoz, 2021) el uso de software avanzados permite la identificación de problemas críticos como fugas y presiones irregulares, al ajustar los modelos con datos de campo se logra el objetivo de mejorar la precisión del modelo. Este enfoque resulta relevante en el contexto de comunidades rurales con infraestructuras sin un control técnico, donde el tener en cuenta las variables hidráulicas asegura un suministro de calidad.

2.2 Antecedentes Referenciales

Los autores (Ziemendorff & Kersting, 2019) en su artículo mencionan que el hurto de agua potable es una de las principales causas del alto volumen de agua no facturada. Además, destacan que las conexiones ilegales más frecuentes incluyen la derivación directa a la red pública de abastecimiento y la manipulación de los medidores de agua, lo que dificulta la correcta medición del consumo y afecta la sostenibilidad del servicio.

En su artículo (Cowle et al., 2020) los autores concluyen que, en sistemas con un caudal bajo, la formación de la biopelícula en las tuberías se desarrolla más rápido, por lo que, esto afecta directamente con a la rugosidad de los materiales, afectando directamente a la pérdida de presión.

En el artículo de (Abu-Mahfouz et al., 2019) se propone un algoritmo para la detección de fugas en un sistema de distribución de agua, El cual interactúa con el software EPANET. Esto permite realizar simulaciones dentro de un modelo hidráulico, facilitando la estimación del caudal de fugas tanto en los nodos como en las tuberías de la red.

Los autores (El-Zahab & Zayed, 2019) concluyen en su artículo, que la detección de fugas es un campo de investigación en constante evolución debido al aumento en la demanda y valorización del recurso hídrico. Identificar fugas de manera eficiente es fundamental

para reducir pérdidas, optimizar la gestión del agua y prevenir daños en la infraestructura, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema de abastecimiento.

La gestión de sistemas de distribución de agua potable que cuentan con presiones elevadas se debe analizar de una manera minuciosa, empleando todas las herramientas modernas que se tiene a la mano, con el fin de perfeccionar a medida de lo posible las redes, así como la localización más detallada de válvulas y tanques que se ocupen en una red con topografía desafiante. La presión en la red, su funcionamiento y el envejecimiento del sistema, demanda de un estudio periódico de la misma, con tal de determinar el estado en el que se encuentra. (Joseph Terlunmun et al., 2019)

La optimización de una red haciendo uso de WaterCAD es un tema que (Sutharsan, 2023) trata en su publicación, en conjunto con WaterGEMS, ambos softwares son usados por sus grandes atributos, relacionados al análisis hidráulico, análisis de calidad del agua, simulación extendida y simulaciones estables, así como la extensión de una red existente de una manera simplificada.

(Wannapop et al., 2019) concluyen que verificar la elevación de los nodos de una red directamente en campo puede mejorar significativamente la precisión del modelado hidráulico. Sin embargo, señalan que, durante las simulaciones realizadas en las noches, cuando los caudales son bajos, suelen producirse errores. Asimismo, recomiendan el uso de la fórmula de Darcy-Weisbach, ya que es adecuada para todos los diámetros de tuberías, lo que garantiza mayor precisión en los resultados frente a Hazen-Williams.

Los autores (García-Ávila et al., 2019) realizaron el modelamiento de la red de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador. Escogieron la región noreste, correspondiente a la parte alta de la ciudad, con elevaciones que se encuentran entre los 2479 y 2624 msnm, el modelo se ajustó calibrando el coeficiente de rugosidad, la demanda en los nodos y los coeficientes de pérdidas menores en las válvulas, se iteró hasta que se logró una concordancia con la realidad del sistema.

En el artículo de los autores (Wang et al., 2019) indican que los sistemas de distribución de agua, al contar con múltiples tuberías, demandas, el cloro residual varía con el caudal que fluye, por lo que el coeficiente de decadencia del cloro varía por muchos factores, como la calidad del agua, la temperatura y el material de la tubería.

El autor (Alsaydalani, 2019) indica que la concentración de cloro en la red encuentra sus máximos valores durante los momentos de máxima demanda, y se reducen en los periodos en los que la demanda se reduce a los mínimos, y esto se relaciona directamente con la velocidad a la que el agua recorre la red.

Con relación al cloro, (Al-Zahrani, 2016) indica que las reacciones en las redes de distribución pueden ocurrir en dos formas, tanto en el agua como en las paredes de la tubería, lo cual resulta en cambios en el contenido de cloro residual en el sistema reduciéndolo en gran medida, en especial en nodos que se encuentran en los nodos más remotos y puntos muertos de la red.

En el artículo de (Paez & Filion, 2020) se analizan las simulaciones en periodo extendido en redes de abastecimiento de agua potable, y concluyen que las simulaciones de periodo simple no son capaces de estimar correctamente los efectos como la variación de la demanda, predecir las roturas en las tuberías, el funcionamiento de los tanques de reserva entre otros aspectos, y determinan que mientras exista la capacidad computacional, se aplique un análisis de periodo extendido.

Las simulaciones de periodo extendido realizadas en softwares de diseño hidráulico se obtienen del trabajo de campo, midiendo los caudales en distintas zonas, o en tal caso, en zonas representativas de la red, los patrones de demanda permiten observar que las mayores demandas de agua se producen en las mañanas, el promedio de cada hora es determinado y utilizado para el modelado, y afecta directamente al caudal y presión en diferentes horas (Nnaji et al., 2024).

En el artículo de los autores (Kourbasis et al., 2020) para la simulación de periodo extendido, se tomó en cuenta las variaciones de demanda residenciales y comerciales de las 24 horas del día, usando un análisis hidráulico por cada hora para simular las condiciones en la red de su estudio.

El diseño, simulación y control de redes de abastecimiento de agua potable deben de tomar en cuenta diversos datos de ajuste, como la topografía, presión y la calidad del agua, el autor (Lambruschini Espinoza, 2024) destaca en su artículo el uso de modelos matemáticos, los cuales permiten identificar vulnerabilidades en las redes, con lo cual se puede optimizar el diseño inicial, así como el mantenimiento de la misma. Estos modelos son relevantes en zonas donde la irregularidad del terreno y la demanda creciente requieren soluciones innovadoras.

En su artículo (Agunwamba et al., 2018) adopta una presión de servicio mínima de 20 mca, y una máxima de 66 mca, y se establecieron como parámetros una velocidad máxima de 2 m/s y una mínima de 0.2 m/s para este estudio. Además, la investigación empleó la ecuación de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga.

La presión baja es, en contraparte, otra problemática que se tiene presente en el sistema, los eventos de baja o negativa presión en los sistemas de distribución de agua potable pueden permitir la intrusión de microorganismos patógenos si hay una fuente externa de contaminación (como una tubería de alcantarillado con fugas cercanas) y un camino para que los contaminantes ingresen (como fugas en la tubería de agua potable). (Besner et al., 2011)

Los autores (Blokker et al., 2008) en su estudio mencionan que una velocidad de diseño de 0.4 m/s puede ser una velocidad suficiente para asegurar una autolimpieza de la tubería, y es un valor conservador, pero que una velocidad de 0.2 m/s podría ser suficiente.

Como lo menciona el autor (Wu, 2006) el modelado de la calidad del agua es actualmente una práctica ampliamente adoptada por las empresas de servicios de agua en todo el mundo. Este enfoque, concebido como un modelo matemático y desarrollado como una herramienta computacional, permite predecir el transporte y las transformaciones de la calidad del agua dentro de una red de distribución, basándose en la dinámica del flujo hidráulico en la red.

Los modelos de calidad del agua potable como mencionan (Vidal et al., 1994) requieren que el usuario proporcione datos hidráulicos específicos y otros relacionados con los parámetros de calidad que se deseen analizar, es necesario incluir, además de las características de los componentes, las demandas en los nodos, las condiciones operativas constantes de la red y los parámetros de calidad de las fuentes de abastecimiento.

Según (Barton et al., 2019) las fallas en tuberías de PVC suelen ocurrir durante el verano, principalmente en las uniones, debido a los movimientos del suelo provocados por las variaciones de temperatura. Estos movimientos generan desprendimientos axiales en las tuberías, comprometiendo su integridad. Además, una base mal compactada o en malas condiciones puede generar concentraciones de presión que el PVC no está diseñado para soportar, ocasionando fallas longitudinales a lo largo de la tubería.

2.3 Antecedentes Conceptuales

2.3.1 Tuberías Presurizadas

Tuberías donde el flujo de líquido dentro de las mismas no existe una superficie libre, es decir, el flujo se encuentra completamente confinado y bajo presión, diferenciándose de los canales abiertos donde existe una superficie del líquido expuesto a la atmósfera. (Mays, 2010)

2.3.2 Pérdida de Carga

Pérdida de energía mecánica en tuberías, debido a la fricción generada por la interacción de un fluido que se encuentra en una tubería, el contacto de las partículas del líquido y las paredes internas generan resistencia, provocando la disminución gradual de energía mecánica en el sistema. (Mays, 2010)

2.3.3 Software de Diseño Hidráulico

Los programas de diseño hidráulico son herramientas que facilitan la modelación y evaluación de infraestructuras hidráulicas, permitiendo realizar el análisis detallado y desarrollar modelos más eficientes y optimizados. (Mohapatra et al., 2014)

2.3.4 Formula de Darcy-Weisbach

Ecuación fundamental para calcular la pérdida de energía por fricción en tuberías. Depende del factor de fricción, la longitud de la tubería, el diámetro hidráulico y la velocidad del flujo. Es ampliamente utilizada en el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. (Mays, 2010)

2.3.5 Flujo Laminar y Turbulento

El flujo en tuberías puede clasificarse en dos regímenes principales: flujo laminar, donde las partículas del fluido se mueven en líneas paralelas con baja interacción, y flujo turbulento, caracterizado por movimientos caóticos y mayor intercambio de energía. La transición entre estos regímenes se describe mediante el número de Reynolds. (White, 1998)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

En el presente trabajo se aplicará una modalidad de investigación documental, de campo y experimental, teniendo en consideración que se requiere la recopilación de datos de campo e información de los usuarios de la red para la correcta elaboración del proyecto.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1 Investigación Inductiva

La investigación inductiva implica un análisis exhaustivo de fuentes especializadas, como artículos científicos, revistas técnicas, libros, tesis de posgrado y normativas vigentes, enfocadas en el diseño y evaluación de redes de agua potable. El objetivo es garantizar el suministro seguro y eficiente, considerando las especificaciones técnicas y los factores de seguridad establecidos en las regulaciones correspondientes. Así mismo, se busca realizar una comparación con proyectos previos, adoptando soluciones y consideraciones basadas en estudios anteriores.

3.2.2 Investigación Deductiva

La investigación deductiva se fundamenta en la aplicación de principios teóricos generales y normativas previamente establecidas a casos específicos. En este contexto, se deben considerar los criterios de diseño para redes de agua potable, el análisis hidráulico y las normativas ecuatorianas dirigidas al diseño y calidad. A partir de esta base, se podrá determinar las presiones mínimas y máximas admisibles, así como de control de la calidad del agua.

3.2.3 Investigación de Campo

A partir de las investigaciones realizadas en el campo, se recopilarán datos esenciales para la evaluación de la red, ya que se requiere conocer las demandas actuales, el estado de las presiones, el caudal que se consume, relevar los planos de la red y contrastarlos con la realidad, todo con el fin de llevar a cabo el modelado de la red acorde a las condiciones actuales.

3.2.4 Investigación Aplicativa

El fin del estudio de la red es evaluar el estado actual, simulando las condiciones actuales mediante el uso del software WaterCAD, el cual permite analizar el comportamiento de la red ante las diversas condiciones actuales, y conocer si los planteado por el proyecto se cumple en la actualidad.

3.3. Objeto de Estudio

La red de distribución de agua potable en la que se realiza el estudio se encuentra en la comunidad de Palosolo, perteneciente al cantón Piñas, en la parte alta de la provincia de El Oro. La red de distribución de agua potable de la comunidad se divide en 2 zonas. Para este estudio se tomará en cuenta ambas zonas, las cuales cuentan con un perfil topográfico bastante irregular, la salida de la planta se encuentra en una cota de 960 m.s.n.m. y los puntos más bajos de la red en 890 m.s.n.m. Se elige este lugar debido a que los planos de la red se encuentran actualizados por la Empresa Pública de Agua y Alcantarillado de Piñas (EPAA-P).

3.4. Población y muestra

El presente trabajo posee una población de estudio, la cual es toda la comunidad de Palosolo abarcada por la red de abastecimiento de agua potable, por lo tanto, no es necesario el apartado de muestra en la investigación.

3.4.1 Población

Se necesita conocer el cálculo de la población futura y contrastar con la población calculada por el proyecto. Se lo realizara mediante el método geométrico, considerando los datos de los censos del INEC realizados en los años 1990, 2001, 2010 y 2022.

Tabla 1: Datos de Población Parroquia Moromoro

Año Censo	Habitantes
1990	1807
2001	1508
2010	1371
2022	1264

Fuente: INEC

Para el cálculo del índice de crecimiento se calculará según recomendaciones de la norma

$$r = \frac{Pf^{1-n}}{Pa} - 1$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa =Población actual

r = índice de crecimiento

n = Número de años del periodo

En caso de obtener un índice de crecimiento negativo se utilizará la tasa de crecimiento poblacional que indica la norma de diseño. En caso de que resulte en una tasa de crecimiento negativa, se tomará lo previsto por la normativa.

Tabla 2: Tasa de Crecimiento Poblacional

Región Geográfica	r (%)
Sierra	1.00
Costa Oriente y Galápagos	1.50

Fuente: NORMA CO 10.7

3.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos

3.5.1 Reconocimiento del lugar

Se realizó diversas visitas técnicas a la comunidad de manera individual, con el fin de reconocer características, topográficas, ambientales y sociales de todos los sectores que abarca la red de abastecimiento de agua potable, para así, conocer la realidad de la localidad. La información percibida ayuda a adaptarse a las condiciones que se presentan, conociendo la problemática que causa el servicio actual.

3.5.2 Medición del Caudal

Ilustración 7: Medidor de Caudal



Fuente: Autor

Para la modelación precisa de la red, se requiere conocer el caudal que sale del tanque de reserva que se ubica en la planta de tratamiento, para la medición del caudal que sale a la red, se empleará un flujómetro electrónico de alta precisión. Este dispositivo ha sido seleccionado por su capacidad para proporcionar mediciones continuas y exactas, lo cual es fundamental para garantizar la calidad de los datos recopilados y el éxito del análisis del sistema.

Instalación del Flujómetro

El flujómetro electrónico se instalará directamente en la tubería de salida de la planta de tratamiento de agua potable. Esta ubicación se debe a que permite registrar el caudal total que se distribuye hacia la red, asegurando así la obtención de datos representativos del volumen de agua tratado y suministrado.

La instalación se llevará a cabo siguiendo las recomendaciones del fabricante para garantizar la correcta operación del equipo. Entre estas recomendaciones se incluyen:

Selección del punto de instalación: El flujómetro se ubicará en un tramo recto de la tubería, asegurando una distancia mínima aguas arriba y aguas abajo de cualquier codo, válvula u obstrucción que pueda generar turbulencias en el flujo, además asegurarse de que la tubería funcione llena.

Condiciones de presión y flujo: Se verificará que la presión y el caudal en la tubería sean compatibles con las especificaciones del equipo.

Registro y Almacenamiento de Datos: Los datos que se obtienen del dispositivo, son volumétricos, por lo tanto, se registrara el volumen por hora, obteniendo datos de caudales horarios, los cuales se registraran y almacenaran para su posterior análisis.

Consideraciones para la Medición: Para garantizar la calidad de las mediciones, se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

Verificación de condiciones de operación: Se realizará un monitoreo constante para identificar posibles fallos o desviaciones en el equipo.

Documentación del proceso: Se registrarán todos los procedimientos relacionados con la instalación, calibración y mantenimiento del dispositivo.

3.5.3 Medición del cloro residual

Ilustración 8: Comparador Visual de Cloro



Fuente: Autor

El cloro residual que debe estar presente en la red está determinado por la normativa INEN 1108, la cual especifica que el valor mínimo de cloro residual debe ser de 0.3 mg/L hasta 1.5 mg/L, valores que deberán ser comprobados mediante las mediciones hechas en campo.

Para la medición del cloro residual en el sistema de agua potable, se utilizará un comparador de cloro visual. Este instrumento ha sido seleccionado debido a su simplicidad, portabilidad y eficacia para determinar concentraciones de cloro de forma rápida y precisa.

Procedimiento de Medición

La medición del cloro residual se llevará a cabo de acuerdo con lo siguiente:

Recolección de muestra: Se tomará una muestra de agua directamente de la red de distribución en el dispositivo de medición del cloro.

Preparación de la prueba: Se añadirán al agua los reactivos químicos suministrados con el comparador de cloro visual, siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

Comparación visual: Una vez que el reactivo haya reaccionado con el cloro presente en el agua, el color resultante se comparará con una escala de colores estándar incluida en el dispositivo. Esto permitirá determinar la concentración de cloro residual en miligramos por litro (mg/L).

3.5.4 Técnicas

Para la obtención de ciertos datos específicos en el proyecto, se utilizarán las siguientes técnicas:

Observación Directa: Permite el análisis de la red, el estado actual, evaluar las condiciones geográficas, esta técnica es clave de cara a la planeación de las futuras actividades.

Relevamiento de Planos: Verificar la ubicación de las tuberías, contrastar el diseño y la realidad, facilitando el análisis hidráulico de la red, obtener la ubicación geográfica de los puntos de consumo y actualizar para modelar la red.

Medición de Presiones: Esta técnica es clave para conocer la presión en distintos puntos de la red, lo cual nos indica si se asemeja el modelo con la realidad.

Obtención de Datos de Consumo: Implica la recopilación del consumo volumétrico de agua potable por cada usuario, la cual se debe obtener del mayor tiempo posible, para el presente estudio se utilizó 6 meses.

Medición de Caudal: Se necesita conocer el caudal horario de salida de la planta de tratamiento, con el fin de crear una curva de demanda horaria en el software, para lo cual se requiere colocar un medidor de flujo, el cual se coloca en la salida de la planta previo a cualquier acometida de usuarios.

3.5.5 Instrumentos

Medidor de Presión: Se requiere un manómetro con la capacidad de medir la presión del agua en los puntos críticos de la red, con el fin de contrastar los resultados con la realidad.

Instrumento de Medición de Caudal: Dispositivos como medidores portátiles, o medidores de flujo, los cuales permiten cuantificar el flujo de agua presente en las tuberías.

GPS (Sistema de Posicionamiento Global): Permita la ubicación de puntos de interés, como los puntos de consumo, los accesorios, válvulas y otras variables que afecten a la presión del agua, esto facilita el relevamiento de planos de la red.

3.5.6 Calculo de dotaciones

Con la población actual calculada, se procede a asignar una dotación establecida por la normativa:

Tabla 3: Dotaciones de agua para los distintos niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CALIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
Iia	60	85
Iib	75	100

Y con la dotación asignada a la comunidad se toma en cuenta las siguientes fórmulas que proporcionan el caudal medio, caudal máximo, caudal máximo horario y un porcentaje de fugas.

Caudal Medio

$$Q_m = f \times (P \times D) / 86400$$

Donde:

Q_m= Caudal Medio

f= factor de fugas

P= Población para el diseño

D= Dotación Futura

Caudal máximo diario

$$Q_{MD} = K_{MD} \times Q_m$$

Donde:

Q_{MD}= Caudal máximo diario.

K_{MD}= Factor de mayoración máximo diario (El factor proporcionado por la norma es de 1.25)

Caudal Máximo horario

$$Q_{MH} = K_{MH} \times Q_m$$

Donde:

Q_{MH}= Caudal máximo diario.

K_{MH}= Factor de mayoración máximo horario (El factor proporcionado por la norma es de 3)

Para el factor de fugas, existe la siguiente tabla de la normativa de diseño:

Tabla 4: Porcentaje de fugas a considerar en el diseño de sistemas de agua potable

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10%
Ila y Ila	20%

3.5.7 Modelamiento en WaterCAD

Como indica (Kusnayati et al., 2019) WaterCAD posee algunas características, como las simulaciones en estado estacionario y de períodos extendidos, el análisis hidráulico y de

calidad del agua, están diseñadas para funcionar con una gestión sólida de datos, integrando otros programas y herramientas como AutoCAD y GIS.

WaterCAD utiliza un modelo matemático basado en los principios de conservación de masa y energía para representar la conducta hidráulica y la calidad del agua en sistemas de distribución. De acuerdo con (Izinyon & B. U. Anyata, 2011) este instrumento facilita la evaluación de variables como flujos, presiones y demandas, empleando interfaces gráficas y algoritmos de optimización que favorecen el diseño y funcionamiento eficaz de redes de agua potable. Adicionalmente, el software tiene la habilidad de llevar a cabo análisis en estado estable y simulaciones a largo plazo, lo que resulta particularmente beneficioso en contextos con infraestructuras complejas o retadoras.

La red de agua potable de Palosolo es una red que ramificada que presenta diámetros inferiores a 150 mm, por lo tanto, para el cálculo de pérdidas por fricción se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach la cual es:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f = *Perdida de carga debido a fricción (m)*

f = *Factor de fricción de Darcy*

L = *Longitud de tubería (m)*

D = *Diametro interno de tubería (m)*

v = *Velocidad media del fluido ($\frac{m}{s}$)*

g = *Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)*

La fórmula de Darcy también se puede escribir en función del caudal:

$$h_f = f \cdot \frac{8LQ^2}{g\pi^2 D^5}$$

$$Q = \text{Caudal} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

La determinación del factor de fricción de Darcy, viene determinada por dos parámetros, los cuales son relacionados al régimen de flujo (Numero de Reynolds) y la rugosidad relativa de la tubería \mathcal{E} .

Re es el Numero de Reynolds, el cual se lo calcula mediante la expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Donde:

$$\rho = \text{Densidad del fluido} \left(\frac{Kg}{m^3} \right)$$

$$V = \text{Velocidad del flujo} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\mu = \text{Viscosidad dinámica}$$

$$D = \text{Diametro interno de tuberia (m)}$$

Si el valor resultante de Re se encuentra en el rango < 2000 , es un flujo laminar, si está dentro de $2000 > Re < 4000$, es un flujo transitorio, y si es > 4000 es un flujo turbulento. En tuberías de agua potable presurizadas el flujo por lo general es turbulento.

Para calcular el factor de fricción “ f ” cuando el flujo es turbulento ($Re > 4000$), se hace uso de la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}}\right)$$

Donde:

$\varepsilon =$ Rugosidad absoluta de la tubería (Depende del material)

Con el fin de analizar la red de manera eficiente, se contrastarán los datos obtenidos con los parámetros de diseño establecidos por la normativa ecuatoriana, con el fin de evaluar la funcionalidad del sistema. Los parámetros que se contemplan son relacionados a la presión de servicio, velocidad de flujo y cloro residual en la red.

3.5.8 Simulación en periodo extendido

Una vez verificada la funcionalidad del modelo de simulación en período estático, se incorporan los factores de variación horaria correspondientes a un día típico de consumo. Esto permitió obtener un modelo actualizado que integra todos los datos previamente descritos.

La evaluación de la funcionalidad del modelo en período extendido se basa en el análisis del comportamiento dinámico del sistema durante un día de consumo. Los principales parámetros evaluados incluyen el caudal, la velocidad del flujo, la presión y las pérdidas de carga, que son fundamentales para comprender el rendimiento hidráulico del sistema. Los factores de variación horaria se obtuvieron mediante la medición de caudales en intervalos específicos de tiempo. Estos datos permiten analizar el comportamiento de los reservorios utilizados en el estudio, proporcionando una base sólida para la elaboración de la tesis.

3.5.9 Modelación de la calidad del agua

El modelamiento de la calidad del agua en una red de distribución de agua potable se refiere a la simulación de los procesos físicos, químicos y biológicos incluyendo el comportamiento, transporte y transformación de los componentes presentes en el agua a lo largo de la red de abastecimiento. Este enfoque permite analizar dinámicamente cómo se distribuyen y modifican las propiedades del agua, garantizando su calidad en cada punto del sistema.

La normativa INEN 1108 establece rangos de referencia para diversas características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas presentes en el agua. En particular, los valores obtenidos fueron comparados con los límites estipulados en la Tabla 1 de dicha norma, garantizando que el agua analizada cumpla con los estándares de calidad requeridos.

Tabla 5: Rango de Cloro Residual

PARAMETRO	UNIDAD	Rango Recomendado
Cloro libre residual	mg/l	0,3 a 1,5

Fuente: INEN 1108

Dentro de la calidad del agua se sigue al análisis de constituyentes, los cuales son el cloro residual y los sólidos disueltos totales (SDT), por lo que, en el presente trabajo, se realizará la simulación del comportamiento del cloro en la red de agua, el cual toma en cuenta diversos parámetros.

Dentro de la masa del fluido se llevan a cabo reacciones químicas cuya dinámica depende de varios factores: la concentración del compuesto añadido, la tasa de reacción y el orden de la reacción. Estos parámetros determinan la velocidad y la magnitud de los cambios químicos que ocurren en el fluido, afectando su composición a lo largo del sistema de distribución. El cloro tiene un comportamiento de una reacción de primer orden, cuya expresión matemática es la siguiente:

Expresión de velocidad: $Rc = \frac{d[C]}{dt} = -k[C]$

Expresión Integrada: $C = C_0 * e^{-kt}$

Donde:

$C_0 =$ *Concentracion del Reactivo al iniciarse la reacción*

$k =$ *Coeficiente de velocidad especifica*

$C =$ *Concentracion del Reactivo*

$t =$ *Instante*

Se toma en cuenta que el valor negativo del coeficiente k indica que la reacción es de decaimiento, lo cual, en el caso del cloro, al entrar en contacto con el volumen del fluido, comienza un proceso de decaimiento.

Para la simulación del cloro residual en el software WaterCAD, se toma en cuenta 3 valores, dentro de los que están la difusividad del cloro, que se encuentra entre $1.2 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s} < d_{Cloro} < 1.4 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$, para el presente estudio, se asume un valor de $1.26 \times 10^{-9} \frac{m^2}{s}$, los otros dos valores son los coeficientes de reacción:

$K_b =$ *Coeficiente de Reaccion en masa o Bulk Coefficient*

$K_w =$ *Coeficiente de reaccion en pared o Wall Coefficient*

La velocidad de decaimiento del desinfectante en la tubería depende de lo rápido que el reactivo llega a las paredes de la misma y de la velocidad de las reacciones que se producen ahí, se debe tomar en cuenta que para la determinación de estos valores, hace falta un estudio químico, por lo que, en este caso se utilizará un Bulk Coefficient de -0.12 y un Wall Coefficient de -0.12, valores tomados por los autores (Angassa et al., 2025) en su estudio, para el cual contaban con tuberías de PVC al igual que el presente caso.

3.6 Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	ACTIVIDAD	MÉTODOS	TÉCNICAS	INTRUMENTO	FUENTE	MEDIO DE VERIFICACIÓN	REFERENCIA
<p>•Identificar y recopilar la información clave necesaria, como datos de flujo, presión y calidad del agua, para realizar un análisis técnico integral de la red.</p>	<p>¿Qué datos específicos son necesarios para evaluar y modelar el funcionamiento hidráulico y la calidad del agua de la red de distribución en la comunidad Palosolo?</p>	<p>Investiga los diferentes métodos existentes para un estudio de redes de agua potable.</p>	<p>Método inductivo y deductivo</p>	<p>Análisis de contenido</p>	<p>Fichas Bibliográficas</p>	<p>Tesis de grado, Artículos científicos.</p>	<p>Marco Teórico</p>	<p>(Lambruschini Espinoza, 2024)</p>
		<p>Conocer la naturaleza del proyecto mediante visitas de campo</p>	<p>Método de observación directa</p>	<p>Observación Directa</p>	<p>Ficha de memoria técnica y planos.</p>	<p>Naturaleza del proyecto</p>	<p>Análisis e interpretación de resultados</p>	
		<p>Obtener los datos funcionamiento de la red mediante mediciones.</p>	<p>Método Deductivo</p>	<p>Mediciones en campo</p>	<p>Medidores de caudal, presión y cloro residual.</p>	<p>Naturaleza del proyecto</p>	<p>Análisis e interpretación de resultados</p>	

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	ACTIVIDAD	MÉTODOS	TÉCNICAS	INTRUMENTO	FUENTE	MEDIO DE VERIFICACIÓN	REFERENCIA
<p>•Implementar un modelo hidráulico con el software WaterCAD, que permita simular el funcionamiento de la red y diagnosticar posibles problemas de calidad del agua.</p>	<p>¿Cómo se pueden aplicar herramientas tecnológicas, como el software WaterCAD, para simular y diagnosticar el estado actual de la red de agua potable?</p>	<p>Obtener los datos de consumo de los usuarios de por lo menos 6 meses.</p>	<p>Método inductivo y observación.</p>	<p>Análisis documental y medición de parámetros hidráulicos</p>	<p>Formato de recolección de datos y medidor de caudal</p>	<p>Registros históricos de la empresa operadora de agua potable.</p>	<p>Registro de datos en software WaterCAD y comparación con valores teóricos</p>	<p>(Kourbasis et al., 2020)</p>
		<p>Modelar la red en periodo extendido usando WaterCAD con los datos de los planos y los obtenidos en campo.</p>	<p>Metodo deductivo</p>	<p>Simulación computacion al y análisis de datos hidráulicos</p>	<p>Software WaterCAD, medidores de presión y caudalímetros</p>	<p>Documentos técnicos y visitas de campo.</p>	<p>Comparación entre los resultados de la simulación y los valores medidos en campo.</p>	<p>(Serrano Agila et al., 2018)</p>

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	ACTIVIDAD	MÉTODOS	TÉCNICAS	INTRUMENTO	FUENTE	MEDIO DE VERIFICACIÓN	REFERENCIA
<p>•Proponer soluciones técnicas específicas para mejorar el diseño y funcionamiento de la red de distribución, optimizando la calidad y continuidad del servicio de agua potable.</p>	<p>¿Qué mejoras se puede integrar en la red con el fin de mejorar las condiciones actuales?</p>	<p>Proponer una solución para mejorar el servicio.</p>	<p>Método deductivo</p>	<p>Análisis de datos y simulación hidráulica</p>	<p>Software WaterCAD, análisis comparativo de alternativas técnicas</p>	<p>Resultados obtenidos de la modelación hidráulica y normativas de diseño.</p>	<p>Comparación de escenarios antes y después de la implementación de mejoras</p>	<p>(Kourbasis et al., 2020)</p>
		<p>Enunciar las conclusiones y recomendaciones</p>	<p>Método inductivo y deductivo</p>	<p>Síntesis de resultados y formulación de estrategias de mejora</p>	<p>Informes técnicos y matrices de evaluación alternativas</p>	<p>Resultados del análisis hidráulico y evidencia recopilada en campo.</p>	<p>Conclusiones y Recomendaciones</p>	

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4. Análisis de resultados

Tras definir la zona de estudio, las características y los parámetros a tomar en cuenta para la evaluación y modelación de la red de agua potable, mediante la aplicación de los métodos planteados, se observará y analizará los resultados

4.1 Cálculo de Población Futura y Dotación

La población de diseño para la comunidad Palosolo en la ejecución del proyecto de la construcción de la red fue de 559 habitantes al final del periodo de diseño, el cual se determinó de 20 años.

Haciendo uso del método geométrico para cálculo de población futura:

Tabla 6: Cálculo del índice de crecimiento

Año		Población	Población Futura	Años (n)	Índice de Crecimiento (r)
1990	2001	1807	1508	11	-1.63%
2001	2010	1508	1371	9	-1.05%
2010	2022	1371	1264	12	-0.67%
					-1.12%

Elaboración: Autor

Como los datos dan resultados negativos se considera el índice recomendado por la norma, donde para la costa y amazonia es de 1.5%.

Con este índice, se calcula la población para el final del periodo de diseño de 20 años, en la Tabla 6 se observa la progresión, tomando en cuenta que el año de construcción fue 2014, donde la población de la comunidad era de 415 habitantes, y el periodo de diseño será hasta el año 2034.

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

Tabla 7: Calculo de las poblaciones futuras

Año	Población
2014	415
2015	421
2016	428
2017	434
2018	440
2019	447
2020	454
2021	461
2022	467
2023	475
2024	482
2025	489
2026	496
2027	504
2028	511
2029	519
2030	527
2031	535
2032	543
2033	551
2034	559

Elaboración: Autor

La población del presente año será utilizada para el cálculo de las dotaciones, para el presente año existen 489 habitantes, a los cuales se les asigna una dotación de 100 l/hab/día, y se considera un factor de fugas del 20%, por lo tanto, el cálculo del caudal medio es el siguiente:

$$Qm = 20\% * \left(\frac{489 \text{ hab} * 100 \frac{\text{l}}{\text{hab}}}{86400} \right)$$

$$Qm = 0.679 \text{ l/s}$$

El caudal máximo diario:

$$QMD = 1,25 * 0.679 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$QMD = 0.849 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Y el caudal máximo horario quedaría:

$$QMH = 3 * 0.679 \frac{l}{s}$$

$$QMH = 2.04 \frac{l}{s}$$

Con los cálculos obtenidos es posible contrastar con los datos obtenidos en los registros mensuales de cada usuario, los cuales se obtuvo a través de ubicar las coordenadas de cada usuario inscrito en la base de datos proporcionada por EPAAP. En la tabla 7 se observa el usuario y su demanda base en relación a los datos.

Tabla 8: Datos de Consumo por usuario

USUARIO	CODIGO MEDIDOR	NUDO ASOCIADO	DEMANDA (BASE) (L/s)	PATRON
SEGURO CAMPESINO	4806	NUDO 4-10	0,001	Demanda Horaria
AGUILAR AGUILAR JORGE	5083	LOS REMEDIOS ALTO	0,003	Demanda Horaria
AGUILAR AGUILAR PEDRO	7366	PLANTA	0,001	Demanda Horaria
AGUILAR MENDOZA YORVY	4999	NUDO 4-10	0,001	Demanda Horaria
AGUILAR SANCHEZ SEGUNDO	4796	CANCHA	0,006	Demanda Horaria
APOLO CABRERA CONSTANTE	7322	"Y" PALOSOLO	0,005	Demanda Horaria
APOLO PEREZ MANUEL	4754	BARRIO LOS REMEDIOS	0,002	Demanda Horaria
ARMIJOS CABRERA DIVERTINO	4777	NUDO 14	0,003	Demanda Horaria
ARMIJOS NEGRON CARLOS	7054	PLANTA	0,004	Demanda Horaria
ÁRMIJOS TANDAZO EFREN	4911	DIVINO NIÑO	0,003	Demanda Horaria
ASTUDILLO BLACIO EDELBERTO	4811	NUDO 3	0,006	Demanda Horaria
ASTUDILLO BLACIO JORGE	4810	"Y" PALOSOLO	0,001	Demanda Horaria
ASTUDILLO CABRERA ANGEL	4797	CANCHA	0,002	Demanda Horaria
BLACIO SANCHEZ GUILMAN	5065	SUBCENTRO	0,001	Demanda Horaria
CABRERA AGUILAR STALIN	5159	DIVINO NIÑO	0,002	Demanda Horaria
CABRERA APOLO GONZALO	5682	"Y" PALOSOLO	0,001	Demanda Horaria
CABRERA APOLO SERVIO	4759	"Y" LOS REMEDIOS	0,006	Demanda Horaria
CABRERA CABRERA BELGICA	4763	NUDO 15	0,004	Demanda Horaria
CABRERA CABRERA DARWIN	4769	DIVINO NIÑO	0,000	Demanda Horaria
CABRERA CABRERA ELOY	4774	NUDO 14	0,001	Demanda Horaria
CABRERA CABRERA JAIME	4765	NUDO 13-15	0,003	Demanda Horaria
CABRERA HEREDIA BERNARDO	4807	NUDO 4-10	0,001	Demanda Horaria
CABRERA HEREDIA ELECTO	4836	SUBCENTRO	0,001	Demanda Horaria
CABRERA LOAYZA VICENTE	4762	NUDO 12	0,006	Demanda Horaria
CABRERA MENDOZA ROSA	4892	SUBCENTRO	0,006	Demanda Horaria
CABRERA MOCHA FRANCISCO	4818	NUDO 3-10	0,002	Demanda Horaria
CABRERA MOCHA LUIS FERNANDO	4770	DIVINO NIÑO	0,011	Demanda Horaria
CABRERA ROMAN LEANDRO	4817	NUDO 3-10	0,007	Demanda Horaria
CABRERA SANCHEZ MARIA	5860	"Y" PALOSOLO	0,010	Demanda Horaria
CABRERA SANCHEZ ZOILA	4956	CANCHA	0,000	Demanda Horaria
CABRERA TRUJILLO LILIA	5019	NUDO 13-15	0,001	Demanda Horaria
CABRERA TRUJILLO LILIA 2	6031	"Y" PALOSOLO	0,002	Demanda Horaria
CABRERA TRUJILLO RODOLFO	4764	NUDO 13-15	0,005	Demanda Horaria
CAMPOS RAMIREZ ABDON	4828	NUDO 11	0,003	Demanda Horaria
CARRION CARRION HEMERLINDA	7178	NUDO 9	0,003	Demanda Horaria
CARRION ENCARNACION MANUEL	7428	"Y" ROMAPAMBA	0,002	Demanda Horaria
CARRION TINOCO SEGUNDO	4794	CANCHA	0,004	Demanda Horaria
DISTRITO 07D04-1	4793	"Y" LOS REMEDIOS	0,000	Demanda Horaria
DISTRITO 07D04-2	4785	SUBCENTRO	0,001	Demanda Horaria

USUARIO	CODIGO MEDIDOR	NUDO ASOCIADO	DEMANDA (BASE) (L/s)	PATRON
FREIRE AGUILAR SANTOS	6484	CANCHA	0,002	Demanda Horaria
FREIRE AGUILAR SANTOS 2	4792	CANCHA	0,007	Demanda Horaria
FREIRE BLACIO JOSE	4838	SUBCENTRO	0,008	Demanda Horaria
FREIRE CABRERA ANGEL	4751	LOS REMEDIOS ALTO	0,001	Demanda Horaria
FREIRE CABRERA PEDRO	5861	NUDO 9	0,001	Demanda Horaria
FREIRE SANCHEZ ELITA	4804	NUDO 4-10	0,006	Demanda Horaria
FREIRE VALAREZO MAXIMO	4758	"Y" LOS REMEDIOS	0,002	Demanda Horaria
GALARZA SANCHEZ ABEL	4832	"Y" ROMAPAMBA	0,003	Demanda Horaria
GALARZA SANCHEZ LUIS	4830	"Y" ROMAPAMBA	0,006	Demanda Horaria
GONZALES GAVILANEZ CARLOS	5368	NUDO 9	0,003	Demanda Horaria
JIMENEZ CARRION CARLOS	4748	LOS REMEDIOS ALTO	0,001	Demanda Horaria
JIMENEZ CARRION PEDRO	4747	LOS REMEDIOS ALTO	0,001	Demanda Horaria
LALANGUI DIAZ BRANGEL	4827	CANCHA	0,003	Demanda Horaria
LOAIZA CABRERA PERFECTO	4755	BARRIO LOS REMEDIOS	0,006	Demanda Horaria
LOAYZA BLACIO SONIA	4786	SUBCENTRO	0,002	Demanda Horaria
LOAYZA CABRERA FLORESMILO	4812	NUDO 3	0,003	Demanda Horaria
LOAYZA CABRERA PORFIRIO	4753	BARRIO LOS REMEDIOS	0,004	Demanda Horaria
LOPEZ GRANDA ROSA	4750	LOS REMEDIOS ALTO	0,002	Demanda Horaria
MACANCHI CASTRO BOLIVAR	4829	"Y" ROMAPAMBA	0,001	Demanda Horaria
MACANCHI CASTRO OLGA	5604	NUDO 3-10	0,006	Demanda Horaria
MACAS MACAS ARNOLDO	4795	CANCHA	0,005	Demanda Horaria
MENDOZA CABRERA LUIS	4837	NUDO 9	0,005	Demanda Horaria
MILES REYES MAXIMO	4816	NUDO 3-10	0,005	Demanda Horaria
MOCHA OLGER	6319	CANCHA	0,000	Demanda Horaria
MOCHA SARITAMA GILMA	7537	NUDO 11	0,004	Demanda Horaria
MOCHA SARITAMA GLORIA	7533	NUDO 11	0,003	Demanda Horaria
MOCHA SARITAMA NERI	4815	NUDO 3-10	0,001	Demanda Horaria
MOCHA SARITAMA ROSA	4771	DIVINO NIÑO	0,002	Demanda Horaria
MONTERO CABRERA ANDREA	4800	"Y" PALOSOLO	0,000	Demanda Horaria
MONTERO CABRERA CHRISTHIAN	4799	"Y" PALOSOLO	0,004	Demanda Horaria
MONTERO CABRERA SEGUNDO	4798	"Y" PALOSOLO	0,001	Demanda Horaria
MONTERO CARRION AMADO	4824	CANCHA	0,001	Demanda Horaria
MOROCHO MALDONADO DANIEL	7040	ROM-FIN	0,001	Demanda Horaria
MOSQUERA CABRERA OSWALDO	5366	NUDO 9	0,002	Demanda Horaria
MUÑOZ JARAMILLO LEOVANDO	4840	SUBCENTRO	0,001	Demanda Horaria
NEGRON OCHOA GLORIA	4833	"Y" ROMAPAMBA	0,003	Demanda Horaria
ORDOÑEZ AGUILAR LEDEO	4801	"Y" PALOSOLO	0,002	Demanda Horaria
ORDOÑEZ BLACIO JAVIER	4808	FLORIDA	0,001	Demanda Horaria
ORDOÑEZ BLACIO JINSON	4813	NUDO 3	0,003	Demanda Horaria
PALADINES REYES CUSTODIA	7536	NUDO 11	0,002	Demanda Horaria
PALADINES REYES JOSE	4825	ROM-FIN	0,002	Demanda Horaria
PEREIRA LOAYZA PEDRO	5018	SUBCENTRO	0,007	Demanda Horaria
RIVERA CAMPOVERDE LUIS	4912	CANCHA	0,005	Demanda Horaria
ROBLES MOCHA GUSTAVO	4823	NUDO 11	0,001	Demanda Horaria
ROBLES OCHOA DRAUCIN	4835	NUDO 5-8	0,003	Demanda Horaria
ROBLES OCHOA LUIS	4757	BARRIO LOS REMEDIOS	0,003	Demanda Horaria
ROJAS RIOS JAIME	7518	NUDO 12	0,001	Demanda Horaria
ROJAS CARRION MATEO	7038	"Y" ROMAPAMBA	0,005	Demanda Horaria
ROJAS ENCALADA JOSE	5809	FIN T-A2	0,005	Demanda Horaria
ROMAN CABRERA LUIS	7031	ROM-FIN	0,001	Demanda Horaria
ROMAN LOAIZA LUIS	4761	NUDO 12	0,005	Demanda Horaria
ENCARNACION AMBULUDI BALDOMIRA	4760	"Y" LOS REMEDIOS	0,003	Demanda Horaria
ESPINOZA CABRERA MARLON	5020	NUDO 13-15	0,013	Demanda Horaria
FEIJOO CAIMINAGUA ISABEL	4781	NUDO 7	0,000	Demanda Horaria

USUARIO	CODIGO MEDIDOR	NUDO ASOCIADO	DEMANDA (BASE) (L/s)	PATRON
ROMERO AÑASCO HUGO	4982	DIVINO NIÑO	0,003	Demanda Horaria
ROMERO ZAMBRANO JOSE	7439	ROM-FIN	0,001	Demanda Horaria
SALAZAR ZAMBRANO LEONARDO	4805	NUDO 4-10	0,003	Demanda Horaria
SANCHEZ CABRERA MARIA TERESA	4955	CANCHA	0,001	Demanda Horaria
SANCHEZ CABRERA OLGA	4780	SUBCENTRO	0,004	Demanda Horaria
SANCHEZ CARRION PEDRO	4749	LOS REMEDIOS ALTO	0,001	Demanda Horaria
SANCHEZ JARAMILLO MARIA	4803	NUDO 4-10	0,003	Demanda Horaria
SANCHEZ MEDINA MILDIO	4802	"Y" PALOSOLO	0,004	Demanda Horaria
SARITAMA MEDINA MARIA	4826	NUDO 11	0,001	Demanda Horaria
TAMBO AGUIRRE GERMAN	5160	NUDO 5-8	0,002	Demanda Horaria
TAMBO AGUIRRE LUIS	5696	NUDO 9	0,002	Demanda Horaria
TENESACA JARAMILLO ALEJANDRO	4839	SUBCENTRO	0,001	Demanda Horaria
TORRES ROBLES VICTORIA	4809	FLORIDA	0,005	Demanda Horaria
VARGAS FEIJOO JUAN	4782	NUDO 7	0,001	Demanda Horaria
VARGAS RAMIREZ BERTHA	4772	NUDO 14	0,004	Demanda Horaria
VERA AGUILAR GENARO	4773	NUDO 14	0,001	Demanda Horaria
YAURE MANUEL	5067	NUDO 9	0,002	Demanda Horaria

Fuente: EPAAP

Elaboración: Autor

La demanda obtenida por los datos de consumo mensual, obtenidos entre los meses de abril y septiembre de 2024, es de $0.326 \frac{l}{s}$, valor considerablemente inferior al Qm calculado en las proyecciones. Conociendo el consumo de cada usuario, se determinará la demanda de cada nudo de la red, mediante la investigación de campo se verificó al nodo al cual se conectan los usuarios.

4.2 Análisis de Periodo Extendido

Para el presente estudio se llevará a cabo un análisis de periodo extendido, con el objetivo de evaluar el comportamiento dinámico del sistema bajo diferentes condiciones operativas y de demanda. Este análisis permite observar cómo varían los parámetros hidráulicos clave, como presiones, caudales y niveles, a lo largo de un período de tiempo determinado, considerando variaciones en los patrones de consumo. La simulación proporciona información importante para evaluar el estado actual y futuro de la red de abastecimiento de agua potable.

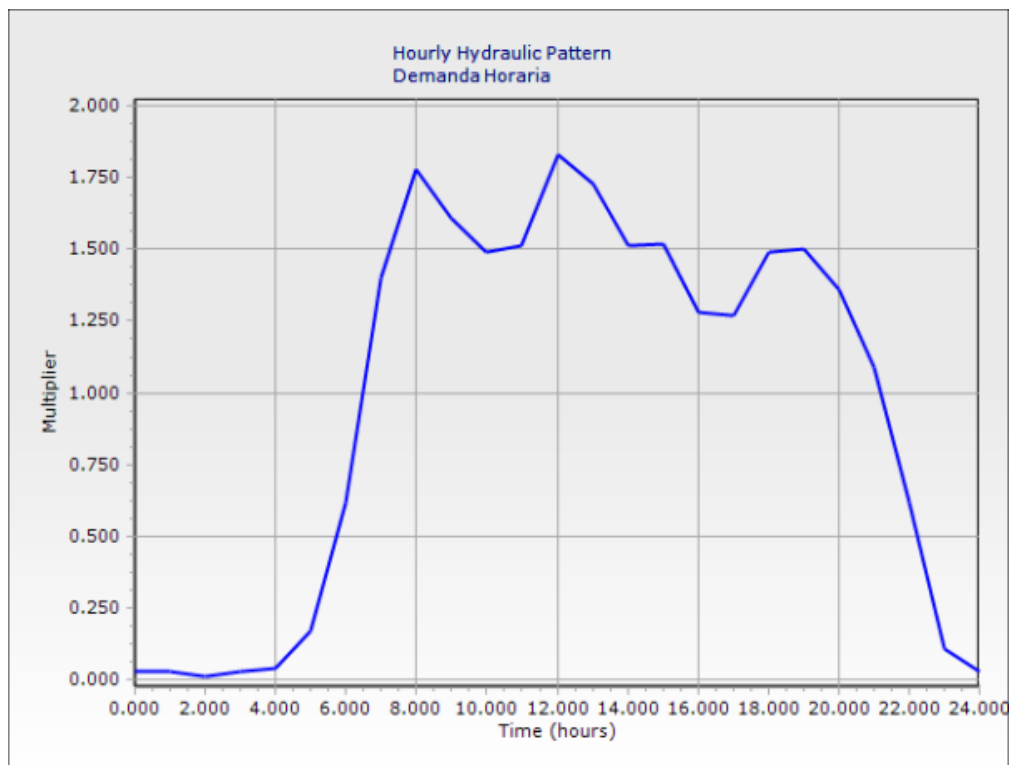
Para determinar el patrón del caudal horario del sistema, se llevó a cabo la medición en campo, haciendo uso de un flujómetro electrónico de turbina, el cual marca el volumen total y el flujo en el instante, con los datos obtenidos a lo largo del día se registró las variaciones, proporcionando datos clave para la caracterización de los patrones de consumo y ajustar la simulación a las condiciones reales de operación.

Tabla 9: Patrón Horario

Hora de Inicio	Multiplier
1.000	0.030
2.000	0.010
3.000	0.030
4.000	0.040
5.000	0.170
6.000	0.620
7.000	1.400
8.000	1.780
9.000	1.610
10.000	1.490
11.000	1.510
12.000	1.830
13.000	1.730
14.000	1.510
15.000	1.520
16.000	1.280
17.000	1.270
18.000	1.490
19.000	1.500
20.000	1.360
21.000	1.090
22.000	0.620
23.000	0,321
24.000	0,080

Fuente; Autor

Ilustración 9: Variación del Consumo



Fuente: WaterCAD

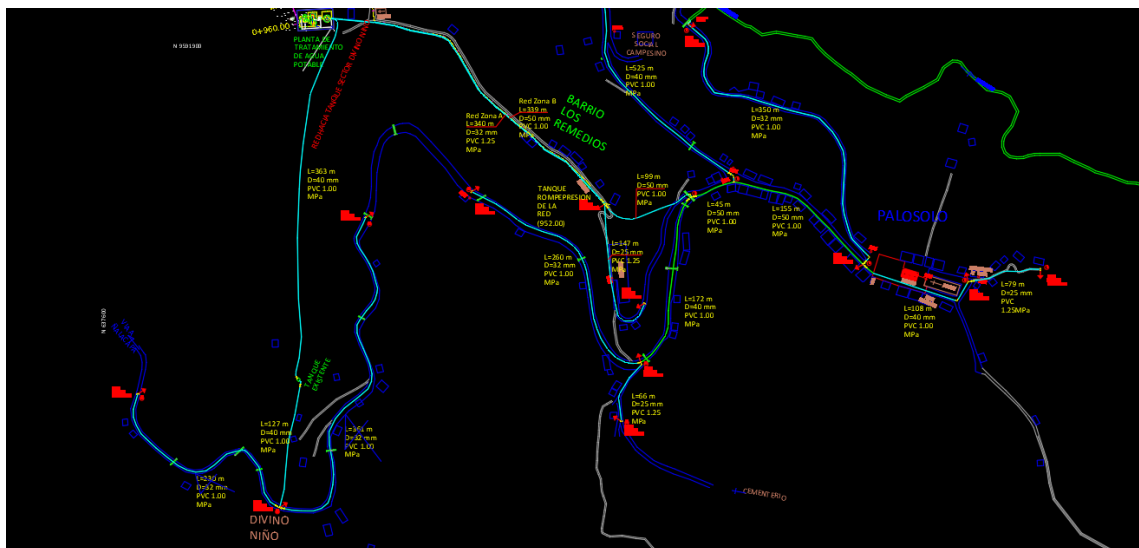
Elaboración: Autor

En la ilustración 7 se observa el patrón de consumo, demostrando lo expuesto por la teoría, las horas de máximo consumo, y por lo tanto de mayor afectación a la red, son temprano por la mañana, desde las 5 am a 7 am, un declive progresivo en la media mañana, el aumento a las 12 pm, y el ultimo pico de consumo alrededor de las 6 pm a 7pm, estos rangos determinados son en los que se centra la revisión de presión.

4.2.1 Red de abastecimiento de agua potable

La red cuenta con 24 nudos y 24 tuberías. La red es de tipo abierta, y cuenta con dos ramales principales, el material de las tuberías es en su totalidad PVC, siendo la red que abastece a los sectores “Los Remedios”, “Palosolo”, “Florida” y “Romapamba” de 90 mm de diámetro en su salida del tanque, la cual abastece a 93 usuarios. La red que abastece al sector “Divino Niño” es de 75 mm en la salida del tanque, este sector abastece a 17 usuarios. El tanque de reserva se encuentra en la cota 986 msnm con capacidad de 50 m3, las redes descritas se muestran en la ilustración

Ilustración 10: Grafico de la Red de Agua Potable de Palosolo



Fuente: AutoCAD

Elaboración: Autor

4.2.2 Verificación del funcionamiento actual de la red de abastecimiento de agua potable

Teniendo los planos de diseño proporcionados por EPAAP, se inició con la toma de datos en campo, verificación, y actualización de la topología de las redes de agua potable en la comunidad, haciendo un recorrido por todos los sectores que conforman la comunidad

Palosolo acompañado por el controlador de la empresa, quien ha estado a cargo del mantenimiento de la red desde su construcción. Asimismo, se realizó la verificación de las instalaciones de la planta de tratamiento con el fin de constatar los planos.

En la planta de tratamiento se encontró una inconsistencia con los planos de diseño, siendo esta la ubicación del tanque de reserva, por lo que, el trazado de la tubería se vio alterado, agregándose un tramo en ambas tuberías como se lo muestra en la ilustración 8.

Ilustración 11: Disposición del tanque en diseño



Fuente: AutoCAD

Elaboración: Autor

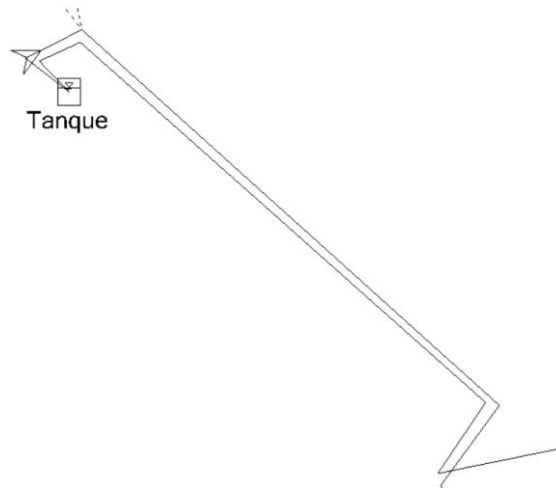
Se procede a tomar los puntos actuales del trayecto de la tubería y del tanque.

Ilustración 12: Tanque de Reserva



Fuente: Autor

Ilustración 13: Cambio de la ubicación del tanque



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

A lo largo del recorrido se verifica el cambio de diámetro de tuberías, obteniéndose la siguiente tabla de la cantidad y diámetro de tuberías que componen la red:

Tabla 10: Diámetros y Distancia de Tuberías

Diameter (mm)	Length (PVC) (m)	Length (All Materials) (m)	Volume (m³)
36,0	1.198	1.198	1,22
45,0	147	147	0,23
57,0	1.468	1.468	3,75
67,8	951	951	3,43
81,4	764	764	3,98
All Diameters	4.529	4.529	12,61

Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Las tuberías que componen la red se distribuyen en la siguiente tabla, tomando en cuenta que son diámetros pequeños, se establece el valor de rugosidad en 0.0015 mm, el cual es el valor asumido para el PVC. También se debe destacar que se ha identificado en la etiqueta a que ramal pertenece, siendo las tuberías con una "A" en su Nombre, las del ramal principal, y las que poseen "B" del ramal secundario.

Tabla 11: Tuberías de la Red

TABLA DE TUBERIAS						
ID	Nombre	Nudo Comienzo	Nudo Fin	Diametro (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)
53	T-A4	NUDO 3	"Y" PALOSOLO	81.4	PVC	0.00150
55	T-A5	"Y" PALOSOLO	CANCHA	81.4	PVC	0.00150
60	T-A7	SUBCENTRO	NUDO 7	57.0	PVC	0.00150
830	T-A1	Tanque	LOS REMEDIOS ALTO	81.4	PVC	0.00150
832	T-A2	"Y" LOS REMEDIOS	FIN T-A2	45.0	PVC	0.00150
835	T-A3	"Y" LOS REMEDIOS	NUDO 3	81.4	PVC	0.00150
837	T-A12	"Y" ROMAPAMBA	NUDO 12	67.8	PVC	0.00150
838	T-A11	"Y" ROMAPAMBA	NUDO 11	36.0	PVC	0.00150
840	T-A9	FLORIDA	NUDO 9	57.0	PVC	0.00150
846	T-A6	CANCHA	SUBCENTRO	57.0	PVC	0.00150
847	T-B3	DIVINO NIÑO	NUDO 14	57.0	PVC	0.00150
864	T-B1	PLANTA	DIVINO NIÑO	67.8	PVC	0.00150
870	T-A1	LOS REMEDIOS ALTO	BARRIO LOS REMEDIOS	81.4	PVC	0.00150
871	T-A1	BARRIO LOS REMEDIOS	"Y" LOS REMEDIOS	81.4	PVC	0.00150
873	T-A10	NUDO 3	NUDO 3-10	67.8	PVC	0.00150
874	T-A10	NUDO 3-10	"Y" ROMAPAMBA	67.8	PVC	0.00150
876	T-A9	"Y" PALOSOLO	NUDO 4-10	57.0	PVC	0.00150
877	T-A9	NUDO 4-10	FLORIDA	57.0	PVC	0.00150
879	T-A8	CANCHA	NUDO 5-8	36.0	PVC	0.00150
880	T-A8	NUDO 5-8	NUDO 8	36.0	PVC	0.00150
882	T-B2	DIVINO NIÑO	NUDO 13-15	57.0	PVC	0.00150
883	T-B2	NUDO 13-15	NUDO 15	57.0	PVC	0.00150
893	S-B	Tanque	PLANTA	67.8	PVC	0.00150
902	VAR-RP	NUDO 11	ROM-FIN	36.0	PVC	0.00150

Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

En la tabla 11 se encuentran los 24 nudos creados en la red, con sus respectivas coordenadas de ubicación, su elevación y la demanda generada por los usuarios conectados al mismo.

Tabla 12: Nudos de la Red

TABLA DE NUDOS					
ID	Nombre	X (m)	Y (m)	Elevation (m)	Demanda Base (L/s)
31	"Y" LOS REMEDIOS	637.839,02	9.591.376,34	955,00	0,0110
32	FIN T-A2	637.877,67	9.591.278,86	934,00	0,0050
34	"Y" PALOSOLO	637.965,30	9.591.396,75	914,00	0,0300
36	CANCHA	638.090,39	9.591.318,57	912,00	0,0360
38	NUDO 8	637.920,01	9.591.550,88	882,00	0,0000
39	NUDO 9	637.929,30	9.591.600,65	880,00	0,0180
41	SUBCENTRO	638.193,85	9.591.300,74	911,00	0,0320
42	NUDO 7	638.263,70	9.591.314,98	893,00	0,0010
43	"Y" ROMAPAMBA	637.873,79	9.591.224,53	919,00	0,0200
45	NUDO 11	637.855,24	9.591.165,16	914,00	0,0140
46	NUDO 12	637.708,95	9.591.389,40	913,00	0,0120
51	NUDO 3	637.924,00	9.591.382,22	916,00	0,0120
72	DIVINO NIÑO	637.521,44	9.591.079,09	906,00	0,0210
73	NUDO 14	637.382,87	9.591.192,83	887,00	0,0090
74	NUDO 15	637.605,49	9.591.363,99	908,00	0,0040
816	FLORIDA	637.802,64	9.591.633,43	894,88	0,0060
829	LOS REMEDIOS ALTO	637.612,57	9.591.553,23	976,00	0,0090
863	PLANTA	637.513,89	9.591.569,39	984,58	0,0050
869	BARRIO LOS REMEDIOS	637.786,27	9.591.422,88	951,40	0,0150
872	NUDO 3-10	637.900,75	9.591.273,67	917,94	0,0210
875	NUDO 4-10	637.838,24	9.591.525,45	902,36	0,0150
878	NUDO 5-8	637.979,57	9.591.480,30	891,78	0,0050
881	NUDO 13-15	637.610,68	9.591.204,83	907,03	0,0220
901	ROM-FIN	638.172,09	9.590.546,15	884,00	0,0050

Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Tras el modelar la red en el software WaterCAD, tomando en cuenta los patrones para el análisis de periodo extendido, se establece un periodo de simulación de 96 horas, para conocer el comportamiento de la red en más 1 día, aunque es necesario destacar que se puede llevar a cabo una simulación para un periodo más extenso.

En el ramal principal “A” se obtienen los siguientes datos:

Tabla 13: Reporte Tubería A1

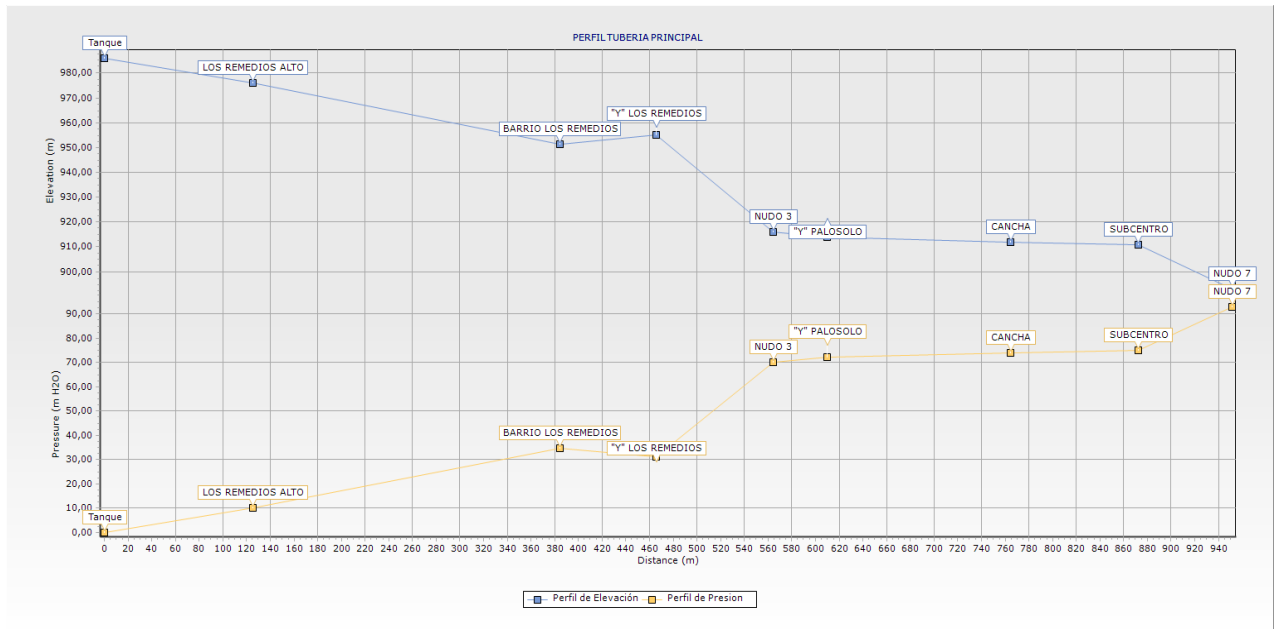
Tiempo (horas)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión (Inicio) (m H2O)	Presión(Fin) (m H2O)	Pérdida (m)
0.00	0.0159	0.00	0.20	10.18	0.00
1.00	0.0106	0.00	0.33	10.31	0.00
2.00	0.0106	0.00	0.46	10.44	0.00
3.00	0.0186	0.00	0.59	10.57	0.00
4.00	0.0558	0.01	0.71	10.69	0.00
5.00	0.2098	0.04	0.84	10.81	0.00
6.00	0.5365	0.10	0.93	10.88	0.03
7.00	0.8445	0.16	0.97	10.89	0.06
8.00	0.9003	0.17	0.95	10.87	0.07
9.00	0.8233	0.16	0.93	10.85	0.06
10.00	0.7967	0.15	0.92	10.84	0.05
11.00	0.8870	0.17	0.91	10.82	0.06
12.00	0.9455	0.18	0.89	10.79	0.07
13.00	0.8605	0.17	0.85	10.77	0.06
14.00	0.8047	0.15	0.84	10.76	0.05
15.00	0.7436	0.14	0.83	10.76	0.05
16.00	0.6772	0.13	0.83	10.77	0.04
17.00	0.7330	0.14	0.84	10.78	0.05
18.00	0.7941	0.15	0.85	10.78	0.05
19.00	0.7596	0.15	0.84	10.77	0.05
20.00	0.6507	0.13	0.84	10.78	0.04
21.00	0.4541	0.09	0.86	10.82	0.02
22.00	0.1939	0.04	0.91	10.89	0.00
23.00	0.0372	0.01	1.01	10.99	0.00
24.00	0.0159	0.00	1.14	11.11	0.00
25.00	0.0106	0.00	1.26	11.24	0.00
26.00	0.0106	0.00	1.39	11.37	0.00
27.00	0.0186	0.00	1.52	11.50	0.00
28.00	0.0558	0.01	1.65	11.63	0.00
29.00	0.2098	0.04	1.77	11.75	0.00
30.00	0.5365	0.10	1.87	11.82	0.03
31.00	0.8445	0.16	1.90	11.82	0.06
32.00	0.9003	0.17	1.89	11.80	0.07
33.00	0.8233	0.16	1.86	11.79	0.06
34.00	0.7967	0.15	1.85	11.78	0.05
35.00	0.8870	0.17	1.85	11.76	0.06
36.00	0.9455	0.18	1.82	11.73	0.07
37.00	0.8605	0.17	1.79	11.71	0.06
38.00	0.8047	0.15	1.77	11.70	0.05
39.00	0.7436	0.14	1.76	11.70	0.05
40.00	0.6772	0.13	1.77	11.71	0.04
41.00	0.7330	0.14	1.78	11.71	0.05
42.00	0.7941	0.15	1.78	11.71	0.05
43.00	0.7596	0.15	1.78	11.71	0.05
44.00	0.6507	0.13	1.78	11.72	0.04
45.00	0.4541	0.09	1.80	11.76	0.02
46.00	0.1939	0.04	1.85	11.82	0.00
47.00	0.0372	0.01	1.95	11.93	0.00
48.00	0.0159	0.00	2.07	12.05	0.00

Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se puede ver en la tabla 12, la máxima demanda que fluye por la tubería A1 es de 0.9455 l/s a las 12 pm, valor que es menor en comparación con los datos obtenidos en campo donde se encontró un valor de 1.528 l/s en promedio a la misma hora en el mismo tramo de tubería.

Ilustración 14: Perfil de la tubería principal

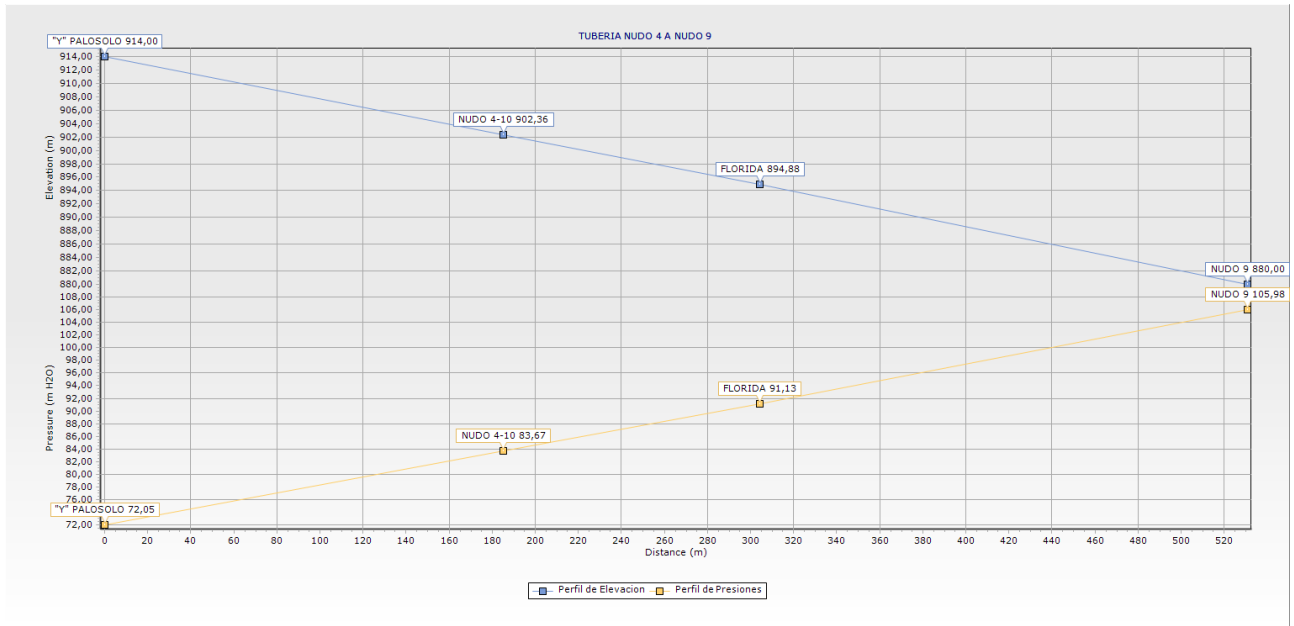


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

En la ilustración 11 se puede observar como la presión en el nudo 7, el cual es el nudo final de la red principal, llega a sobrepasar los 90 mca, valor el cual está sobre los rangos permitidos por la normativa. También se destaca que entre el nudo “BARRIO LOS REMEDIOS” hasta el nudo “Y LOS REMEDIOS” existe una leve reducción en la presión, debido al aumento en la cota.

Ilustración 15: Perfil de Variante desde el nudo 4 al 9

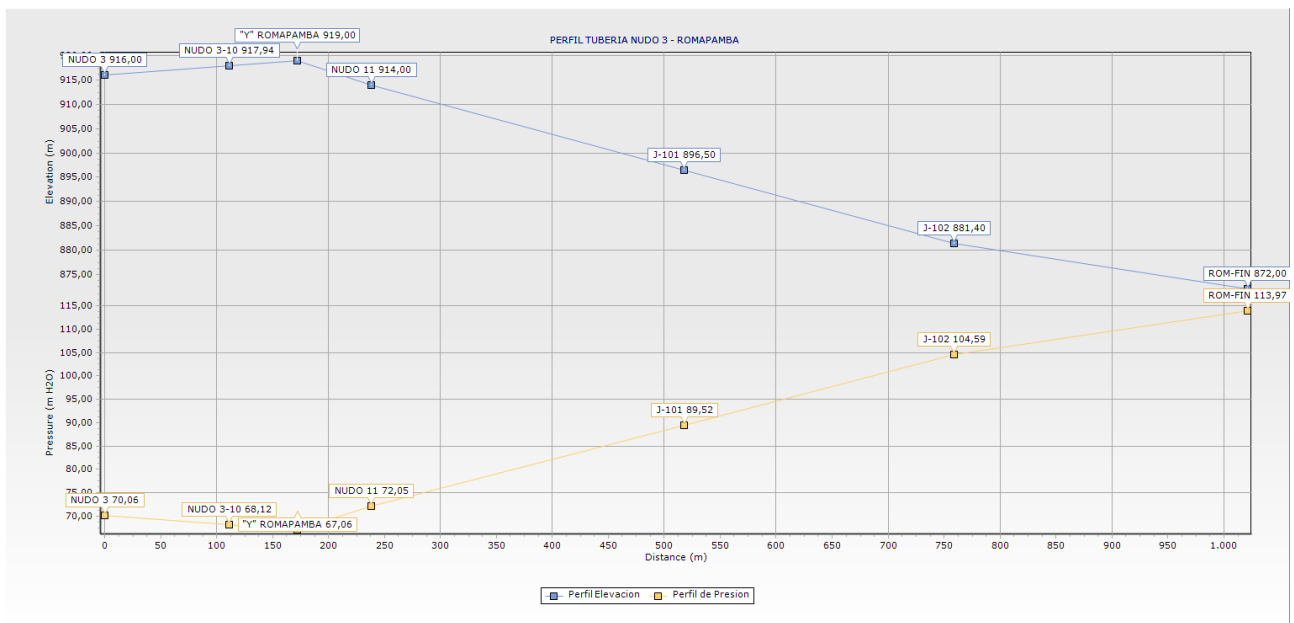


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

La ilustración 12 muestra el perfil de elevación y presión a lo largo de la tubería desde "Y" Palosolo hasta el nudo 9. La elevación disminuye de 914.00 m a 880.00 m, favoreciendo el flujo natural del agua, mientras que la presión aumenta progresivamente de 72.05 mca a 105.98 mca. Sin embargo, las presiones en algunos puntos superan los valores recomendados, lo que podría generar riesgos como sobrepresión o daños en la infraestructura.

Ilustración 16: Perfil de Variante desde el nudo 3 hasta ROM-FIN

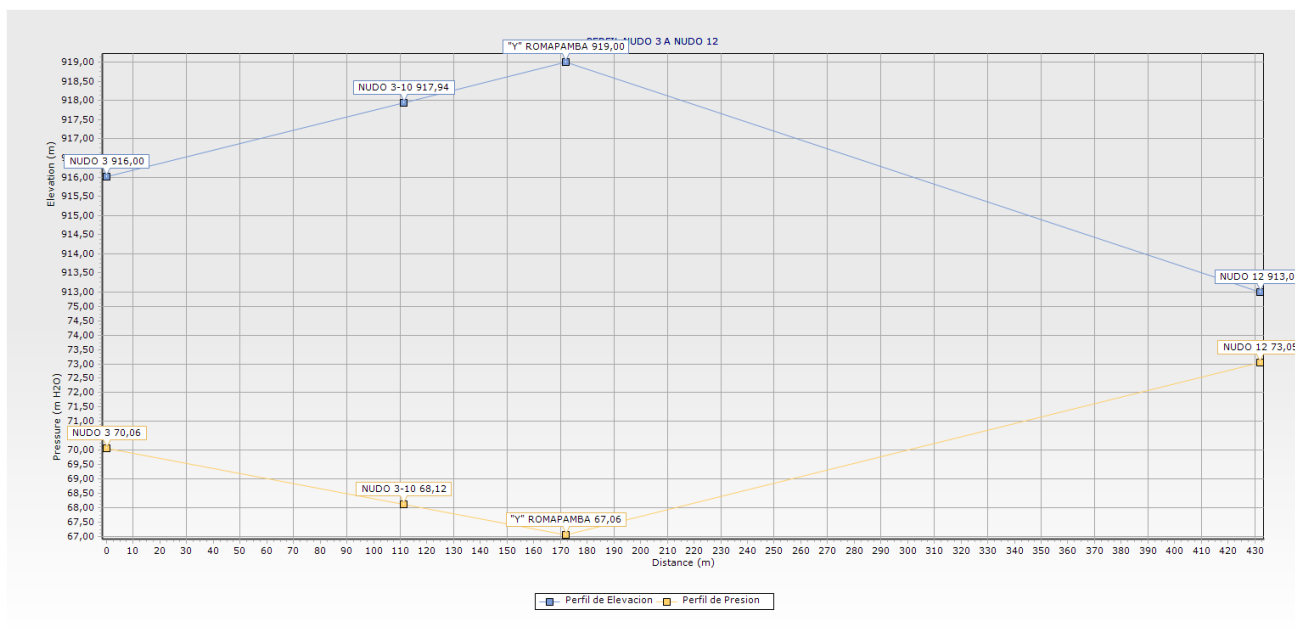


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

En la ilustración 12 se ve que la elevación disminuye de 916 m en el punto inicial (Nodo 3) a 872 m en el punto final (ROM-FIN), lo cual evidencia un descenso progresivo del terreno, en consecuencia, la presión aumenta hasta llegar a 113 mca, un valor que al igual que en los casos anteriores, es posible que cause problemas en la infraestructura de la red.

Ilustración 17: Perfil de Tubería desde el nodo 3 al 12



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

En la ilustración 14 inicialmente, la presión disminuye desde 70,06 mca en el Nodo 3 hasta 67,06 mca en el punto de bifurcación "Y" Romapamba, indicando pérdidas por fricción y posibles efectos locales asociados con la bifurcación. Posteriormente, la presión se incrementa progresivamente hasta 73,05 mca en el Nodo 12, reflejando una recuperación relacionada con la pendiente del terreno.

Datos para el ramal "B".

Tabla 14: Reporte Tubería S-B1

Tiempo (horas)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión (Inicio) (m H ₂ O)	Presión(Fin) (m H ₂ O)	Pérdida (m)
0.00	0.0033	0.00	1.62	80.17	0.00
1.00	0.0022	0.00	1.75	80.30	0.00
2.00	0.0022	0.00	1.88	80.42	0.00
3.00	0.0039	0.00	2.00	80.55	0.00

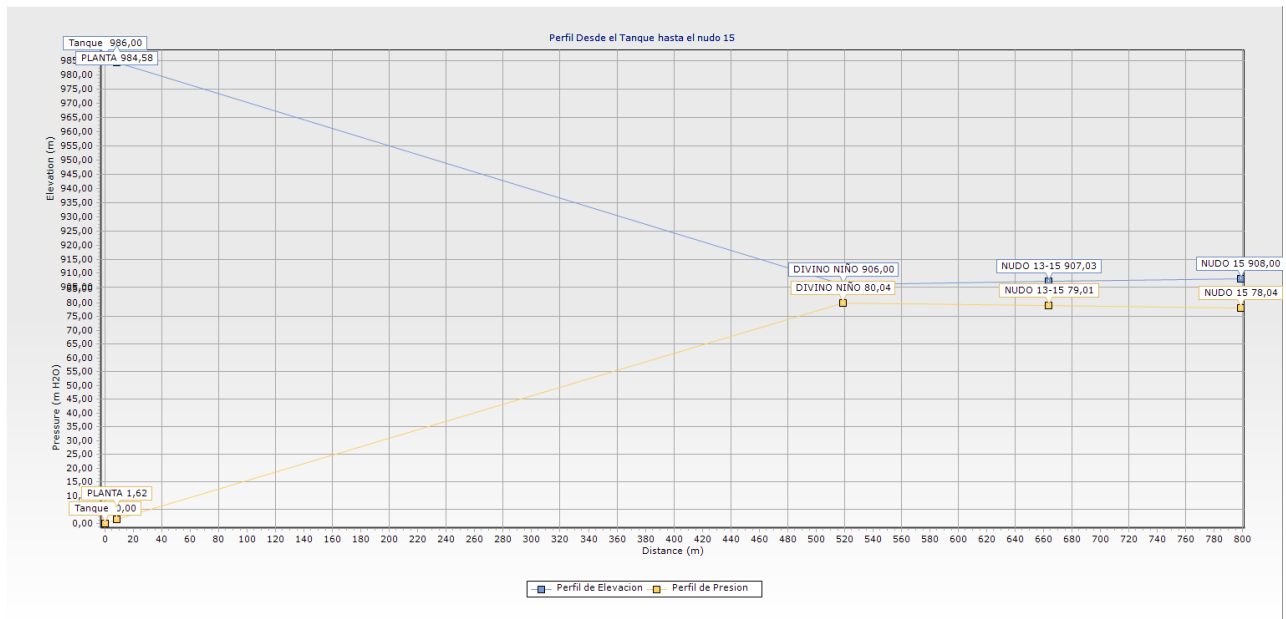
Tiempo (horas)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión (Inicio) (m H2O)	Presión(Fin) (m H2O)	Pérdida (m)
4.00	0.0116	0.00	2.13	80.67	0.00
5.00	0.0437	0.01	2.25	80.76	0.01
6.00	0.1118	0.03	2.35	80.77	0.03
7.00	0.1760	0.05	2.39	80.75	0.04
8.00	0.1876	0.05	2.37	80.74	0.03
9.00	0.1716	0.05	2.35	80.73	0.03
10.00	0.1661	0.05	2.33	80.71	0.04
11.00	0.1849	0.05	2.33	80.68	0.05
12.00	0.1971	0.05	2.30	80.66	0.04
13.00	0.1793	0.05	2.27	80.65	0.03
14.00	0.1677	0.05	2.25	80.64	0.02
15.00	0.1550	0.04	2.25	80.65	0.02
16.00	0.1412	0.04	2.25	80.66	0.02
17.00	0.1528	0.04	2.26	80.66	0.03
18.00	0.1655	0.05	2.27	80.66	0.02
19.00	0.1583	0.04	2.26	80.67	0.02
20.00	0.1356	0.04	2.26	80.69	0.01
21.00	0.0947	0.03	2.28	80.75	0.00
22.00	0.0404	0.01	2.33	80.85	0.00
23.00	0.0077	0.00	2.43	80.97	0.00
24.00	0.0033	0.00	2.55	81.10	0.00
25.00	0.0022	0.00	2.68	81.23	0.00
26.00	0.0022	0.00	2.81	81.36	0.00
27.00	0.0039	0.00	2.94	81.49	0.00
28.00	0.0116	0.00	3.07	81.60	0.00
29.00	0.0437	0.01	3.19	81.69	0.01
30.00	0.1118	0.03	3.28	81.71	0.03
31.00	0.1760	0.05	3.32	81.69	0.04
32.00	0.1876	0.05	3.31	81.67	0.03
33.00	0.1716	0.05	3.28	81.66	0.03
34.00	0.1661	0.05	3.27	81.64	0.04
35.00	0.1849	0.05	3.26	81.61	0.05
36.00	0.1971	0.05	3.24	81.59	0.04
37.00	0.1793	0.05	3.21	81.58	0.03
38.00	0.1677	0.05	3.19	81.58	0.02
39.00	0.1550	0.04	3.18	81.59	0.02
40.00	0.1412	0.04	3.18	81.60	0.02
41.00	0.1528	0.04	3.20	81.60	0.03
42.00	0.1655	0.05	3.20	81.59	0.02
43.00	0.1583	0.04	3.20	81.60	0.02
44.00	0.1356	0.04	3.20	81.63	0.01
45.00	0.0947	0.03	3.21	81.68	0.00
46.00	0.0404	0.01	3.27	81.78	0.00
47.00	0.0077	0.00	3.36	81.91	0.00
48.00	0.0033	0.00	3.49	80.17	0.00

Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Para esta red, los caudales, al tener una demanda de usuarios menor, los caudales de salida de la planta se ven reducidos, con una demanda máxima de 0.1971 l/s a las 12 pm.

Ilustración 18: Perfil de la tubería del segundo ramal



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

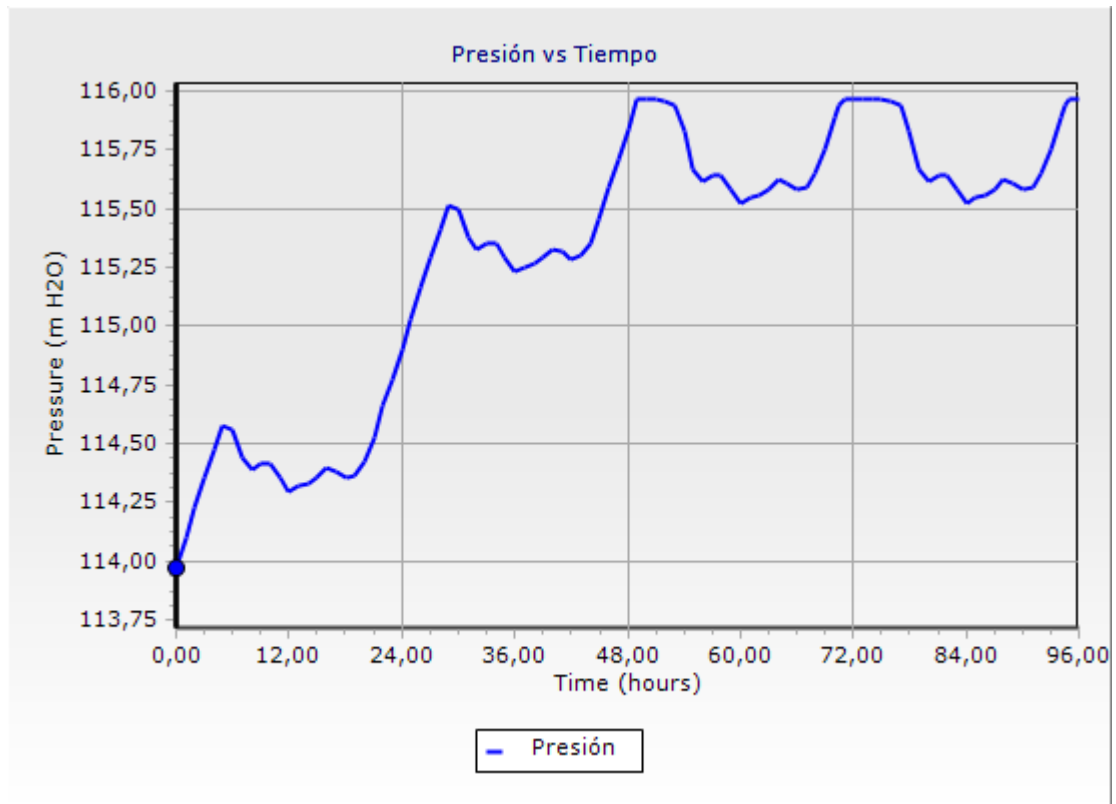
La gráfica muestra el comportamiento de la presión y la elevación en una tubería desde el tanque inicial hasta el Nudo 15, evidenciando un descenso constante de la elevación de 960 m a 886 m, lo que impulsa un aumento progresivo de la presión desde 1,12 mca hasta 76,81 mca, en este ramal el sistema es eficiente, aunque presenta presiones elevadas, son manejables.

La distribución de presiones en la red de agua muestra una notable variabilidad entre los diferentes nudos analizados. La presión más baja se encuentra en el nudo “PLANTA”, con un valor de 3.24 mca, lo cual se puede atribuir a su diferencia de elevación con la planta, la cual es prácticamente nula al estar ubicado cerca de la salida. En contraste, la presión más alta se registra en el nudo “ROM-FIN”, con 114 mca, situado a una elevación menor de 865 m, generando una presión muy por encima de los 50 mca recomendados por norma, se debe tomar en cuenta que, una presión excesivamente alta puede provocar fugas o incluso daños en la infraestructura si no se regulan adecuadamente.

A lo largo de la red existen diversos puntos en los cuales la presión es excesiva, sobrepasando lo estipulado en la norma, un ejemplo son los usuarios del nudo de “ROM-

FIN” los cuales poseen una presión que excede los 110 mca, lo cual debe ser solucionado para evitar problemas a futuro relacionados con fugas y fallos en el sistema.

Ilustración 19: Variación de la presión en el punto ROM-FIN



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se observa en la ilustración 17, la presión en horas de la noche aumenta considerablemente debido a que los consumos son mínimos, en contraste en las horas de mayor consumo la presión se ve afectada y reducida, aunque igual supera los 110 mca.

4.2.3 Análisis de la calidad del agua

Se realizó un análisis de la calidad del agua conforme a los parámetros establecidos en la metodología, considerando la normativa INEN 1108. En este estudio, se determinaron los coeficientes de reacción en masa y de interacción con las paredes de la tubería, con el fin de evaluar su influencia en la estabilidad de las sustancias disueltas.

Por lo tanto, es necesario verificar que, bajo las condiciones simuladas en el sistema, los parámetros se mantengan dentro del rango establecido. Cabe destacar que el software utilizado requiere la inclusión de un análisis de periodo extendido en la red para permitir

la simulación. En el presente caso, dicho requisito se ha cumplido, por lo que la simulación es factible.

La concentración inicial de cloro en el tanque se estableció en 1.5 mg/L, el valor máximo permitido por la norma. Para su verificación en campo, se empleó un método colorimétrico basado en medición visual, lo que permitió aproximar la cantidad de cloro presente en el agua.

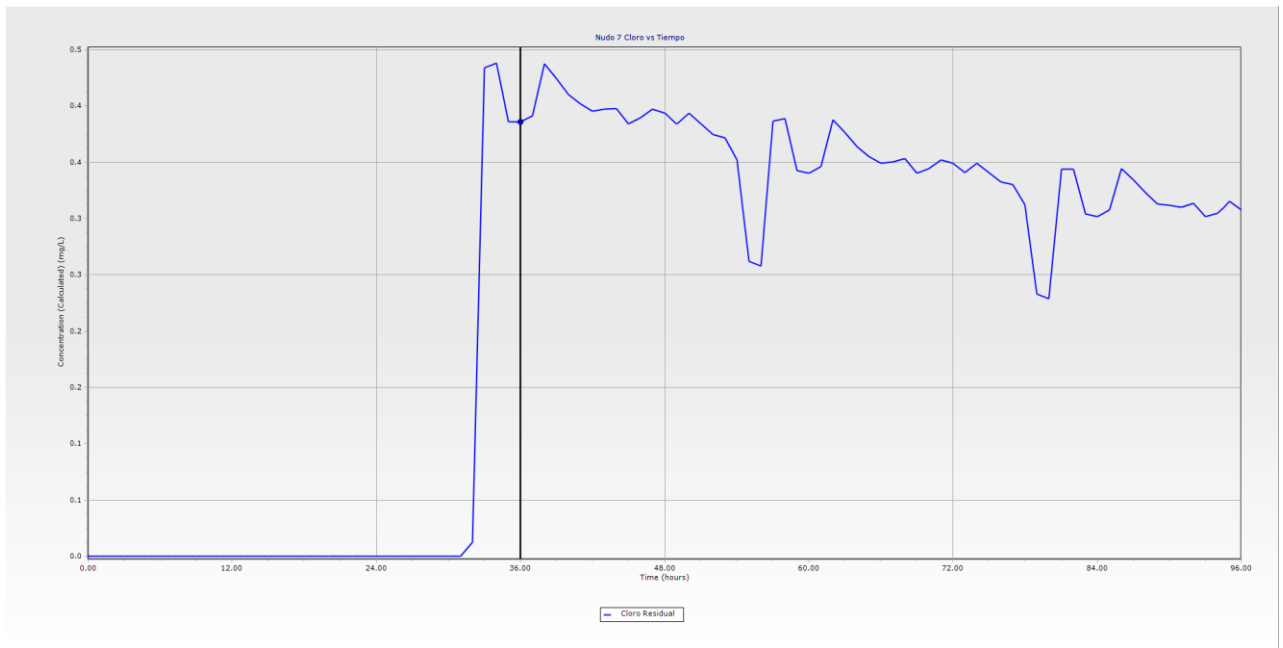
Ilustración 20: Medición del Cloro a la salida del Tanque



Fuente: Autor

Los resultados se analizan en distintos puntos de la red, enfocándose en los más alejados, donde la concentración de cloro tiende a disiparse. Estos nodos son clave para evaluar la eficacia de la desinfección y asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos.

Ilustración 21: Cloro Residual Nudo 7

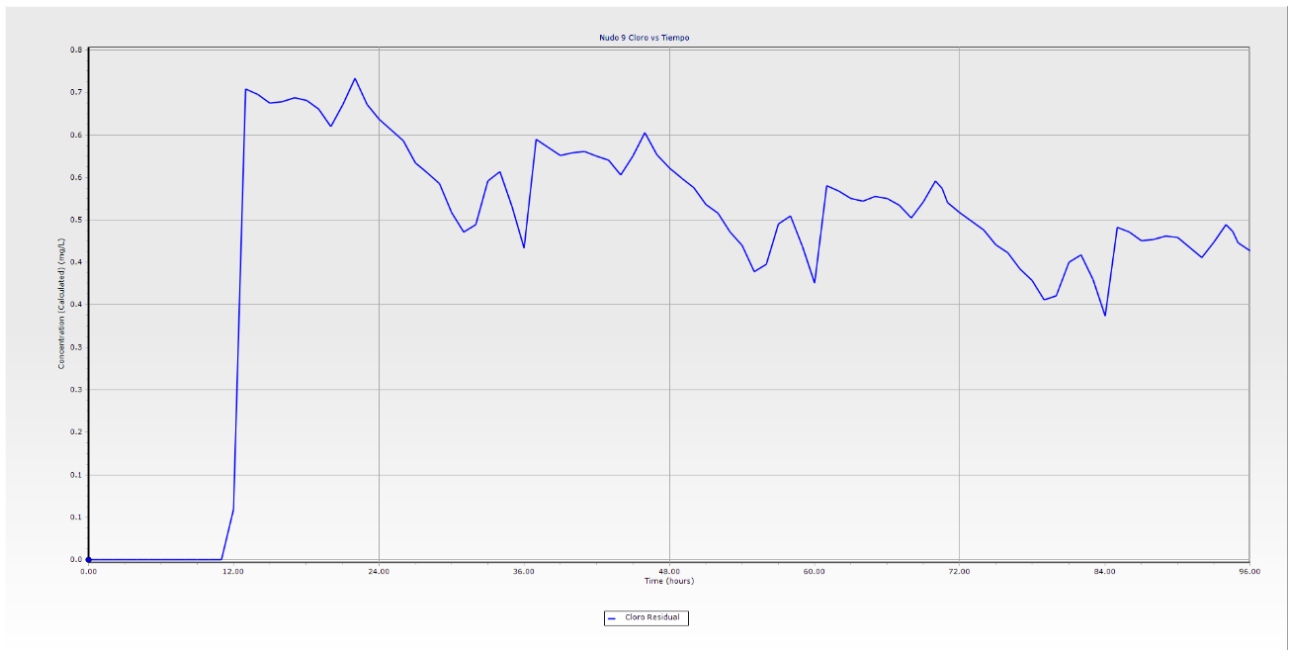


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

La ilustración 18 muestra cómo evoluciona la concentración de cloro residual en el nodo 7 con el tiempo. Durante las primeras 36 horas, no se detecta cloro, indicando que aún no ha llegado a este punto de la red. A partir de entonces, la concentración aumenta rápidamente hasta cerca de 0.5 mg/L. Luego, fluctúa ligeramente, manteniéndose relativamente estable con algunos descensos y aumentos menores. Esto refleja las dinámicas del sistema, como variaciones en el flujo o interacción del cloro con las tuberías. Finalmente, la concentración tiende a estabilizarse.

Ilustración 22: Cloro Residual Nudo 9

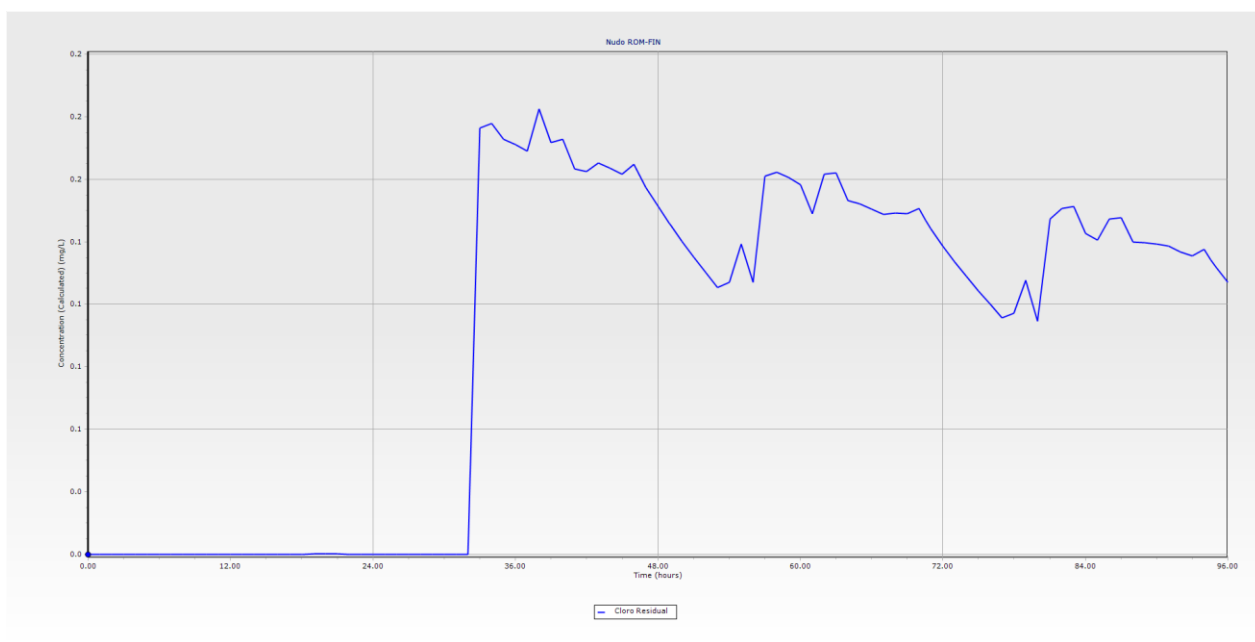


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

La ilustración 19 muestra la evolución de la concentración de cloro residual en el nodo 9 a lo largo del tiempo. Durante las primeras 12 horas, la concentración es prácticamente nula, lo que indica que el cloro no ha alcanzado este punto de la red. Posteriormente, la concentración aumenta rápidamente hasta un valor máximo cercano a 0.7 mg/L. A partir de ahí, se observan fluctuaciones significativas, con descensos y aumentos en un rango de 0.4 mg/L hasta 0.6 mg/L.

Ilustración 23: Cloro Residual Nudo ROM-FIN

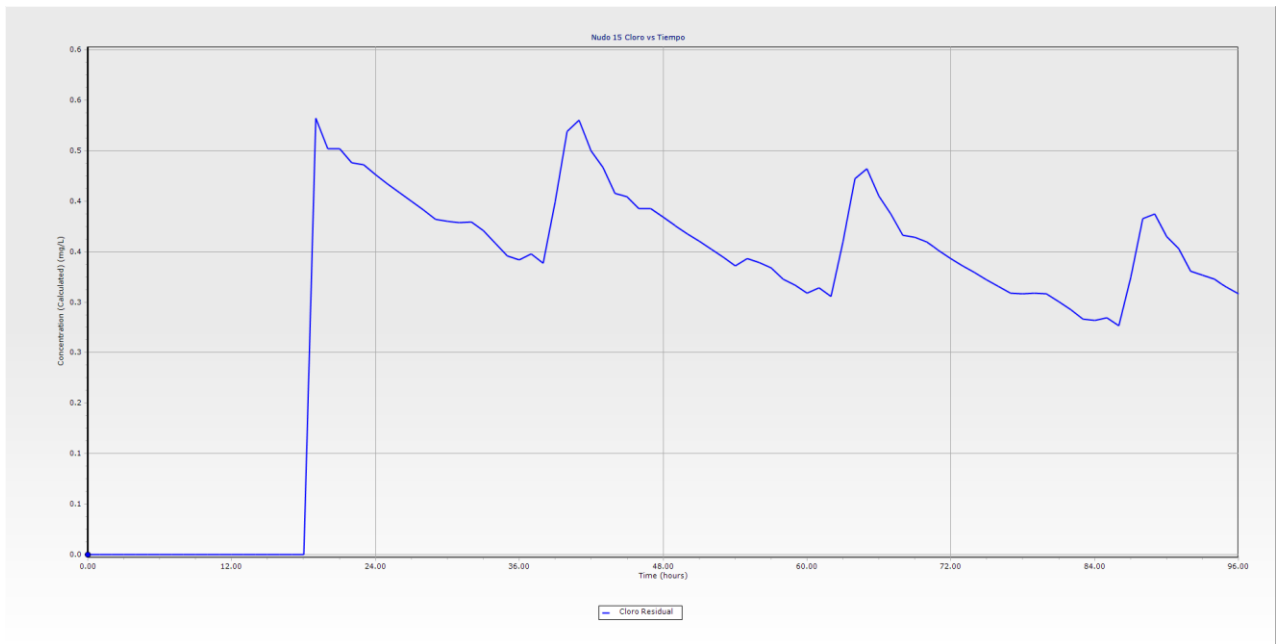


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

La ilustración 20 muestra la concentración de cloro residual en el nodo ROM-FIN a lo largo del tiempo. Durante las primeras 36 horas, la concentración es prácticamente nula, lo que indica que el cloro aún no ha alcanzado este punto de la red. Posteriormente, se observa un aumento rápido de la concentración hasta valores cercanos a 0.2 mg/L, lo cual está por debajo del rango mínimo permitido por la norma INEN 1108 (0.3 mg/L).

Ilustración 24: Cloro Residual Nudo 15



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se observa en la ilustración 21, el cloro en el nodo 15 tiene un pico que supera los 0.5 mg/L, aunque después de eso viene el decaimiento según se reduce la demanda de la red, siendo en los puntos de mayor consumo cuando el cloro se presenta con una mayor concentración.

El punto crítico para el análisis de la calidad, al igual que en la presión, es ROM-FIN, debido que es el punto con menor elevación, y hasta el cual más distancia se recorre en la tubería, dando así valores de concentración por debajo de lo requerido.

4.2.4 Mediciones en campo

Presiones en la red

En la zona de “Los Remedios Alto” la presión es relativamente baja, según lo medido en campo, existe una discrepancia con los resultados obtenidos con la simulación, aunque se debe tomar en cuenta que la medición de presión se realizó en la casa más cercana al nudo, por lo que se deberían tener en cuenta la existencia de pérdidas en el sistema de la vivienda.

Ilustración 25: Medición de Presión con Manómetro



Fuente: Autor

Tabla 15: Resultados de mediciones en campo

NUDO	REMEDIOS ALTO
Hora	Presión (m)
9:00	9
12:00	8
15:00	8

Fuente: Autor

Tabla 16: Resultados en WaterCAD

NUDO	REMEDIOS ALTO
Hora	Presión (m)
9:00	12
12:00	12
15:00	12

Fuente: Autor

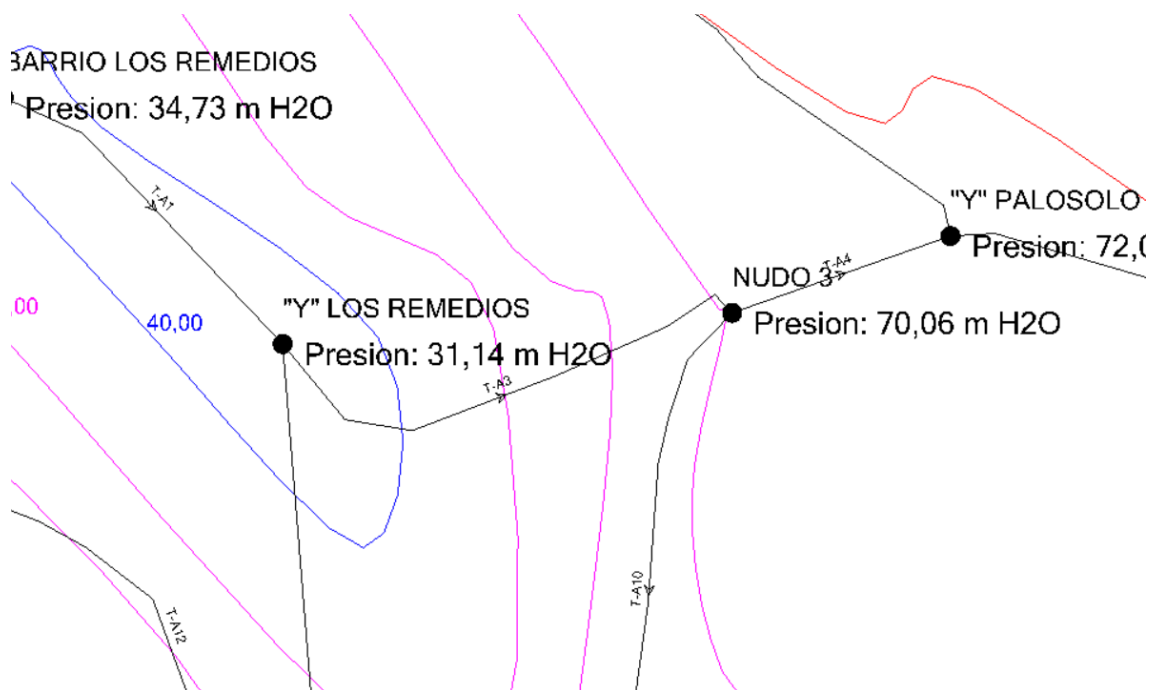
Las presiones medidas en campo pueden estar influenciadas por múltiples factores, entre ellos las pérdidas causadas por el medidor de agua, y accesorios de la instalación. Estas pérdidas individuales pueden parecer insignificantes, su efecto acumulativo en la red puede ser significativo y provocar fluctuaciones en las presiones registradas. En las zonas elevadas, la menor presión podría afectar el abastecimiento de agua, requiriendo sistemas de bombeo o presurización en las viviendas para equilibrar la distribución.

4.3 Planteamiento de Soluciones

Luego de un análisis profundo de la situación actual de la red de distribución de agua potable de la comunidad Palosolo, se verificó que existen zonas de presión elevada, por lo que se plantea la inclusión de un tanque rompe presiones (TRP) para así controlar de mejor manera estas presiones excesivas en el ramal principal.

El tanque se plantea en la zona de Los Remedios, buscando un punto donde se logre reducir la presión en los puntos más bajos, se lo debe ubicar en una zona donde no afecte a los usuarios que se encuentren cercanos, debido a que podría causar una pérdida de presión en esas casas.

Ilustración 26: Tubería A-3



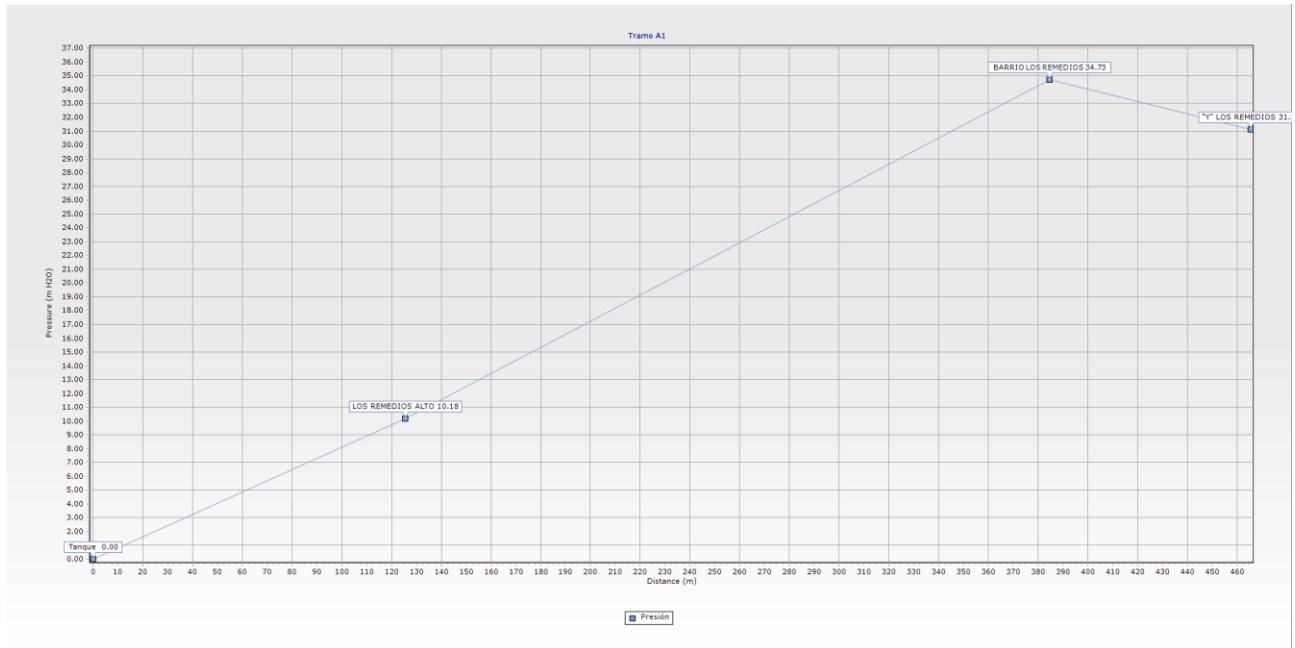
Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

En la Ilustración 23, se identifica un tramo donde la instalación de un Tanque de Regulación de Presión (TRP) sería óptima, asegurando que su implementación no genere afectaciones a los usuarios del nodo "Y" LOS REMEDIOS. Según el análisis de las líneas de presión, y de las presiones existentes en los nodos, se prevé que existe una diferencia aproximada de 40 mca entre ambos nodos, lo que garantiza que la creación de este elemento no impactará negativamente en el suministro a los usuarios del Nodo 3. Este análisis respalda la viabilidad técnica y operativa de incorporar el TRP en el sistema.

Se evaluó la posibilidad de ubicar un tanque en el tramo T-A1, entre los nodos “LOS REMEDIOS ALTO” y “BARRIO LOS REMEDIOS”. Sin embargo, esta propuesta fue descartada, ya que la instalación del TRP en dicho tramo afectaría a los usuarios del nodo “Y” LOS REMEDIOS. La razón principal es la presencia de una elevación positiva que generaría una presión insuficiente en el nodo mencionado, comprometiendo el adecuado funcionamiento del sistema y el suministro a los usuarios.

Ilustración 27: Perfil Tramo A1

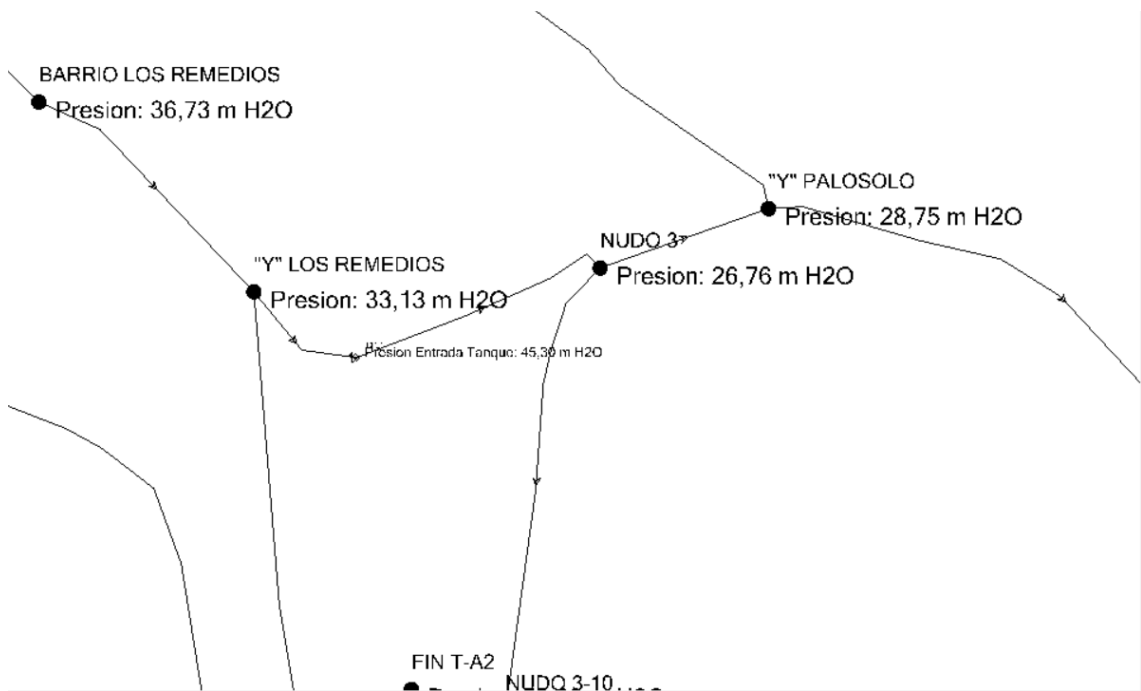


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se logra observar en la ilustración 24 existe una pequeña disminución en la presión en el tramo, lo cual, con la instalación de un Tanque Regulador de Presión, provocaría problemas en el funcionamiento de la red.

Ilustración 28: Ubicación del TRP

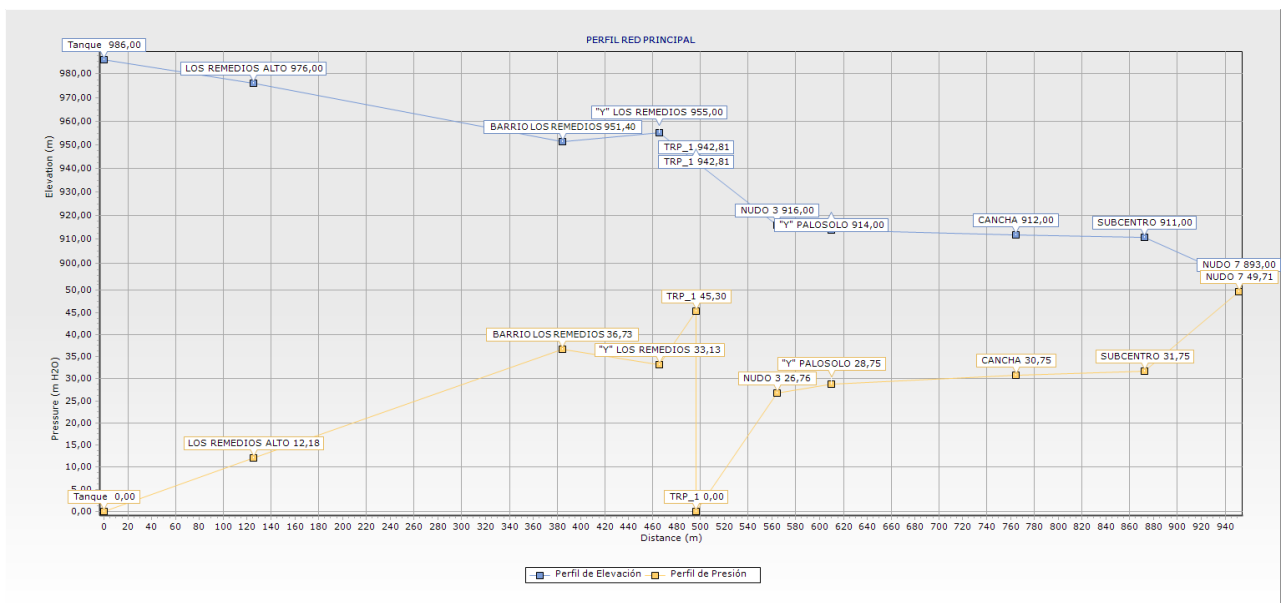


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

La instalación del TRP genera una reducción de presión en el Nodo 3, disminuyendo de 70 mca a 26,76 mca, lo que representa una reducción superior a 30 mca. Esta intervención permite estabilizar la red de distribución, logrando presiones aceptables en el resto de los nodos sin comprometer su funcionamiento ni afectar el suministro a los usuarios.

Ilustración 29: Perfil de Elevación y Presión de la tubería principal aplicando el TRP.

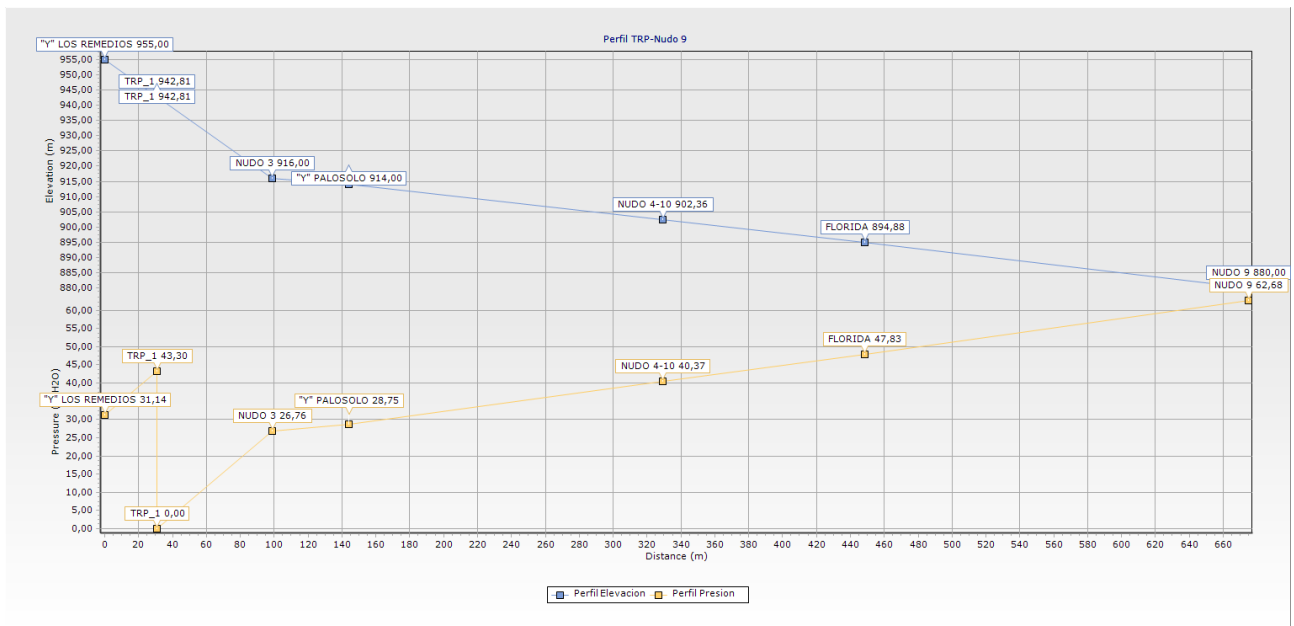


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se observa en la Ilustración 26, la implementación del tanque contribuye a estabilizar las presiones en los nodos del sistema, garantizando que estas no excedan los límites establecidos por la norma. En particular, la presión en el Nodo 7 se redujo significativamente, pasando de 93 mca a 49 mca, lo que demuestra la efectividad de esta solución para optimizar el comportamiento hidráulico y asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema.

Ilustración 30: Perfil de la tubería hasta el nudo 9 tras aplicar el TRP

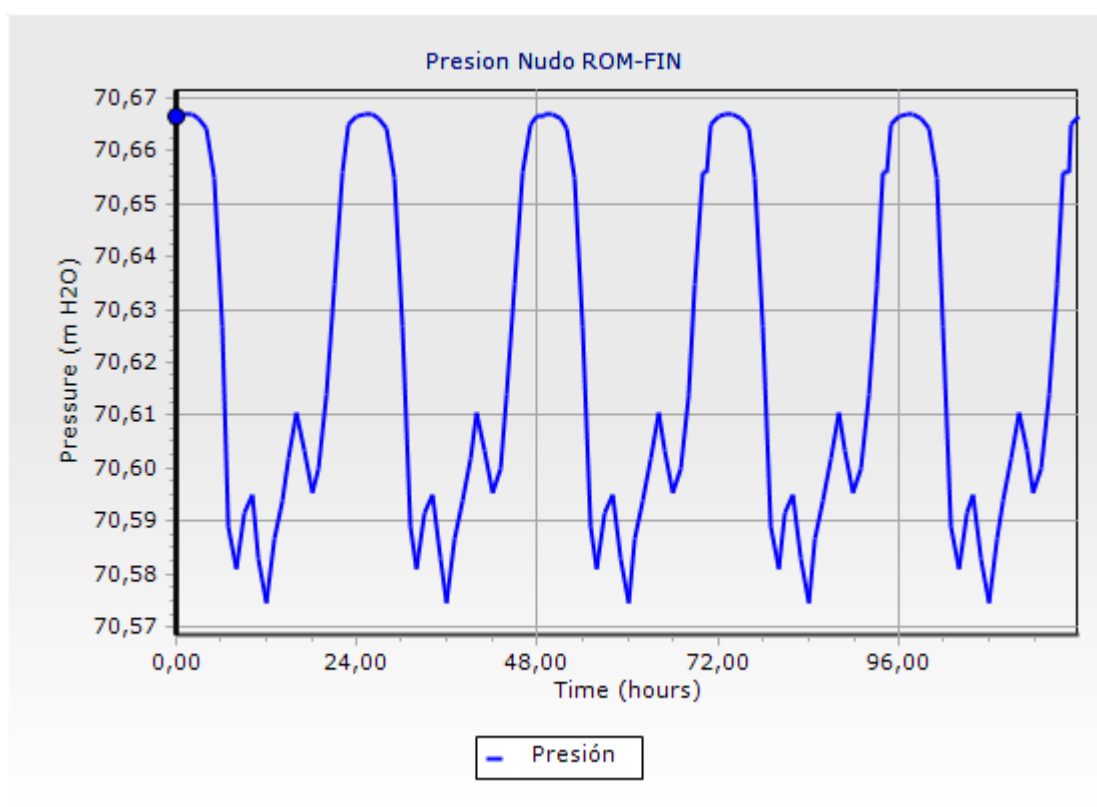


Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

De manera similar al Nudo 7, en el Nudo 9 las presiones se estabilizan tras la implementación del tanque, logrando una reducción significativa desde 105 mca hasta 62 mca. Este ajuste cumple con el objetivo principal de disminuir las presiones de trabajo en el sistema, contribuyendo a su eficiencia hidráulica y asegurando que las condiciones de operación se mantengan dentro de los parámetros establecidos por la norma.

Ilustración 31: Variación de la presión en el nudo ROM-FIN



Fuente: WaterCAD

Elaboración: Autor

Como se observa en la Ilustración 28, la presión en el nodo crítico “ROM-FIN” se ha estabilizado tras la implementación del Tanque Regulador de Presión (TRP), alcanzando valores de operación que cumplen con los límites establecidos por las normas. Esta estabilización no solo garantiza la seguridad y eficiencia del sistema hidráulico, sino que también valida la efectividad del TRP como una solución técnica adecuada para controlar las presiones de trabajo en puntos críticos del sistema.

CONCLUSIONES

- La recopilación y análisis de datos clave, como caudal, presión y cloro residual, permitieron obtener un diagnóstico detallado del sistema de abastecimiento en la comunidad de Palosolo. Esta información fue esencial para identificar los principales problemas, como presiones excesivas y una distribución ineficiente del cloro. Contar con datos precisos permitió construir una base sólida para la modelación hidráulica y contribuyó a la formulación de soluciones efectivas para mejorar el funcionamiento de la red y garantizar un suministro de agua potable de mejor calidad para la comunidad.
- La implementación del modelo hidráulico permitió simular el comportamiento de la red de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Palosolo. A través de esta herramienta, se logró visualizar las variaciones de presión y calidad del agua en distintos puntos del sistema, facilitando la identificación de problemas como las presiones excesivas en los nudos 7, 9 y ROM-FIN, donde se superan los 90 mca.
- Con base en los datos de simulación del sistema, se propone la creación de un Tanque Regulador de Presión en la tubería A-3, entre los nudos “Y” Los Remedios y el nudo 3, esto con el fin de reducir las presiones en los nudos más alejados del ramal A, las presiones se redujeron considerablemente como en el caso del nudo ROM-FIN, donde se pasa de 115 mca a 70 mca.
- En las mediciones de campo realizadas en el ramal A, se registró un caudal máximo de 1.5 l/s. Sin embargo, al compararlo con la simulación basada en los datos de consumo de los usuarios, se observó una variación del 50%, evidenciando una diferencia considerable. Esta discrepancia podría atribuirse a factores como conexiones clandestinas, fugas en la red o errores en la lectura de los medidores.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la instalación de un macromedidor en ambas redes de distribución para monitorear y controlar el caudal de salida desde la planta. Esto permitirá verificar que los consumos registrados por los usuarios coincidan con las mediciones del dispositivo, asegurando una gestión más eficiente del recurso y detectando posibles pérdidas o irregularidades en el sistema.
- Llevar a cabo un proceso de cloración más técnico, con el fin de aumentar la dosificación del cloro, debido a que en la actualidad el cloro residual presente en la red no cumple con los valores requeridos, poniendo en riesgo la salud de los usuarios, también, controlar las instalaciones de los usuarios, debido a la mezcla de los sistemas de agua cruda y potable.
- Para prevenir conexiones clandestinas, se recomienda reubicar los medidores de los usuarios en puntos más cercanos a la tubería principal, ya que la presencia de acometidas demasiado extensas facilita la instalación de conexiones ilegales. Además, en zonas donde se registran presiones excesivas, se sugiere la instalación de válvulas reductoras de presión en cada toma domiciliaria, con el objetivo de regular el flujo, evitar daños en la red y en los equipos de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Mahfouz, A. M., Hamam, Y., Page, P. R., Adedeji, K. B., Anele, A. O., & Todini, E. (2019). Real-time dynamic hydraulic model of water distribution networks. *Water (Switzerland)*, *11*(3). <https://doi.org/10.3390/w11030470>
- Agunwamba, J. C., Ekwule, O. R., & Nnaji, C. C. (2018). Performance evaluation of a municipal water distribution system using waterCAD and Epanet. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, *8*(3), 459–467. <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.262>
- Aldana, M. J., & López, F. S. (2017). Water Distribution System of Bogotá City and Its Surrounding Area, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAB E.S.P. *Procedia Engineering*, *186*, 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.281>
- Al-Jasser, A. O. (2007). Chlorine decay in drinking-water transmission and distribution systems: Pipe service age effect. *Water Research*, *41*(2), 387–396. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2006.08.032>
- Alsaydalani, M. O. A. (2019). Simulation of Pressure Head and Chlorine Decay in a Water Distribution Network: A Case Study. *The Open Civil Engineering Journal*, *13*(1), 58–68. <https://doi.org/10.2174/1874149501913010058>
- Al-Zahrani, M. A. (2014). Modeling and Simulation of Water Distribution System: A Case Study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *39*(3), 1621–1636. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0782-z>
- Al-Zahrani, M. A. (2016). Optimizing Dosage and Location of Chlorine Injection in Water Supply Networks. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *41*(10), 4207–4215. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2167-6>
- Angassa, K., Feyisa, M., Tessema, I., & Abewaa, M. (2025). Residual Chlorine Modelling in Drinking Water Distribution System of Bishoftu Town, Ethiopia. *Results in Engineering*, 104075. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.104075>
- Ávila, C. A. M., Sánchez-Romero, F. J., López-Jiménez, P. A., & Pérez-Sánchez, M. (2022). Improve leakage management to reach sustainable water supply networks through by green energy systems. Optimized case study. *Sustainable Cities and Society*, *83*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103994>

- Barton, N. A., Farewell, T. S., Hallett, S. H., & Acland, T. F. (2019). Improving pipe failure predictions: Factors effecting pipe failure in drinking water networks. In *Water Research* (Vol. 164). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114926>
- Besner, M. C., Prévost, M., & Regli, S. (2011). Assessing the public health risk of microbial intrusion events in distribution systems: Conceptual model, available data, and challenges. In *Water Research* (Vol. 45, Issue 3, pp. 961–979). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.10.035>
- Blokker, E. J. M., Vreeburg, J. H. G., Buchberger, S. G., & Van Dijk, J. C. (2008). Importance of demand modelling in network water quality models: A review. *Drinking Water Engineering and Science*, 1(1), 27–38. <https://doi.org/10.5194/dwes-1-27-2008>
- Budhawant, P., Diyewar, P., Lokhande, A., Dhumal, S., Waghmare, A., & Ingle, Dr. A. (2022). Review on Water Supply Scheme for Rural Area. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(12), 362–365. <https://doi.org/https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.47792>
- Cowle, M. W., Webster, G., Babatunde, A. O., Bockelmann-Evans, B. N., & Weightman, A. J. (2020). Impact of flow hydrodynamics and pipe material properties on biofilm development within drinking water systems. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 41(28), 3732–3744. <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1619844>
- El-Zahab, S., & Zayed, T. (2019). Leak detection in water distribution networks: an introductory overview. *Smart Water*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0017-x>
- García-Ávila, F., Avilés-Añazco, A., Ordoñez-Jara, J., Guanuchi-Quezada, C., Flores del Pino, L., & Ramos-Fernández, L. (2019). Pressure management for leakage reduction using pressure reducing valves. Case study in an Andean city. *Alexandria Engineering Journal*, 58(4), 1313–1326. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.11.003>
- González-Ramírez, E. A., & Bejarano-Salazar, E. (2019). Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 293–318. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.11>

- Izinyon, & B. U. Anyata. (2011). WATER DISTRIBUTION NETWORK MODELLING OF A SMALL COMMUNITY USING WATERCAD SIMULATOR. *GLOBAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH*, 10. <https://www.ajol.info/index.php/gjer/article/view/79001>
- Joseph Terlumun, U., Oloche Robert, E., Kelimeler, A., analiz, K., & Parametreler, H. (2019). Evaluation of Municipal Water Distribution Network Using Watercard and Watergems. *Journal of Engineering and Sciences*, 5(2), 147–156.
- Kadhim, N. R., Abdulrazzaq, K. A., & Mohammed, A. H. (2021). Hydraulic Analysis and Modelling of Water Distribution Network Using WATERCAD and GIS: AL-Karada Area. *E3S Web of Conferences*, 318. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131804004>
- Kourbasis, N., Patelis, M., Tsitsifli, S., & Kanakoudis, V. (2020). Optimizing Water Age and Pressure in Drinking Water Distribution Networks. *Enviromental Sciences Proceedings*, 51. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2020002051>
- Kusnayat, A., Sendra Sari, S., Perdana, D., & Martini, S. (2019). Hydraulic Analysis Software Comparison of Water Distribution System at Telkom University Area III. *International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology*. <https://doi.org/10.5013/ijssst.a.20.02.15>
- Lambruschini Espinoza, R. A. (2024). Factores determinantes de los modelos matemáticos para el diseño, simulación y control de redes de abastecimiento de agua potable. *Revista Científica En Ciencias Sociales*, 6(1), 01–16. <https://doi.org/10.53732/rccsociales/e601116>
- Mabrok, M. A., Saad, A., Ahmed, T., & Alsayab, H. (2022). Modeling and simulations of Water Network Distribution to Assess Water Quality: Kuwait as a case study. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 11859–11877. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.05.038>
- Mays, L. W. (2010). *Water Resources Engineering*.
- Mehdi, D., & Asghar, A. (2019). Pressure Management of Large-Scale Water Distribution Network Using Optimal Location and Valve Setting. *Water Resources Management*, 33(14), 4701–4713. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02381-x>

- Mohapatra, S., Sargaonkar, A., & Labhassetwar, P. K. (2014). Distribution network assessment using EPANET for intermittent and continuous water supply. *Water Resources Management*, 28(11), 3745–3759. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0707-y>
- Nnaji, C. C., Ekwule, O. R., & Nnaji, C. (2024). An extended period modeling of water supply systems using hydraulic simulators. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04431-2>
- Paez, D., & Filion, Y. (2020). Water Distribution Systems Reliability under Extended-Period Simulations. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(8). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001257](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001257)
- PDOT Piñas. (2019).
- Rodríguez-Procel, W., & Muñoz, H. B. (2021). Hydraulic modeling and calibration of drinking water distribution networks. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 12(4), 1–41. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-04-01>
- Sánchez Araujo, V. G., Palomino Pastrana, P. A., Antezana Gavilán, R., Garayar Tasayco, H. G., Espinoza Flores, L. G., Enriquez Quispe, J. D., & Ccora Repuello, B. (2021). Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Acobamba, Huancavelica, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3013–3028. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.503
- Serrano Agila, R. G., Ruiz Pico, Á. A., & Tandazo Palacio, R. A. (2018). ENFOQUE ESTOCÁSTICO Y DETERMINÍSTICO PARA MODELAR LA RED DE AGUA POTABLE: SECTOR ZAMORA HUAYCO, LOJA, ECUADOR. *TZHOECOEN*, 10(3), 495–508. <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.328135>
- Sonaje, N. P., & Joshi, M. G. (2015). A REVIEW OF MODELING AND APPLICATION OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS (WDN) SOFTWARES. In *International Journal of Technical Research and Applications* (Vol. 3, Issue 5). <https://www.ijtra.com/view/a-review-of-modeling-and-application-of-water-distribution-networks-wdn-softwares.pdf?paper=a-review-of-modeling-and-application-of-water-distribution-networks-wdn-softwares.pdf>

- Sutharsan, M. E. (2023). Optimizing the water distribution network of community water supply using different computer simulation techniques. *Journal of Science of the University of Kelaniya*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.4038/josuk.v16i1.8070>
- Teichmann, M., Kuta, D., Endel, S., & Szeligova, N. (2020). Modeling and optimization of the drinking water supply network—a system case study from the czech republic. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su12239984>
- Vicente, D. J., Garrote, L., Sánchez, R., & Santillán, D. (2016). Pressure Management in Water Distribution Systems: Current Status, Proposals, and Future Trends. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000589](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000589)
- Vidal, R., Martinez, F., & Ayza, M. (1994). Aplicaciones de los modelos de calidad en la simulación de las redes de distribución de agua potable. *Ingeniería Del Agua*, 3, 55–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/ia.1994.2644>
- Wang, Y., Zhu, G., & Yang, Z. (2019). Analysis of water quality characteristic for water distribution systems. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 9(2), 152–162. <https://doi.org/10.2166/wrd.2018.045>
- Wannapop, R., Jearsiripongkul, T., & Jiamjiroch, K. (2019). EFFECT OF NODAL ELEVATION REVISION IN WATER DISTRIBUTION SYSTEM: A CASE STUDY OF METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY, THAILAND. *International Journal of GEOMATE*, 16(53), 184–189. <https://doi.org/10.21660/2019.53.67183>
- White, F. M. (1998). *Fluid Mechanics* (fourth).
- Wu, Z. Y. (2006). Optimal calibration method for water distribution water quality model. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 41(7), 1363–1378. <https://doi.org/10.1080/10934520600657115>
- Ziemendorff, S., & Kersting, M. (2019). Comparación de tecnologías para la localización de conexiones ilegales de agua potable. *Campus*, 25(29), 163–176. <https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.12>

Anexos

Anexo I: Medición de Caudal por horas

VIERNES 10/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
16:00	17:00	2.6	0.72
17:00	18:00	3.7	1.03
18:00	19:00	3.6	1.00
19:00	20:00	3.2	0.89
20:00	21:00	2.4	0.67
21:00	22:00	1.3	0.36
22:00	23:00	0	0.00
23:00	0:00	0	0.00
SABADO 11/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
0:00	1:00	0	0.00
1:00	2:00	0	0.00
2:00	3:00	0	0.00
3:00	4:00	0	0.00
4:00	5:00	0	0.00
5:00	6:00	0	0.00
6:00	7:00	5.2	1.44
7:00	8:00	5.4	1.50
8:00	9:00	4.8	1.33
9:00	10:00	4.3	1.19
10:00	11:00	4.3	1.19
11:00	12:00	5.9	1.64
12:00	13:00	5.4	1.50
13:00	14:00	5.2	1.44
14:00	15:00	4.8	1.33
15:00	16:00	4.6	1.28
16:00	17:00	4.5	1.25
17:00	18:00	5.2	1.44
18:00	19:00	4.9	1.36
19:00	20:00	4.2	1.17
20:00	21:00	3.4	0.94
21:00	22:00	1.8	0.50
22:00	23:00	0	0.00
23:00	0:00	0	0.00
DOMINGO 12/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
0:00	1:00	0	0.00
1:00	2:00	0	0.00
2:00	3:00	0	0.00
3:00	4:00	0	0.00
4:00	5:00	0	0.00

DOMINGO 12/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
5:00	6:00	0	0.00
6:00	7:00	5.6	1.56
7:00	8:00	5.5	1.53
8:00	9:00	4.6	1.28
9:00	10:00	4.5	1.25
10:00	11:00	4.7	1.31
11:00	12:00	5.7	1.58
12:00	13:00	4.7	1.31
13:00	14:00	3.5	0.97
14:00	15:00	4.9	1.36
15:00	16:00	2.8	0.78
16:00	17:00	3.4	0.94
17:00	18:00	4	1.11
18:00	19:00	5.3	1.47
19:00	20:00	4.8	1.33
20:00	21:00	4.6	1.28
21:00	22:00	3.1	0.86
22:00	23:00	0	0.00
23:00	0:00	0	0.00
LUNES 13/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
0:00	1:00	0	0.00
1:00	2:00	0	0.00
2:00	3:00	0	0.00
3:00	4:00	0	0.00
4:00	5:00	0	0.00
5:00	6:00	0	0.00
6:00	7:00	0	0.00
7:00	8:00	5.3	1.47
8:00	9:00	5	1.39
9:00	10:00	4.7	1.31
10:00	11:00	4.8	1.33
11:00	12:00	5	1.39
12:00	13:00	5.5	1.53
13:00	14:00	4.8	1.33
14:00	15:00	4.3	1.19
15:00	16:00	3.6	1.00
16:00	17:00	3.9	1.08
17:00	18:00	4.4	1.22
18:00	19:00	4.6	1.28
19:00	20:00	4.2	1.17
20:00	21:00	2.8	0.78
21:00	22:00	1.8	0.50
22:00	23:00	1	0.28
23:00	0:00	0.3	0.08

MARTES 14/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
0:00	1:00	0.1	0.03
1:00	2:00	0.1	0.03
2:00	3:00	0.2	0.06
3:00	4:00	0.1	0.03
4:00	5:00	1.2	0.33
5:00	6:00	4.1	1.14
6:00	7:00	4.5	1.25
7:00	8:00	5.2	1.44
8:00	9:00	4.9	1.36
9:00	10:00	4.5	1.25
10:00	11:00	4.6	1.28
11:00	12:00	5.2	1.44
12:00	13:00	5.1	1.42
13:00	14:00	4.8	1.33
14:00	15:00	4.3	1.19
15:00	16:00	4.6	1.28
16:00	17:00	4.8	1.33
17:00	18:00	5.1	1.42
18:00	19:00	4.2	1.17
19:00	20:00	4.1	1.14
20:00	21:00	3.2	0.89
21:00	22:00	1.3	0.36
22:00	23:00	0.6	0.17
23:00	0:00	0.2	0.06
MIERCOLES 15/1/2025		VOLUMEN (m3)	CAUDAL (l/s)
0:00	1:00	0.1	0.03
1:00	2:00	0	0.00
2:00	3:00	0.3	0.08
3:00	4:00	0.5	0.14
4:00	5:00	1.3	0.36
5:00	6:00	5.3	1.47
6:00	7:00	5.8	1.61
7:00	8:00	5.4	1.50
8:00	9:00	4.9	1.36
9:00	10:00	4.4	1.22
10:00	11:00	4.3	1.19
11:00	12:00	5.7	1.58
12:00	13:00	5.3	1.47
13:00	14:00	4.5	1.25
14:00	15:00	4.6	1.28
15:00	16:00	3.6	1.00
16:00	17:00	3.8	1.06

Anexo 2: Datos de Consumo Proporcionados por EPAAP

6/11/24, 15:14

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

AÑO: 2024 MES: JUNIO

CONSUMO m3: 0 - 10 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	JIMENEZ CARRION PEDRO NARCISO	1707075709	4747	1204006209	PALOSOLO	1
2	JIMENEZ CARRION CARLOS LAUREANO	0700825250	4748	112076423	PALOSOLO	8
3	SANCHEZ CARRION PEDRO ANTONIO	0701412918	4749	191304681A	PALOSOLO	4
4	LÓPEZ GRANDA ROSA ANGÉLICA	0702281155	4750	1307015699	PALOSOLO	6
5	FREIRE CABRERA ANGEL	0700741150	4751	1112073212	PALOSOLO	3
6	LOAYZA CABRERA PORFIRIO DE JES...	0700257439	4753	1204006207	PALOSOLO	5
7	APOLO PEREZ MANUEL DE LA CRUZ	0700500804	4754	1307015692	PALOSOLO	5
8	ROBLES OCHOA LUIS ALBERTO	0701930174	4757	1204006205	PALOSOLO	6
9	FREIRE VALAREZO MAXIMO FILIBER...	0700569809	4758	1204006912	PALOSOLO	0
10	ENCARNACION AMBULUDI BALDOMIRA...	0702597451	4760	1112075681	PALOSOLO	9
11	CABRERA CABRERA BELGICA MIRANDA	0704036425	4763	1112073215	PALOSOLO	1
12	CABRERA CABRERA JAIME JUVENAL	1705053468	4765	1204006912	PALOSOLO	5
13	CABRERA TRUJILLO ELEUTERIO BAL...	0703094128	4767	1307015693	PALOSOLO	0
14	CABRERA TRUJILLO EDUARDO FILEM...	0702344920	4768	1307015695	PALOSOLO	0
15	CABRERA CABRERA DARWIN WILMER	0703385633	4769	1112076483	PALOSOLO	0
16	MOCHA SARITAMA ROSA ESTELA	0701306995	4771	1112076424	PALOSOLO	6
17	VARGAS RAMIREZ BERTHA DE LOS A...	0702396938	4772	1112073213	PALOSOLO	8
18	VERA AGUILAR GENARO EMILIO	0701244030	4773	1112073211	PALOSOLO	5
19	CABRERA CABRERA ELOY REMBERTO	0702297755	4774	1204006518	PALOSOLO	2
20	CABRERA CRISTOBAL DE JESUS	0700412661	4775	1204006210	PALOSOLO	6
21	ARMIJOS CABRERA DIVERTINO	0701740078	4777	1204006915	PALOSOLO	8
22	SANCHEZ CABRERA OLGA ESPERANZA	0701167538	4780	1112075686	PALOSOLO	6
23	FEIJOO CAIMINAGUA ISABEL MARIA	0701184319	4781	1112077026	PALOSOLO	1
24	VARGAS FEIJOO JUAN FRANCISCO	0700418130	4782	1112077027	PALOSOLO	3
25	LOAYZA BLACIO SONIA DIOSELINA	0701345407	4786	1112072499	PALOSOLO	3
26	FREIRE AGUILAR SANTOS AGUSTIN	0700657869	6484	1112072498	PALOSOLO	5
27	CARRION TINOCO SEGUNDO ABRAHAM	0700331150	4794	1112075684	PALOSOLO	10
28	ASTUDILLO CABRERA ANGEL SALVAD...	0702151663	4797	1112075285	PALOSOLO	6
29	MONTERO CABRERA SEGUNDO CESAR	0704098557	4798	1112074672	PALOSOLO	4
30	MONTERO CABRERA CHRISTIAN JOH...	0703312074	4799	1112074674	PALOSOLO	10
31	MONTERO CABRERA ANDREA MARISOL	0705130292	4800	1112074673	PALOSOLO	0
32	SANCHEZ MEDINA MILDIO JOVITO	0700416001	4802	1112074674	PALOSOLO	10
33	ORDÓÑEZ AGUILAR LEDEO MARIA	0700410293	4801	1112075288	PALOSOLO	3
34	SANCHEZ JARAMILLO MARIA ENMA	0701242844	4803	1112075287	PALOSOLO	6
35	SALAZAR ZAMBRANO LEONARDO FABR...	0701943805	4805	1112073218	PALOSOLO	6
36	ASOCIACION DE AFILIADOS AL SEG...	0791768055001	4806	1112075289	PALOSOLO	4
37	CABRERA HEREDIA BERNARDO ALONSO	0700501034	4807	11120715282	PALOSOLO	0
38	ORDÓÑEZ BLACIO JAVIER AMELLINO	0704326321	4808	1112074679	PALOSOLO	2
39	TORRES ROBLES VICTORIA BEATRIZ	0703210567	4809	090894563	PALOSOLO	7
40	ASTUDILLO BLACIO JORGE ARTURO	0700741515	4810	1204005157	PALOSOLO	3
41	LOAYZA CABRERA FLORESMILO	0700256829	4812	1204005156	PALOSOLO	6
42	ORDÓÑEZ BLACIO JINSON ARTURO	0703385971	4813	08149	PALOSOLO	7
43	MOCHA SARITAMA NERI EDELBERTO	0701538944	4815	1204008150	PALOSOLO	6
44	CABRERA MOCHA FRANCISCO ANCELMO	0702701574	4818	1204008142	PALOSOLO	6
45	ROBLES MOCHA GUSTAVO IVAN	0704876259	4823	090894569	PALOSOLO	2
46	MONTERO CARRION AMADO BENJAMIN	0700411275	4824	1112073219	PALOSOLO	3
47	LALANGUI DIAZ BRANGEL AUGUSTO	0701016123	4827	1412013572	PALOSOLO	4
48	PALADINES REYES JOSE ESTEBAN	0700257546	4825	1112074279	PALOSOLO	1
49	SARITAMA MEDINA MARIA MARGARITA	0701509150	4826	1112074289	PALOSOLO	3
50	CAMPOS RAMIREZ ABDON DE JESUS	0702301730	4828	1112074261	PALOSOLO	7
51	MACANCHI CASTRO BOLIVAR ARISPI...	0700417157	4829	1112075284	PALOSOLO	3

SVUM GAD

	ERNACION JARAMILLO JUAN JOSE	0700846728	4831	1204008146	PALOSOLO	0
	GALARZA SANCHEZ ABEL ANDRES	1101812392	4832	1204005152	PALOSOLO	5
	NEGRON OCHOA GLORIA VICENTA	1100836186	4833	1204008184	PALOSOLO	8
55	TAMBO AGUIRRE GERMAN DE JESUS	0701723934	5160	1112074268	PALOSOLO	1
56	ROBLES GUAMAN ALCIVAR FERNANDO	0703386193	4834	1112074264	PALOSOLO	0
57	ROBLES OCHOA DRAUCIN MARDOQUEO	0700501109	4835	112073220	PALOSOLO	7
58	CABRERA HEREDIA ELECTO ANTONIO	1703164960	4836	1501000641	PALOSOLO	2
59	TENESACA JARAMILLO ALEJANDRO R...	0701840787	4839	1	PALOSOLO	3
60	MUÑOZ JARAMILLO LEOVANDO BISMA...	0702948837	4840	1501000675	PALOSOLO	2
61	MOSQUERA CABRERA OSWALDO ELADIO	0702229733	5366	1212077025	PALOSOLO	5
62	ARMIJOS TANDAZO EFREN FERMIN	0702396680	4911	1112076430	PALOSOLO	5
63	CABRERA TRUJILLO LILIA CATALINA	0701483729	5019	1112074676	PALOSOLO	2
64	ROBLES GUAMAN GLADYS FELICIA	0703386185	5135	4064	PALOSOLO	0
65	CABRERA AGUILAR STALIN PATRICIO	2200221105	5159	1603003952	PALOSOLO	1
66	SANCHEZ CABRERA MARIA TERESA	0701226102	4955	1112072497	PALOSOLO	2
67	CABRERA SANCHEZ ZOILA ROSA	0700892029	4956	1112072500	PALOSOLO	1
68	MOCHA OLGER PATRICIO	0702740069	6319	1112077022	PALOSOLO	0
69	ROMERO AÑASCO HUGO EUDORO	0700254196	4982	1112072495	PALOSOLO	3
70	AGUILAR MENDOZA YORVY MANUEL	0702499559	4999	1204005154	PALOSOLO	2
71	BLACIO SANCHEZ GUILMAN ELOY	0702055302	5065	112075685	PALOSOLO	2
72	YAURE MANUEL GONZALO	0700252679	5067	1603006010	PALOSOLO	4
73	AGUILAR AGUILAR JORGE VICENTE	0701096372	5083	1112076421	PALOSOLO	8
74	GONZALEZ GAVILANEZ CARLOS FIDEL	0200391241	5368	A-16LO69042	PALOSOLO	8
75	CABRERA APOLO GONZALO DE LA CR...	1101922951	5682		PALOSOLO	7
76	TAMBO AGUIRRE LUIS ENRIQUE	1102565338	5696	112074264	PALOSOLO	5
77	ALVAREZ VILLACIS GIANCARLO ALF...	0915858922	5802	A19L466463	PALOSOLO	0
78	FREIRE CABRERA PEDRO MARDOQUEO	0700891559	5861	191307209A	PALOSOLO	10
79	ROBLES OCHOA ANGEL BOLIVAR	0702846577	5863	A-19L466471	PALOSOLO	0
80	CABRERA TRUJILLO LILIA CATALINA	0701483729	6031	1112072496	PALOSOLO	6
81	ROMAN CABRERA LUIS ENRIQUE	0703094169	7031	210147453A	PALOSOLO	2
82	MOROCHO MALDONADO DANIEL ANDRE	0705772465	7040	210147430A	PALOSOLO	0
83	ARMIJOS NEGRON CARLOS MIGUEL	0702770256	7054	A-19L461951	PALOSOLO	5
84	CARRION CARRION HERMELINDA DE ...	0701320384	7178	4064	PALOSOLO	8
85	AGUILAR AGUILAR PEDRO MARIA	0700757487	7366	210893825A	PALOSOLO	1
86	CARRION ENCARNACION MANUEL HER...	0701566085	7428	210889458A	PALOSOLO	5
87	ROMERO ZAMBRANO JOSE MONFILIO	0700562762	7439	210887583A	PALOSOLO	1
	TOTAL					348

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

DEL REPORTE: 06/11/2024

SUMO m3: 11 - 20 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

AÑO: 2024

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle
1	LOAIZA CABRERA PERFECTO DE JES...	1100427903	4755	1204006206	PALOSOLO
2	CABRERA APOLO SERVIO ALVARITO	0703107383	4759	090894565	PALOSOLO
3	ROMAN LOAIZA LUIS ENRIQUE	0704729979	4761	1204008141	PALOSOLO
4	CABRERA TRUJILLO RODOLFO ARALDO	0702344938	4764	1204001919	PALOSOLO
5	FREIRE AGUILAR SANTOS AGUSTIN	0700657869	4792	1112072491	PALOSOLO
6	MACAS MACAS ARNOLDO SIGILBERTO	1102168224	4795	1112075687	PALOSOLO
7	AGUILAR SANCHEZ SEGUNDO CELSO	0700258361	4796	020642564	PALOSOLO
8	FREIRE SANCHEZ ELITA MARLENE	0701706111	4804	1112075281	PALOSOLO
9	ASTUDILLO BLACIO EDELBERTO VIC...	0701103673	4811	1204005159	PALOSOLO
10	MILES REYES MAXIMO FERNANDO	0705911451	4816	210150857A	PALOSOLO
11	GALARZA SANCHEZ LUIS VICENTE	0701747180	4830	1112074263	PALOSOLO
12	MENDOZA CABRERA LUIS ENRIQUE	0701428963	4837	090896527	PALOSOLO
13	CABRERA MENDOZA ROSA CARMELITA...	0700891963	4892	1307015694	PALOSOLO
14	RIVERA CAMPOVERDE LUIS ALFREDO	0700410319	4912	1112060801	PALOSOLO
15	PEREIRA LOAYZA PEDRO ANTONIO	0703229393	5018	A14L14742	PALOSOLO
16	MACANCHI CASTRO OLGA	1101884318	5604	1412013405	PALOSOLO
17	ROJAS ENCALADA JOSÉ JAIRO	0704645316	5809	19L473523	PALOSOLO
18	ROJAS CARRION MATEO LIZARDO	0701211310	7038		PALOSOLO
19	APOLO CABRERA CONSTANTE GILBER...	0701710469	7322	181186498A	PALOSOLO
	TOTAL				

15:14

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

AÑO: 2024 MES: JUNIO

CONSUMO m3: 21 - 30 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	CABRERA MOCHA LUIS FERNANDO	0702181579	4770	1112076425	PALOSOLO	25
2	CABRERA ROMAN LEANDRO ARTURO	0700949381	4817	12054005153	PALOSOLO	22
3	FREIRE BLACIO JOSE LUIS	0702007360	4838	1307015691	PALOSOLO	23
4	CABRERA SANCHEZ MARIA CORINA	0701048639	5860	1112076427	PALOSOLO	27
	TOTAL					97

6/11/24, 15:15

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

AÑO: 2024 MES: JUNIO

CONSUMO m3: 31 - 40 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	ESPINOZA CABRERA MARLON FERNAN...	0703486860	5020	1204006914	PALOSOLO	32
	TOTAL					32

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 0 - 10 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

AÑO: 2024 MES: JULIO

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	JIMENEZ CARRION PEDRO NARCISO	1707075709	4747	1204006209	PALOSOLO	3
2	JIMENEZ CARRION CARLOS LAUREANO	0700825250	4748	112076423	PALOSOLO	2
3	SANCHEZ CARRION PEDRO ANTONIO	0701412918	4749	191304681A	PALOSOLO	5
4	LÓPEZ GRANDA ROSA ANGÉLICA	0702281155	4750	1307015699	PALOSOLO	6
5	FREIRE CABRERA ANGEL	0700741150	4751	1112073212	PALOSOLO	4
6	APOLO PEREZ MANUEL DE LA CRUZ	0700500804	4754	1307015692	PALOSOLO	7
7	LOAIZA CABRERA PERFECTO DE JES...	1100427903	4755	1204006206	PALOSOLO	7
8	ROBLES OCHOA LUIS ALBERTO	0701930174	4757	1204006205	PALOSOLO	8
9	CABRERA TRUJILLO RODOLFO ARALDO	0702344938	4764	1204001919	PALOSOLO	10
10	CABRERA CABRERA JAIME JUVENAL	1705053468	4765	1204006912	PALOSOLO	5
11	CABRERA TRUJILLO ELEUTERIO BAL...	0703094128	4767	1307015693	PALOSOLO	0
12	CABRERA TRUJILLO EDUARDO FILEM...	0702344920	4768	1307015695	PALOSOLO	0
13	CABRERA CABRERA DARWIN WILMER	0703385633	4769	1112076483	PALOSOLO	1
14	MOCHA SARITAMA ROSA ESTELA	0701306995	4771	1112076424	PALOSOLO	4
15	VARGAS RAMIREZ BERTHA DE LOS A...	0702396938	4772	1112073213	PALOSOLO	7
16	VERA AGUILAR GENARO EMILIO	0701244030	4773	1112073211	PALOSOLO	4
17	CABRERA CABRERA ELOY REMBERTO	0702297755	4774	1204006518	PALOSOLO	0
18	CABRERA CRISTOBAL DE JESUS	0700412661	4775	1204006210	PALOSOLO	2
19	FEJOO CAIMINAGUA ISABEL MARIA	0701184319	4781	1112077026	PALOSOLO	0
20	VARGAS FEJOO JUAN FRANCISCO	0700418130	4782	1112077027	PALOSOLO	3
21	LOAYZA BLACIO SONIA DIOSELINA	0701345407	4786	1112072499	PALOSOLO	7
22	FREIRE AGUILAR SANTOS AGUSTIN	0700657869	6484	1112072498	PALOSOLO	7
23	ASTUDILLO CABRERA ANGEL SALVAD...	0702151663	4797	1112075285	PALOSOLO	6
24	MONTERO CABRERA SEGUNDO CESAR	0704098557	4798	1112074672	PALOSOLO	3
25	MONTERO CABRERA CHRISTHIAN JOH...	0703312074	4799	1112074674	PALOSOLO	9
26	MONTERO CABRERA ANDREA MARISOL	0705130292	4800	1112074673	PALOSOLO	1
27	ORDOÑEZ AGUILAR LEDEO MARIA	0700410293	4801	1112075288	PALOSOLO	8
28	SALAZAR ZAMBRANO LEONARDO FABR...	0701943805	4805	1112073218	PALOSOLO	0
29	ASOCIACION DE AFILIADOS AL SEG...	0791768055001	4806	1112075289	PALOSOLO	4
30	CABRERA HEREDIA BERNARDO ALONSO	0700501034	4807	11120715282	PALOSOLO	5
31	ORDOÑEZ BLACIO JAVIER AMELLINO	0704326321	4808	1112074679	PALOSOLO	1
32	ASTUDILLO BLACIO JORGE ARTURO	0700741515	4810	1204005157	PALOSOLO	4
33	ASTUDILLO BLACIO EDELBERTO VIC...	0701103673	4811	1204005159	PALOSOLO	10
34	LOAYZA CABRERA FLORESMILO	0700256829	4812	1204005156	PALOSOLO	3
35	MOCHA SARITAMA NERI EDELBERTO	0701538944	4815	1204008150	PALOSOLO	0
36	CABRERA MOCHA FRANCISCO ANCELMO	0702701574	4818	1204008142	PALOSOLO	5
37	ROBLES MOCHA GUSTAVO IVAN	0704876259	4823	090894569	PALOSOLO	1
38	MONTERO CARRION AMADO BENJAMIN	0700411275	4824	1112073219	PALOSOLO	10
39	PALADINES REYES JOSE ESTEBAN	0700257546	4825	1112074279	PALOSOLO	0
40	SARITAMA MEDINA MARIA MARGARITA	0701509150	4826	1112074269	PALOSOLO	4
41	CAMPOS RAMIREZ ABDON DE JESUS	0702301730	4828	1112074261	PALOSOLO	10
42	MACANCHI CASTRO BOLIVAR ARISPI...	0700417157	4829	1112075284	PALOSOLO	4
43	ENCARNACION JARAMILLO JUAN JOSE	0700846728	4831	1204008146	PALOSOLO	0
44	TAMBO AGUIRRE GERMAN DE JESUS	0701723934	5160	1112074268	PALOSOLO	4
45	ROBLES GUAMAN ALCIVAR FERNANDO	0703386193	4834	1112074264	PALOSOLO	0
46	ROBLES OCHOA DRAUCIN MARDOQUEO	0700501109	4835	112073220	PALOSOLO	9
47	CABRERA HEREDIA ELECTO ANTONIO	1703164960	4836	1501000641	PALOSOLO	4
48	TENESACA JARAMILLO ALEJANDRO R...	0701840787	4839	1	PALOSOLO	4
49	MUÑOZ JARAMILLO LEOVANDO BISMA...	0702948837	4840	1501000675	PALOSOLO	2
50	MOSQUERA CABRERA OSWALDO ELADIO	0702229733	5366	1212077025	PALOSOLO	4
51	CABRERA TRUJILLO LILIA CATALINA	0701483729	5019	1112074676	PALOSOLO	3

Consumo
33
33
66

JULIO
11
13
12
18
16
18
14
12
17
14
18
12
14
20
18
11
11
18
17
19
19
16
338

192.168.1.50/sistema/

1/2

192.168.1.50/sistema/

192.168.1.50/sistema/

6/11/24, 15:17

SVUM GAD

52	ROBLES GUAMAN GLADYS FELICIA	0703386185	5135	4064	PALOSOLO	0
53	CABRERA AGUILAR STALIN PATRICIO	2200221105	5159	1603003952	PALOSOLO	1
54	SANCHEZ CABRERA MARIA TERESA	0701226102	4955	1112072497	PALOSOLO	5
55	CABRERA SANCHEZ ZOILA ROSA	0700892029	4956	1112072500	PALOSOLO	0
56	MOCHA OLGHER PATRICIO	0702740069	6319	1112077022	PALOSOLO	1
57	ROMERO AÑASCO HUGO EUDORO	0700254196	4982	1112072495	PALOSOLO	8
58	AGUILAR MENDOZA YORVY MANUEL	0702499559	4999	1204005154	PALOSOLO	5
59	BLACIO SANCHEZ GUILMAN ELOY	0702055302	5065	112075685	PALOSOLO	0
60	YAURE MANUEL GONZALO	0700252679	5067	1603006010	PALOSOLO	2
61	AGUILAR AGUILAR JORGE VICENTE	0701096372	5083	1112076421	PALOSOLO	8
62	GONZALEZ GAVILANEZ CARLOS FIDEL	0200391241	5368	A-16LO69042	PALOSOLO	10
63	CABRERA APOLO GONZALO DE LA CR...	1101922951	5682		PALOSOLO	10
64	TAMBO AGUIRRE LUIS ENRIQUE	1102565338	5696	112074264	PALOSOLO	5
65	ALVAREZ VILLACIS GIANCARLO ALF...	0915858922	5802	A19L466463	PALOSOLO	0
66	FREIRE CABRERA PEDRO MARDOQUEO	0700891559	5861	191307209A	PALOSOLO	0
67	ROBLES OCHOA ANGEL BOLIVAR	0702846577	5863	A-19L466471	PALOSOLO	0
68	CABRERA TRUJILLO LILIA CATALINA	0701483729	6031	1112072496	PALOSOLO	8
69	ROMAN CABRERA LUIS ENRIQUE	0703094169	7031	210147453A	PALOSOLO	0
70	MOROCHO MALDONADO DANIEL ANDRE	0705772465	7040	210147430A	PALOSOLO	0
71	APOLO CABRERA CONSTANTE GILBER...	0701710469	7322	181186498A	PALOSOLO	8
72	AGUILAR AGUILAR PEDRO MARIA	0700757487	7366	210893825A	PALOSOLO	7
73	CARRION ENCARNACION MANUEL HER...	0701566085	7428	210889458A	PALOSOLO	9
74	ROMERO ZAMBRANO JOSE MONFILO	0700562762	7439	210887583A	PALOSOLO	1
	TOTAL					298

6/11/24, 15:17

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 11 - 20 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

AÑO: 2024 MES: JULIO

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	LOAYZA CABRERA PORFIRIO DE JES...	0700257439	4753	1204006207	PALOSOLO	11
2	FREIRE VALAREZO MAXIMO FILIBER...	0700569809	4758	1204006912	PALOSOLO	13
3	ENCARNACION AMBULUDI BALDOMIRA...	0702597451	4760	1112075681	PALOSOLO	12
4	ROMAN LOAIZA LUIS ENRIQUE	0704729979	4761	1204008141	PALOSOLO	18
5	CABRERA CABRERA BELGICA MIRANDA	0704036425	4763	1112073215	PALOSOLO	16
6	ARMIJOS CABRERA DIVERTINO	0701740078	4777	1204006915	PALOSOLO	18
7	CARRION TINOCO SEGUNDO ABRAHAM	0700331150	4794	1112075684	PALOSOLO	14
8	MACAS MACAS ARNOLDO SIGILBERTO	1102168224	4795	1112075687	PALOSOLO	12
9	AGUILAR SANCHEZ SEGUNDO CELSO	0700258361	4796	020642564	PALOSOLO	17
10	SANCHEZ MEDINA MILDO JOVITO	0700416001	4802	1112074674	PALOSOLO	14
11	FREIRE SANCHEZ ELITA MARLENE	0701706111	4804	1112075281	PALOSOLO	18
12	ORDÓÑEZ BLACIO JINSON ARTURO	0703385971	4813	08149	PALOSOLO	12
13	MILES REYES MAXIMO FERNANDO	0705911451	4816	210150857A	PALOSOLO	14
14	CABRERA ROMAN LEANDRO ARTURO	0700949381	4817	12054005153	PALOSOLO	20
15	GALARZA SANCHEZ LUIS VICENTE	0701747180	4830	1112074263	PALOSOLO	18
16	GALARZA SANCHEZ ABEL ANDRES	1101812392	4832	1204005152	PALOSOLO	11
17	NEGRON OCHOA GLORIA VICENTA	1100836186	4833	1204008184	PALOSOLO	11
18	ARMIJOS TANDAZO EFREN FERMIN	0702396680	4911	1112076430	PALOSOLO	18
19	RIVERA CAMPOVERDE LUIS ALFREDO	0700410319	4912	1112060801	PALOSOLO	17
20	PEREIRA LOAYZA PEDRO ANTONIO	0703229393	5018	A14L14742	PALOSOLO	19
21	MACANCHI CASTRO OLGA	1101884318	5604	1412013405	PALOSOLO	19
22	ROJAS ENCALADA JOSÉ JAIRO	0704645316	5809	19L473523	PALOSOLO	16
	TOTAL					338

6/11/24, 15:17

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE

Reporte Consumo de Agua

AÑO: 2024 MES: JULIO

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 31 - 40 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
			5020	1204006914	PALOSOLO	
					PALOSOLO	

6/11/24, 15:17

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 41 - 50 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

AÑO: 2024 MES: JULIO

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	CABRERA LOAYZA VICENTE RICARDO	0700743206	4762	1204008145	PALOSOLO	4
	TOTAL					4

6/11/24, 15:18

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 0 - 10 TIPO DE SERVICIO: OFICIAL MEDIA

AÑO: 2024

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Consumo
1	DIRECCION DISTRITAL 07D04 BALS...	0760004840001	4793	1112075682	PALOSOLO	
2	DIRECCIÓN DISTRITAL 07D04 BALS...	0760050520001	4785	090894564	PALOSOLO	
	TOTAL					

6/11/24, 15:17

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 21 - 30 TIPO DE SERVICIO: RESIDENCIAL

AÑO: 2024 MES

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Co
1	CABRERA APOLO SERVIO ALVARITO	0703107383	4759	090894565	PALOSOLO	
2	CABRERA MOCHA LUIS FERNANDO	0702181579	4770	1112076425	PALOSOLO	
3	SANCHEZ CABRERA OLGA ESPERANZA	0701167538	4780	1112075686	PALOSOLO	
4	FREIRE AGUILAR SANTOS AGUSTIN	0700657869	4792	1112072491	PALOSOLO	
5	SANCHEZ JARAMILLO MARIA ENMA	0701242844	4803	1112075287	PALOSOLO	
6	LALANGUI DIAZ BRANGEL AUGUSTO	0701016123	4827	1412013572	PALOSOLO	
7	MENDOZA CABRERA LUIS ENRIQUE	0701428963	4837	090896527	PALOSOLO	
8	FREIRE BLACIO JOSE LUIS	0702007360	4838	1307015691	PALOSOLO	
9	CABRERA MENDOZA ROSA CARMELITA...	0700891963	4892	1307015694	PALOSOLO	
10	ROJAS CARRION MATEO LIZARDO	0701211310	7038		PALOSOLO	
11	ARMIJOS NEGRON CARLOS MIGUEL	0702770256	7054	A-19L461951	PALOSOLO	
12	CARRION CARRION HERMELINDA DE ...	0701320384	7178	4064	PALOSOLO	
	TOTAL					

6/11/24, 15:18

SVUM GAD

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE PIÑAS

Reporte Consumo de Agua

FECHA DEL REPORTE: 06/11/2024

CONSUMO m3: 0 - 10 TIPO DE SERVICIO: OFICIAL MEDIA

AÑO: 2024 M

#	Abonado	CC/RUC	Código	# Medidor	Calle	Co
1	DIRECCION DISTRITAL 07D04 BALS...	0760004840001	4793	1112075682	PALOSOLO	
2	DIRECCIÓN DISTRITAL 07D04 BALS...	0760050520001	4785	090894564	PALOSOLO	
	TOTAL					

Anexo 3: Consumos Tabulados por Usuario

USUARIO	CONSUMO POR MES EN M3						DEMANDA
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	L/S
JIMENEZ CARRION PEDRO	2	3	1	3	1	2	0.001
JIMENEZ CARRION CARLOS	2	1	8	2	2	1	0.001
SANCHEZ CARRION PEDRO	4	1	4	5	2	0	0.001
LOPEZ GRANDA ROSA	5	5	6	6	4	3	0.002
FREIRE CABRERA ANGEL	3	4	3	4	3	3	0.001
LOAYZA CABRERA PORFIRIO	6	13	5	11	8	12	0.004
APOLO PEREZ MANUEL	1	6	5	7	5	6	0.002
ROBLES OCHOA LUIS	5	4	6	8	24	0	0.003
FREIRE VALAREZO MAXIMO	0	0	0	13	1	10	0.002
CABRERA APOLO SERVIO	8	11	12	24	18	19	0.006
ENCARNACION AMBULUDI BALDOMIRA	9	9	9	12	7	1	0.003
ROMAN LOAIZA LUIS	9	10	15	18	12	11	0.005
CABRERA LOAYZA VICENTE	10	15		41	31		0.006
CABRERA CABRERA BELGICA	2	0	1	16	18	21	0.004
CABRERA TRUJILLO RODOLFO	3	16	20	10	9	14	0.005
CABRERA CABRERA JAIME	7	7	5	5	10	8	0.003
CABRERA CABRERA DARWIN	1	0	0	1	0	0	0.000
MOCHA SARITAMA ROSA	6	4	6	4	3	5	0.002
VARGAS RAMIREZ BERTHA	9	27	8	7	6	2	0.004
VERA AGUILAR GENARO	2	3	5	4	1	0	0.001
CABRERA CABRERA ELOY	3	0	2	0	1	3	0.001
ARMIJOS CABRERA DIVERTINO	4	7	8	18	3	2	0.003
SANCHEZ CABRERA OLGA	4	4	6	24	5	14	0.004
FEIJOO CAIMINAGUA ISABEL	2	4	1	0	0	0	0.000
VARGAS FEIJOO JUAN	2	4	3	3	4	3	0.001
LOAYZA BLACIO SONIA	4	6	3	7	3	6	0.002
FREIRE AGUILAR SANTOS	4	4	5	7	4	3	0.002
CARRION TINOCO SEGUNDO	6	10	10	14	10	16	0.004
MACAS MACAS ARNOLDO	9	9	14	12	12	14	0.005
ASTUDILLO CABRERA ANGEL	5	3	6	6	5	6	0.002
AGUILAR SANCHEZ SEGUNDO	9	12	13	17	13	23	0.006
MONTERO CABRERA SEGUNDO	2	3	4	3	2	5	0.001
MONTERO CABRERA ANDREA	0	0	0	1	0	0	0.000
SANCHEZ MEDINA MILDO	7	10	10	14	6	8	0.004
ORDOÑEZ AGUILAR LEDEO	5	9	3	8	3	6	0.002
SANCHEZ JARAMILLO MARIA	5	17	6	21	2	3	0.003
FREIRE SANCHEZ ELITA	5	12	18	18	11	30	0.006
SALAZAR ZAMBRANO LEONARDO	8	1	6	0	12	20	0.003

USUARIO	CONSUMO POR MES EN M3						DEMANDA
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	L/S
AFF SEGURO	2	3	4	4	1	3	0.001
CABRERA HEREDIA BERNARDO	0	0	0	5	0	7	0.001
ORDOÑEZ BLACIO JAVIER	7	1	2	1	3	3	0.001
TORRES ROBLES VICTORIA	4	19	7	-	21	11	0.005
ASTUDILLO BLACIO JORGE	2	3	3	4	4	3	0.001
LOAYZA CABRERA FLORESMILO	5	7	6	3	13	8	0.003
MOCHA SARITAMA NERI	2	10	6	0	2	3	0.001
MILES REYES MAXIMO	9	11	12	14	12	18	0.005
CABRERA MOCHA FRANCISCO	1	8	6	5	8	1	0.002
ROBLES MOCHA GUSTAVO	2	2	2	1	4	4	0.001
MONTERO CARRION AMADO	2	4	3	10	1	0	0.001
LALANGUI DIAZ BRANGEL	2	7	4	26	12	0	0.003
PALADINES REYES JOSE	4	3	1	0	14	4	0.002
SARITAMA MEDINA MARIA	1	3	3	4	1	0	0.001
GALARZA SANCHEZ LUIS	10	16	15	18	16	22	0.006
CAMPOS RAMIREZ ABDON	6	9	7	10	7	9	0.003
MACANCHI CASTRO BOLIVAR	2	4	3	4	4	4	0.001
GALARZA SANCHEZ ABEL	5	7	5	11	7	6	0.003
TAMBO AGUIRRE GERMAN	4	3	1	4	8	9	0.002
ROBLES OCHOA DRAUCIN	5	4	7	9	11	5	0.003
CABRERA HEREDIA ELECTO	3	3	2	4	3	5	0.001
MENDOZA CABRERA LUIS	4	11	13	27	5	16	0.005
TENESACA JARAMILLO ALEJANDRO	4	2	3	4	1	0	0.001
CABRERA MENDOZA ROSA	1	17	14	22	17	21	0.006
MOSQUERA CABRERA OSWALDO	4	8	5	4	3	6	0.002
ÁRMIJOS TANDAZO EFREN	4	7	5	18	12	7	0.003
RIVERA CAMPOVERDE LUIS	10	13	14	17	11	13	0.005
CABRERA TRUJILLO LILIA	2	8	2	3	2	4	0.001
SANCHEZ CABRERA MARIA TERESA	2	3	2	5	6	2	0.001
CABRERA SANCHEZ ZOILA	1	4	1	0	0	0	0.000
MOCHA OLGER	2	0	0	1	0	1	0.000
ROMERO AÑASCO HUGO	0	25	3	8	3	5	0.003
AGUILAR MENDOZA YORVY	3	1	2	5	4	6	0.001
BLACIO SANCHEZ GUILMAN	5	0	2	0	0	4	0.001
YAURE MANUEL	4	6	4	2	15	6	0.002
GONZALES GAVILANEZ CARLOS	6	10	8	10	7	10	0.003
MACANCHI CASTRO OLGA	10	15	12	19	18	14	0.006
CABRERA APOLO GONZALO	0	0	7	10	0	0	0.001
TAMBO AGUIRRE LUIS	4	6	5	5	4	7	0.002
ROJAS ENCALADA JOSE	10	10	13	16	11	13	0.005
FREIRE CABRERA PEDRO	0	3	10	0	0	0	0.001

USUARIO	CONSUMO POR MES EN M3						DEMANDA
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	L/S
CABRERA TRUJILLO LILIA 2	4	5	6	8	5	9	0.002
ROMAN CABRERA LUIS	4	8	2	0	0	0	0.001
MOROCHO MALDONADO DANIEL	5	7	0	0	0	0	0.001
CARRION CARRIÓN HEMERLINDA	1	2	8	22	3	8	0.003
APOLO CABRERA CONSTANTE	9	14	13	8	15	15	0.005
AGUILAR AGUILAR PEDRO	2	4	1	7	1	1	0.001
CARRION ENCARNACION MANUEL	3	6	5	9	6	6	0.002
ROMERO ZAMBRANO JOSE	6	0	1	1	4	1	0.001
CABRERA AGUILAR STALIN	22	4	1	1	1	2	0.002
CABRERA SANCHEZ MARIA	22	31	27	33	35		0.010
ESPINOZA CABRERA MARLON	36	-	32	33	33	39	0.013
DISTRITO 07D04-1	0	1	1	1	0	0	0.000
DISTRITO 07D04-2	1	2	5	2	1	1	0.001
LOAIZA CABRERA PERFECTO	-	14	13	7	23	17	0.006
MONTERO CABRERA CHRISTHIAN	-	13	10	9	7	11	0.004
ASTUDILLO BLACIO EDELBERTO	-	19	19	10	8	17	0.006
CABRERA ROMAN LEANDRO	-	13	22	20	15	18	0.007
PEREIRA LOAYZA PEDRO	-	18	14	19	17	20	0.007
AGUILAR AGUILAR JORGE	-	13	8	8	5	9	0.003
CABRERA MOCHA LUIS FERNANDO	-	30	25	24	28	32	0.011
FREIRE AGUILAR SANTOS 2	-	22	13	23	17	21	0.007
FREIRE BLACIO JOSE	-	24	23	28	17	16	0.008
NEGRON OCHOA GLORIA	-	9	8	11	4	2	0.003
ORDOÑEZ BLACIO JINSON	-	3	7	12	11	12	0.003
MUÑOZ JARAMILLO LEOVANDO	-	2	2	2	0	2	0.001
ARMIJOS NEGRON CARLOS	-	6	5	28	11	8	0.004
ROJAS CARRION MATEO	-	16	16	21	2	13	0.005
ROJAS RIOS JAIME	-	-	-	-	2	2	0.001
MOCHA SARITAMA GLORIA	-	-	-	-	-	7	0.003
PALADINES REYES CUSTODIA	-	-	-	-	-	6	0.002
MOCHA SARITAMA GILMA	-	-	-	-	-	11	0.004
						Σ	0.326

Anexo 4: Ubicación de Usuarios

USUARIO	ESTE	NORTE	CODIGO MEDIDOR
JIMENEZ CARRION PEDRO	637655	9591768	4747
JIMENEZ CARRION CARLOS	637531	9591743	4748
SANCHEZ CARRION PEDRO	637606	9591555	4749
LOPEZ GRANDA ROSA	637573	9591543	4750
FREIRE CABRERA ANGEL	637678	9591545	4751
LOAYZA CABRERA PORFIRIO	637749	9591449	4753
APOLO PEREZ MANUEL	637783	9591430	4754
ROBLES OCHOA LUIS	637807	9591413	4757
FREIRE VALAREZO MAXIMO	637845	9591379	4758
CABRERA APOLO SERVIO	637886	9591385	4759
ENCARNACION AMBULUDI BALDOMIRA	637878	9591399	4760
ROMAN LOAIZA LUIS	637753	9591345	4761
CABRERA LOAYZA VICENTE	637699	9591375	4762
CABRERA CABRERA BELGICA	637613	9591316	4763
CABRERA TRUJILLO RODOLFO	637622	9591206	4764
CABRERA CABRERA JAIME	637626	9591189	4765
CABRERA CABRERA DARWIN	637588	9591059	4769
MOCHA SARITAMA ROSA	637584	9591019	4771
VARGAS RAMIREZ BERTHA	637445	9591086	4772
VERA AGUILAR GENARO	637420	9591147	4773
CABRERA CABRERA ELOY	637384	9591133	4774
ARMIJOS CABRERA DIVERTINO	636954	9591295	4777
SANCHEZ CABRERA OLGA	638175	9591292	4780
FEIJOO CAIMINAGUA ISABEL	638258	9591336	4781
VARGAS FEIJOO JUAN	638223	9591324	4782
LOAYZA BLACIO SONIA	638164	9591314	4786
FREIRE AGUILAR SANTOS	638074	9591331	6484
CARRION TINOCO SEGUNDO	638064	9591340	4794
MACAS MACAS ARNOLDO	638065	9591344	4795
ASTUDILLO CABRERA ANGEL	638040	9591372	4797
AGUILAR SANCHEZ SEGUNDO	638046	9591365	4796
MONTERO CABRERA SEGUNDO	638002	9591397	4798
MONTERO CABRERA ANDREA	637977	9591401	4800
SANCHEZ MEDINA MILDO	637962	9591406	4802
ORDOÑEZ AGUILAR LEDEO	637940	9591421	4801
SANCHEZ JARAMILLO MARIA	637885	9591498	4803
FREIRE SANCHEZ ELITA	637866	9591480	4804

USUARIO	ESTE	NORTE	CODIGO MEDIDOR
SALAZAR ZAMBRANO LEONARDO	637779	9591517	4805
AFF SEGURO	637861	9591539	4806
CABRERA HEREDIA BERNARDO	637840	9591531	4807
ORDOÑEZ BLACIO JAVIER	637794	9591627	4808
TORRES ROBLES VICTORIA	637713	9591714	4809
ASTUDILLO BLACIO JORGE	638040	9591372	4810
LOAYZA CABRERA FLORESMILO	637932	9591385	4812
MOCHA SARITAMA NERI	637908	9591281	4815
MILES REYES MAXIMO	637939	9591268	4816
CABRERA MOCHA FRANCISCO	637903	9591268	4818
ROBLES MOCHA GUSTAVO	637947	9590862	4823
MONTERO CARRION AMADO	638153	9591389	4824
LALANGUI DIAZ BRANGEL	638118	9591321	4827
PALADINES REYES JOSE	638168	9590534	4825
SARITAMA MEDINA MARIA	637903	9590928	4826
GALARZA SANCHEZ LUIS	637853	9591173	4830
CAMPOS RAMIREZ ABDON	637865	9591117	4828
MACANCHI CASTRO BOLIVAR	637854	9591197	4829
GALARZA SANCHEZ ABEL	637822	9591255	4832
TAMBO AGUIRRE GERMAN	638016	9591475	5160
ROBLES OCHOA DRAUCIN	637981	9591483	4835
CABRERA HEREDIA ELECTO	638233	9591568	4836
MENDOZA CABRERA LUIS	638093	9591624	4837
TENESACA JARAMILLO ALEJANDRO	638349	9591699	4839
CABRERA MENDOZA ROSA	638268	9591528	4892
MOSQUERA CABRERA OSWALDO	638553	9591645	5366
ÁRMIJOS TANDAZO EFREN	637616	9591035	4911
RIVERA CAMPOVERDE LUIS	638153	9591304	4912
CABRERA TRUJILLO LILIA	637616	9591216	5019
SANCHEZ CABRERA MARIA TERESA	638072	9591353	4955
CABRERA SANCHEZ ZOILA	638096	9591322	4956
MOCHA OLGER	638042	9591366	6319
ROMERO AÑASCO HUGO	637606	9590966	4982
AGUILAR MENDOZA YORVY	637817	9591527	4999
BLACIO SANCHEZ GUILMAN	638205	9591314	5065
YAURE MANUEL	638202	9591844	5067
GONZALES GAVILANEZ CARLOS	638322	9591647	5368
MACANCHI CASTRO OLGA	637899	9591240	5604
CABRERA APOLO GONZALO	637971	9591391	5682
TAMBO AGUIRRE LUIS	638134	9591604	5696

USUARIO	ESTE	NORTE	CODIGO MEDIDOR
ROJAS ENCALADA JOSE	637864	9591252	5809
FREIRE CABRERA PEDRO	637853	9591767	5861
CABRERA TRUJILLO LILIA 2	638002.5	9591397	6031
ROMAN CABRERA LUIS	638278	9590376	7031
MOROCHO MALDONADO DANIEL	638268	9590415	7040
CARRION CARRION HEMERLINDA	638095	9591603	7178
APOLO CABRERA CONSTANTE	638015	9591392	7322
AGUILAR AGUILAR PEDRO	637382	9591736	7366
CARRION ENCARNACION MANUEL	637879	9591211	7428
ROMERO ZAMBRANO JOSE	638371	9590367	7439
CABRERA AGUILAR STALIN	637536	9591166	5159
CABRERA SANCHEZ MARIA	638015	9591384	5860
ESPINOZA CABRERA MARLON	637604	9591170	5020
DISTRITO 07D04-1	637874	9591336	4793
DISTRITO 07D04-2	637873	9591335	4785
LOAIZA CABRERA PERFECTO	637784	9591427	4755
MONTERO CABRERA CHRISTIAN	637994	9591398	4799
ASTUDILLO BLACIO EDELBERTO	637927	9591395	4811
CABRERA ROMAN LEANDRO	637899	9591280	4817
PEREIRA LOAYZA PEDRO	638361	9590994	5018
AGUILAR AGUILAR JORGE	637669	9591545	5083
CABRERA MOCHA LUIS FERNANDO	637580	9591048	4770
FREIRE AGUILAR SANTOS 2	638079	9591332	4792
FREIRE BLACIO JOSE	638342	9591553	4838
NEGRON OCHOA GLORIA	637814	9591291	4833
ORDOÑEZ BLACIO JINSON	637907	9591405	4813
MUÑOZ JARAMILLO LEOVANDO	638299	9591644	4840
ARMIJOS NEGRON CARLOS	637489	9591638	7054
ROJAS CARRION MATEO	637852	9591189	7038
ROJAS RIOS JAIME	637864	9591252	7518
MOCHA SARITAMA GLORIA	637903	9590928	7533
PALADINES REYES CUSTODIA	637987	9590797	7536
MOCHA SARITAMA GILMA	637903	9590928	7537

Anexo 5: Registro de Presiones en campo

NUDO	REMEDIOS ALTO
Hora	Presión (m)
9:00	9
12:00	8
15:00	8

NUDO	"Y" ROMAPAMBA
Hora	Presión (m)
9:00	52
12:00	
15:00	52

NUDO	NUDO 12
Hora	Presión (m)
9:00	60
12:00	58
15:00	60

NUDO	NUDO 9
Hora	Presión (m)
9:00	38
12:00	38
15:00	38

NUDO	ROM-FIN
Hora	Presión (m)
9:00	114
12:00	112
15:00	112

NUDO	CANCHA
Hora	Presión (m)
9:00	60
12:00	58
15:00	60

NUDO	DIVINO NIÑO
Hora	Presión (m)
9:00	68
12:00	66
15:00	68

Anexo 6: Registro Cloro Residual en Campo

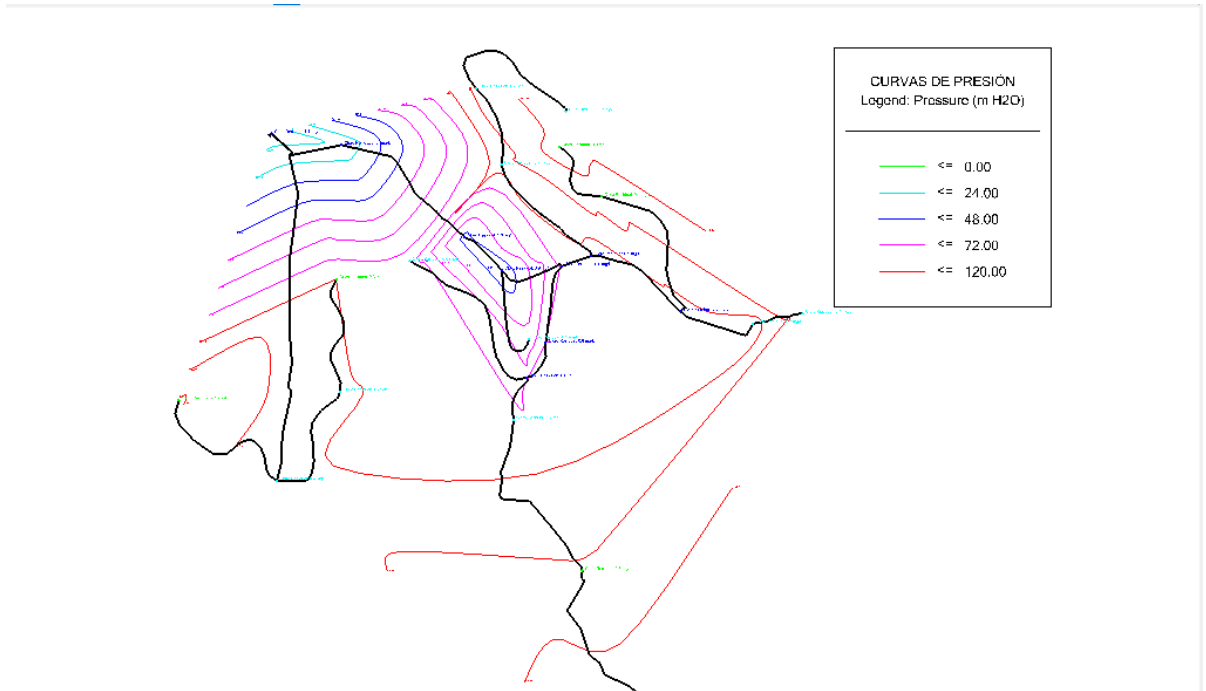
NUDO	REMEDIOS ALTO
Hora	Cloro Residual
9:00	1.5
12:00	1.5
15:00	2

NUDO	Y ROMAPAMBA
Hora	Cloro Residual
9:00	0-0,5
12:00	0-0,5
15:00	0-0,5

NUDO	NUDO 12
Hora	Cloro Residual
9:00	0-0,5
12:00	0-0,5
15:00	0-0,5

NUDO	CANCHA
Hora	Cloro Residual
9:00	1
12:00	1
15:00	1

Anexo 7: Modelo en WaterCAD



Anexo 8: Mediciones de Presion en campo

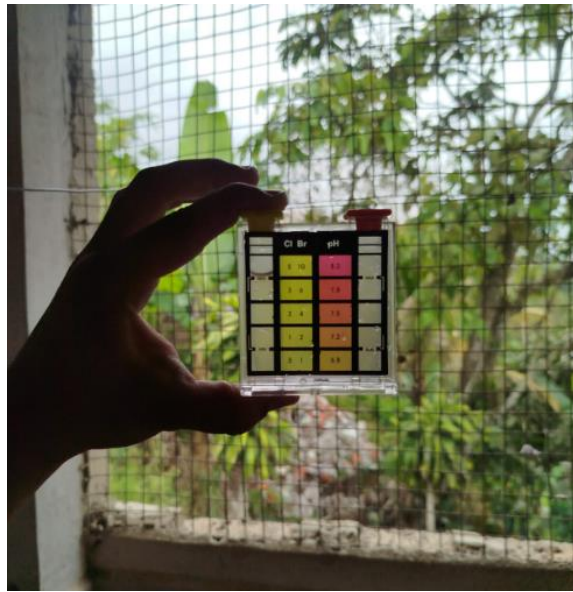








Anexo 9: Mediciones de Cloro Residual



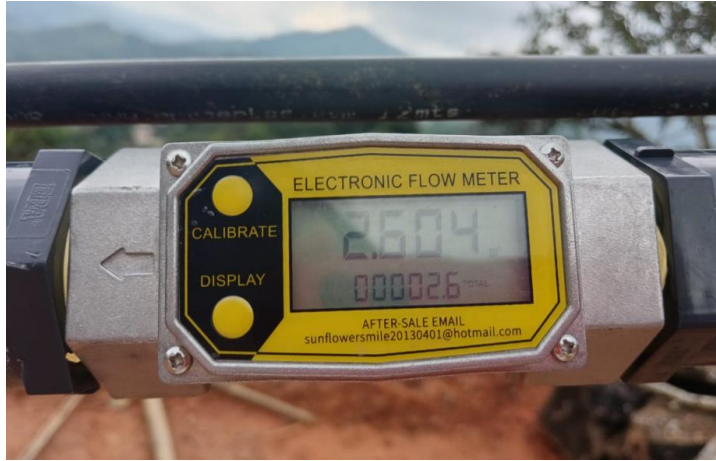




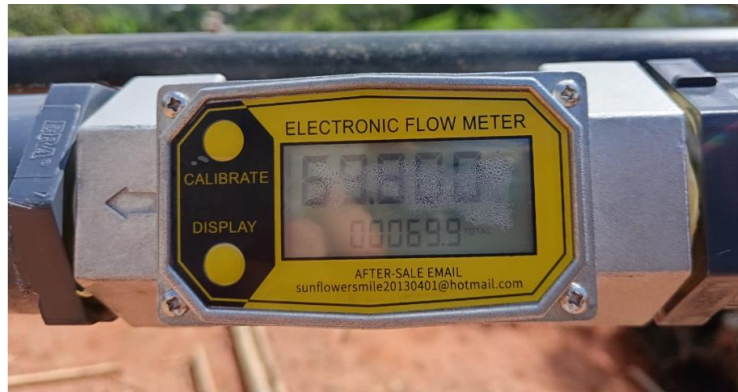


Anexo 10: Mediciones del Caudal en la salida de la planta









Anexo II: Instalación del Fluómetro

