



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**REFORZAMIENTO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE DEL SECTOR CRUZ VERDE 4B2
NORTE, DE LA CIUDAD DE CUENCA**

Autores:

Bermeo Cabrera Christian José
Estrada Morocho Jeisson Fernando

Director:

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

CUENCA - ECUADOR
2025

DEDICATORIA

Primero, quiero dedicar este trabajo a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para alcanzar todas las metas que me he propuesto durante mi etapa en la Universidad.

A mis padres, Edgar y Priscila, quienes me guiaron por el buen camino y siempre fueron un ejemplo a seguir. Gracias por su amor, apoyo y comprensión; son un pilar fundamental en mi vida. Me han llenado de enseñanzas que me han permitido vencer cada obstáculo que he encontrado en mi camino. Solo me queda agradecer profundamente por todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos, Francisco y Renato, mis compañeros de vida, por su amor incondicional, apoyo y confianza. Gracias por escucharme y motivarme a seguir adelante. Tenerlos en mi vida siempre será una bendición.

A mi pareja, Sofía, quien me ha dado su apoyo incondicional junto a su amor. Gracias por estar a mi lado en cada decisión tomada y por celebrar cada logro conseguido. Gracias por tu compañía, amor y apoyo en esta etapa.

A mí mismo, por mantenerme firme ante cada dificultad, por no rendirme y por seguir avanzando con convicción y disciplina hasta alcanzar este objetivo.

A todos los docentes que formaron parte de mi formación, gracias por su exigencia, compromiso y por aportar a mi crecimiento académico y profesional.

Un agradecimiento total a todas las personas, amigos y trinomio que estuvieron junto a mi durante esta etapa.

Bermeo Cabrera Christian José

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía espiritual y quien me ha dado sabiduría, salud y conocimientos para afrontar cada obstáculo en este camino.

A mis amados padres, Ovidio y Judith, a quienes admiro profundamente, pues me han apoyado incondicionalmente en cada paso para alcanzar esta meta, por los valores y amor que me han inculcado desde niño y que hoy me hacen ser la persona que soy. Sin ellos, no puedo imaginar una vida completa de felicidad.

A mis hermanos, Jessica, Gisela, Cristian y Jhon, por ser parte de mi vida y por regalarme momentos de felicidad que me motivan a seguir persiguiendo mis sueños.

Estrada Morocho Jeisson Fernando

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad del Azuay por brindarnos una formación académica integral, así como los recursos y el acompañamiento necesarios a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Expresamos un especial reconocimiento al Ing. Josué Larriva, tutor de este trabajo de titulación, por su valiosa guía, paciencia y dedicación en cada etapa del proceso. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

Agradecemos también a la Ing. Patricia Palacios, miembro del tribunal evaluador, por sus aportes técnicos, observaciones y recomendaciones que enriquecieron significativamente el desarrollo de esta tesis.

A nuestros amigos más cercanos: Carolina, Valentina, Paula, Francisco, Mateo T., Fernando, Carlos, Mateo M., Ricardo y Víctor, quienes hicieron de esta etapa universitaria una experiencia inolvidable.

Y finalmente, a todos nuestros compañeros de carrera, gracias por compartir este camino lleno de desafíos, aprendizajes y momentos gratos.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado operativo y proponer un reforzamiento hidráulico para la red de abastecimiento de agua potable del sector Cruz Verde 4B2 Norte, en la ciudad de Cuenca. A partir de la información técnica proporcionada por ETAPA EP y mediante la elaboración de un modelo hidráulico, se identificaron deficiencias en el sistema, tales como presiones superiores a los límites normativos y pérdidas de carga excesivas, especialmente en el escenario proyectado al año 2050.

Como parte del proceso de rediseño, se implementaron soluciones técnicas que incluyeron el incremento de diámetros en tramos críticos y la instalación de válvulas reductoras de presión. Estas medidas permitieron optimizar el funcionamiento de la red, garantizar el cumplimiento de la Norma CO 10.07-601 (parte de las Normas Ecuatorianas de la Construcción emitidas por el MIDUVI), y asegurar un suministro eficiente frente al crecimiento poblacional proyectado.

Palabras clave: Agua potable, red de distribución, pérdida de carga, presión, modelación hidráulica, optimización.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the current operating conditions and propose hydraulic reinforcement for the potable water distribution network in the Cruz Verde 4B2 North sector, located in the city of Cuenca, Ecuador. Based on technical information provided by ETAPA EP and the development of a hydraulic model, deficiencies were identified in the system, including excessive pressures and head losses beyond the limits established by the applicable standards, particularly in the scenario projected for the year 2050.

As part of the redesign process, technical solutions were implemented, including the increase of pipe diameters in critical segments and the installation of pressure reducing valves. These measures made it possible to optimize network performance, ensure compliance with the Ecuadorian standard CO 10.07-601 (part of the Código Ecuatoriano de la Construcción issued by MIDUVI – Ministry of Urban Development and Housing of Ecuador), and guarantee adequate service in response to projected population growth.

Keywords: Potable water, distribution network, head loss, pressure, hydraulic modeling, optimization.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
DEDICATORIA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Justificación	2
Alcance	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Metodología	5
1. CAPÍTULO I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA RED DE AGUA POTABLE BASADO EN DATOS DE ETAPA EP	7
1.1 Información preliminar	7
1.1.1 Ubicación	7
1.1.2 Zona de estudio	8
1.1.3 Levantamiento de información (actividad comercial y servicios)	11
1.1.4 Abastecimiento de la red	12
1.2 Conceptos Generales	12
1.2.1 Agua Potable	12
1.2.2 Periodo de diseño	12
1.2.3 Vida útil	12
1.2.4 Captación	13
1.2.5 Conducción	13
1.2.6 Tanques de almacenamiento	13
1.2.7 Caudal medio anual	13
1.2.8 Caudal máximo diario	13
1.2.9 Caudal máximo horario	13
1.2.10 Nivel de servicio	14
1.2.11 Fugas	14
1.2.12 Dotación de Agua Potable	14
1.2.13 Ecuación de la continuidad	14
1.2.14 Ecuación de Darcy-Weisbach	14
1.2.15 Ecuación de la energía de Bernoulli	15
1.3 Normativa	15
1.3.1 Pérdidas de carga	15
1.3.2 Presiones máximas y mínimas	16
1.3.3 Material para tuberías	16
1.3.4 Diámetros	17
1.3.5 Velocidades	17
1.4 Componentes de la línea de conducción del sistema	18

1.4.1 Tuberías.....	18
1.4.2 Tanques de Almacenamiento	18
1.4.3 Válvulas.....	18
1.4.4 Cámaras rompe presión.....	19
1.4.5 Accesorios	19
2. CAPÍTULO II: MODELACIÓN HIDRÁULICA Y EVALUACIÓN OPERATIVA DE LA RED.....	20
2.1 Modelación Hidráulica de la Red	20
2.2 Información básica de la modelación de la red de abastecimiento.....	20
2.2.1 Diámetros empleados	20
2.2.2 Material de las tuberías	21
2.3 Parámetros para la evaluación operativa de la red.....	22
2.4 Evaluación Operativa de la red	23
2.5 Evaluación operativa de la red para el año 2025	24
2.5.1 Evaluación de velocidades	24
2.5.2 Evaluación de pérdidas de carga	25
2.5.3 Evaluación de presiones.....	26
2.6 Evaluación operativa de la red para el año 2050	27
2.6.1 Evaluación de velocidades	27
2.6.2 Evaluación de pérdidas de carga	28
2.6.3 Evaluación de presiones.....	29
2.7 Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red.....	30
3. CAPÍTULO III: PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN Y REFUERZOS PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO DE LA RED.....	33
3.1 Identificación de tramos de tubería con deficiencias.....	33
3.2 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Pérdidas de Carga y Diámetros)	36
3.3 Resultados de Optimización para reducir la Pérdida de Carga.....	39
3.4 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Presiones).....	40
3.5 Resultados de Optimización Provisional para Reducción de Presiones	44
3.5.1 Revisión del Modelo Hidráulico tras implemento de Válvula Rompe Presiones	45
3.5.2 Re-optimización del Modelo Hidráulico por pérdidas de carga	47
3.6 Resultados de la Optimización: Diámetros, Pérdidas de Carga y Presiones ...	52
3.7 Propuesta Técnica de Reforzamiento de la Red	54
3.7.1 Aumento en el diámetro de tuberías existentes.....	54
3.7.2 Implementación de una válvula reductora de presión.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	63
Anexo 1. Levantamiento de información comercial y de servicios de la zona de estudio.....	63
Anexo 2. Pérdidas de carga en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, modelo hidráulico 2050 sin optimizar	67
Anexo 3. Presiones en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	68

Anexo 4. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	69
Anexo 5. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	70
Anexo 6. Pérdidas de carga en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	71
Anexo 7. Presiones en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	72
Anexo 8. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	73
Anexo 9. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	74
Anexo 10. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	75
Anexo 11. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	81
Anexo 12. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 sin optimizar</i>	88
Anexo 13. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	89
Anexo 14. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	95
Anexo 15. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, <i>modelo hidráulico 2050 optimizado</i>	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tabla de levantamiento de información comercial y servicios de la zona. ...	11
Tabla 1.2	Coeeficientes de pérdida “C” para la fórmula de Hazen Williams	15
Tabla 1.3	Normas locales e internacionales para materiales de tubería	17
Tabla 2.1	Material de las tuberías.....	22
Tabla 2.2	Factores utilizados por Etapa EP	22
Tabla 2.3	Proyección ETAPA – Sector Cruz Verde 4B2.....	22
Tabla 2.4	Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red	31
Tabla 3.1	Tuberías que exceden pérdida de carga permitida (Norma CO 10.07-601)..	35
Tabla 3.2	Optimización de diámetros en tramos críticos de la red de distribución.....	38
Tabla 3.3	Ubicación preliminar de válvula reductora de presión (PRV) propuesta para el control de presiones en el sector Cruz Verde 4B2.....	42
Tabla 3.4	Tramos bloqueados para control de flujo	43
Tabla 3.5	Tuberías con pérdidas de carga superiores a 12 km/m.....	47
Tabla 3.6	Tramo modificado para re-optimización	50
Tabla 3.7	Tramos de tubería y sus nuevos diámetros	55
Tabla 3.8	Longitudes de tubería por diámetro y material.....	56

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1	Delimitación planimétrica del sector 4B2	7
Ilustración 1.2	Mapa de Tuberías, Sector Cruz Verde 4B2	8
Ilustración 1.3	Delimitación planimétrica de la zona de estudio	9
Ilustración 1.4	Mapa de tuberías existentes y accesos a la zona de estudio	10
Ilustración 2.1	Diámetros y longitudes de las tuberías existentes en la zona de estudio	21
Ilustración 2.2	Velocidades en la red año 2025	25
Ilustración 2.3	Pérdidas de carga en la red año 2025.....	26
Ilustración 2.4	Variación de presiones dinámicas en la red año 2025	27
Ilustración 2.5	Velocidades en la red año 2050	28
Ilustración 2.6	Pérdidas de carga en la red año 2050.....	29
Ilustración 2.7	Variación de presiones dinámicas en la red año 2050	30
Ilustración 3.1	Comparación de diámetros antes y después de la optimización de diámetros en el Sector Cruz Verde 4B2	39
Ilustración 3.2	Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización de diámetros en el Sector Cruz Verde 4B2.....	40
Ilustración 3.3	Ubicación propuesta de la válvula reductora de presión en el modelo hidráulico.....	42
Ilustración 3.4	Comparación de presiones en la red: Escenario 2050 original vs 2050 optimizado con válvulas reductoras de presión.....	44
Ilustración 3.5	Pérdidas de carga tras implantación PRV	46
Ilustración 3.6	Ubicación del corte de flujo en Av. Roberto Crespo Toral y Av. 10 de Agosto.....	48
Ilustración 3.7	Pérdidas de carga tras el corte de flujo en Av. Roberto Crespo Toral..	49
Ilustración 3.8	Tramo de Tubería Modificado (Cambio de Diámetro).....	50
Ilustración 3.9	Perdidas de carga corregidas.....	51
Ilustración 3.10	Comparación diámetros antes y después de la optimización.....	52
Ilustración 3.11	Comparación pérdidas de carga antes y después de la optimización .	53
Ilustración 3.12	Comparación presión en nodos antes y después de la optimización ..	53

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable constituye un componente esencial para el desarrollo de las ciudades y para garantizar condiciones adecuadas de vida para la población. En este contexto, el crecimiento urbano progresivo exige una planificación adecuada y una optimización constante de las infraestructuras de distribución de agua.

El presente trabajo de titulación se enfoca en el análisis y optimización hidráulica de la red de abastecimiento del sector Cruz Verde 4B2, perteneciente al sistema de agua potable de la ciudad de Cuenca.

El diagnóstico inicial evidenció deficiencias operativas proyectadas para el año 2050, principalmente asociadas a pérdidas de carga superiores a los límites normativos y a presiones excesivas en zonas de baja altitud, las cuales podrían comprometer la eficiencia y seguridad de la red en el mediano y largo plazo.

Para abordar estos problemas, se desarrolló un proceso de evaluación hidráulica mediante modelación en el software WATERGEMS, seguido de una propuesta de optimización basada en la modificación de diámetros de tuberías y la instalación estratégica de válvulas reductoras de presión (PRV).

El alcance de este estudio incluye el diagnóstico de condiciones actuales, la proyección de demandas futuras, la simulación de escenarios operativos, y el diseño de soluciones técnicas que garanticen el cumplimiento de los parámetros normativos de presión, pérdidas de carga y velocidad de flujo.

El documento se estructura en cuatro capítulos principales. El primer capítulo expone el marco teórico y los conceptos técnicos fundamentales. El segundo capítulo evalúa la operación de la red actualmente y en la proyección del año 2050. El tercer capítulo describe el análisis, diagnóstico y las propuestas de optimización implementadas

en la red. Finalmente, el cuarto capítulo recopila las conclusiones obtenidas y las recomendaciones planteadas para la ejecución de las soluciones propuestas.

Antecedentes

El acceso al agua potable sigue siendo un desafío prioritario para garantizar los derechos de la niñez en el país (UNICEF Ecuador, 2021). La correcta distribución de agua potable en la ciudad de Cuenca es fundamental para asegurar que los ciudadanos reciban un servicio de calidad. El acceso al agua potable es un derecho esencial, reconocido internacionalmente y respaldado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, que buscan asegurar el acceso universal y equitativo al agua potable y servicios de saneamiento para todos (Pacto Mundial Red Española, s.f.). Esto adquiere mayor relevancia en contextos urbanos como Cuenca, donde la densidad poblacional y las demandas de servicios básicos han aumentado considerablemente en los últimos años.

En la ciudad de Cuenca, la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP) es la entidad encargada de gestionar el suministro de agua potable. Hace algunos años, ETAPA EP diseñó e implementó una red de abastecimiento que cubría las necesidades de la zona que el tanque ubicado en el sector de Cruz Verde satisfacía, dicha zona en ese momento tenía una menor densidad poblacional y una demanda de agua potable más reducida. Sin embargo, el crecimiento sostenido de la ciudad, tanto en términos de población como de actividad comercial, ha hecho que esta red se vea sobrepasada, generando problemas de presión y suministro, especialmente en días de alta demanda.

Justificación

La red de abastecimiento actual fue diseñada para soportar el nivel de demanda proyectado hasta el 2030, según declaraciones de Etapa. No obstante, debido al

incremento en actividad comercial, el sistema presenta fallas operativas en la actualidad, por lo que es necesario su actualización. La zona en cuestión es particularmente importante debido a la presencia de infraestructuras clave como hospitales, clínicas, centros educativos, restaurantes, el estadio "Alejandro Serrano Aguilar" y el edificio del sistema de seguridad integrado ECU 911. Esta afirmación se sustenta en el levantamiento de información realizado en la zona, el cual evidencia el nivel de desarrollo y actividad que se menciona. Estas instalaciones no solo demandan un suministro constante y de calidad de agua potable para su correcto funcionamiento, sino que también atraen a una gran cantidad de personas diariamente.

Con el aumento de la población y la actividad comercial en el área, los residentes y comercios han empezado a experimentar fallos en el servicio. Estas deficiencias se deben, principalmente, a pérdidas de carga identificadas durante la evaluación operativa para el año 2025, realizada en el presente estudio. La situación podría no solo afectar la vida cotidiana de los residentes, que no pueden cubrir sus necesidades básicas de agua, sino también impactar en los comercios locales, particularmente aquellos que dependen del agua para la producción de bienes y servicios, como los restaurantes y las lavanderías.

A medida que la población de Cuenca continúa creciendo, también lo hacen las exigencias sobre la infraestructura de agua potable. La actual red de abastecimiento en el sector de Cruz Verde, diseñada para un contexto muy diferente, no es suficiente para satisfacer las necesidades actuales, lo cual se demuestra más adelante cuando se realiza la evaluación operativa de la red para el año 2025. Esto plantea la necesidad urgente de realizar intervenciones en la red para reforzar su capacidad.

Alcance

Una solución viable a este problema sería el reforzamiento de la red de tuberías en el sector. Esta medida implicaría la ampliación de la infraestructura existente, lo que

permitiría aumentar la capacidad de distribución de agua y mejorar la presión en las zonas más afectadas. Esto no solo garantiza un suministro más constante y confiable, sino que también permitiría atender adecuadamente los picos de demanda que actualmente causan interrupciones en el servicio. Al mismo tiempo, el reforzamiento de la red crearía una infraestructura más robusta y resistente, que podría adaptarse mejor a las necesidades futuras de la ciudad, a medida que la población y el comercio sigan creciendo.

El hecho de que ETAPA EP aún no haya implementado una solución a esta problemática destaca la necesidad de un análisis exhaustivo y una toma de decisiones informada para encontrar la mejor manera de actualizar la red de abastecimiento. Las autoridades locales deben trabajar en conjunto con la empresa y la comunidad para identificar las áreas más críticas y planificar soluciones que no sólo resuelvan los problemas actuales, sino que también preparen la ciudad para el crecimiento continuo. El acceso adecuado a agua potable es fundamental para el bienestar de los ciudadanos, y garantizar que este servicio sea distribuido de manera eficiente y equitativa es crucial para el desarrollo de Cuenca.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la capacidad actual y proponer un reforzamiento a futuro para la red de abastecimiento de agua potable en el Sector Cruz Verde 4B2 acorde a las demandas actuales, con el fin de garantizar un suministro eficiente y adecuado.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica del estado actual de la red de agua potable proporcionado por ETAPA EP

- Elaborar la modelación hidráulica con la información técnica obtenida y evaluar la condición en que se encuentra la red de agua potable para identificar su condición operativa.
- Plantear posibles optimizaciones y refuerzos en el modelo hidráulico con el fin de mejorar el abastecimiento de la red.

Metodología

La realización del proyecto de titulación se llevará a cabo a través de una serie de actividades en secuencia que posibiliten lograr los objetivos específicos propuestos.

La información técnica necesaria sobre la red de agua potable, como planos, datos de caudales, presiones y antigüedad de la red, será solicitada a ETAPA EP. La obtención de esta información permitirá tener una visión clara de la situación actual de la red, la cual servirá como fundamento para llevar a cabo la modelación hidráulica.

Partiendo de la información recopilada y con ayuda del software WATERGEMS con licencia estudiantil, se llevará a cabo la simulación hidráulica de la red con las condiciones operativas actuales, donde se evaluarán parámetros como presiones, caudales y la longitud de las tuberías. Este momento es fundamental para la comprensión del comportamiento de la red frente a la demanda actual.

A través de los resultados de la modelación, se van a reconocer las zonas de la red que muestran carencias o errores en el suministro. Se evaluarán estas zonas con el fin de identificar oportunidades para mejorar su funcionamiento.

Los parámetros del modelo hidráulico se ajustarán de acuerdo con los resultados obtenidos, proponiendo mejoras en la configuración de las tuberías y otros elementos. Se compararán y evaluarán las optimizaciones, con el objetivo de garantizar un adecuado funcionamiento hidráulico que posibilite un abastecimiento eficaz frente a la demanda presente y futura.

Objetivos específicos	Actividades	Indicador	Propósito
Recopilar información técnica del estado actual de la red de agua potable proporcionado por ETAPA EP	- Solicitar a ETAPA EP la información necesaria para conocer el estado de la red. - Realizar la proyección de demanda futura	- Planos - Datos de caudales - Presiones - Antigüedad de la red. - Demanda futura	Obtener datos técnicos precisos y actualizados, que sirvan como base para la modelación hidráulica.
Elaborar la modelación hidráulica con la información técnica obtenida y evaluar la condición en que se encuentra la red de agua potable para identificar su condición operativa.	Realizar la modelación con ayuda del software WATERGEMS.	Datos generales de la red actual: presiones, caudales, longitud de tuberías, etc.	Simular las condiciones actuales de operación.
	- Identificar fallos en la red que necesitan mejoras.	Respuesta de la red a la demanda de abastecimiento actual.	Plantear mejoras en aquellas áreas que impiden el correcto funcionamiento.
Plantear posibles optimizaciones y refuerzos en el modelo hidráulico con el fin de mejorar el abastecimiento de la red.	- Modificar el modelo hidráulico con las mejoras en el diseño de tubería - Evaluar el modelo hidráulico con la demanda futura -Comparar las optimizaciones	Correcto funcionamiento de la modelación hidráulica	Implementar soluciones que garanticen un suministro adecuado frente al incremento de demanda

1. CAPÍTULO I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA RED DE AGUA POTABLE BASADO EN DATOS DE ETAPA EP

1.1 Información preliminar

1.1.1 Ubicación

La red de abastecimiento de agua potable del sector Cruz Verde 4B2 está ubicada en el casco urbano de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. El sector de estudio para este análisis cuenta con un área de aproximadamente 401.53 hectáreas, y forma parte de las parroquias Huayna Cápac y Sucre. La red está compuesta por una longitud de 86.41 km en tuberías.

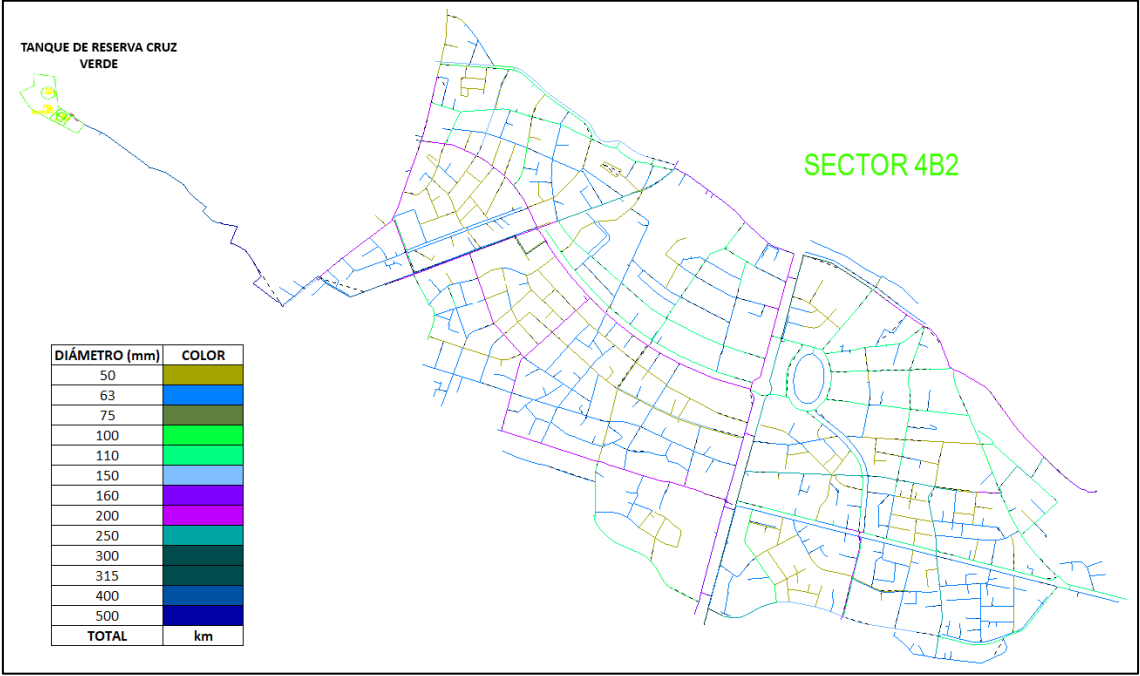
Ilustración 1.1 Delimitación planimétrica del sector 4B2



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración, se observa la red de abastecimiento de todo el sector 4B2, en conjunto con sus diámetros. A su vez, se visualiza el tanque de reserva y la red principal de conducción para el abastecimiento de esta zona.

Ilustración 1.2 Mapa de Tuberías, Sector Cruz Verde 4B2



Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Zona de estudio

La zona específica de estudio está delimitada por cuatro avenidas de gran importancia en la ciudad, las cuáles conforman su perímetro exterior: Av. 10 de agosto, Av. Fray Vicente Solano, Av. 12 de abril y Av. Paucarbamba.

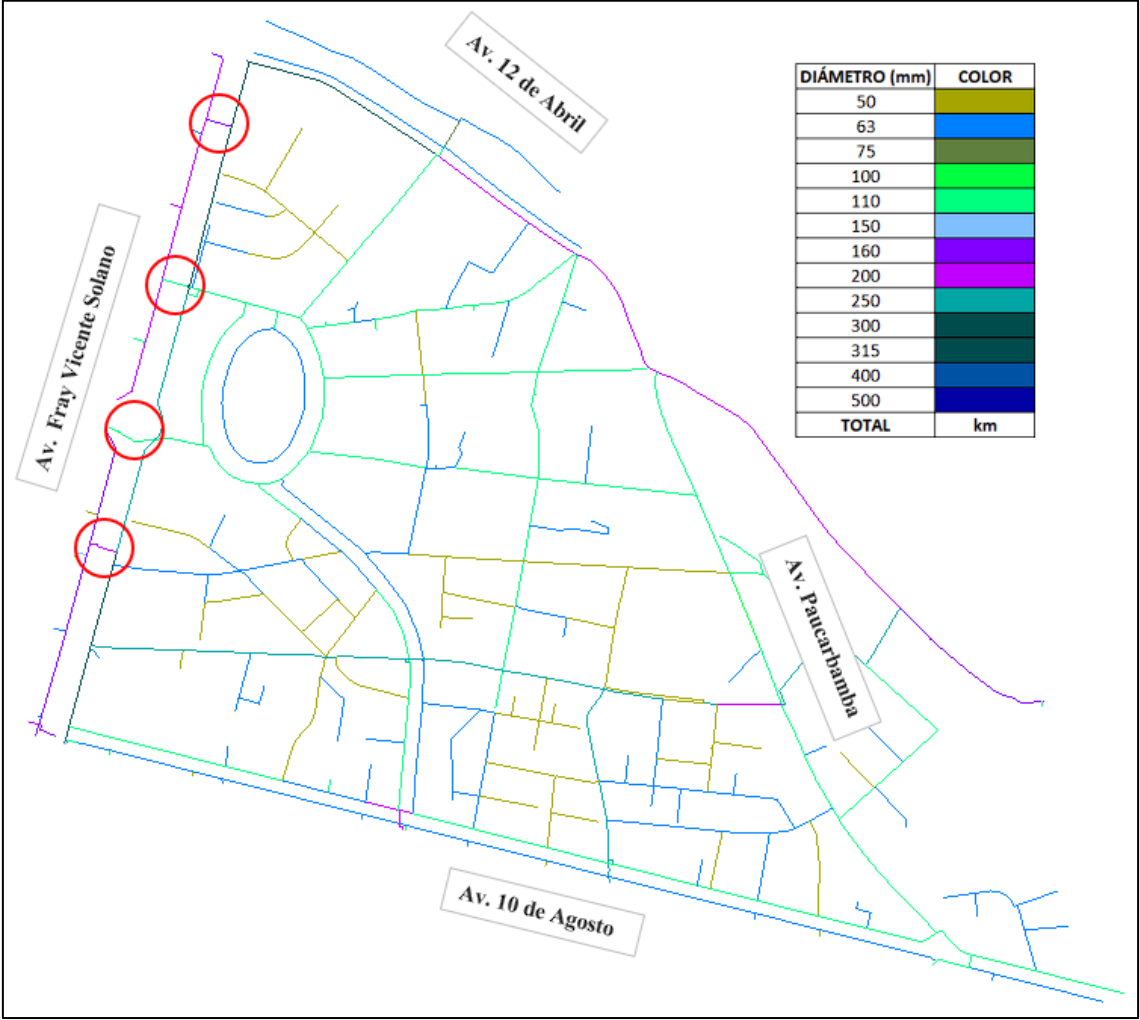
Ilustración 1.3 Delimitación planimétrica de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

El abastecimiento de agua potable hacia la zona de estudio se realiza a través de cuatro tuberías que cruzan perpendicularmente la avenida Fray Vicente Solano. Estas conducciones están señaladas con círculos en la Ilustración 1.4, con el objetivo de facilitar su identificación y localización dentro del análisis. Además, se presentan los diámetros actuales de estos tramos, lo que permite un mayor nivel de detalle en la evaluación hidráulica.

Ilustración 1.4 Mapa de tuberías existentes y accesos a la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Levantamiento de información (actividad comercial y servicios)

En la siguiente tabla se muestra un resumen de levantamiento de información realizado dentro del área de estudio, incluye:

negocios, restaurantes, laboratorios clínicos, consultorios médicos, centros educativos, farmacias, hoteles, bancos, cooperativas y otros relevantes.

De esta forma se evidencia el nivel de actividad comercial actual por el que atraviesa la zona en cuestión, el listado completo del levantamiento realizado se puede observar en el Anexo #1.

Tabla 1.1 Tabla de levantamiento de información comercial y servicios de la zona.

NEGOCIO - RESTAURANTES COMIDA	NEGOCIOS VARIOS	CUIDADO PERSONAL	LABORATORIOS CLINICOS	CONSULTORIOS - CLINICAS ODONTOLOGICAS
Cafetería AMAR	AUSTROGAS	Centro de Estética ACRIZA	Laboratorio ACCLAB	Centro de especialidades odontólogos ORTHODENT
Cafetería COFFE COR	CARTOMANABI	Centro de Estética SN	Laboratorio Biomolecular	Centro odontológico Dentaclean
Cafetería DNUEZZ	Celulares y tecnología PRESTIGE	Estética PIEL Y VIDA	Laboratorio clínico CORELAB	Centro odontológico DENTALCENTER
Cafetería MARAME	Comercial PATRICIA	Estudio de Uñas MERAKI LAB	Laboratorio clínico GM	Centro odontológico FABIÁN POLO
Cafetería Morochos del Puente Roto	DHL	Estudio de Uñas SN	Laboratorio clínico LABITEX	Centro odontológico FUTURA
Cafetería QUE CAFÉ	Disco bar AÑOS 80	Gym POWER HIT FITBOXING	Laboratorio clínico MGL GEN LAB	Centro odontológico GOLD DENTAL
Cafetería SINFONÍA	Discoteca CHERNOBYL	Gym TK FITNESS	Laboratorio clínico PLATINUM	Centro odontológico LIFE DENTAL
Cafetería SN	EQUIFRIGO	Peluquería	LABORATORIO DE PATOLOGÍA	Centro odontológico ODONTOMELL
Cafetería SWEET&COFFEE	Equipos de limpieza HIDRO CLEAN	Peluquería Dávila		Centro odontológico SERVI DENTAL
Cafetería TELICIOSO	Equipos e insumos médicos SOINMED	Peluquería DOMINGUEZ		Centro odontológico SN
Cafetería UN BREAK	Ferretería COMERCIAL VIVAR	Peluquería EL BARBERO		Centro odontológico SN2
Chifa LAMIAM	Ferretería EL ARTESANO	Peluquería HASACK		Centro radiodiagnóstico BLUE SCAN 3D
Chifa NUEVA CHINA	Floristería FLOR DE LIMÓN	Peluquería LASHES		Edificio ODONTOCENTER
Chifa SN	HONDA	Peluquería PREMIUM		Especialidades odontológicas DENTALIES
Distribuidora DISPEQ TESOROS DE ALTAMAR	HYUNDAI	peluquería SUAVECITO		Radiología odontológica CERIOM
Heladería GREEN FROST	Karaoke CHINA	Spa SPAZIO		

Fuente: Elaboración propia

1.1.4 Abastecimiento de la red

La red de agua potable se alimenta de un tanque ubicado en Cruz Verde, entre las calles Carlos Arizaga Vega, Manuel María Borrero, Francisco Cisneros y Manuel Balarezo Cobos. A su vez, este tanque de reserva se abastece por la primera planta de Agua Potable de la ciudad de Cuenca, la Planta de agua “El Cebollar”, ubicada en la parroquia San Pedro del Cebollar.

1.2 Conceptos Generales

1.2.1 Agua Potable

Es el líquido el cual cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativo para su consumo humano. El agua potable debe ser libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas y elementos nocivos que afecten la salud de los consumidores.

1.2.2 Periodo de diseño

Es el tiempo proyectado para el cual una obra trabajará de manera eficiente. Este periodo dependerá de la vida útil de las instalaciones y equipos, y el crecimiento poblacional previsto en la zona de estudio.

1.2.3 Vida útil

Es el periodo durante el cual una obra o equipo puede funcionar de manera eficiente y segura. Una vez superado este tiempo, es necesario reemplazarlo debido al deterioro natural o la obsolescencia.

1.2.4 Captación

Es la estructura hidráulica diseñada para recolectar y derivar el caudal de agua requerido para abastecer un sistema de agua potable. En este caso, las plantas de agua potable y tanques de reserva son las estructuras de captación.

1.2.5 Conducción

Es el conjunto de obras hidráulicas, compuestas por tuberías, válvulas y demás accesorios, para transportar el agua desde la captación hasta la zona de distribución, asegurando un flujo continuo y eficiente.

1.2.6 Tanques de almacenamiento

Son estructuras hidráulicas que almacenan y regulan el volumen de agua necesario para satisfacer la demanda, y compensar las variaciones horarias de consumo, asegurando una continuidad del servicio.

1.2.7 Caudal medio anual

Es el volumen promedio de agua por unidad de tiempo que consume una población durante un año, incluyendo las pérdidas técnicas del sistema de distribución.

1.2.8 Caudal máximo diario

Es el volumen máximo de agua por unidad de tiempo que consume una población durante el día de mayor demanda en el año.

1.2.9 Caudal máximo horario

Es el volumen máximo de agua por unidad de tiempo que consume una población durante la hora de mayor demanda del día.

1.2.10 Nivel de servicio

Es el indicador que mide la calidad, accesibilidad y continuidad con la que los usuarios reciben el servicio de abastecimiento de agua, considerando factores como presión, caudal y forma de suministro.

1.2.11 Fugas

Son las pérdidas físicas de agua que ocurren en el sistema de abastecimiento debido a deficiencias en la infraestructura hidráulica, incluyendo fisuras, roturas y conexiones defectuosas que resultan en volúmenes no contabilizados.

1.2.12 Dotación de Agua Potable

Es la cantidad de agua potable que consume en promedio cada habitante por día, incluyendo los usos doméstico, comercial, industrial y público, salvo que se especifique lo contrario.

1.2.13 Ecuación de la continuidad

“La ecuación de la continuidad es consecuencia del principio de la conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido por unidad de tiempo es constante” (Giles, 1956). Esta ecuación en que el caudal (Q) del fluido es constante a lo largo de la conducción. Cuando se trata de fluidos incompresibles, con flujo laminar, la velocidad en cualquier punto de la conducción es inversamente proporcional a su área.

1.2.14 Ecuación de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach determina la pérdida de carga hidráulica considerando las características del flujo y del conducto. Los parámetros que incluye son

el régimen del flujo (determinado por el número de Reynolds), el coeficiente de fricción (relacionado con Reynolds) y las dimensiones de la tubería (diámetro y longitud).

1.2.15 Ecuación de la energía de Bernoulli

Esta ecuación se deriva del principio de conservación de la energía aplicado al flujo de fluidos. La energía total de un fluido en movimiento está compuesta por tres componentes principales: cinética (debida a la velocidad), potencial (relacionada con su posición en el espacio) y de presión, además de las energías internas del sistema (Giles, 1956).

1.3 Normativa

1.3.1 Pérdidas de carga

Se denomina pérdidas de carga a la pérdida de presión en una red de distribución que se produce cuando el flujo del agua recorre la red pasando por cambios de direcciones, accesorios y por fricción con la misma tubería.

Tabla 1.2 Coeficientes de pérdida “C” para la fórmula de Hazen Williams

Tipo de material de la Tubería	Estado Tubería	
	Nueva	Usada
Acero soldado	120	90
Hierro Dúctil	140	135
Acero con Revestimiento	140	135
PVC	150	125

Fuente: Elaboración propia, adaptado de ETAPA EP.

Según la Norma CO 10.07-601, las pérdidas de carga admisibles en redes de distribución no deben superar los 12 m/km. (MIDUVI, 2015)

1.3.2 Presiones máximas y mínimas

Para garantizar un suministro eficiente de agua potable, es esencial definir los límites de presión en los nodos del modelo hidráulico, asegurando así un adecuado funcionamiento del sistema.

De acuerdo con la Norma CO 10.07-601, en áreas urbanas, la presión mínima en redes de agua potable debe ser de 20 m.c.a., la presión máxima estática 70 m.c.a. y la presión dinámica no debe exceder los 50 m.c.a. (MIDUVI, 2015)

1.3.3 Material para tuberías

Para seleccionar el tipo de material a emplearse en las tuberías se debe considerar los objetivos y necesidades del proyecto. Uno de los factores clave en esta selección es la capacidad de la tubería para soportar la presión del sistema. Los materiales aceptados, según la Norma CO 10.07-601, incluyen tuberías de:

- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno de alta densidad (PEAD)
- Hierro dúctil (HD)

En la Tabla 1.2 se muestran las normas técnicas a cumplir para materiales de tubería:

Tabla 1.3 Normas locales e internacionales para materiales de tubería

Material de la Tubería	Norma Ecuatoriana	Normas Internacionales
Hierro Dúctil - HD		ISO 2531 y conexas
Polietileno de Alta Densidad -PEAD	NTE INEN 1744:2009	ISO 4427 y conexas
Polivinilo de Cloruro - PVC	NTE INEN 1373-2016	ISO 4065 ISO 3606 ISO 161-1
1) Norma NTE INEN 1744:2009: "TUBOS DE POLIETILENO PARA CONDUCCIÓN DE AGUA A PRESION. REQUISITOS" 2) Norma NTE INEN 1373-2016: "TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC RÍGIDO PARA PRESIÓN." 3) Norma ISO 2531:"TUBERÍA EN HIERRO DÚCTIL" 4) Norma ISO 4427: "SISTEMA DE TUBERÍAS PLÁSTICAS. TUBOS DE POLIETILENO (PE) Y CONEXIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA" 5) Norma ISO 4065: "Tubos termoplásticos - Tabla de espesor de pared universal" 6) Norma ISO 3606: "TUBERÍAS DE CLORURO DE POLIVINILO (PVC) SIN PLASTIFICAR - TOLERANCIAS EN DIÁMETROS EXTERIORES Y ESPESORES DE PARED" 7) Norma ISO 161-1: "TUBOS TERMOPLÁSTICOS PARA EL TRASNPORTE DE FLUIDOS - DIÁMETROS NOMINALES EXTERNOS Y PRESIONES NOMINALES"		

Fuente: Tomado de Urgilés Mendieta (2019).

1.3.4 Diámetros

En el diseño del sistema de distribución se deberá considerar estrictamente el diámetro interno de la tubería, el diámetro a seleccionarse varía dependiendo de la demanda de caudal en los tramos del sector.

La Norma CO 10.07-601 establece que el diámetro mínimo permitido en zonas urbanas para redes de agua potable es de 63 mm; además, debe permitir el suministro del caudal máximo diario (QMD) y la demanda por incendios, manteniendo las presiones dentro de los límites establecidos durante la vida útil del proyecto. (MIDUVI, 2015)

1.3.5 Velocidades

Al igual que la presión, la velocidad es un parámetro fundamental para garantizar para el correcto abastecimiento, pues se debe definir velocidades mínimas y máximas.

De acuerdo con la Norma CO 10.07-601, la velocidad mínima admisible es de 0.30 m/s y la velocidad máxima permitida es de 2.00 m/s. (MIDUVI, 2015)

1.4 Componentes de la línea de conducción del sistema

1.4.1 Tuberías

Las tuberías constituyen la red arterial del sistema de conducción hidráulica, funcionando como canales de transporte que conectan los diferentes componentes. Su diseño incorpora parámetros como rugosidad interior, resistencia a la presión hidrostática y comportamiento ante fenómenos transitorios (golpe de ariete). La selección adecuada debe considerar factores como resistencia a la corrosión, compatibilidad química con el fluido transportado, condiciones de instalación y criterios económicos de costo-beneficio a lo largo de su ciclo de vida operativa.

1.4.2 Tanques de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras diseñadas para contener volúmenes de agua que permiten regular el suministro, garantizar la continuidad del servicio y mantener presiones adecuadas en la red.

1.4.3 Válvulas

Las válvulas funcionan como órganos reguladores que modifican las condiciones hidráulicas del flujo mediante mecanismos de obturación controlada. Constituyen puntos de intervención estratégica para la operación, mantenimiento y seguridad del sistema. Su comportamiento hidráulico se caracteriza por coeficientes de pérdida localizados que varían según su diseño interno y grado de apertura.

1.4.4 Cámaras rompe presión

En áreas donde el terreno presenta un declive significativo, específicamente superior a 50 metros de diferencia de nivel, se hace necesaria la instalación de cámaras rompe presión. Estas estructuras desempeñan la función de regular la presión del agua, previniendo así posibles daños tanto en las tuberías como en la integridad de la infraestructura del sistema (Balladares Chicaiza & Guamán Quishpe, 2012).

1.4.5 Accesorios

En los sistemas de conducción se emplean comúnmente diversos accesorios que funcionan como elementos de conexión, incluyendo juntas, codos, tees y cruces; también se utilizan componentes como tapones y tapas que son instalados en las terminaciones de las tuberías para contener el agua dentro del sistema (Comisión Nacional del Agua, 2019).

2. CAPÍTULO II: MODELACIÓN HIDRÁULICA Y EVALUACIÓN OPERATIVA DE LA RED

2.1 Modelación Hidráulica de la Red

El modelo de la red de abastecimiento de agua potable fue proporcionado por ETAPA EP, entidad que previamente desarrolló dicha modelación durante la fase de diseño del sistema de tuberías. Dado que la red fue planificada con un periodo de diseño hasta el 2030, se empleará esta modelación como base para evaluar la condición operativa de la red y plantear optimizaciones que permitan mejorar su desempeño y eficiencia. De igual manera, ETAPA EP proporcionó la información para adaptar un nuevo modelo de la situación actual de la red y proyectada a 25 años. Esto facilitará la implementación de mejoras, en caso de ser necesarias, para garantizar un servicio eficiente de abastecimiento de agua potable.

2.2 Información básica de la modelación de la red de abastecimiento

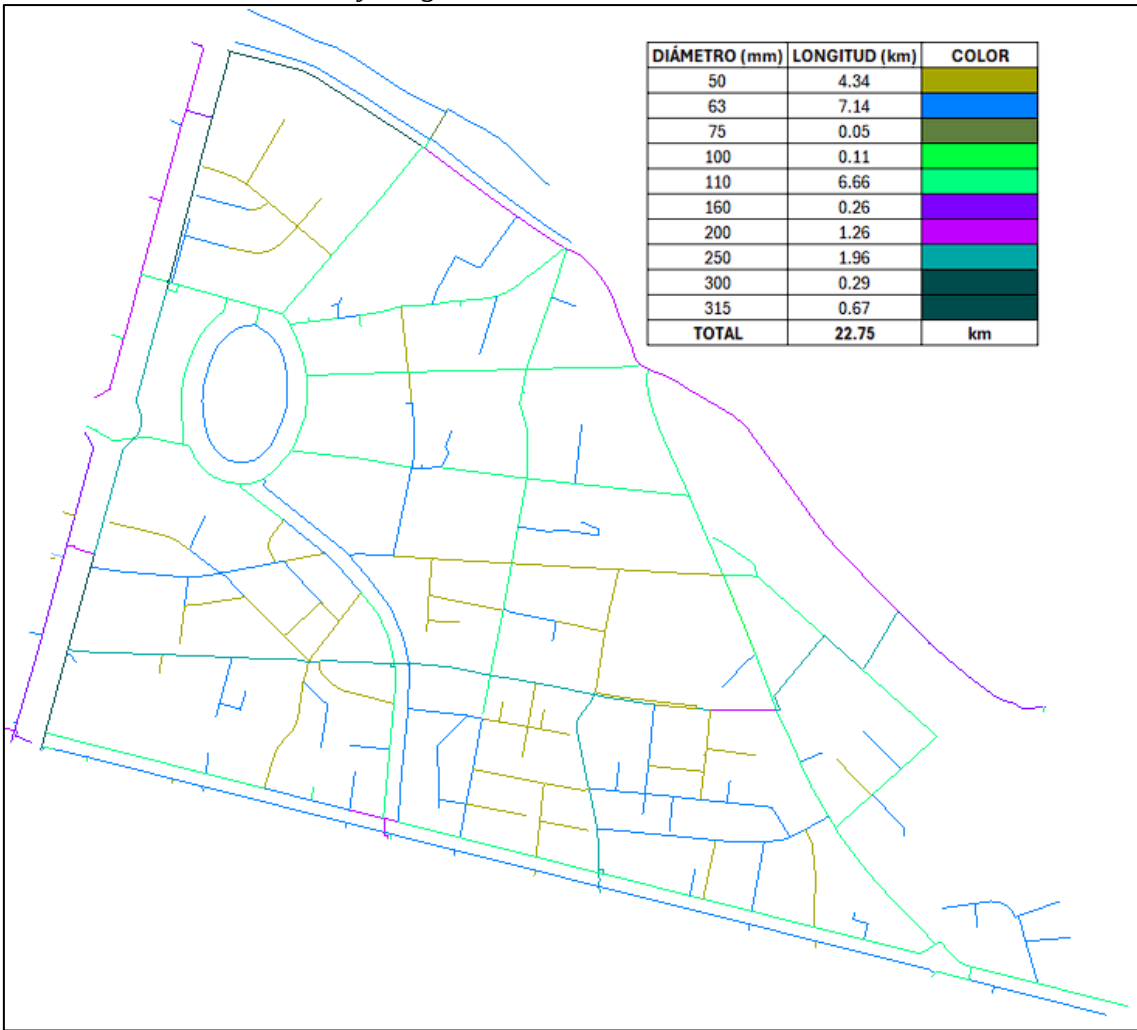
2.2.1 Diámetros empleados

La Ilustración 2.1 muestra la distribución de los diámetros de las tuberías actualmente instaladas en la red de abastecimiento del sector en estudio. Como se observa, los diámetros varían entre 50 mm y 315 mm, evidenciando una heterogeneidad en la infraestructura existente. Esta variedad responde a las necesidades hidráulicas particulares de cada zona.

En la leyenda se presenta la longitud total de cada clase de tubería, destacando que los diámetros más utilizados son 63 mm, 110 mm y 50 mm, con extensiones de 7.14 km, 6.66 km y 4.34 km respectivamente. La identificación cromática de cada diámetro permite analizar visualmente su distribución espacial, lo cual resulta fundamental para el

diagnóstico del estado actual y para la posterior propuesta de reforzamiento y optimización de la red.

Ilustración 2.1 Diámetros y longitudes de las tuberías existentes en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Material de las tuberías

El material de las tuberías juega un papel fundamental en la red de distribución de agua potable, debido a que influye como un parámetro para el desempeño hidráulico, vida útil y eficiencia en la operación de la red. Además, en caso de sustitución debido a deterioro, fallas o ineficiencia en el sistema, el tiempo requerido para el reemplazo dependerá de las propiedades del material de la tubería.

En la zona de estudio del Sector Cruz Verde 4B2 Norte, se identifica tres tipos de materiales utilizados en la red, como se muestra en la Figura, El material que predomina

en longitud es el Policloruro de Vinilo, conocido como PVC, seguido del asbesto-cemento. En menor proporción, se visualiza tuberías de Polietileno de alta densidad y de hierro fundido.

Tabla 2.1 Material de las tuberías

TIPO DE MATERIAL		LONG. TUBERÍA (km)
AC	Asbesto-Cemento	5.2194
HF	Hierro Fundido	0.0510
PVC	Policloruro de Vinilo	17.4753

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Parámetros para la evaluación operativa de la red

Los parámetros para la evaluación de la red son aquellos que permiten convertir un modelo de otros años a un modelo actual. Mediante los datos proporcionados por ETAPA EP, sobre la población servida, caudal medio y caudal medio horario, se generó el modelo actual del 2025 para luego realizar su evaluación. De igual manera, la empresa nos brindó los datos proyectados para una demanda futura y realizar su análisis a 25 años, es decir en el 2050. A continuación, se presenta los valores utilizados por ETAPA EP para su proyección y sus resultados.

Tabla 2.2 Factores utilizados por Etapa EP

Factores utilizados por Etapa EP						
Año	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Pérdidas	35%	34%	33%	32%	31%	30%
Dotación (l/s)	230					
KMH	1.8					

Fuente: Elaboración Propia Adaptada de Datos proporcionados por ETAPA (2024)

Tabla 2.3 Proyección ETAPA – Sector Cruz Verde 4B2

Proyección ETAPA - Sector Cruz Verde 4B2						
Año	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Población (habs)	30340	31721	32857	33749	34343	34620
Qm (l/s)	124.26	127.94	130.55	132.12	132.50	131.66
QMH (l/s)	223.66	230.30	234.98	237.81	238.49	236.98

Fuente: Elaboración Propia Adaptada de Datos proporcionados por ETAPA (2024)

2.4 Evaluación Operativa de la red

Una vez ingresados correctamente los parámetros para la evaluación operativa de la red, el software WATERGEMS genera una serie de resultados fundamentales, entre ellos, caudales de entrada y salida, presiones en los nodos, velocidades y pérdidas de carga en las tuberías, así como perfiles hidráulicos, cotas de los nodos y demás características establecidas en la modelación, tales como el diámetro y material de las tuberías, la presencia de válvulas y otros elementos del sistema.

Adicionalmente, el software WATERGEMS ofrece la representación de estos resultados mediante una escala cromática, lo que permite visualizar y categorizar el comportamiento de la red de manera intuitiva. Esta funcionalidad facilita la identificación de tramos con posibles deficiencias operativas, optimizando el análisis y la toma de decisiones.

Para evaluar el desempeño de la red, se considerarán tres parámetros clave: velocidad del flujo, presión del agua y pérdidas de carga. Antes de proceder con el análisis del comportamiento hidráulico, es indispensable establecer los criterios técnicos correspondientes.

- La velocidad se deberá mantener por encima de los 0.3 m/s y no sobrepasar los 2m/s.
- La presión dinámica mínima debe ser de 20 m.c.a. y la máxima 50 m.c.a.
- Las pérdidas de carga por debajo de los 12m/km.

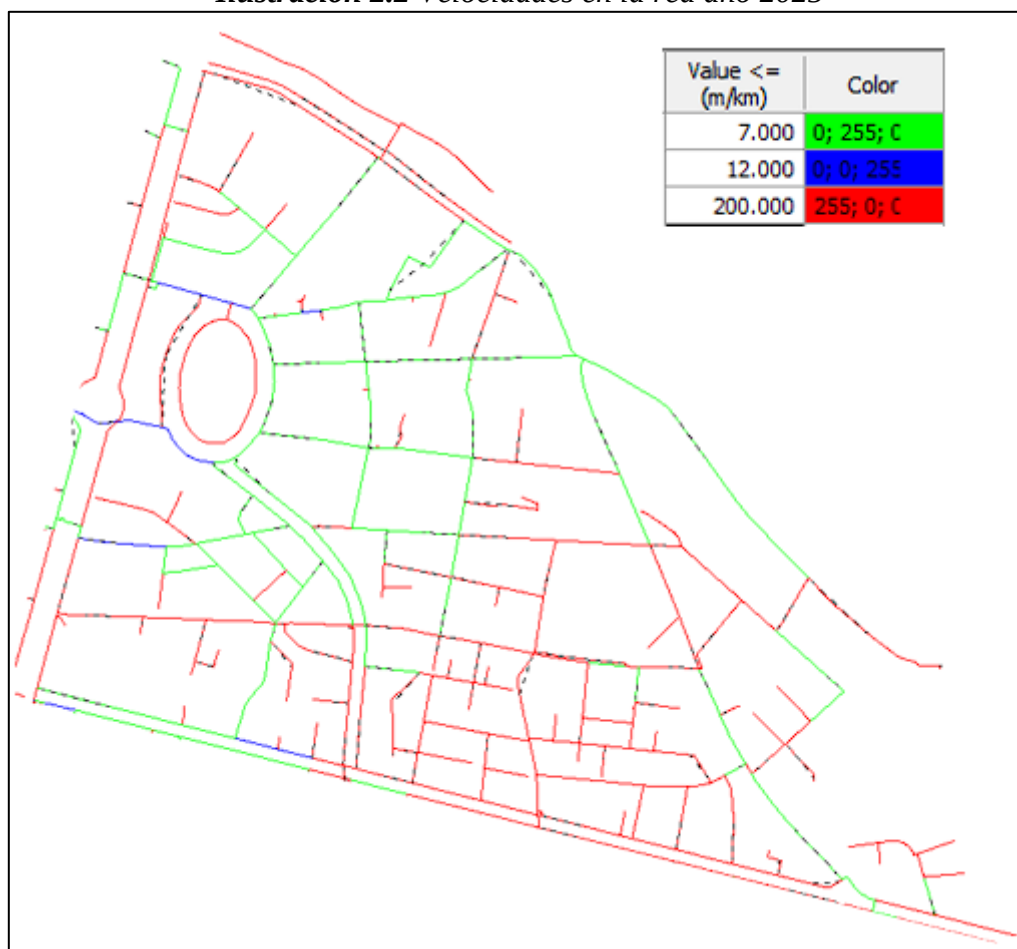
El análisis se realizará únicamente en la zona específica descrita en el capítulo 1.

2.5 Evaluación operativa de la red para el año 2025

2.5.1 Evaluación de velocidades

El análisis de la gráfica de velocidades revela que una gran parte de la red de abastecimiento opera con velocidades inferiores a 0.30 m/s, representadas en color rojo, lo que indica el incumplimiento de las especificaciones técnicas. Sin embargo, estas velocidades serán verificadas debido a que su incumplimiento puede estar relacionado a la configuración de las tuberías. Asimismo, se identifican tramos donde la velocidad supera los 2 m/s, lo que podría generar pérdidas de carga elevadas y afectar el desempeño del sistema. No obstante, existen segmentos de tubería en color verde que se encuentran dentro del rango admisible de velocidad (0.3 – 2 m/s), cumpliendo con los criterios establecidos.

Ilustración 2.2 Velocidades en la red año 2025



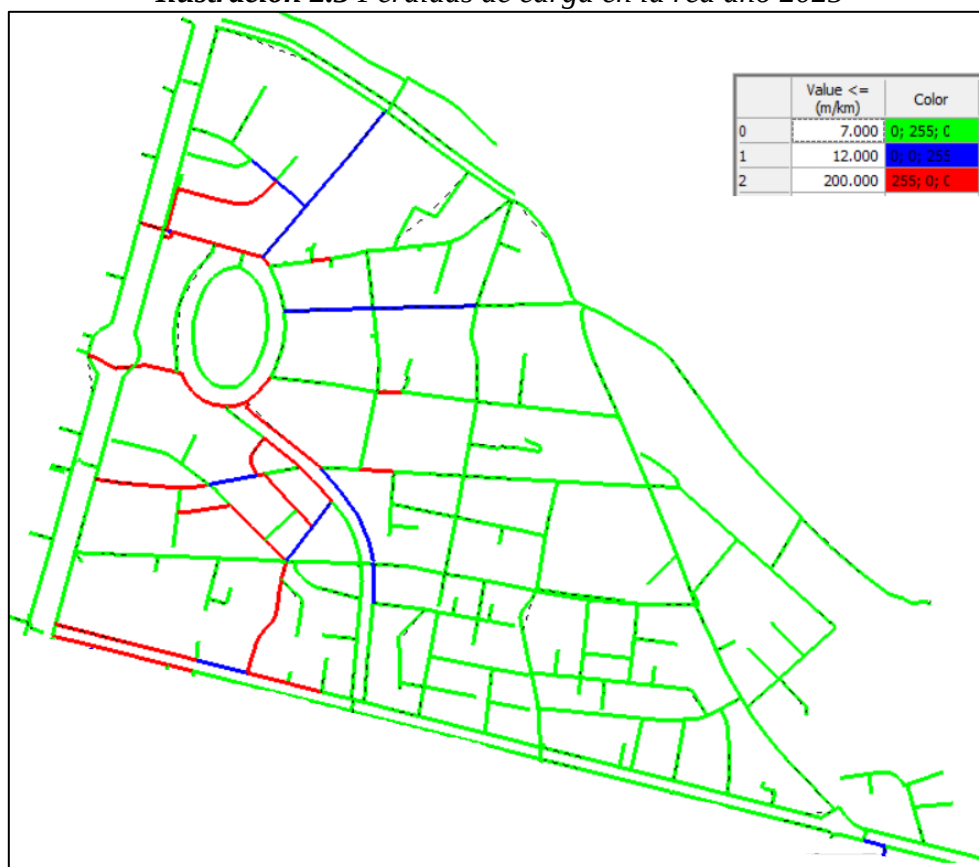
Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Evaluación de pérdidas de carga

El análisis de las pérdidas de carga indica un desempeño aceptable del modelo hidráulico, ya que la mayor parte de la red presenta valores inferiores a 7 m/km, representados en color verde, lo que sugiere un flujo eficiente y con mínimas restricciones. Adicionalmente, algunos tramos resaltados en color azul registran pérdidas de carga entre 7 y 12 m/km, manteniéndose aún dentro del rango admisible. Sin embargo, se identifican tuberías en color rojo que superan el umbral de 12 m/km, lo que indica un incumplimiento de las especificaciones técnicas.

- Longitud de tubería con pérdidas > a 12m/km: **2.51km**

Ilustración 2.3 Pérdidas de carga en la red año 2025



Fuente: Elaboración propia

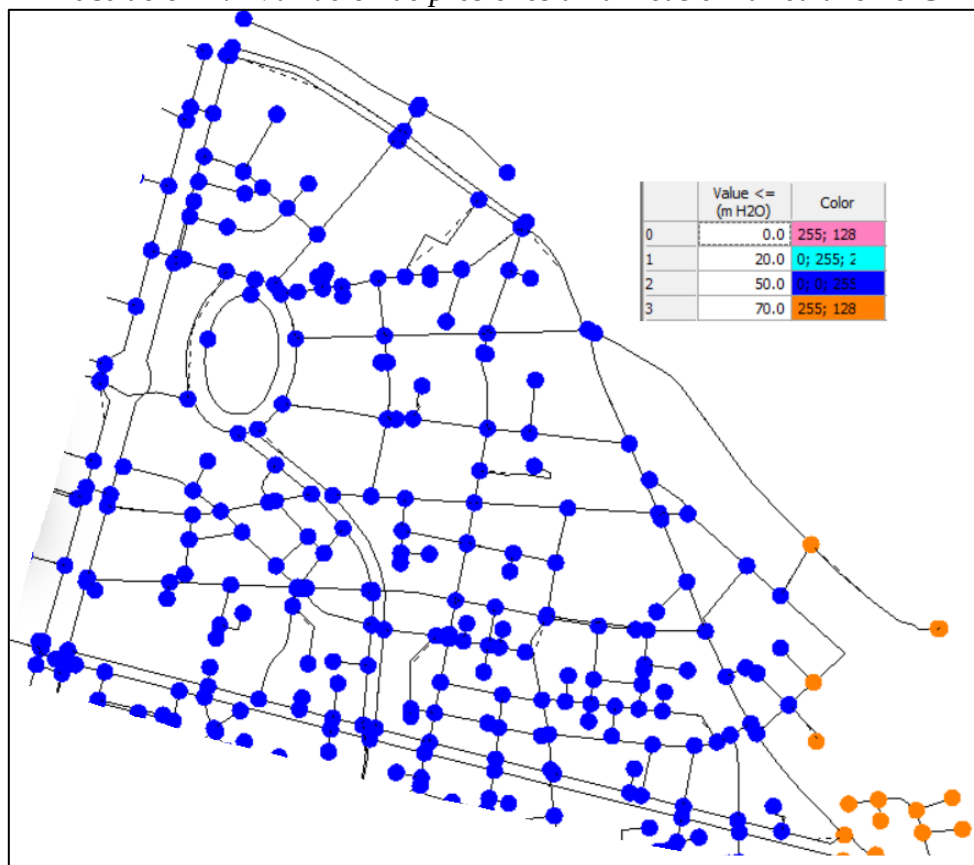
2.5.3 Evaluación de presiones

La gráfica muestra la distribución de presiones dinámicas en los nodos de la red mediante una categorización de colores. La mayoría de los nodos están dentro del rango admisible que es entre 20 y 50 m.c.a, pues están resaltados de color azul, también se visualiza en el extremo derecho de la red nodos color naranja con valores mayores al máximo recomendado de 50 m.c.a. No se identifica presiones menores a 20 m.c.a. lo cual indica que el estado operativo de la red en cuanto presiones se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, se debe considerar controlar las presiones dinámicas mayores a 50 m.c.a con estaciones reductoras de presión.

- Valor máximo de presión dinámica encontrado > a 50 m.c.a:

55.7 m.c.a

Ilustración 2.4 Variación de presiones dinámicas en la red año 2025



Fuente: Elaboración propia.

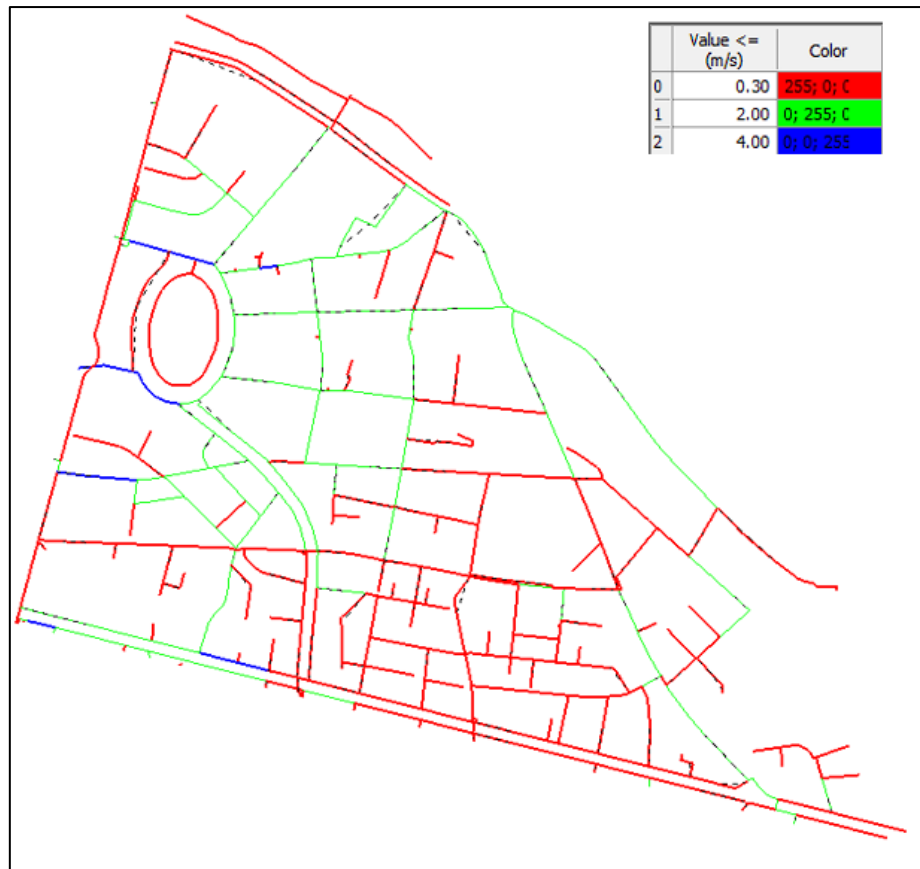
2.6 Evaluación operativa de la red para el año 2050

2.6.1 Evaluación de velocidades

El análisis de velocidades del año 2050 en el modelo hidráulico denota que gran parte de la red opera con velocidades inferiores a 0.30 m/s, el incumplimiento de este mínimo, podría producir la acumulación de sedimentos en las tuberías, posibilitando la obstrucción del conducto. Razón por la cual, se verificará los tramos cuyas velocidades sean menores a la recomendada. Es importante señalar que esta situación no necesariamente implica la existencia de un problema, si no que esto puede producirse debido a la configuración del sistema de tuberías similar a una malla. Por otro lado, también se puede observar tuberías que exceden la velocidad máxima recomendada, lo

cual puede resultar en pérdidas de carga excesivas y la reducción de la vida útil de dichas tuberías.

Ilustración 2.5 Velocidades en la red año 2050



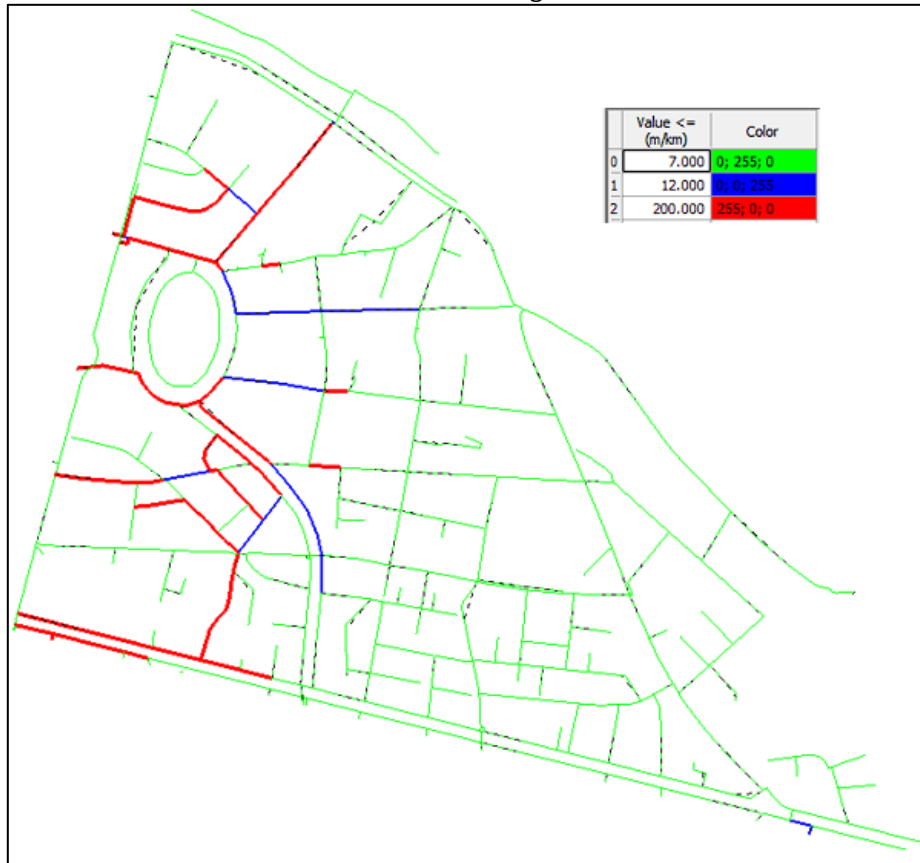
Fuente: Elaboración propia.

2.6.2 Evaluación de pérdidas de carga

En el análisis de las pérdidas de carga, se puede observar que, a pesar del aumento de caudal para este año, gran parte del sistema aún se maneja con pérdidas menores a la máxima recomendada. Sin embargo, se observó que algunas tuberías que anteriormente se encontraban en el rango de pérdida de carga entre 7 y 12 m/km, en la simulación del año 2050, pasarían a incumplir el valor máximo recomendado de 12 m/km, añadiéndose así a las tuberías que lo incumplían en el año 2025.

- Longitud de tubería con pérdidas > a 12m/km: **2.69km**

Ilustración 2.6 Pérdidas de carga en la red año 2050



Fuente: Elaboración propia.

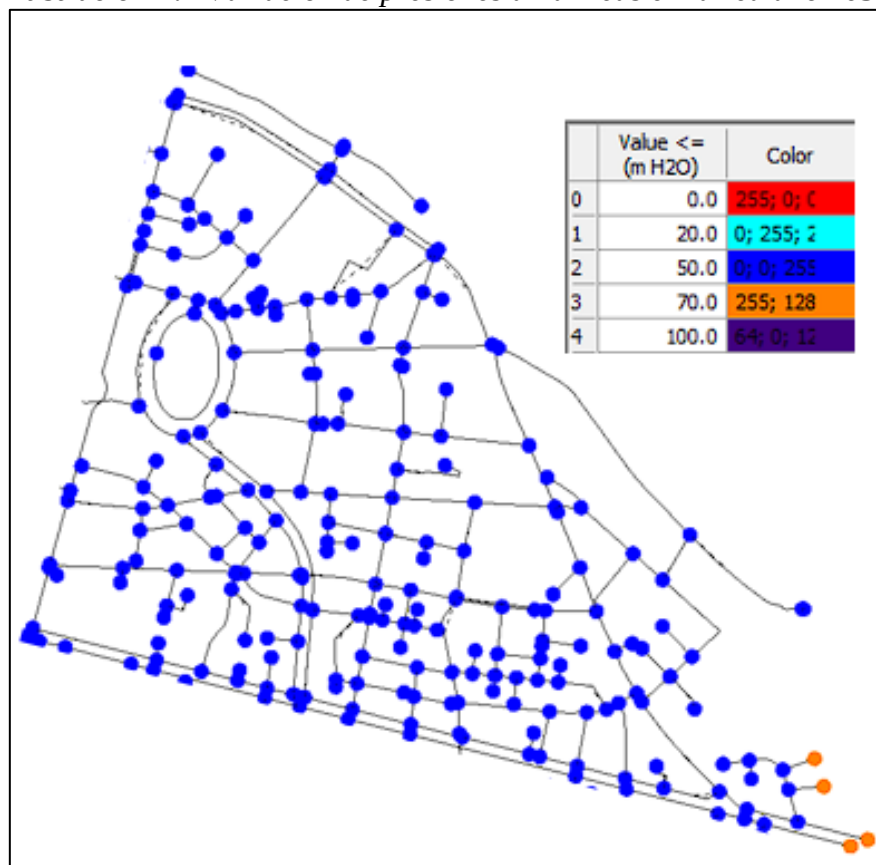
2.6.3 Evaluación de presiones

En el análisis de las presiones dinámicas en los nodos de la red, se visualizó que todos los nodos están por encima del valor de 20 m.c.a, que es el mínimo recomendado. Sin embargo, en la esquina inferior derecha se observa que existen nodos que sobrepasan la presión dinámica máxima dinámica recomendada de 50 m.c.a, por lo cual se buscarán medidas para controlarlo.

- Valor máximo de presión dinámica encontrado > a 50 m.c.a:

51.5 m.c.a

Ilustración 2.7 Variación de presiones dinámicas en la red año 2050



Fuente: Elaboración propia.

2.7 Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red

A continuación, se detalla un cuadro resumen sobre las principales diferencias entre la operación de la red en los años 2025 y 2050 si es que se mantiene el mismo modelo hidráulico. Por lo que, en el siguiente capítulo se realizarán propuestas de optimización con el fin de que el sector Cruz Verde 4B2 tenga un servicio digno, eficiente y de calidad de abastecimiento de agua potable.

Tabla 2.4 Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN OPERATIVA DE LA RED

Año	2025	2050
<i>Población (habs)</i>	30340	34620
<i>QMH (l/s)</i>	223.66	236.98
<i>Long. Tuberías con $v > 2$ m/s (km)</i>	0.77	0.77
<i>Long. Tuberías con $hf > 12$ km (km)</i>	2.51	2.69
<i># de Nodos con Presión Dinámica < 20 m.c.a</i>	0	0
<i># de Nodos con Presión Dinámica > 50 m.c.a</i>	24	4
<i>Valor Máximo de Presión Encontrada (m.c.a)</i>	55.7	51.5

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentados en esta tabla comparativa abarcan únicamente los de la zona de estudio específica, descrita en el capítulo I.

- Se proyecta un aumento significativo de la población, pasando de 30,340 habitantes en 2025 a 34,620 en 2050, lo que implica una mayor demanda de agua.
- El incremento en el QMH de 223.66 l/s a 236.98 l/s refleja el crecimiento poblacional y, posiblemente, un mayor consumo per cápita o cambios en los patrones de uso.
- La longitud de tuberías con velocidades superiores a 2 m/s se mantiene constante (0.77 km), lo que sugiere que no hay problemas de erosión o daño por alta velocidad en la red.
- Hay un ligero aumento en la longitud de tuberías con pérdidas de carga mayores a 12 m/km (de 2.51 km a 2.69 km), lo que podría indicar un mayor esfuerzo en el sistema debido al incremento de demanda.
- No hay nodos con presión dinámica inferior a 20 m.c.a. en ningún año, lo que significa que no hay deficiencias en términos de presión mínima.
- Se reduce el número de nodos con presión dinámica excesiva (>50 m.c.a.), pasando de 24 en 2025 a solo 4 en 2050 y la presión dinámica máxima disminuye de 55.7 m.c.a. a 51.5 m.c.a. Aunque pueda parecer contradictorio, el aumento del caudal

y la demanda se suele traducirse en presiones menores en muchos puntos de la red, debido a mayores pérdidas de carga y a una red más exigida hidráulicamente.

3. CAPÍTULO III: PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN Y REFUERZOS PARA MEJORAR EL ABASTECIMIENTO DE LA RED

3.1 Identificación de tramos de tubería con deficiencias

La evaluación operativa de la red, detallada en el capítulo anterior, evidenció diversos sectores dentro del área de estudio en los cuales los parámetros hidráulicos establecidos por la Norma CO 10.07-601 (MIDUVI, 2015) no se cumplían adecuadamente.

Los principales problemas detectados fueron:

- Pérdidas de carga excesivas, superiores a los 12 metros por kilómetro (m/km) permitidos para sistemas de agua potable de distribución.
- Presiones elevadas en nodos específicos, superando el máximo admisible de 50 metros de columna de agua (m.c.a.).

Estas deficiencias fueron identificadas a través de simulaciones hidráulicas realizadas en el software WATERGEMS, las cuales incluyeron representaciones por colores que permitieron visualizar los sectores problemáticos, como se visualiza en la Ilustración 2.6.

En especial, los tramos de tuberías de menor diámetro concentraron la mayor cantidad de incumplimientos, reflejando una correlación directa entre la insuficiencia del diámetro y la magnitud de las pérdidas de carga.

Los tramos críticos que requerían intervención presentaban una combinación de las siguientes condiciones:

- Diámetros reducidos (inferiores a las necesidades de caudal proyectado para el año 2050).
- Altos gradientes hidráulicos (pérdidas >12 m/km).

La identificación precisa de estos sectores permitió establecer una priorización técnica para proponer medidas de optimización orientadas a corregir los principales parámetros hidráulicos de la red.

A continuación, se muestra las tuberías que no cumplían con la pérdida de carga máxima según norma:

Tabla 3.1 Tuberías que exceden pérdida de carga permitida (Norma CO 10.07-601)

N.º	Identificación del tramo	Diámetro actual (mm)	Valor observado
1	Av. 10 de Agosto, entre Av. Solano y Calle Eduardo Malo Andrade	110	14.053 m/km
2	Av. 10 de Agosto, entre Calle Eduardo Malo Andrade y Av. Roberto Crespo Toral	63	92.753 m/km
3	Calle Eduardo Malo Andrade, entre Av. 10 de Agosto y Av. Luis Moreno Mora	50	63.306 m/km
4	Calle Nicanor Aguilar, entre Av. Luis Moreno Mora y Calle Alejandro Vega Toral	50	35.743 m/km
5	Calle Alejandro Vega Toral, entre Calle Nicanor Aguilar y Calle Alberto Palacios	50	13.907 m/km
6	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Nicanor Aguilar y Av. Solano	63	69.979 m/km
7	Calle Daniel Palacios, entre Av. Roberto Crespo Toral y Calle Miguel Cordero Dávila	50	21.780 m/km
8	Calle Miguel Cordero Dávila, cruce de Calle Daniel Palacios	63	26.921 m/km
9	Calle Daniel Palacios, entre Calle Miguel Cordero Dávila y Calle Rafael Chico Peñaherrera	63	16.704 m/km
10	Calle Daniel Palacios, entre Calle Rafael Chico Peñaherrera y Calle Alfonso Cordero	50	35.552 m/km
11	Av. Roberto Crespo Toral, entre Calle Daniel Palacios y Calle Alfonso Cordero	63	37.651 m/km
12	Redondel Del Estadio, cruce de Av. Remigio Crespo Toral a Av. Roberto Crespo Toral	110	39.075 m/km
13	Av. Del Estadio, entre Av. Roberto Crespo Toral y Calle Manuel J	110	41.422 m/km
14	Av. Roberto Crespo Toral, entre Av. Del Estadio y Calle Miguel Cordero Dávila	63	16.904 m/km
15	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Alfonso Cordero y Calle Luis Sarmiento	60	25.523 m/km
16	Tramo Inicial Calle Manuel J, entre Calle Alfonso Cordero y Calle Cornelio Merchán	63	62.725 m/km
17	Calle Florencia Astudillo, entre Av. Solano y Cruce de Av. Federico Malo y Av. Del Estadio	110	68.237 m/km
18	Calle Florencia Astudillo, frente a Calle Tadeo Torres	63	70.064 m/km
19	Av. Federico Malo, entre Calle Florencia Astudillo y Av. 12 de Abril	110	13.189 m/km
20	Av. Solano, entre Calle Florencia Astudillo y Calle José Alvear	63	27.236 m/km
21	Calle José Alvear, entre Av. Solano y Calle Tadeo Torres	50	64.683 m/km
22	Calle Tadeo Torres, entre Calle Carlos Aguilar y Calle José Alvear	50	12.578 m/km

Fuente: Elaboración propia, a partir del Modelo Hidráulico 2050

3.2 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Pérdidas de Carga y Diámetros)

Con el fin de corregir los problemas observados, se procedió a realizar una modificación manual del modelo hidráulico de la red de abastecimiento del Sector Cruz Verde 4B2.

Esta intervención tuvo como objetivo principal garantizar el cumplimiento de los valores normativos para pérdidas de carga, fundamentales para asegurar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de la infraestructura.

La metodología empleada para la modificación del modelo fue la siguiente:

- **Aumento selectivo de diámetros de tuberías** en los tramos donde se registraban pérdidas de carga excesivas o fuera del rango permitido.
- **Revisión del comportamiento hidráulico posterior a cada ajuste**, mediante simulaciones iterativas, para validar la efectividad de las modificaciones implementadas.
- **Priorización del cambio de diámetro** en los tramos más críticos, buscando una solución técnica adecuada sin incurrir en sobredimensionamientos innecesarios que pudieran afectar el control de presiones.

Los nuevos diámetros fueron determinados considerando:

- El caudal máximo diario (QMD) proyectado para el año 2050.
- El cumplimiento de velocidades dentro del intervalo de 0.30 m/s a 2.00 m/s en todos los tramos de la red.
- El aseguramiento de pérdidas de carga menores a 12 m/km, en concordancia con los estándares técnicos vigentes.

Como resultado de este proceso de modificación manual:

- Se logró reducir los tramos de la red que presentaban pérdidas de carga superiores a los 12 m/km.
- Sin embargo, se observó un efecto colateral: el incremento de las presiones en varios nodos de la red, con valores que en algunos casos superaron los 50 m.c.a.

Este último fenómeno era esperado debido al aumento del área de sección transversal en los tramos intervenidos, lo cual reduce las pérdidas de carga, pero puede generar mayores presiones en zonas específicas.

Por lo tanto, si bien el ajuste de diámetros constituyó un avance importante hacia el cumplimiento de los parámetros hidráulicos normativos, se identificó la necesidad de implementar medidas adicionales de control de presiones, las cuales serán abordadas en secciones posteriores del presente estudio.

La actualización del modelo se realiza utilizando el software WATERGEMS, permitiendo validar técnicamente la viabilidad de las propuestas.

A continuación, se muestran los cambios de diámetros realizados en el modelo hidráulico:

Tabla 3.2 Optimización de diámetros en tramos críticos de la red de distribución

N.º	Identificación del tramo	Diámetro 2050 (mm)	Diámetro Optimizado (mm)
1	Redondel Del Estadio, cruce de Av. Remigio Crespo Toral a Av. Roberto Crespo Toral	110	200
2	Av. Del Estadio, entre Av. Roberto Crespo Toral y Calle Manuel J	110	200
3	Av. Del Estadio, entre Calle Manuel J y Calle José Peralta	110	200
4	Av. Roberto Crespo Toral, entre Av. Del Estadio y Av. 10 de Agosto	63	160
5	Av. Roberto Crespo Toral, entre Calle Daniel Palacios y Calle Alfonso Cordero	63	110
6	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Av. Solano y Calle Nicanor Aguilar	63	160
7	Calle Nicanor Aguilar, entre Calle Miguel Cordero Dávila y Av. Luis Moreno Mora	50	160
8	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Nicanor Aguilar y Calle Daniel Palacios	63	110
9	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Daniel Palacios y Av. Roberto Crespo Toral	50	110
10	Cruce entre Av. Luis Moreno Mora, Calle Eduardo Malo Andrade, Calle Nicanor Aguilar y Calle Alfonso Cordero	50	160
11	Av. 10 de Agosto, entre Calle Eduardo Malo Andrade y Av. Roberto Crespo Toral	63	110
12	Calle José Alvear, entre Av. Solano y Calle Tadeo Torres	50	63
13	Calle Tadeo Torres, entre Calle Carlos Aguilar y Calle José Alvear	50	63
14	Calle Florencia Astudillo, frente a Calle Tadeo Torres	63	110
15	Tramo Inicial Calle Manuel J, entre Calle Alfonso Cordero y Calle Cornelio Merchán	63	110

Fuente: Elaboración propia, a partir del Modelo Hidráulico 2050 y Propuesta de Optimización

Ilustración 3.1 Comparación de diámetros antes y después de la optimización de diámetros en el Sector Cruz Verde 4B2



Fuente: Elaboración propia, a partir del Modelo Hidráulico 2050 y Propuesta de Optimización

3.3 Resultados de Optimización para reducir la Pérdida de Carga

En el marco de la optimización hidráulica del sector Cruz Verde 4B2, se procedió a realizar una comparación entre las condiciones operativas de la red antes y después de la modificación manual de los diámetros de tubería, enfocándose en el cumplimiento de las pérdidas de carga establecidas en la Norma CO 10.07-601 (MIDUVI, 2015).

La Ilustración 3.2 presenta esta comparación gráfica:

En la figura izquierda, se observa el estado de la red bajo las condiciones proyectadas para el año 2050, antes de cualquier intervención. Los tramos en color rojo evidencian sectores donde las pérdidas de carga superan el límite permitido de 12 metros por kilómetro, indicando una condición inadecuada que comprometía la eficiencia del sistema.

En la figura derecha, se presenta el resultado posterior a la optimización de diámetros. Como se puede apreciar, la mayoría de los tramos ahora se encuentran en color verde, lo que indica que las pérdidas de carga fueron reducidas dentro de los rangos establecidos normativamente.

Ilustración 3.2 Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización de diámetros en el Sector Cruz Verde 4B2



Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de modelación hidráulica.

El proceso de ajuste de diámetros permitió:

- Eliminar los sectores críticos con pérdidas de carga elevadas.
- Mejorar significativamente la uniformidad del gradiente hidráulico a lo largo de toda la red.
- Cumplir de manera efectiva con las especificaciones técnicas de diseño y operación para sistemas de agua potable.

Es importante destacar que esta mejora en las pérdidas de carga constituye el primer paso en el proceso de optimización integral de la red, el cual contempla en fases posteriores el control de presiones elevadas detectadas tras la intervención.

3.4 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Presiones)

Posterior a la optimización de diámetros de tuberías para corregir las pérdidas de carga y velocidades, se detectaron sectores dentro del área de estudio que presentan presiones superiores a los 50 metros de columna de agua (m.c.a.), excediendo el límite máximo establecido en la Norma CO 10.07-601 (MIDUVI, 2015).

El análisis detallado evidenció la existencia de 96 nodos con presiones superiores al valor permitido, concentrándose principalmente en las zonas de menor elevación topográfica, situadas entre los 2561 m y 2562 m de altitud.

Esta situación representa un riesgo potencial para la integridad de la infraestructura, incrementando la probabilidad de fallas en conexiones, válvulas, y tuberías.

Para corregir las sobrepresiones detectadas, se propone la instalación de una válvula reductora de presión (PRV) en un punto estratégico de la red.

La válvula reductora de presión permitirá:

- Regular la presión aguas abajo del punto de instalación, asegurando que los nodos abastecidos mantengan presiones entre 45 m.c.a. y 50 m.c.a.
- Minimizar el riesgo de roturas en tuberías y prolongar la vida útil del sistema.
- Cumplir de forma efectiva con los requerimientos técnicos normativos.

La ubicación preliminar sugerida para la válvula reductora se establece considerando:

- Ubicación de la tubería que conduce el mayor flujo a la zona con problemas.
- Impacto hidráulico efectivo sobre la mayor cantidad de nodos con problemas de presión.

La Tabla 3.3 presenta el detalle de la ubicación preliminar de las válvulas, indicando para cada una el sector, el nodo de referencia, la presión inicial detectada, y la presión de consigna propuesta para la operación hidráulica.

Tabla 3.3 Ubicación preliminar de válvula reductora de presión (PRV) propuesta para el control de presiones en el sector Cruz Verde 4B2

N.º	Nombre de la PRV	Sector de Instalación	Nodo de Referencia	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión de Consigna (m.c.a.)	Observaciones
1	PRV-1	Av. Luis Moreno Mora y Av. Roberto Crespo Toral	4B2_N_1772	>60	<50	Reducción principal en zona baja

Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis hidráulico del modelo optimizado para el año 2050.

Con el fin de precisar la localización de la intervención, la siguiente ilustración identifica gráficamente el sector específico del modelo hidráulico en el que se proyecta la instalación de la válvula reductora de presión.

Ilustración 3.3 Ubicación propuesta de la válvula reductora de presión en el modelo hidráulico



Fuente: Elaboración propia, a partir de modelación hidráulica.

Para la implementación de la válvula reductora de presión, fue necesario bloquear determinados tramos de tubería dentro del modelo hidráulico, con el objetivo de evitar rutas alternativas de flujo que comprometieran el control eficiente de presiones. Este procedimiento se llevó a cabo en la simulación mediante la incorporación de nuevos nodos en puntos específicos de la red y la eliminación de los tramos residuales que permitían la continuidad del flujo hacia otros sectores.

Este tipo de intervención puede interpretarse como la instalación de tapones físicos o válvulas de seccionamiento configuradas en estado cerrado, permitiendo así la sectorización hidráulica. Además, la presencia de válvulas cerradas representa una ventaja operativa a futuro, ya que permitiría restablecer el flujo en caso de modificaciones o necesidades de mantenimiento en la red.

A continuación, se describen los tramos que fueron bloqueados durante la simulación.

Tabla 3.4 *Tramos bloqueados para control de flujo*

N.º	Identificación del tramo	Observación
1	Av. 12 de abril y Calle Florencia Astudillo	Bloqueo en la intersección de ambas calles
2	Av. José Peralta y Calle Cornelio Merchán	Previo al cruce entre ambas calles
3	Calle Manuel J y Calle Cornelio Merchán	Previo al cruce entre ambas calles
4	Calle Miguel Cordero Dávila y Calle Luis Sarmiento	Previo al cruce entre ambas calles
5	Av. Francisco Moscoso y Av. 10 de agosto	Bloqueo en la intersección de ambas calles
6	Av. 10 de agosto y Av. 27 de febrero	Posterior al redondel, eliminación de tubería perpendicular a la Av. 10 de agosto

Fuente: *Elaboración propia, a partir del modelo optimizado para el año 2050.*

3.5 Resultados de Optimización Provisional para Reducción de Presiones

A partir del análisis de presiones excesivas en la red optimizada, se propone la instalación de válvulas reductoras de presión (PRV) en tres ubicaciones estratégicas del sector Cruz Verde 4B2.

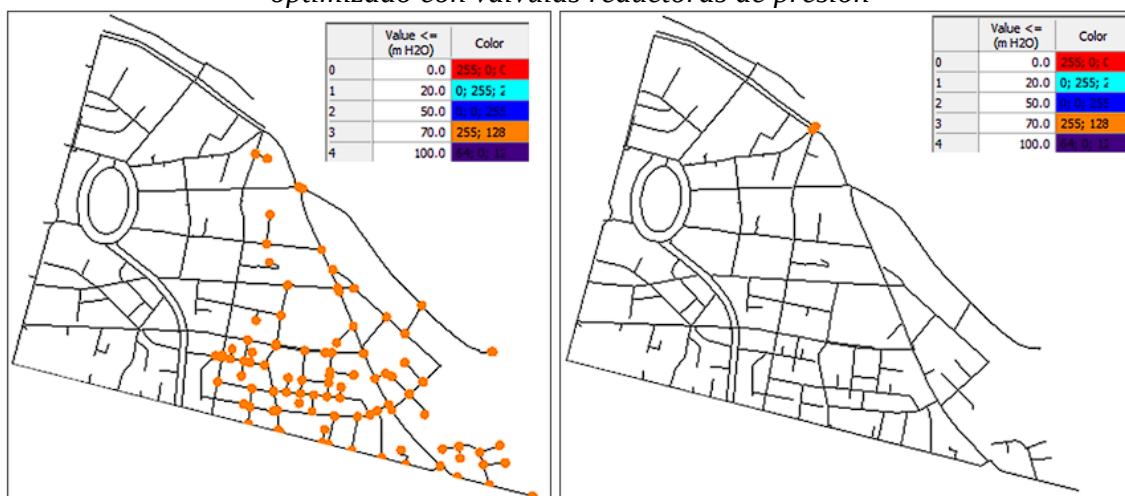
Estas válvulas permitirán garantizar que todas las presiones en la red se mantengan dentro del rango de operación establecido en la Norma CO 10.07-601 (MIDUVI, 2015), mejorando la eficiencia del sistema y reduciendo el riesgo de fallos por sobrepresión.

A continuación, se presenta una comparación gráfica de las presiones en la red:

- **Escenario 2050 original:** condiciones de presión antes de aplicar las válvulas reductoras.
- **Escenario 2050 optimizado con PRVs:** condiciones de presión después de la implementación de la válvula reductora de presión.

Esta comparación permite evidenciar la efectividad de la propuesta de control de presiones para asegurar que todos los nodos operen dentro del rango de presión establecido por la normativa vigente.

Ilustración 3.4 Comparación de presiones en la red: Escenario 2050 original vs 2050 optimizado con válvulas reductoras de presión



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

La comparación gráfica entre el escenario original proyectado para el año 2050 y el escenario optimizado evidencia una mejora significativa en el control de presiones dentro de la red de distribución.

Tras la implementación de la válvula reductora de presión en sectores estratégicos, las presiones máximas en los nodos fueron reducidas de forma efectiva, logrando que la totalidad de la red cumpla con el límite de 50 metros de columna de agua establecido por la Norma CO 10.07-601.

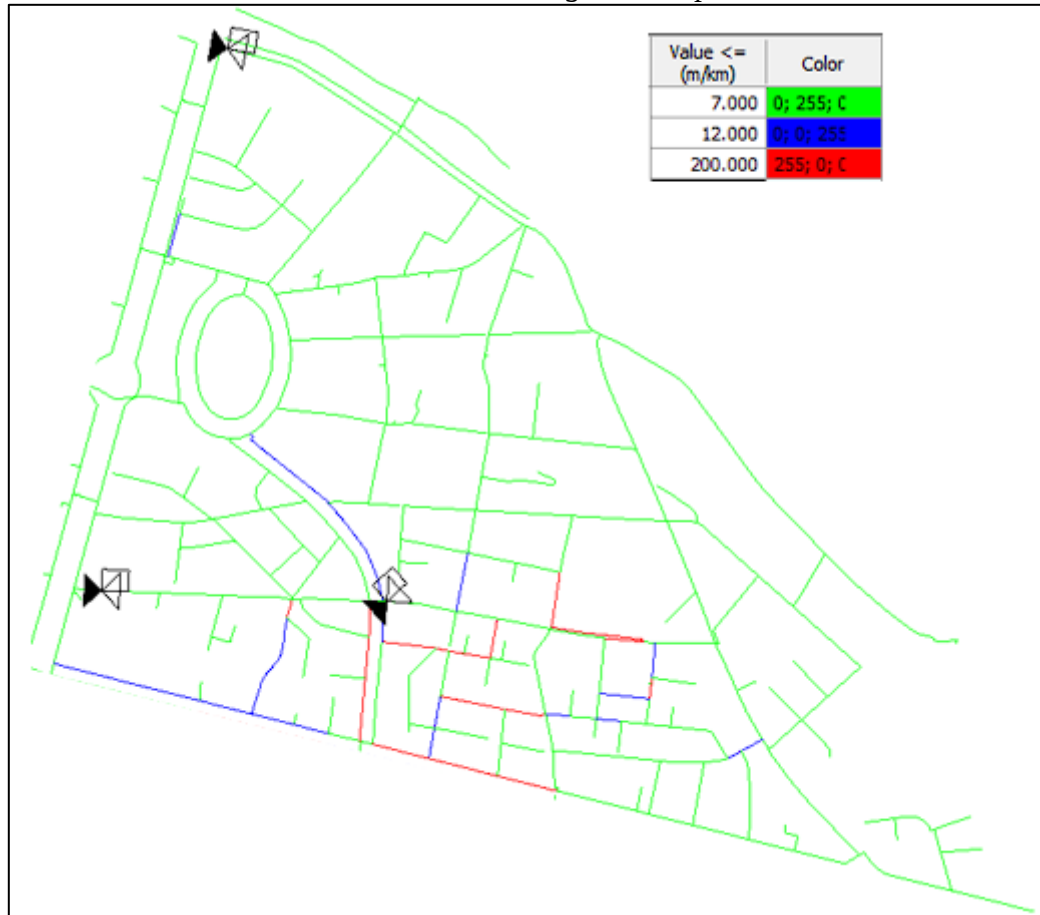
Se identificaron tres nodos que presentan presiones ligeramente superiores al límite establecido por la Norma CO 10.07-601. No obstante, el exceso máximo registrado es de apenas 0.90 m.c.a., por lo que dichos valores se consideran dentro de un margen aceptable de tolerancia, sin comprometer el cumplimiento normativo ni el funcionamiento adecuado del sistema.

Esto refleja una optimización integral del sistema, que no solo garantiza la eficiencia hidráulica en términos de pérdidas de carga y velocidades de flujo, sino también la seguridad operativa de la infraestructura.

3.5.1 Revisión del Modelo Hidráulico tras implemento de Válvula Rompe Presiones

Tras la implementación de la válvula reductora de presión (PRV), se identificaron tramos de tuberías que superan la pérdida de carga máxima permitida por la normativa. Esta condición se atribuye a las modificaciones estructurales realizadas en el modelo hidráulico, incluyendo los cortes aplicados para la sectorización y la incorporación de la válvula. La Ilustración 3.5 muestra el comportamiento del sistema resultante, destacando las pérdidas de carga generadas posterior a dicha intervención.

Ilustración 3.5 Pérdidas de carga tras implantación PRV



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico.

En la ilustración 3.5 se visualizan los tramos de la red que presentan pérdidas de carga superiores a los 12 m/km, representados en color rojo, como resultado de los ajustes estructurales introducidos con la implementación de la válvula reductora de presión. Se evidencia que, si bien la PRV contribuyó a un control más eficiente de las presiones estáticas, generó un nuevo patrón de distribución de caudales que incrementó localmente las pérdidas por fricción en determinados conductos. Esta condición requiere un ajuste adicional de diámetros para restablecer el cumplimiento normativo conforme a la Norma CO 10.07-601. A continuación, se detalla las pérdidas de carga de las tuberías superiores a 12m/km.

Tabla 3.5 Tuberías con pérdidas de carga superiores a 12 km/m

ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Pérdida de Carga (m/km)
872	9.6	50	AC	12.6
1119	20.75	63	PVC	40.7
1186	23.8	50	AC	13.9
1200	25.01	50	AC	92.6
1265	29.24	50	AC	29.2
1536	41.94	50	AC	80.1
1775	52.98	110	PVC	14.3
1933	61.29	50	PVC	34.2
1985	64.18	50	AC	60.3
2007	66.2	50	AC	64.3
2028	66.66	110	PVC	15.8
2255	86.87	63	PVC	68.7
2263	87.73	50	AC	12.3
2304	92.32	110	PVC	58.4
2360	99.05	110	PVC	45.9
2364	99.49	110	PVC	15.0
2391	104.39	50	AC	48.9
2444	112.94	110	PVC	50.1
2536	151.13	50	PVC	13.9

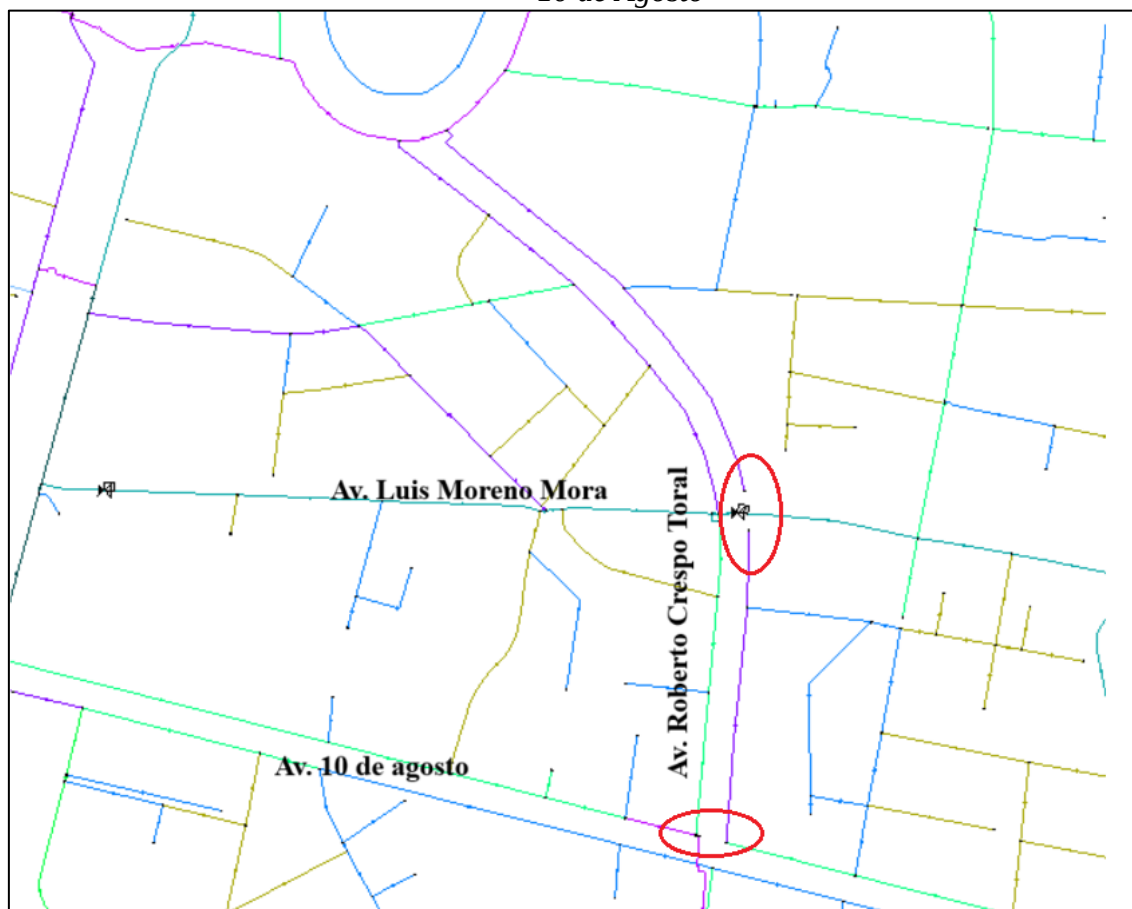
Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico.

3.5.2 Re-optimización del Modelo Hidráulico por pérdidas de carga

Para el control de las nuevas pérdidas de carga encontradas, se analizó las tuberías principales que estarían agregando demasiado flujo a la zona específica en la que existen estas pérdidas, por lo que, se determinó cortar el flujo de la tubería norte de la Av. Roberto Toral, específicamente en el cruce con la Av. Luis Moreno Mora y el tramo de tubería (lado norte) de la Av. 10 de agosto, en el cruce con la Av. Roberto Crespo Toral.

En la ilustración 3.6, se detalla los cortes de flujo de tubería realizados.

Ilustración 3.6 Ubicación del corte de flujo en Av. Roberto Crespo Toral y Av. 10 de Agosto

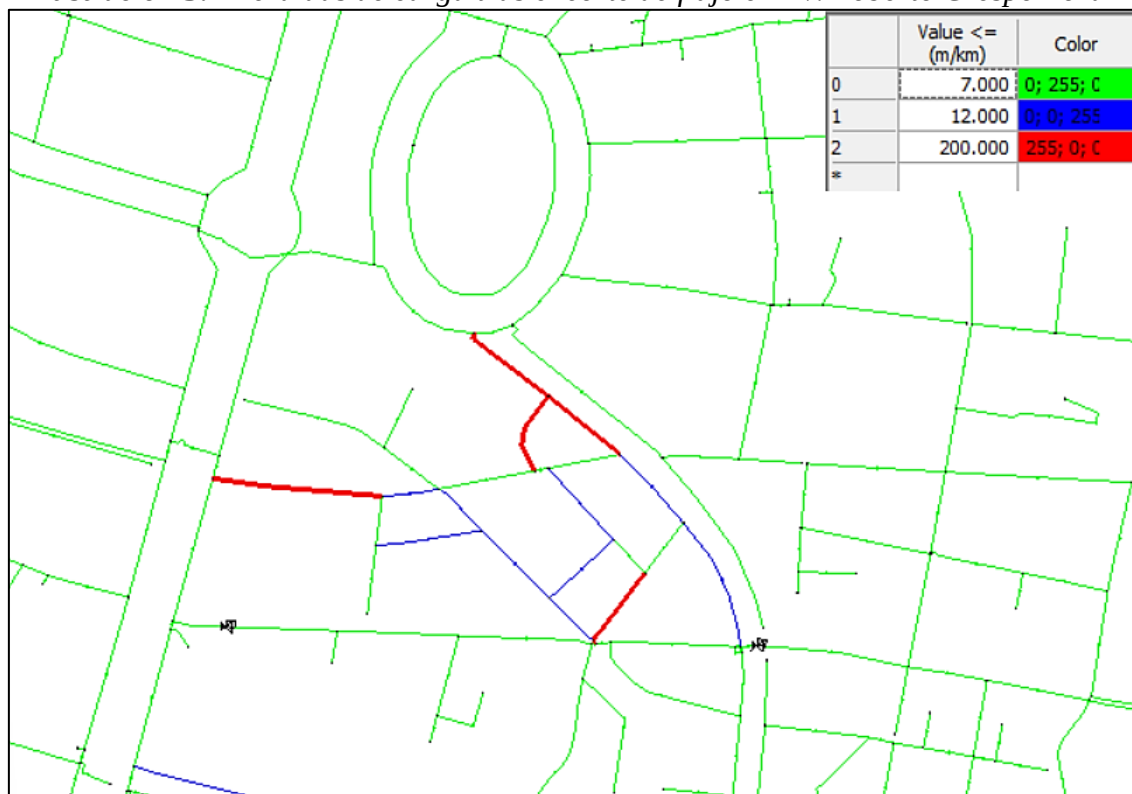


Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

Posterior a la implementación de los cortes de flujo en el sistema, se identificaron nuevas pérdidas de carga en determinados sectores de la red.

A continuación, se detallan las nuevas pérdidas de carga, los valores más críticos aparecieron en determinados tramos de las calles Roberto Crespo toral, Daniel Palacios, Alfonso Cordero y Miguel Cordero Dávila

Ilustración 3.7 Pérdidas de carga tras el corte de flujo en Av. Roberto Crespo Toral

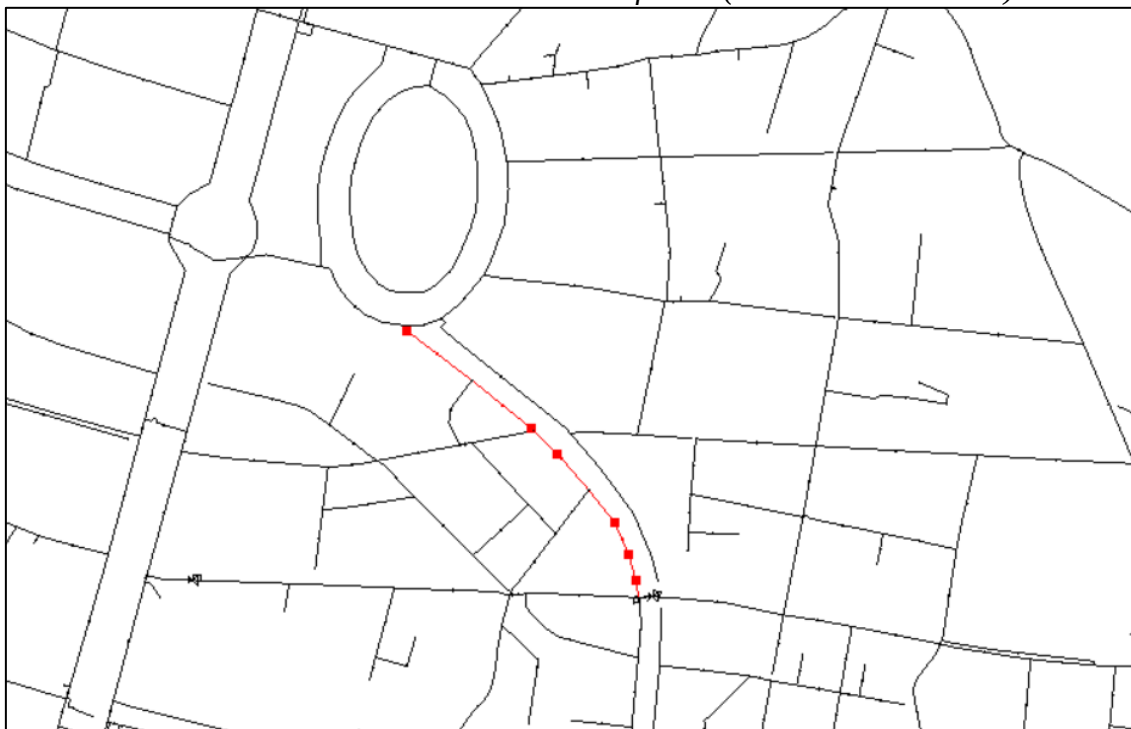


Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

Como medida correctiva, se determinó que la solución más eficiente consistía en incrementar nuevamente los diámetros de los tramos de tubería ubicados en el lado sur de la Av. Roberto Crespo Toral, específicamente entre la Av. del Estadio y la Av. Luis Moreno Mora.

La Ilustración 3.8 presenta de forma detallada el tramo de red correspondiente a esta intervención.

Ilustración 3.8 Tramo de Tubería Modificado (Cambio de Diámetro)



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

En la siguiente tabla se muestran los tramos de tubería modificados, con sus respectivas calles y label del modelo hidráulico.

Tabla 3.6 Tramo modificado para re-optimización

N.º	Tramo identificado	Label	Diámetro nuevo (mm)	Longitud (m)
1	Av. Roberto Crespo Toral, entre Av. Del Estadio y Av. Luis Moreno Mora (Lado Sur)	4B2_T_1810 4B2_T_1780 4B2_T_1786 4B2_T_2014	160	351.86

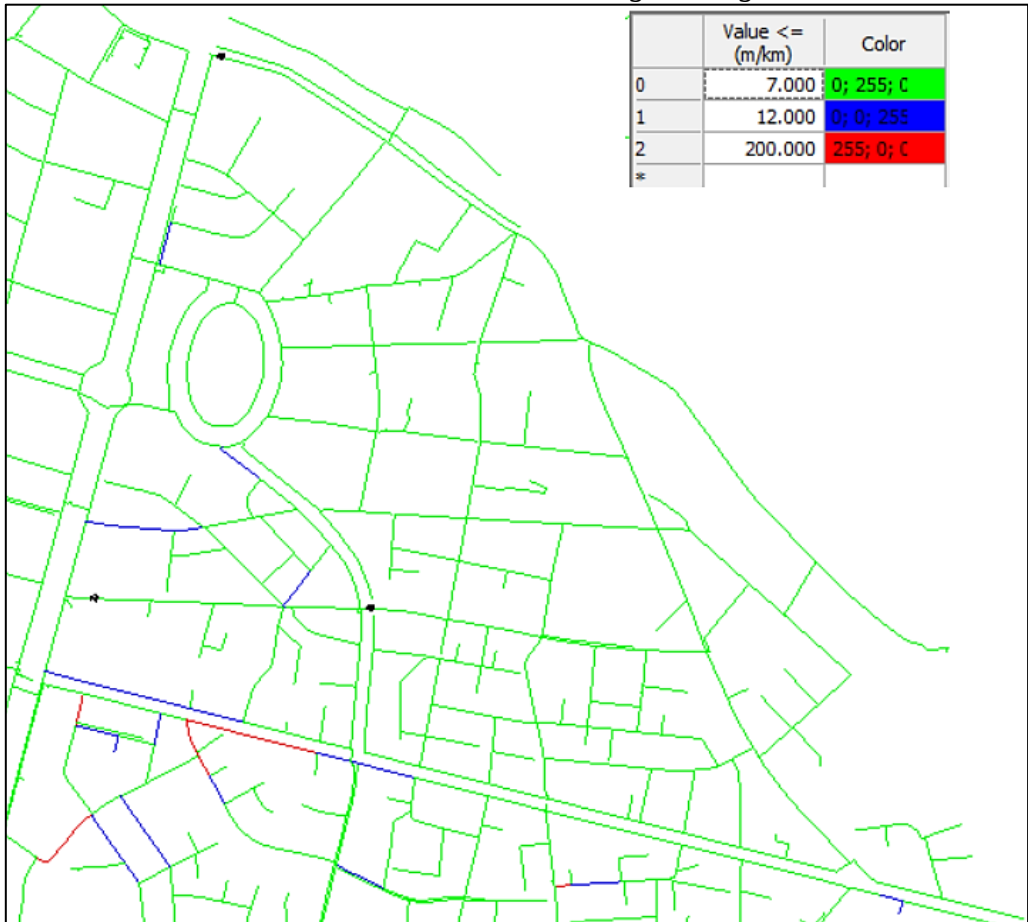
Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

Como resultado de las modificaciones implementadas en los tramos de tubería previamente descritos, se logró una reducción efectiva de las pérdidas de carga, ubicándolas dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente. La Ilustración 3.9

muestra la distribución de las pérdidas de carga corregidas a lo largo de toda el área de estudio.

Se observa que la mayoría de los tramos, representados en color verde, presentan pérdidas de carga inferiores a 7 m/km, lo cual indica un comportamiento hidráulico óptimo. Adicionalmente, se identifican cinco tramos señalados en color azul cuyas pérdidas de carga, si bien superan los 7 m/km, se mantienen dentro del rango permitido de hasta 12 m/km, conforme a los criterios técnicos aceptados.

Ilustración 3.9 *Perdidas de carga corregidas*



Fuente: *Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.*

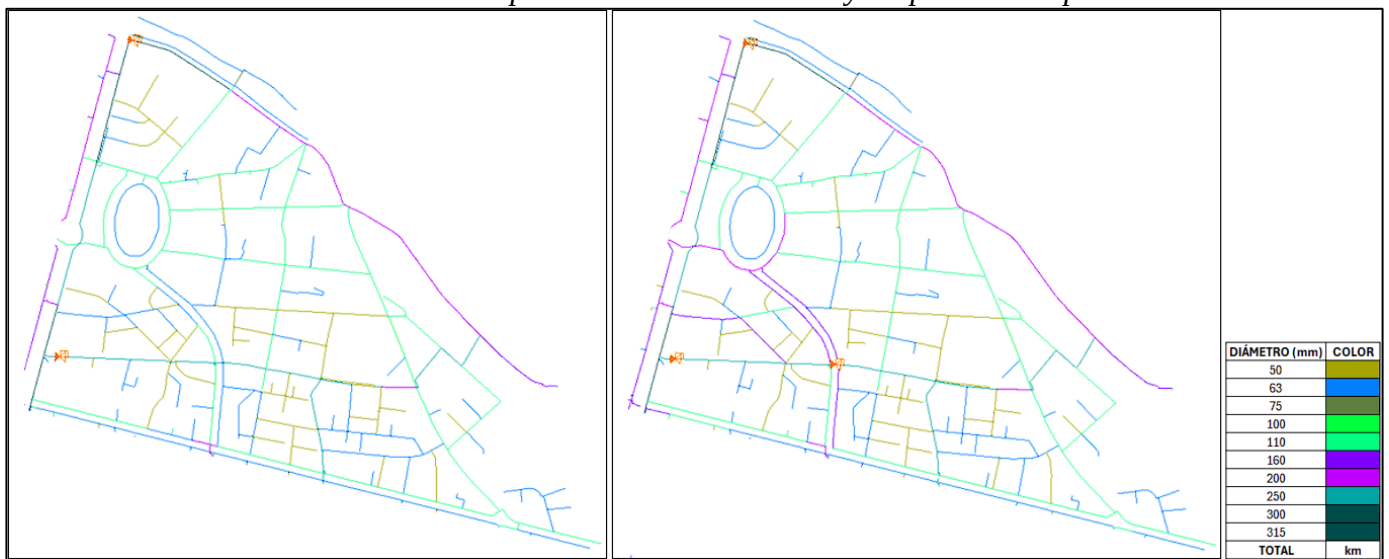
3.6 Resultados de la Optimización: Diámetros, Pérdidas de Carga y

Presiones

En este apartado se presentan gráficas comparativas que muestran el comportamiento del sistema antes y después de la optimización. Estas comparaciones permiten visualizar de forma clara las mejoras alcanzadas en tres aspectos fundamentales: diámetros de tuberías, pérdidas de carga y presiones en los nodos.

El análisis gráfico evidencia cómo las intervenciones aplicadas lograron cumplir con los parámetros establecidos por la normativa vigente, garantizando así un funcionamiento hidráulico más eficiente.

Ilustración 3.10 Comparación diámetros antes y después de la optimización



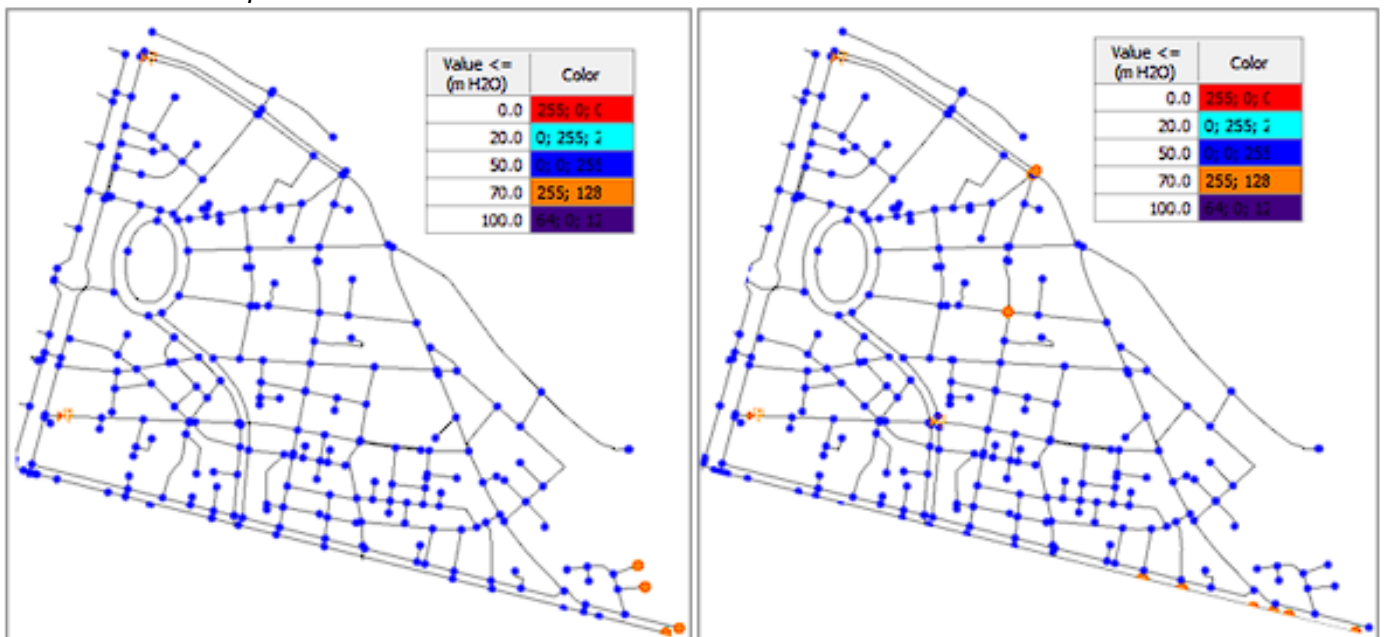
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.11 Comparación pérdidas de carga antes y después de la optimización



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3.12 Comparación presión en nodos antes y después de la optimización



Fuente: Elaboración propia.

3.7 Propuesta Técnica de Reforzamiento de la Red

Una vez concluido el proceso de optimización del modelo hidráulico, se presenta la propuesta técnica orientada a mejorar el desempeño operativo del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector de estudio (Cruz Verde 4b2 Norte).

Esta propuesta técnica dicta los cambios que se deberían implementar en la infraestructura del sistema para garantizar su capacidad de respuesta al incremento de demanda proyectado para el 2050.

Entre las propuestas principales están: sustitución de tramos de tubería con diámetros más grandes y la incorporación de una válvula reductora de presión.

3.7.1 Aumento en el diámetro de tuberías existentes

Se propone la sustitución de aquellos tramos de tubería que poseen un diámetro muy pequeño y que en el futuro generarían limitaciones en la capacidad hidráulica del sistema; estos tramos de tubería deberán ser reemplazados por otros de mayor diámetro.

La tabla 3.7 muestra un total de 15 tramos de tubería del sistema de agua potable que han sido identificados para ser reemplazados por tuberías de nuevo diámetro. En cada fila se detalla la ubicación del tramo, su respectivo identificador (label) utilizado en el modelo hidráulico, el nuevo diámetro propuesto en mm y la longitud en metros.

Entre los datos importantes se destaca que el tramo más largo a intervenir tiene una longitud de 585.56 metros, mientras que el más corto es de apenas 4.23 metros. En cuanto a los diámetros propuestos, el mayor corresponde a 200 mm y el menor a 63 mm, evidenciando una variabilidad en las dimensiones requeridas para adaptarse a las condiciones específicas de cada zona de la red. **La longitud total de tubería** a reemplazar asciende a **2347.87 metros**.

Tabla 3.7 Tramos de tubería y sus nuevos diámetros

Nº	Tramo identificado	Label	Diámetro nuevo (mm)	Longitud (m)
1	Redondel Del Estadio, cruce de Av. Remigio Crespo Toral a Av. Roberto Crespo Toral	4B2_T_2097 4B2_T_1946 4B2_T_1345	200	296.56
2	Av. Del Estadio, entre Av. Roberto Crespo Toral y Calle Manuel J	4B2_T_1605	200	58.49
3	Av. Del Estadio, entre Calle Manuel J y Calle José Peralta	4B2_T_2004	200	112.31
4	Av. Roberto Crespo Toral, entre Av. Del Estadio y Av. 10 de agosto (Lado Norte)	4B2_T_2119 4B2_T_2167 4B2_T_2117	160	585.56
5	Av. Roberto Crespo Toral, entre Av. Del Estadio y Av. Luis Moreno Mora (Lado Sur)	4B2_T_1810 4B2_T_1780 4B2_T_1786 4B2_T_2014	160	351.86
6	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Av. Solano y Calle Nicanor Aguilar	4B2_T_2086 4B2_T_1499	160	188.7
7	Calle Nicanor Aguilar, entre Calle Miguel Cordero Dávila y Av. Luis Moreno Mora	4B2_T_1518 4B2_T_1801 4B2_T_1524	160	178.75
8	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Nicanor Aguilar y Calle Daniel Palacios	4B2_T_1811 4B2_T_1168	110	92.14
9	Calle Miguel Cordero Dávila, entre Calle Daniel Palacios y Av. Roberto Crespo Toral	4B2_T_1627	110	60.54
10	Cruce entre Av. Luis Moreno Mora, Calle Eduardo Malo Andrade, Calle Nicanor Aguilar y Calle Alfonso Cordero	4B2_T_1061	160	4.23
11	Av. 10 de agosto, entre Calle Eduardo Malo Andrade y Av. Roberto Crespo Toral	4B2_T_1710 4B2_T_1594 4B2_T_1529	110	177.12
12	Calle José Alvear, entre Av. Solano y Calle Tadeo Torres	4B2_T_1962	63	114.19
13	Calle Tadeo Torres, entre Calle Carlos Aguilar y Calle José Alvear	4B2_T_1565	63	54.03
14	Calle Florencia Astudillo, frente a Calle Tadeo Torres	4B2_T_1335	110	32.08
15	Tramo Inicial Calle Manuel J, entre Calle Alfonso Cordero y Calle Cornelio Merchán	4B2_T_1182 4B2_T_1304	110	41.31
LONGITUD TOTAL TUBERÍA A CAMBIAR:				2347.87

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.8 se muestra un resumen de la tubería en general a cambiar con su respectivo diámetro y su longitud.

Se evidencia que la tubería de 160mm es la de mayor longitud a cambiar con 1309.1 metros, seguida la de 200mm con 467.36m, luego la tubería de 110mm con 403.19m y finalmente la de 63 mm la de menor longitud con 168.22 metros. Cabe recalcar que en todos los tramos se mantiene el tipo de material PVC.

Tabla 3.8 Longitudes de tubería por diámetro y material.

Diámetro(mm)	Longitud (m)	Material
63	168.22	PVC
110	403.19	PVC
160	1309.1	PVC
200	467.36	PVC
TOTAL:	2347.87 m	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Implementación de una válvula reductora de presión

Después de realizar la optimización en aquellos tramos de tubería a los que se les incremento el diámetro, se presentaron problemas de presión en el sector, específicamente en el lado ESTE, para lo cual, se propone implementar una válvula reductora de presión.

En la tabla 3.3 y en la Ilustración 3.3 presentadas anteriormente en la optimización de presiones, se detalla la ubicación exacta y características técnicas de la válvula reductora de presión.

A continuación, se presenta un resumen de la información principal para la ubicación de esta válvula:

Sector de Instalación: Av. Luis Moreno Mora y Av. Roberto Crespo Toral

Nodo de Referencia: 4B2_N_1772

Presión inicial (m.c.a): >60

Presión de consigna (m.c.a): <50

Para que la colocación de esta válvula resulte en el objetivo de disminuir presiones en el lado ESTE, fue necesario bloquear el flujo de agua en los tramos de tubería ubicados en las siguientes calles:

- Av. 12 de abril y Calle Florencia Astudillo
- Av. José Peralta y Calle Cornelio Merchán
- Calle Manuel J y Calle Cornelio Merchán
- Calle Miguel Cordero Dávila y Calle Luis Sarmiento
- Av. Francisco Moscoso y Av. 10 de agosto
- Av. 10 de agosto y Av. 27 de febrero
- Av. Roberto Crespo Toral y Av. Luis Moreno Mora
- Av. 10 de agosto y Av. Roberto Crespo Toral

En la tabla 3.4 descrita anteriormente y en la Ilustración 3.6 se muestra a más detalle los tramos bloqueados para controlar el flujo y así evitar presiones muy altas en los nodos del sector.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se exponen las conclusiones principales alcanzadas a partir del diagnóstico, análisis y optimización de la red de distribución de agua potable del sector Cruz Verde 4B2, proyectada hacia el año 2050. Asimismo, se presentan recomendaciones orientadas a la implementación práctica de las propuestas desarrolladas y al aseguramiento de un desempeño hidráulico eficiente y sostenible en el tiempo.

Conclusiones

Tras el análisis y optimización de la red de abastecimiento de agua potable del sector Cruz Verde 4B2, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El análisis hidráulico de la red de agua potable del Sector Cruz Verde 4B2 permitió identificar deficiencias significativas en su desempeño operativo, especialmente asociadas a pérdidas de carga excesivas y presiones elevadas en ciertos tramos.

El diagnóstico actual y la proyección al año 2050 revelan que, aunque la red fue diseñada para cubrir la demanda hasta el año 2030, la expansión urbana y el aumento poblacional acelerado han generado una demanda superior a la proyectada, evidenciando la necesidad de actualizar y reforzar el sistema de distribución existente.

La recopilación de datos técnicos proporcionados por ETAPA EP, como los planos, materiales de tubería, dotaciones y caudales, fue fundamental para la construcción de un modelo hidráulico preciso que permitió simular condiciones actuales y futuras del sistema.

A través del modelo hidráulico, se identificaron más de 2.5 km de tubería con pérdidas de carga superiores a 12 m/km y 96 nodos con presiones mayores a 50 m.c.a., cifras que superan los límites establecidos por la Norma CO 10.07-601 del MIDUVI.

La comparación entre el modelo original y el modelo optimizado para el año 2050 demostró que, tras las intervenciones propuestas, la red cumple con todos los parámetros hidráulicos establecidos.

La propuesta de optimización, que incluyó el aumento del diámetro en 15 tramos de tubería con una longitud total de 2347.87 metros (Tabla 3.8), los cortes de flujo mediante accesorios como tapones o válvulas de seccionamiento para independizar el flujo y la implementación de una válvula reductora de presión (PRV) estratégicamente ubicada, permitió reducir de forma considerable las pérdidas de carga y controlar las presiones dentro de los límites normativos, mejorando notablemente la eficiencia y seguridad del sistema

El uso de software de modelación hidráulica WATERGEMS resultó ser una herramienta técnica esencial, permitiendo simular diversos escenarios operativos y validar las soluciones propuestas.

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones:

Se recomienda a la Empresa ETAPA EP considerar la implementación de las propuestas técnicas planteadas en este estudio, dado que han demostrado su efectividad a través de simulaciones hidráulicas y cumplen con la normativa vigente.

Se sugiere iniciar con la sustitución prioritaria de los tramos de tubería con pérdidas de carga más elevadas, especialmente aquellos con diámetros pequeños, para evitar interrupciones frecuentes en el servicio y daños estructurales en el sistema de conducción.

Es necesario instalar válvulas reductoras de presión en las zonas de menor altitud, como se indica en la propuesta, para mitigar el riesgo de fallas por sobrepresiones y prolongar la vida útil de la red.

Se recomienda que futuras intervenciones consideren una planificación basada en el crecimiento urbano proyectado hasta más allá del año 2050, con el fin de evitar que la red vuelva a verse superada a mediano plazo.

Se recomienda que las instituciones académicas y de investigación, en coordinación con ETAPA EP, continúen desarrollando estudios similares en las otras zonas del sector Cruz Verde 4B2, ya que, en este estudio se analizó solo la zona específica descrita inicialmente.

Finalmente, se propone realizar mantenimientos periódicos y monitoreos operativos con el soporte de herramientas de modelación hidráulica, lo que permitirá anticipar problemas, tomar decisiones informadas y garantizar un abastecimiento eficiente y sostenible en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

Balladares Chicaiza, A., & Guamán Quishpe, B. (2012). *Proyecto sistema integral de agua potable para las comunidades de Chulcotoro y Calquín de la parroquia de Cochapamba*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1805/11/UPS-ST000852.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; Conducciones*. Ciudad de México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

ETAPA EP. (2022). *Agua Potable*. Obtenido de ETAPA EP: <https://www.etapa.net.ec/principal/agua-potable>

Giles, R. (1956). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Nueva York: McGraw-Hill.

MIDUVI (2015). *Código Ecuatoriano de la Construcción: Norma CO 10.07-601. Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (Mayo de 2018). *Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*. Obtenido de Ministerio del Ambiente del Ecuador: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Pacto Mundial Red Española. (s.f.). *ODS 6: Agua limpia y saneamiento*. Obtenido de Pacto Mundial Red Española: <https://www.pactomundial.org/ods/6-agua-limpia-y-saneamiento/>

Presidencia de la República del Ecuador. (2 de Octubre de 2023). *El acceso al agua es un derecho humano y el Estado lo garantiza*. Obtenido de Presidencia de la República del Ecuador: <https://www.presidencia.gob.ec/el-acceso-al-agua-es-un-derecho-humano-y-el-estado-lo-garantiza/>

Senagua. (2012). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito: Senagua.

Senagua. (2012). *Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito: Senagua.

UNICEF Ecuador. (18 de Octubre de 2021). *El agua, un derecho humano pendiente para los niños del Ecuador*. Obtenido de UNICEF Ecuador: <https://www.unicef.org/ecuador/comunicados-prensa/el-agua-un-derecho-humano-pendiente-para-los-ni%C3%B1os-del-ecuador>

Urgiles Mendieta, E. P. (2019). *Guía de diseño con criterios de operación y mantenimiento para captaciones, conducciones y redes de distribución de agua potable, de la empresa ETAPA EP*. Universidad del Azuay: Cuenca.

ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento de información comercial y de servicios de la zona de estudio.

NEGOCIO - RESTAURANTES COMIDA		NEGOCIOS VARIOS
Cafetería AMAR	Restaurante CARBONAZO	AUSTROGAS
Cafetería COFFE COR	Restaurante CASA DEL MARISCO	CARTOMANABI
Cafetería DNUEZZ	Restaurante CASMO	Celulares y tecnología
Cafetería MARAME	Restaurante CHICANO	PRESTIGE
Cafetería Morochos del Puente Roto	Restaurante CHILL&GRILL	Comercial PATRICIA
Cafetería QUE CAFÉ	Restaurante CHUMS	DHL
Cafetería SINFONÍA	Restaurante Cima	Disco bar AÑOS 80
Cafetería SN	Restaurante COMIDA CRIOLLA	Discoteca CHERNOBYL
Cafetería SWEET&COFFEE	Restaurante COOPERS 864	EQUIFRIGO
Cafetería TELICIOSO	Restaurante Cosecha 93	Equipos de limpieza HIDRO CLEAN
Cafetería UN BREAK	Restaurante COSTANERA 700	Equipos e insumos médicos SOINMED
Chifa LAMIAM	Restaurante CRAB	Ferretería COMERCIAL VIVAR
Chifa NUEVA CHINA	Restaurante DIMANA	Ferretería EL ARTESANO
Chifa SN	Restaurante DOÑA MENESTRA	Floristería FLOR DE LIMÓN
Distribuidora DISPEQ TESOROS DE ALTAMAR	Restaurante DOS SUCRES	HONDA
Heladería GREEN FROST	Restaurante DOT HOUSE	HYUNDAI
Heladería LA TIENDA	Restaurante EL CHARRÚA	Karaoke CHINA
Heladería Montebianco y Yogurt Persa	Restaurante EL NUEVO PARAÍSO	LA TABERNA
Heladería SAN FRANCISCO	Restaurante EL PUERTO	LEOM & CARPIO
Heladería TUTTO FREDDO	Restaurante EL REY DEL BURRITO	construcciones
Panadería DON BOSCO	Restaurante EL SABROSON	Llantas MOTORFIX
Panadería Márquez	Restaurante EMPANADAS DE PACO	Local ACUAMAN
Panadería MOTTA	Restaurante FIVE	Local de materiales CONSTRUGYPSUM
Panadería PAN QUE RICO SABOR	Restaurante GOLDEN PRAGUE	Local MASTER MOTO
Panadería PRIMITIVO	Restaurante GOZA	MARTINIZING
Panadería SN	Restaurante Green bananas	Micromercado YAHAU
Pastelería TULIPANO	Restaurante GUAJIBAMBA	Mueblería VITEFAMA
Pizzería DOMINOS	Restaurante HUMOR LIBRE	Museo DE LA MEDICINA
pizzería NAPOLITANA	Restaurante LA CASONA DEL PUENTE ROTO	Museo universitario U DE CUENCA
Pizzería PIATTO	Restaurante LA CEVICHIERIA GUAYACA	Negocio de Publicidad TRAFIC GRAFIC
PLAZA EUROPEA	Restaurante LA CREPERIA	Negocio HIDRO SERVICIO
Restaurante ALASAS	Restaurante LA ENFRIJOLADA	Negocios muebles DOBO
Restaurante BAI RES	Restaurante LA FIERA	Planetario
		SUPERMERCADO DE LAS MASCOTAS
		Tecnicentro TECNIFRENO

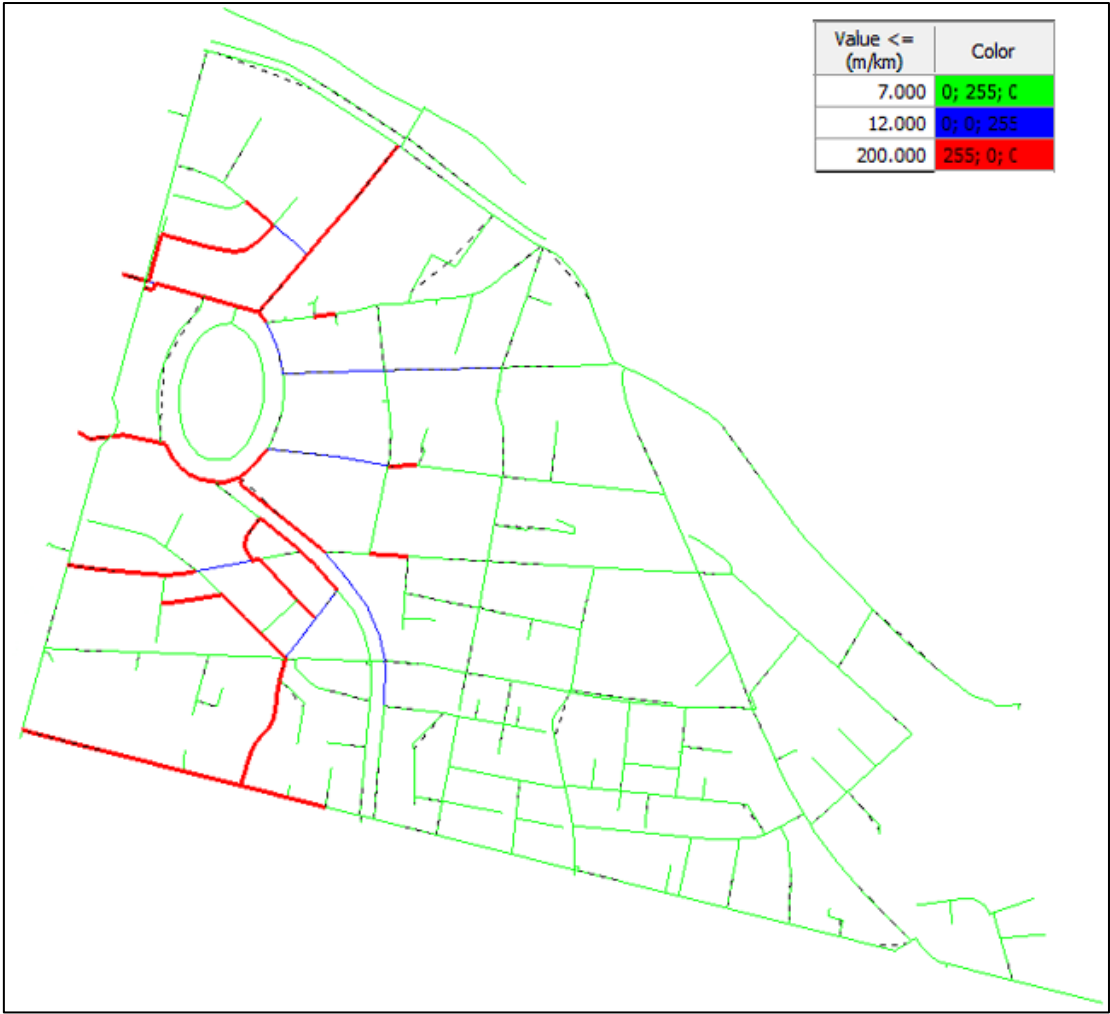
Restaurante BODEGA XD	Restaurante LA MÍA	Tienda de ollas ROYAL PRESTIGE
Restaurante BORICUAS	Restaurante LA SALUMERIA	Tienda de tatuajes
Restaurante Buchetos	Restaurante LA SERVIDA	Tienda de vinos LA GUARDA
Restaurante CAFÉ DEL PARQUE	Restaurante LACRAFT	Tienda LA VICTORIA
Restaurante PIZZA JUANJA	Restaurante McDonald's	Tienda YALO
Restaurante PUERTO MONTI	Restaurante Mr. Chuzo Señora costilla	
Restaurante ROCK FORK	Restaurante MY HOUSE	
Restaurante RUSTIC	Restaurante ORIGEN BISTRO	
Restaurante RUTA 66	Restaurante PACCARI	
Restaurante Sakura y Tacos de la Gonzales	Restaurante PARADISE	
Restaurante SEÑOR LOMO	Restaurante PICANTERÍA 10 DE AGOSTO	
Restaurante SEÑOR MIYAGI	Restaurante PIO PÍO	
Restaurante SIMPLE COCINA	Restaurante TOQUILLA	
Restaurante SMASH	Restaurante VIDAVENTURA	
Restaurante SOLANO BISTRO	Restaurante YUA	
Restaurante SOPHIE FOOD	Restaurante ZARUMEÑITA	
Restaurante SPORT WINGS	Restaurante ZIRCUS	
Restaurante TAIPÁ	Restaurantes EL CANGREJAL DEL ABOGADO	
Restaurante TERRAMAR	Tienda NAMASTÉ	
Restaurante THAI LOTUS	Restaurante PITTYS	
Restaurante Los ceviches de la Rumiñahui	Restaurante LATIDA	
Restaurante MANGOS	Restaurante CANIJO	
Restaurante MAX CHICKEN		

CUIDADO PERSONAL	LABORATORIOS CLINICOS	CENTROS EDUCATIVOS
Centro de Estética ACRIZA	Laboratorio ACCLAB	Centro control de tareas CLUB DE TAREAS
Centro de Estética SN	Laboratorio Biomolecular	Centro de atención infantil CADI
Estética PIEL Y VIDA	Laboratorio clínico CORELAB	Centro de desarrollo integral NEURODID
Estudio de Uñas MERAKI LAB	Laboratorio clínico GM	Centro de educación inicial EL MUNDO DE MOZART
Estudio de Uñas SN	Laboratorio clínico LABITEX	Centro de intervención psicopedagógico CENSIFO
Gym POWER HIT FITBOXING	Laboratorio clínico MGL GEN LAB	Escuela de empresas WISSEN
Gym TK FITNESS	Laboratorio clínico PLATINUM	Escuela de inglés BRITANIA GROUP OXFORD
Peluquería	LABORATORIO DE PATOLOGÍA	Instituto universitario SAN ISIDRO
Peluquería Dávila	CLINICAS - HOSPITALES	Kínder CARRUSEL
Peluquería DOMINGUEZ	AUDICFACIAL centro de audiología integral	Kínder CENTRO CRECERFELIZ
Peluquería EL BARBERO	AUDITIVA centro fonoaudiológico	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR HERMANO MIGUEL LA SALLE

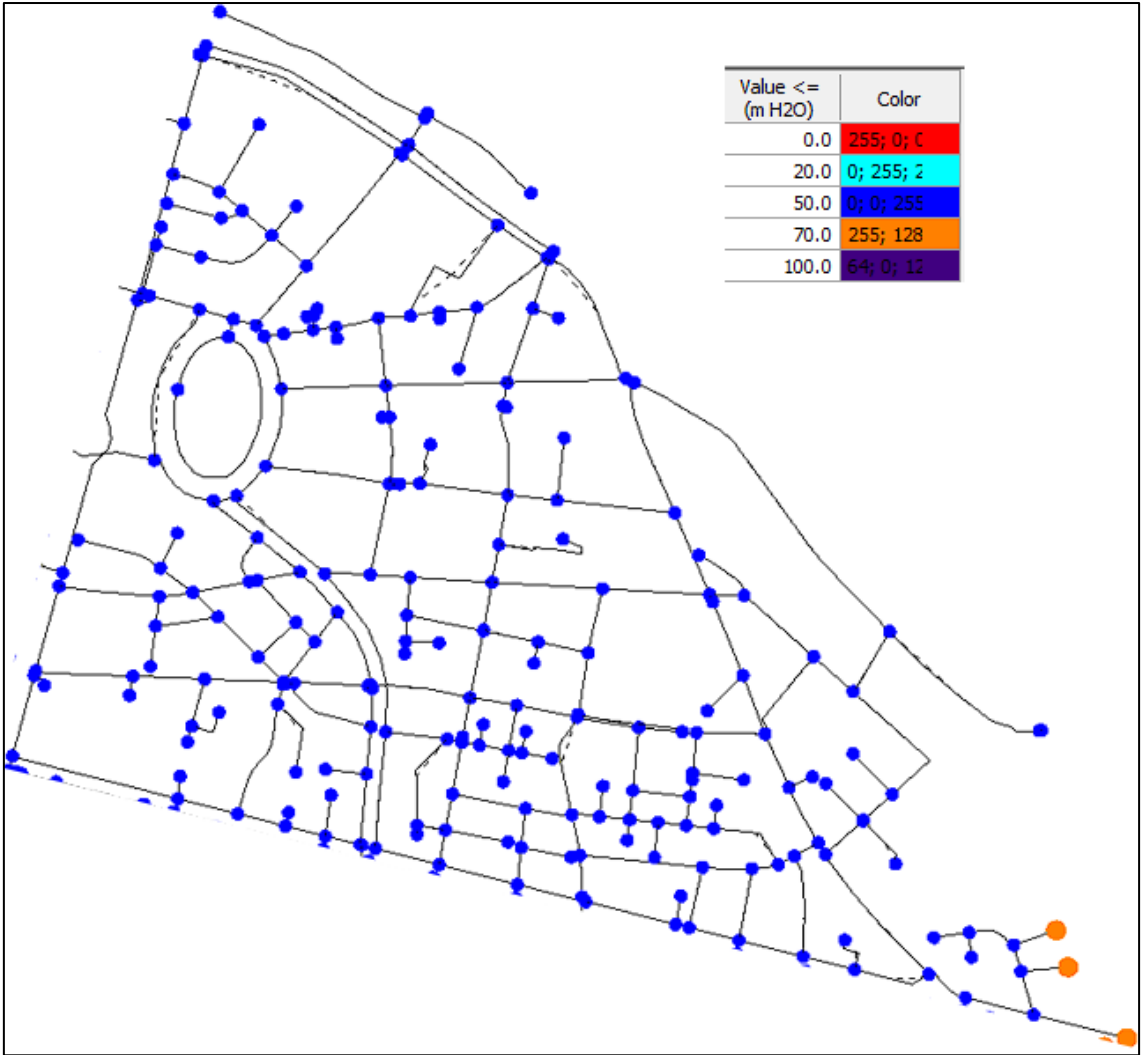
Peluquería HASACK	Centro de rehabilitación integral especializado	
Peluquería LASHES	Centro de salud	
Peluquería PREMIUM	NICANOR MERCHAN	
peluquería SUAVECITO	Centro fonoaudiológico SN	
Spa SPAZIO	Centro médico AUSTRO	
	Centro oftalmológico PONCE	
CONSULTORIOS - CLINICAS ODONTOLOGICAS	CLÍNICA DEL AUSTRO	FARMACIAS
Centro de especialidades odontólogos ORTHODENT	Clínica Estética healthy stetic	Farmacia MEDICITY
Centro odontológico Dentaclean	CLÍNICA PAUCARBAMBA	FARMACIA DERMASOFT
Centro odontológico DENTALCENTER	CLÍNICA SANTA ANA	Farmacia DIS
Centro odontológico FABIÁN POLO	Consultorios médicos EXCELLENCE CORPORACIÓN	Farmacia FARMALIANZA
Centro odontológico FUTURA	MÉDICA MONTE SINAÍ	Farmacia FYBECA
Centro odontológico GOLD DENTAL	CORPORE CLINIC	FARMACIA FYBECA 2
Centro odontológico LIFE DENTAL	Edificio MONTE SINAÍ	FARMACIA MEDICITY
Centro odontológico ODONTOMELL	Fisioterapia RECOVERY	Farmacia MEDICITY 2
Centro odontológico SERVI DENTAL	HOSPITAL MILITAR	Farmacia PHARMACYS
Centro odontológico SN	Hospital SAN JUAN DE DIOS	Farmacia PHARMACYS 2
Centro odontológico SN2	ORTHOPEDIATRIC medicina y odontología	FARMACIA POPULAR
Centro radiodiagnóstico BLUE SCAN 3D	PLAZA MÉDICA	Farmacia SANTO REMEDIO
Edificio ODONTOCENTER	VASCULARCLINIC	Farmacia SN
Especialidades odontológicas DENTALIES		Farmacia VID2
Radiología odontológica CERIOM		Farmacias MÍA
		FARMACIAS SUIZA
		Farmacias SUIZA 2
LAVADORAS - LAVANDERÍAS	CLINICAS VETERINARIAS	OPTICA
BURBUJAS planchado	Clínica veterinaria SN	Óptica CDO
Centro de planchado PLANCHA EXPRESS	Veterinaria EMMA	Óptica MENDOZA
H20 lavandería	Veterinaria MR.FISHER	Óptica OPTICENTER
LA RÁPIDA Y LAVACUENCA	Veterinaria SN	Óptica Soi ópticas
Lavadora y tecnicentro	veterinaria VET FAMILY	Óptica VISTA PARA SUS OJOS
MOLINA'S CAR	Veterinaria	Óptica ZONA ÓPTICA
LAVADORAS ECUADOR	VETERMEDIC	
	Veterinaria VETPRO	

BANCOS - COOPERATIVAS - MUTUALISTAS	EDIFICIOS	
BANCO BOLIVARIANO BANCO DEL AUSTRO BANCO GUAYAQUIL BANCO PACIFICO BANCO PICHINCHA Cooperativa CAJA Cooperativa CB Cooperativa COOPAC Cooperativa CREA Cooperativa DAQUILEMA Cooperativa LA MERCED Cooperativa JARDÍN AZUAYO Mutualista PICHINCHA Edificio PRODUBANCO	ALIANZA FRANCESA CASA UDA Condominio LAS CHIRIMOYAS Condominio PASEO DEL PUENTE Conjunto residencial EL HUASI Consejo de seguridad ciudadana de cuenca Consultorio jurídico U CATÓLICA Consultorio jurídico UDA Edificio Abogados Edificio ACRÓPOLIS Edificio ACUARIO Edificio ALY ZOO Edificio AP TECNOLOGÍA Edificio ATLANTIS Edificio CÁMARA DE COMERCIO CUENCA	Edificio MANYAPURA Edificio NIU HOM Edificio NOVA CUENCA Edificio NOVIS Edificio oficinas AMANCAY Edificio ÓNIX Edificio PÓRTICO DEL EJIDO Edificio PROCADURARIA GENERAL DEL ESTADO Edificio PYCCA Edificio RECOR Edificio SAN ANDRÉS Edificio SAN MARTÍN Edificio SANTA LUCIA Edificio SEGUROS EQUINOXIAL
OTROS RELEVANTES	Edificio CÁMARA DE COMERCIO CUENCA	Edificio SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS
C.C. MILLENIUM PLAZA Centro comercial EL VERGEL Discoteca VICTORIA Edificio ECU 911 Estadio Alejandro Serrano Aguilar Parque de la Madre Supermaxi Tienda Tuti	Edificio CÁMARA DE INDUSTRIAS DE CUENCA Edificio CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUENCA Edificio CICA Edificio COMPLEJO JUDICIAL DE CUENCA Edificio CONDOMINIO IBU PARK Edificio CUATRO RIOS Edificio de oficina LUXOR Edificio departamental SANTIAGO CARRASCO Edificio departamental ALUR Edificio departamental EL DOMO Edificio departamental GAVIOTA Edificio departamental MONET Edificio departamental SAN VICENTE DE PAUL Edificio EL ÁRBOL Edificio EL EJIDO Edificio ELECAUSTRO Edificio Fiscalía del Azuay	 Edificio Torres del Yanuncay Edificio WORKCENTER OFICINAS CORPORACIÓN LA FAVORITA Oficinas EMOV PLAZA COMERCIAL QANTU Torre BICENTENARIO
HOTEL - HOSTAL	Edificio FORUM	
Hostal NASS Hostal VILLA EMILIA Hotel LA CASONA Hotel RIONE Hotel VALGUS Hotel ZAHIR 360	Edificio GOE grupo de operaciones especializadas Edificio ICCA Edificio IMPAQTO coworking Edificio IMPERIO MULTICOMERCIO Edificio KAWSAY Edificio Lex Edificio MANSUR	

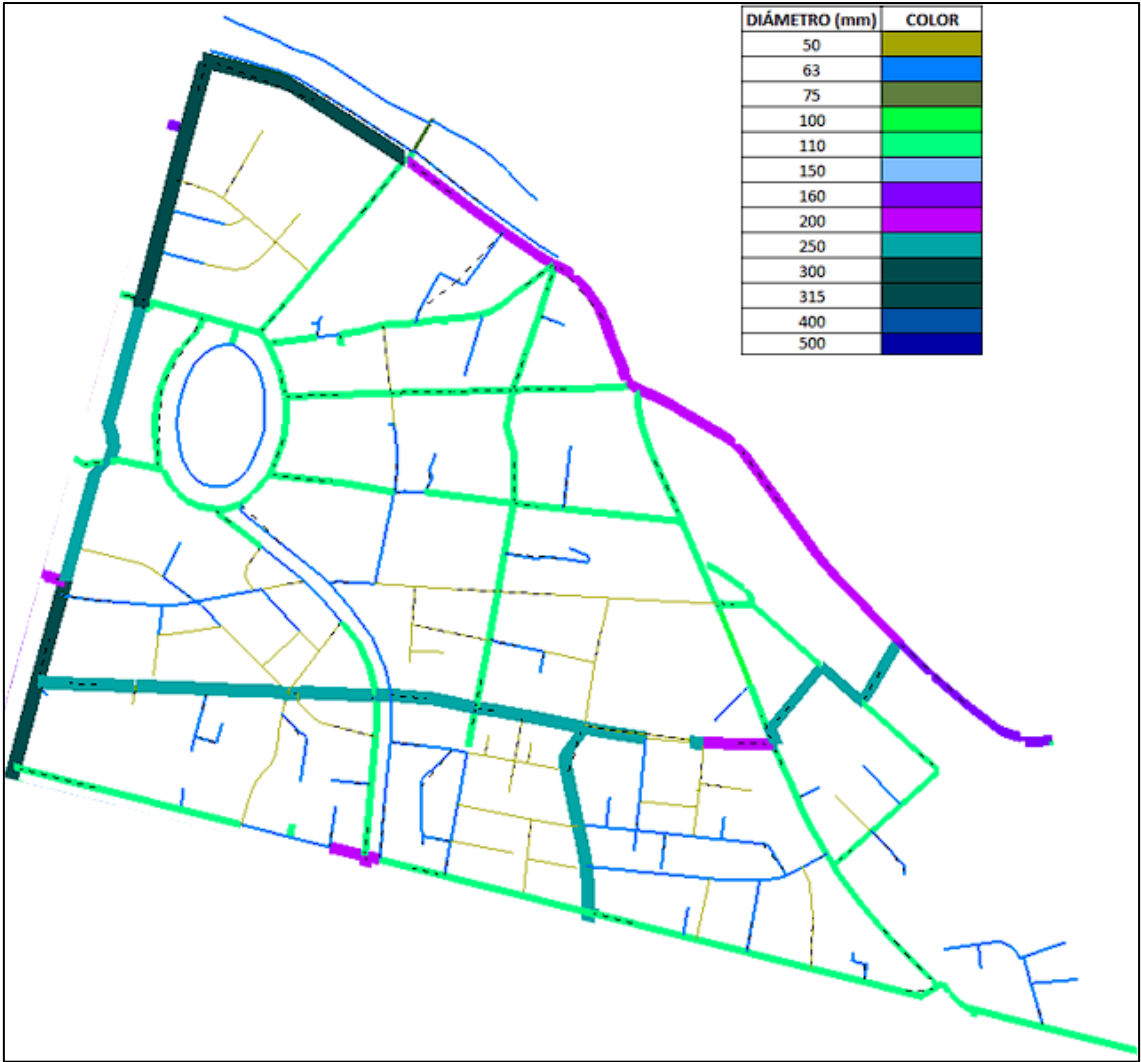
Anexo 2. Pérdidas de carga en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, modelo hidráulico 2050 sin optimizar



Anexo 3. Presiones en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*



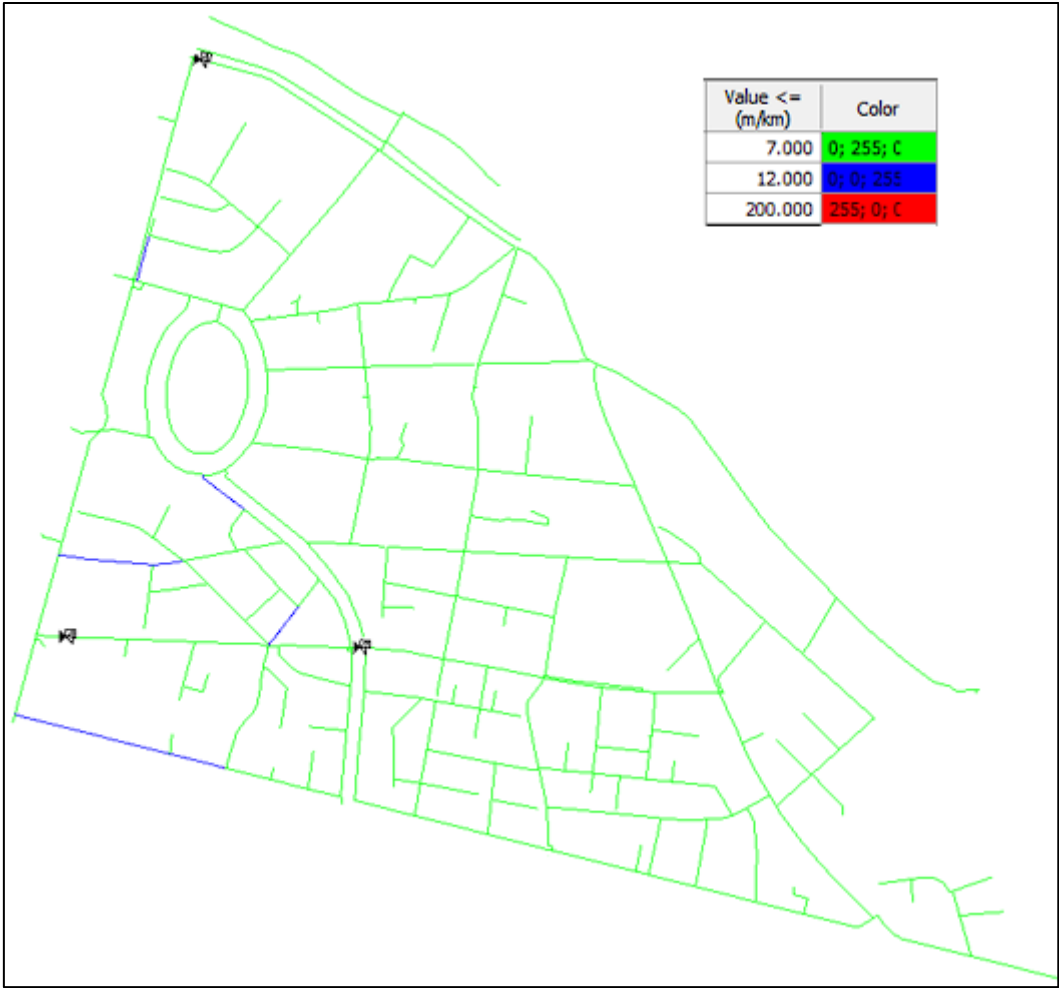
Anexo 4. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*



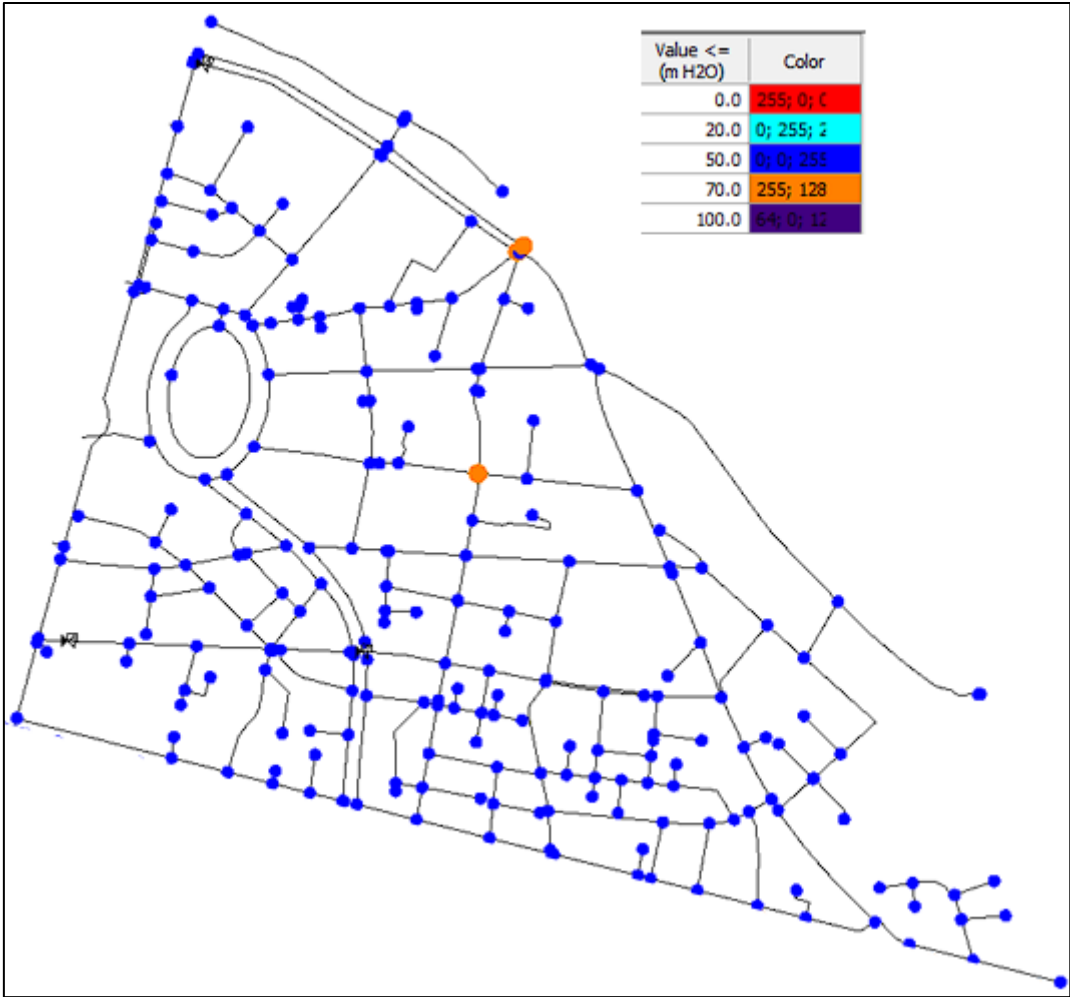
Anexo 5. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*



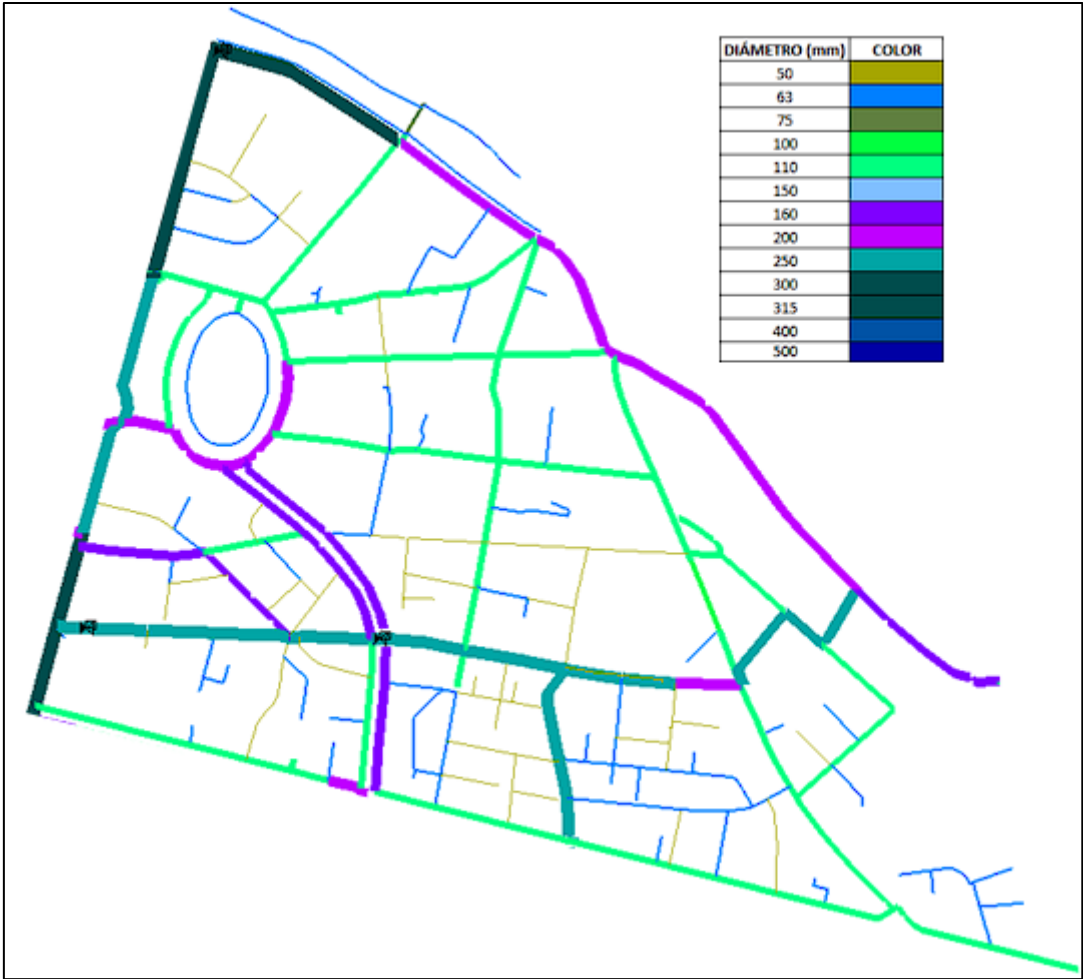
Anexo 6. Pérdidas de carga en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*



Anexo 7. Presiones en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*



Anexo 8. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*



Anexo 9. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*



Anexo 10. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*

ID	Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Grado Hidráulico (m)	Presión (m.c.a)
491	4B2_N_1007	2,514.00	1.25	2,549.49	35.4
492	4B2_N_1008	2,514.00	0.4	2,549.49	35.4
497	4B2_N_1011	2,507.54	0.04	2,548.45	40.8
498	4B2_N_1012	2,507.55	0.04	2,548.45	40.8
523	4B2_N_1028	2,502.74	0.18	2,548.48	45.6
524	4B2_N_1029	2,502.71	0.21	2,548.48	45.7
532	4B2_N_1034	2,516.24	0.03	2,551.39	35.1
533	4B2_N_1035	2,516.27	0.5	2,551.49	35.1
535	4B2_N_1036	2,513.21	0.2	2,548.72	35.4
536	4B2_N_1037	2,513.21	0.33	2,548.72	35.4
558	4B2_N_1051	2,519.97	0	2,549.61	29.6
559	4B2_N_1052	2,519.46	0	2,549.61	30.1
570	4B2_N_1059	2,515.09	0.22	2,548.64	33.5
571	4B2_N_1060	2,515.04	0.07	2,548.64	33.5
579	4B2_N_1065	2,516.42	0	2,549.61	33.1
580	4B2_N_1066	2,516.60	0	2,549.61	32.9
617	4B2_N_1090	2,499.19	0	2,548.85	49.6
618	4B2_N_1091	2,499.28	0.24	2,548.85	49.5
626	4B2_N_1096	2,513.32	0.23	2,549.49	36.1
627	4B2_N_1097	2,513.22	0.57	2,549.49	36.2
632	4B2_N_1100	2,515.76	0.14	2,548.64	32.8
633	4B2_N_1101	2,515.73	0	2,548.64	32.8
650	4B2_N_1111	2,510.09	0.33	2,548.55	38.4
651	4B2_N_1112	2,510.06	0.27	2,548.55	38.4
656	4B2_N_1115	2,515.74	0.09	2,548.95	33.1
658	4B2_N_1116	2,517.17	2.44	2,549.65	32.4
659	4B2_N_1117	2,517.16	0	2,549.61	32.4
673	4B2_N_1126	2,514.53	0.17	2,548.63	34
674	4B2_N_1127	2,514.46	0.15	2,548.63	34.1
697	4B2_N_1141	2,514.30	0.05	2,548.63	34.3
702	4B2_N_1144	2,514.00	0.3	2,549.42	35.4
703	4B2_N_1145	2,513.94	0.06	2,549.42	35.4
705	4B2_N_1146	2,519.86	0.07	2,553.12	33.2
719	4B2_N_1154	2,515.98	0	2,550.80	34.8
727	4B2_N_1158	2,506.36	0.08	2,548.48	42
762	4B2_N_1180	2,518.13	0.04	2,549.61	31.4
769	4B2_N_1184	2,523.83	0	2,564.61	40.7
770	4B2_N_1185	2,523.66	0.19	2,564.61	40.9
813	4B2_N_1210	2,525.00	0.02	2,564.53	39.4
814	4B2_N_1211	2,525.19	0	2,564.53	39.3
854	4B2_N_1236	2,509.19	0.07	2,548.48	39.2
855	4B2_N_1237	2,509.14	0.53	2,548.48	39.3
865	4B2_N_1242	2,516.42	0.14	2,550.02	33.5

866	4B2_N_1243	2,516.46	0	2,550.02	33.5
873	4B2_N_1247	2,506.42	0.22	2,548.50	42
878	4B2_N_1249	2,523.50	0.11	2,563.82	40.2
879	4B2_N_1250	2,523.73	0.08	2,563.92	40.1
898	4B2_N_1261	2,516.02	0.06	2,551.20	35.1
899	4B2_N_1262	2,516.22	0.01	2,551.20	34.9
901	4B2_N_1263	2,519.48	0.01	2,552.91	33.4
902	4B2_N_1264	2,519.63	0.04	2,552.91	33.2
913	4B2_N_1271	2,519.54	0.12	2,552.91	33.3
917	4B2_N_1273	2,507.80	0.46	2,548.84	41
918	4B2_N_1274	2,507.75	0.34	2,548.83	41
925	4B2_N_1278	2,515.65	0.22	2,548.63	32.9
930	4B2_N_1281	2,517.95	0.15	2,552.51	34.5
931	4B2_N_1282	2,518.22	0.12	2,552.20	33.9
955	4B2_N_1295	2,513.45	0	2,548.47	34.9
956	4B2_N_1296	2,513.35	0.39	2,548.47	35.1
969	4B2_N_1303	2,509.76	0.63	2,549.28	39.4
970	4B2_N_1304	2,509.53	1.26	2,549.26	39.6
1004	4B2_N_1321	2,518.89	0.01	2,550.66	31.7
1005	4B2_N_1322	2,518.70	0.26	2,550.66	31.9
1029	4B2_N_1336	2,514.19	0.16	2,548.85	34.6
1030	4B2_N_1337	2,514.34	0.07	2,548.85	34.4
1035	4B2_N_1340	2,523.83	0.29	2,564.56	40.7
1056	4B2_N_1352	2,509.46	0.13	2,548.44	38.9
1057	4B2_N_1353	2,509.79	0.16	2,548.45	38.6
1064	4B2_N_1357	2,520.16	0.07	2,553.26	33
1065	4B2_N_1358	2,520.50	0.18	2,553.69	33.1
1068	4B2_N_1360	2,500.36	0.15	2,547.90	47.4
1070	4B2_N_1361	2,503.96	0.15	2,548.47	44.4
1071	4B2_N_1362	2,503.83	0.4	2,548.46	44.5
1082	4B2_N_1368	2,517.32	0.11	2,553.61	36.2
1083	4B2_N_1369	2,517.07	0.19	2,553.61	36.5
1085	4B2_N_1370	2,507.13	0.17	2,548.36	41.1
1086	4B2_N_1371	2,506.75	0.1	2,548.34	41.5
1088	4B2_N_1372	2,523.00	0.14	2,564.56	41.5
1089	4B2_N_1373	2,523.23	1.14	2,564.55	41.2
1096	4B2_N_1377	2,514.70	0.27	2,548.64	33.9
1098	4B2_N_1378	2,507.00	0.29	2,548.80	41.7
1099	4B2_N_1379	2,506.62	0.18	2,548.80	42.1
1101	4B2_N_1380	2,524.62	0	2,564.53	39.8
1103	4B2_N_1381	2,519.39	0.1	2,552.91	33.5
1120	4B2_N_1392	2,510.78	0.17	2,548.47	37.6
1121	4B2_N_1393	2,511.03	0.48	2,548.48	37.4
1127	4B2_N_1396	2,528.60	0.48	2,564.51	35.8
1164	4B2_N_1417	2,522.39	0.13	2,548.62	26.2
1165	4B2_N_1418	2,525.74	0.03	2,548.62	22.8

1187	4B2_N_1431	2,506.40	0.28	2,548.44	42
1198	4B2_N_1437	2,504.87	0.2	2,548.36	43.4
1199	4B2_N_1438	2,504.53	0.28	2,548.37	43.7
1201	4B2_N_1439	2,510.47	0.12	2,548.45	37.9
1213	4B2_N_1445	2,520.99	0	2,555.77	34.7
1214	4B2_N_1446	2,521.03	0.03	2,555.77	34.7
1227	4B2_N_1453	2,524.00	0.03	2,561.99	37.9
1228	4B2_N_1454	2,524.10	0.14	2,561.99	37.8
1240	4B2_N_1460	2,520.81	0.08	2,548.64	27.8
1241	4B2_N_1461	2,521.82	0	2,548.64	26.8
1251	4B2_N_1465	2,515.50	0.4	2,549.53	34
1264	4B2_N_1472	2,507.65	0.09	2,548.44	40.7
1266	4B2_N_1473	2,516.21	0.85	2,549.46	33.2
1270	4B2_N_1475	2,510.98	0.18	2,548.44	37.4
1277	4B2_N_1479	2,512.09	0.27	2,548.63	36.5
1278	4B2_N_1480	2,511.87	0.11	2,548.63	36.7
1282	4B2_N_1482	2,509.65	0.03	2,548.44	38.7
1296	4B2_N_1488	2,522.49	0.26	2,552.23	29.7
1297	4B2_N_1489	2,522.11	0.02	2,552.29	30.1
1311	4B2_N_1497	2,524.04	0.6	2,561.14	37
1312	4B2_N_1498	2,526.60	0.04	2,561.14	34.5
1324	4B2_N_1504	2,505.82	0.15	2,548.37	42.5
1325	4B2_N_1505	2,505.78	0.22	2,548.37	42.5
1340	4B2_N_1513	2,520.07	0.14	2,554.38	34.2
1341	4B2_N_1514	2,520.00	0.17	2,553.63	33.6
1375	4B2_N_1533	2,499.58	0.16	2,547.54	47.9
1376	4B2_N_1534	2,499.78	0.1	2,547.54	47.7
1385	4B2_N_1539	2,504.93	0.32	2,548.62	43.6
1386	4B2_N_1540	2,503.91	0.17	2,548.62	44.6
1399	4B2_N_1546	2,514.77	0.24	2,548.88	34
1416	4B2_N_1555	2,505.43	0.33	2,548.33	42.8
1418	4B2_N_1556	2,517.00	0.24	2,550.86	33.8
1419	4B2_N_1557	2,516.61	0.18	2,549.52	32.8
1430	4B2_N_1563	2,510.35	0.05	2,549.49	39.1
1431	4B2_N_1564	2,510.44	0.31	2,549.48	39
1433	4B2_N_1565	2,498.44	0.31	2,547.61	49.1
1434	4B2_N_1566	2,498.76	0.28	2,547.56	48.7
1457	4B2_N_1579	2,508.51	0.15	2,548.51	39.9
1458	4B2_N_1580	2,507.86	0.13	2,548.46	40.5
1463	4B2_N_1582	2,523.92	0.35	2,564.61	40.6
1465	4B2_N_1583	2,506.44	0.14	2,548.40	41.9
1473	4B2_N_1587	2,507.11	0.16	2,548.42	41.2
1493	4B2_N_1599	2,512.56	0.23	2,548.48	35.8
1498	4B2_N_1602	2,507.05	0.07	2,548.36	41.2
1505	4B2_N_1606	2,507.36	0.3	2,548.45	41
1508	4B2_N_1607	2,522.83	0.23	2,552.06	29.2

1518	4B2_N_1612	2,517.19	0.28	2,550.16	32.9
1526	4B2_N_1616	2,519.32	0.11	2,554.43	35
1527	4B2_N_1617	2,518.54	0.85	2,554.67	36.1
1567	4B2_N_1636	2,519.06	0.12	2,548.62	29.5
1569	4B2_N_1637	2,507.78	0.17	2,548.46	40.6
1583	4B2_N_1644	2,503.00	0.16	2,548.16	45.1
1584	4B2_N_1645	2,502.99	0.22	2,548.16	45.1
1586	4B2_N_1646	2,508.53	0.12	2,548.43	39.8
1618	4B2_N_1662	2,510.15	0.1	2,548.44	38.2
1620	4B2_N_1663	2,516.62	2.12	2,550.91	34.2
1622	4B2_N_1664	2,517.97	0.12	2,550.40	32.4
1663	4B2_N_1683	2,513.84	0.11	2,548.85	34.9
1665	4B2_N_1684	2,517.37	0.1	2,553.31	35.9
1673	4B2_N_1688	2,506.78	0.7	2,548.82	42
1691	4B2_N_1696	2,512.81	0.13	2,548.55	35.7
1701	4B2_N_1701	2,516.00	0.23	2,553.20	37.1
1703	4B2_N_1702	2,521.86	0.46	2,558.87	36.9
1708	4B2_N_1705	2,507.41	0	2,548.42	40.9
1710	4B2_N_1706	2,500.07	0.08	2,547.54	47.4
1716	4B2_N_1709	2,516.00	0.32	2,550.73	34.7
1725	4B2_N_1713	2,516.17	0.08	2,548.65	32.4
1746	4B2_N_1724	2,512.00	0.46	2,548.47	36.4
1757	4B2_N_1730	2,516.65	0.09	2,549.04	32.3
1759	4B2_N_1731	2,510.77	0.4	2,548.50	37.7
1760	4B2_N_1732	2,510.00	0.05	2,548.49	38.4
1774	4B2_N_1738	2,515.68	0.29	2,549.85	34.1
1776	4B2_N_1739	2,513.14	0.21	2,548.63	35.4
1779	4B2_N_1740	2,515.53	0.31	2,549.23	33.6
1786	4B2_N_1743	2,520.96	0.37	2,552.96	31.9
1787	4B2_N_1744	2,521.15	0.43	2,552.89	31.7
1792	4B2_N_1746	2,513.36	0.43	2,548.98	35.5
1793	4B2_N_1747	2,513.38	0.81	2,548.85	35.4
1802	4B2_N_1751	2,518.00	0.24	2,553.25	35.2
1803	4B2_N_1752	2,518.65	0.23	2,553.25	34.5
1811	4B2_N_1756	2,501.37	0.38	2,548.53	47.1
1815	4B2_N_1758	2,509.98	0.23	2,548.48	38.4
1838	4B2_N_1770	2,516.67	0.47	2,550.67	33.9
1841	4B2_N_1771	2,510.82	0.03	2,548.60	37.7
1842	4B2_N_1772	2,512.35	0.42	2,548.60	36.2
1846	4B2_N_1774	2,515.05	0.04	2,549.53	34.4
1858	4B2_N_1778	2,520.01	0.11	2,554.42	34.3
1866	4B2_N_1782	2,508.96	0.44	2,548.50	39.5
1874	4B2_N_1786	2,514.10	0.16	2,548.63	34.5
1875	4B2_N_1787	2,515.57	0.17	2,548.63	33
1877	4B2_N_1788	2,519.99	0.71	2,552.79	32.7
1879	4B2_N_1789	2,515.40	0.05	2,548.65	33.2

1916	4B2_N_1805	2,517.04	0.06	2,551.95	34.8
1934	4B2_N_1814	2,508.57	0.15	2,548.55	39.9
1939	4B2_N_1816	2,501.35	0.57	2,548.10	46.7
1961	4B2_N_1823	2,496.98	0.22	2,547.55	50.5
1963	4B2_N_1824	2,518.96	0.2	2,554.06	35
1970	4B2_N_1827	2,498.54	0.57	2,547.84	49.2
1981	4B2_N_1833	2,517.00	0.45	2,550.72	33.7
1986	4B2_N_1835	2,510.64	0.22	2,548.58	37.9
1999	4B2_N_1840	2,519.99	0.65	2,552.36	32.3
2001	4B2_N_1841	2,522.44	0.62	2,560.35	37.8
2019	4B2_N_1847	2,497.41	0.25	2,547.60	50.1
2051	4B2_N_1859	2,519.10	0.31	2,548.64	29.5
2056	4B2_N_1861	2,519.82	0.56	2,560.04	40.1
2058	4B2_N_1862	2,506.63	0.49	2,548.34	41.6
2060	4B2_N_1863	2,524.20	0.07	2,552.06	27.8
2068	4B2_N_1866	2,513.39	0.39	2,549.21	35.7
2069	4B2_N_1867	2,511.78	0.65	2,549.14	37.3
2079	4B2_N_1870	2,506.59	0.65	2,548.80	42.1
2080	4B2_N_1871	2,506.76	0.34	2,548.78	41.9
2087	4B2_N_1873	2,509.59	0.01	2,548.49	38.8
2090	4B2_N_1874	2,510.87	0.63	2,548.54	37.6
2095	4B2_N_1875	2,505.41	0.1	2,548.49	43
2100	4B2_N_1877	2,505.37	0.4	2,548.29	42.8
2117	4B2_N_1881	2,503.46	0.27	2,548.43	44.9
2122	4B2_N_1883	2,505.01	0.66	2,548.81	43.7
2123	4B2_N_1884	2,503.21	0.66	2,548.82	45.5
2132	4B2_N_1887	2,504.24	0.4	2,548.22	43.9
2150	4B2_N_1892	2,502.38	0.78	2,548.38	45.9
2175	4B2_N_1897	2,519.61	0.67	2,552.66	33
2184	4B2_N_1900	2,524.00	0.23	2,552.22	28.2
2187	4B2_N_1901	2,502.91	0.22	2,548.52	45.5
2215	4B2_N_1904	2,505.52	0.51	2,548.80	43.2
2222	4B2_N_1905	2,515.00	0.38	2,549.54	34.5
2241	4B2_N_1909	2,508.20	0.24	2,548.82	40.5
2256	4B2_N_1912	2,512.61	0.42	2,548.73	36
2271	4B2_N_1914	2,511.62	0.36	2,549.11	37.4
2280	4B2_N_1916	2,510.09	0.16	2,548.46	38.3
2285	4B2_N_1917	2,515.31	0.03	2,549.85	34.5
2287	4B2_N_1918	2,510.93	0.37	2,548.93	37.9
2306	4B2_N_1923	2,510.17	0.83	2,548.56	38.3
2356	4B2_N_1932	2,501.52	1.21	2,548.85	47.2
2359	4B2_N_1933	2,516.72	0.33	2,549.43	32.7
2369	4B2_N_1934	2,522.48	0.16	2,558.84	36.3
2377	4B2_N_1935	2,521.83	0	2,555.77	33.9
2429	4B2_N_1941	2,521.01	0.58	2,551.82	30.7
2475	4B2_N_1946	2,523.00	0.2	2,553.21	30.1

2484	4B2_N_1947	2,508.80	0.91	2,549.06	40.2
2511	4B2_N_1949	2,496.19	0.32	2,547.84	51.5
2586	4B2_N_1957	2,521.94	0	2,549.61	27.6
2625	4B2_N_1959	2,512.76	0	2,549.61	36.8
2635	4B2_N_1960	2,522.30	0	2,549.61	27.3
2639	4B2_N_1961	2,525.48	0.18	2,549.58	24.1

Anexo 11. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*

ID	Label	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Pérdida de Carga (m/km)
490	4B2_T_1004	0.52	110	PVC	3.85	1.715
496	4B2_T_1006	0.58	63	PVC	0.71	1.028
522	4B2_T_1015	1.2	110	PVC	1.98	0.248
531	4B2_T_1018	1.55	63	PVC	6.52	62.725
534	4B2_T_1019	1.6	110	PVC	3.28	1.116
557	4B2_T_1027	2.11	75	HF	0	0
569	4B2_T_1031	2.21	200	PVC	6.69	0.27
578	4B2_T_1034	2.46	110	PVC	0.22	0
616	4B2_T_1047	2.95	160	PVC	0	0
625	4B2_T_1050	3.3	200	PVC	15.52	1.082
631	4B2_T_1052	3.8	250	AC	1.34	0
649	4B2_T_1059	4.15	250	AC	0.07	0
655	4B2_T_1061	4.23	50	AC	3.62	74.11
657	4B2_T_1062	4.25	110	PVC	9.71	8.684
672	4B2_T_1067	4.53	250	AC	4.19	0.066
696	4B2_T_1076	4.85	110	PVC	0.49	0.061
701	4B2_T_1078	4.91	110	PVC	0.06	0
704	4B2_T_1079	4.91	110	PVC	0	0
718	4B2_T_1085	4.98	63	PVC	0	0
726	4B2_T_1089	5	50	AC	0	0
746	4B2_T_1096	5.32	110	PVC	0	0
761	4B2_T_1102	5.48	75	HF	0	0
768	4B2_T_1105	5.65	315	PVC	0	0
812	4B2_T_1123	6.98	300	AC	15.87	0.213
823	4B2_T_1127	10.3	250	AC	0.33	0
853	4B2_T_1137	11.89	250	AC	2.18	0.025
864	4B2_T_1142	9.18	110	PVC	0	0
872	4B2_T_1145	9.6	50	AC	0.55	2.231
877	4B2_T_1148	9.74	110	PVC	10.77	10.576
897	4B2_T_1156	10.2	63	PVC	0.01	0
900	4B2_T_1157	10.45	63	PVC	0.04	0
912	4B2_T_1161	10.75	63	PVC	0.12	0.028
916	4B2_T_1163	11.1	110	PVC	1.59	0.295
924	4B2_T_1166	11.49	250	AC	4.97	0.052
929	4B2_T_1168	11.63	63	PVC	4.13	26.921
954	4B2_T_1179	12.65	63	PVC	0	0
961	4B2_T_1182	13.05	63	PVC	5.46	45.176
968	4B2_T_1185	13.24	200	PVC	17.41	1.393
988	4B2_T_1194	14.57	110	PVC	0.22	0
1003	4B2_T_1202	16.1	110	PVC	0.26	0.018
1028	4B2_T_1212	17.46	50	PVC	0.16	0.188
1034	4B2_T_1214	24.95	110	PVC	18.86	29.747

1055	4B2_T_1223	18.53	50	AC	0.28	0.627
1063	4B2_T_1226	18.82	110	PVC	16.36	22.849
1066	4B2_T_1227	18.91	110	PVC	3.05	1.008
1069	4B2_T_1228	19.02	110	PVC	2.73	0.829
1081	4B2_T_1233	19.4	110	PVC	0.19	0.015
1084	4B2_T_1234	19.48	110	PVC	2.71	0.81
1087	4B2_T_1235	19.52	300	AC	23.93	0.396
1095	4B2_T_1238	19.61	200	PVC	2.66	0.046
1097	4B2_T_1239	19.79	250	AC	1.58	0.015
1100	4B2_T_1240	21.59	63	PVC	0	0
1102	4B2_T_1241	20.08	63	PVC	0.17	0.074
1119	4B2_T_1247	20.75	63	PVC	0.56	0.674
1126	4B2_T_1250	20.93	300	AC	2.81	0
1163	4B2_T_1265	22.78	63	PVC	0.03	0
1186	4B2_T_1274	23.8	50	AC	0.47	1.676
1197	4B2_T_1279	24.96	63	PVC	0.52	0.572
1200	4B2_T_1280	25.01	50	AC	0.33	0.857
1212	4B2_T_1286	25.9	110	PVC	0	0
1226	4B2_T_1292	26.54	63	PVC	0.03	0
1239	4B2_T_1298	27.42	50	PVC	0	0
1242	4B2_T_1299	27.52	110	PVC	7.26	5.083
1250	4B2_T_1304	28.26	63	PVC	5.46	45.175
1263	4B2_T_1310	29.17	63	PVC	-0.09	0.02
1265	4B2_T_1311	29.24	50	AC	2.15	28.218
1269	4B2_T_1313	29.58	50	AC	0.18	0.302
1276	4B2_T_1316	30.38	63	PVC	0.11	0.039
1281	4B2_T_1318	30.59	50	AC	0.03	0.01
1295	4B2_T_1326	32.07	50	AC	0.49	1.829
1310	4B2_T_1332	31.76	63	PVC	0.04	0.009
1318	4B2_T_1335	32.08	63	PVC	6.91	70.064
1323	4B2_T_1338	32.33	63	PVC	0.15	0.055
1335	4B2_T_1343	33.03	110	PVC	4.4	2.01
1339	4B2_T_1345	33.59	110	PVC	16.15	22.333
1347	4B2_T_1348	33.25	110	PVC	28.17	62.542
1374	4B2_T_1360	34.96	63	PVC	0.1	0.026
1384	4B2_T_1364	35.75	63	PVC	0.17	0.075
1398	4B2_T_1371	36.55	50	PVC	0.34	0.814
1415	4B2_T_1379	37.81	63	PVC	0.55	0.646
1417	4B2_T_1380	37.68	50	AC	2.44	35.552
1429	4B2_T_1385	38.22	63	PVC	0.31	0.226
1432	4B2_T_1386	38.22	63	PVC	0.83	1.394
1456	4B2_T_1396	38.96	63	PVC	0.75	1.161
1459	4B2_T_1397	38.78	63	PVC	1.17	2.587
1464	4B2_T_1400	38.98	63	PVC	0.6	0.771
1472	4B2_T_1404	39.61	63	PVC	0.41	0.368
1482	4B2_T_1408	39.79	63	PVC	0.57	0.696

1492	4B2_T_1412	40.12	63	PVC	0.21	0.111
1497	4B2_T_1414	40.5	63	PVC	0.07	0.007
1504	4B2_T_1417	40.77	63	PVC	0.29	0.197
1506	4B2_T_1418	40.8	50	AC	0.34	0.905
1507	4B2_T_1419	41.03	50	AC	0.88	5.419
1517	4B2_T_1424	41.22	110	PVC	5.86	3.408
1525	4B2_T_1428	41.51	63	PVC	1.8	5.78
1528	4B2_T_1429	41.7	110	PVC	7.19	4.982
1536	4B2_T_1434	41.94	50	AC	0.02	0.007
1540	4B2_T_1436	42.15	63	PVC	0.45	0.445
1566	4B2_T_1449	60.79	63	PVC	0.12	0.034
1568	4B2_T_1450	43.15	63	PVC	0.17	0.076
1578	4B2_T_1454	43.4	75	HF	0.22	0.069
1582	4B2_T_1457	58.28	63	PVC	0.16	0.066
1585	4B2_T_1458	43.52	50	AC	-0.12	0.137
1617	4B2_T_1474	44.74	50	AC	0.1	0.086
1619	4B2_T_1475	44.79	50	AC	0.97	6.407
1621	4B2_T_1476	44.86	110	PVC	7.39	5.255
1662	4B2_T_1498	47.14	50	PVC	0.11	0.107
1664	4B2_T_1499	47.45	63	PVC	4.26	28.624
1672	4B2_T_1503	48.31	110	PVC	1.62	0.314
1690	4B2_T_1513	49.24	63	PVC	0.88	1.523
1700	4B2_T_1518	49.55	63	PVC	1.08	2.259
1702	4B2_T_1519	49.44	110	PVC	28.2	62.681
1709	4B2_T_1521	49.83	63	PVC	0.08	0.018
1715	4B2_T_1524	49.95	50	PVC	2.62	35.743
1724	4B2_T_1529	50.49	200	PVC	7.62	0.301
1745	4B2_T_1539	51.58	63	PVC	0.27	0.173
1756	4B2_T_1544	52.11	50	AC	1.17	9.105
1758	4B2_T_1545	52.15	50	PVC	0.19	0.268
1773	4B2_T_1553	52.9	110	PVC	5.71	3.258
1775	4B2_T_1554	52.98	110	PVC	0.22	0.006
1778	4B2_T_1556	53.24	50	PVC	1.05	6.58
1785	4B2_T_1560	53.6	50	AC	0.43	1.41
1791	4B2_T_1563	53.89	110	PVC	4.88	2.436
1795	4B2_T_1565	54.03	50	AC	1.39	12.578
1801	4B2_T_1568	54.27	63	PVC	0.23	0.126
1810	4B2_T_1572	54.71	110	PVC	2.97	0.974
1814	4B2_T_1574	54.91	50	PVC	0.13	0.141
1837	4B2_T_1584	56.23	50	AC	2.04	25.523
1840	4B2_T_1586	56.29	110	PVC	0.03	0
1845	4B2_T_1588	60.11	63	PVC	0.04	0.005
1848	4B2_T_1590	56.87	50	AC	0.86	5.177
1849	4B2_T_1591	57.04	63	PVC	0.68	0.945
1855	4B2_T_1594	57.3	63	PVC	7.75	86.491
1857	4B2_T_1596	57.4	50	PVC	0.11	0.099

1865	4B2_T_1600	57.93	250	AC	11.38	0.247
1873	4B2_T_1604	58.18	63	PVC	0.17	0.077
1876	4B2_T_1605	58.49	110	PVC	12.77	14.463
1878	4B2_T_1606	58.27	63	PVC	0.05	0.005
1882	4B2_T_1608	58.36	250	AC	10.29	0.199
1915	4B2_T_1627	60.54	50	PVC	0.82	4.189
1932	4B2_T_1634	61.35	110	PVC	6.64	4.303
1933	4B2_T_1635	61.29	50	PVC	0.8	3.968
1938	4B2_T_1638	68.12	110	PVC	5.48	3.02
1960	4B2_T_1653	62.8	63	PVC	0.22	0.119
1962	4B2_T_1654	71.15	50	AC	1.87	21.78
1969	4B2_T_1658	63.36	63	PVC	1.39	3.589
1980	4B2_T_1663	64.04	63	PVC	0.62	0.804
1985	4B2_T_1666	64.18	50	AC	0.52	2.036
1998	4B2_T_1674	64.98	50	AC	1.18	9.317
2000	4B2_T_1675	65.03	63	PVC	3.98	25.202
2004	4B2_T_1677	73.34	63	PVC	0.34	0.26
2007	4B2_T_1679	66.2	50	AC	0.22	0.409
2018	4B2_T_1687	66.29	63	PVC	0.25	0.148
2023	4B2_T_1690	66.42	250	AC	13.53	0.336
2028	4B2_T_1693	66.66	110	PVC	0.38	0.022
2040	4B2_T_1699	67.46	110	PVC	4.25	1.884
2050	4B2_T_1707	68.57	63	PVC	0.28	0.182
2055	4B2_T_1710	69.33	63	PVC	8.04	92.753
2057	4B2_T_1711	69.58	63	PVC	0.22	0.115
2059	4B2_T_1712	69.99	50	AC	0.07	0.051
2067	4B2_T_1717	69.96	110	PVC	3	0.987
2076	4B2_T_1721	70.41	110	PVC	1.53	0.287
2077	4B2_T_1722	70.67	110	PVC	5.67	3.214
2078	4B2_T_1723	70.65	63	PVC	0.34	0.265
2081	4B2_T_1724	70.91	50	AC	1.09	8.022
2083	4B2_T_1726	70.91	63	PVC	4.15	27.236
2086	4B2_T_1728	71.05	50	PVC	0.01	0
2089	4B2_T_1730	71.81	50	AC	0.39	1.186
2091	4B2_T_1731	71.88	50	PVC	0.51	1.71
2094	4B2_T_1734	72.19	50	AC	0.1	0.091
2099	4B2_T_1737	72.34	110	PVC	2.56	0.736
2104	4B2_T_1740	72.58	110	PVC	29.52	68.237
2113	4B2_T_1747	73.31	110	PVC	0.32	0.016
2114	4B2_T_1748	73.62	63	PVC	0.07	0.016
2116	4B2_T_1750	73.67	50	AC	0.27	0.61
2121	4B2_T_1753	73.99	250	AC	7.4	0.113
2131	4B2_T_1759	74.63	110	PVC	2.57	0.742
2149	4B2_T_1772	79.17	63	PVC	0.78	1.222
2159	4B2_T_1780	76.61	63	PVC	4.18	27.627
2161	4B2_T_1782	81.34	250	AC	8.04	0.128

2166	4B2_T_1786	77.08	63	PVC	4.94	37.651
2174	4B2_T_1790	78.03	110	PVC	9.03	7.61
2178	4B2_T_1792	78.62	63	PVC	0.76	1.181
2183	4B2_T_1796	78.9	63	PVC	0.23	0.128
2186	4B2_T_1798	79.09	63	PVC	0.22	0.117
2190	4B2_T_1801	79.25	50	PVC	2.43	31.073
2197	4B2_T_1807	80.33	63	PVC	3.19	16.704
2199	4B2_T_1809	80.43	50	PVC	0.15	0.174
2200	4B2_T_1810	82.93	110	PVC	6.26	3.855
2201	4B2_T_1811	80.51	63	PVC	2.4	9.893
2214	4B2_T_1823	82.29	110	PVC	4.54	2.127
2221	4B2_T_1829	83.05	200	PVC	10.37	0.534
2240	4B2_T_1843	89.12	110	PVC	0.24	0.01
2246	4B2_T_1848	85.89	250	AC	12.79	0.302
2251	4B2_T_1852	86.35	110	PVC	11.93	12.747
2254	4B2_T_1854	86.72	50	PVC	0.05	0.027
2255	4B2_T_1855	86.87	63	PVC	1.22	2.817
2263	4B2_T_1862	87.73	50	AC	-0.09	0.088
2264	4B2_T_1863	87.7	110	PVC	0.26	0.01
2266	4B2_T_1865	88	110	PVC	4.05	1.728
2267	4B2_T_1866	87.93	250	AC	0.09	0
2270	4B2_T_1868	88.13	63	PVC	0.36	0.29
2274	4B2_T_1870	88.46	50	PVC	1.57	13.907
2275	4B2_T_1871	88.7	63	PVC	0.74	1.107
2279	4B2_T_1875	89.23	50	AC	0.16	0.234
2284	4B2_T_1879	90.13	63	PVC	0.03	0.007
2286	4B2_T_1880	156.48	63	PVC	0.37	0.302
2304	4B2_T_1893	92.32	110	PVC	2.89	0.925
2305	4B2_T_1894	92.38	50	AC	0.15	0.206
2308	4B2_T_1896	92.49	110	PVC	2.6	0.76
2319	4B2_T_1905	94.01	63	PVC	1.04	2.087
2331	4B2_T_1915	95.23	50	AC	0.88	5.373
2334	4B2_T_1917	95.48	110	PVC	3.42	1.26
2342	4B2_T_1924	95.95	200	PVC	2.62	0.04
2353	4B2_T_1933	98.09	110	PVC	2.29	0.598
2355	4B2_T_1935	98.54	250	AC	11.62	0.251
2358	4B2_T_1937	111.36	63	PVC	0.33	0.246
2360	4B2_T_1938	99.05	110	PVC	1.3	0.21
2361	4B2_T_1939	99.13	315	PVC	0.2	0
2364	4B2_T_1942	99.49	110	PVC	0.71	0.069
2368	4B2_T_1946	107.7	110	PVC	22.55	41.422
2370	4B2_T_1947	100.67	250	AC	0.08	0
2375	4B2_T_1952	102.3	63	PVC	0.44	0.419
2376	4B2_T_1953	401.09	63	PVC	0	0
2378	4B2_T_1954	111.58	63	PVC	0	0
2385	4B2_T_1960	115.41	63	PVC	0.23	0.132

2387	4B2_T_1962	114.19	50	AC	3.37	64.683
2388	4B2_T_1963	110.29	110	PVC	2.18	0.548
2389	4B2_T_1964	104.2	250	AC	4.69	0.046
2391	4B2_T_1966	104.39	50	AC	-0.12	0.143
2407	4B2_T_1981	115.38	200	PVC	3.97	0.09
2425	4B2_T_1996	109.35	110	PVC	11.62	12.14
2426	4B2_T_1997	109.36	50	PVC	0.47	1.483
2427	4B2_T_1998	109.63	110	PVC	0.04	0
2428	4B2_T_1999	109.89	50	PVC	0.58	2.213
2431	4B2_T_2001	110.56	250	AC	0.67	0
2435	4B2_T_2004	112.31	110	PVC	3.16	1.089
2440	4B2_T_2008	111.66	100	PVC	1.25	0.309
2444	4B2_T_2012	112.94	110	PVC	1.89	0.419
2446	4B2_T_2014	115.24	110	PVC	6.02	3.588
2449	4B2_T_2017	114.9	50	AC	0.68	3.339
2461	4B2_T_2027	117.04	300	AC	15.86	0.186
2471	4B2_T_2037	120.94	110	PVC	5.39	2.926
2474	4B2_T_2040	123.22	50	AC	0.2	0.36
2479	4B2_T_2044	123.13	300	AC	15.89	0.184
2481	4B2_T_2046	133.58	50	AC	0.06	0.033
2482	4B2_T_2047	124.2	110	PVC	5.02	2.564
2483	4B2_T_2048	124.38	110	PVC	4.15	1.804
2488	4B2_T_2051	126.68	110	PVC	4.04	1.713
2495	4B2_T_2058	139.14	63	PVC	0.18	0.077
2496	4B2_T_2059	141.44	250	AC	7.41	0.109
2501	4B2_T_2064	129.66	110	PVC	2.95	0.957
2502	4B2_T_2065	130.17	110	PVC	0.67	0.062
2504	4B2_T_2067	130.15	63	PVC	1.88	6.308
2510	4B2_T_2073	134.9	110	PVC	0.32	0.015
2518	4B2_T_2079	146.05	250	AC	12.5	0.289
2523	4B2_T_2083	139.74	250	AC	10.55	0.211
2526	4B2_T_2086	141.25	63	PVC	6.91	69.979
2527	4B2_T_2087	143.62	50	AC	0.37	1.057
2535	4B2_T_2095	146.75	110	PVC	11.52	11.951
2536	4B2_T_2096	151.13	50	PVC	0.49	1.609
2539	4B2_T_2099	150.47	50	AC	0.49	1.826
2546	4B2_T_2105	215.53	110	PVC	3.56	1.359
2547	4B2_T_2106	154.8	50	AC	0.49	1.848
2558	4B2_T_2116	167.13	50	AC	3.33	63.306
2559	4B2_T_2117	163.94	63	PVC	0.51	0.552
2560	4B2_T_2118	165.34	200	PVC	9.49	0.454
2561	4B2_T_2119	172.23	63	PVC	3.21	16.904
2562	4B2_T_2120	165.67	110	PVC	1.99	0.46
2564	4B2_T_2122	166.15	110	PVC	3.4	1.247
2571	4B2_T_2126	169.91	110	PVC	9.49	8.346
2574	4B2_T_2129	172.51	63	PVC	0.66	0.894

2576	4B2_T_2131	175.05	110	PVC	8.9	7.404
2580	4B2_T_2135	208.17	63	PVC	1.26	2.99
2585	4B2_T_2139	184.51	63	PVC	0	0
2591	4B2_T_2144	195.37	110	PVC	3.08	1.034
2593	4B2_T_2146	206	200	PVC	14.63	1.011
2596	4B2_T_2149	205.32	110	PVC	12.15	13.189
2608	4B2_T_2160	230.63	110	PVC	0.86	0.098
2610	4B2_T_2162	222.36	110	PVC	3.87	1.584
2615	4B2_T_2167	249.39	63	PVC	2.14	7.988
2616	4B2_T_2168	239.37	110	PVC	12.58	14.053
2623	4B2_T_2175	261.28	160	PVC	0.24	0.001
2624	4B2_T_2176	252.39	63	PVC	0	0
2627	4B2_T_2178	257.79	315	PVC	20.18	0.201
2634	4B2_T_2184	318.42	63	PVC	0	0
2638	4B2_T_2187	324.32	63	PVC	0.18	0.084
2645	4B2_T_2191	405.16	250	AC	1.03	0.003
2648	4B2_T_2193	508.17	200	PVC	13.07	0.82
2666	4B2_T_2203	10.5	315	PVC	0	0
2667	4B2_T_2204	300.93	315	PVC	0	0
2668	4B2_T_2205	44.32	250	AC	0	0
2669	4B2_T_2206	92.37	250	AC	0	0
2676	4B2_T_2213	3.66	63	PVC	0	0
2677	4B2_T_2214	46.06	63	PVC	0	0

Anexo 12. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 sin optimizar*

ID	Label	Elevación (m)	Diámetro (Válvula) (mm)	Configuración inicial de presión (m.c.a.)
43	4B2_ERP_1001	2,523.31	152.4	20
45	4B2_ERP_1003	2,523.43	152.4	20

Anexo 13. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*

ID	Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Grado Hidráulico (m)	Presión (m.c.a)
492	4B2_N_1008	2,514.00	0.4	2,543.31	29.3
497	4B2_N_1011	2,507.54	0.04	2,543.46	35.8
498	4B2_N_1012	2,507.55	0.04	2,543.46	35.8
523	4B2_N_1028	2,502.74	0.18	2,543.30	40.5
524	4B2_N_1029	2,502.71	0.21	2,543.30	40.5
532	4B2_N_1034	2,516.24	0.03	2,563.90	47.6
533	4B2_N_1035	2,516.27	0.5	2,563.90	47.5
535	4B2_N_1036	2,513.21	0.2	2,543.51	30.2
536	4B2_N_1037	2,513.21	0.33	2,543.51	30.2
558	4B2_N_1051	2,519.97	0	2,563.74	43.7
559	4B2_N_1052	2,519.46	0	2,563.74	44.2
570	4B2_N_1059	2,515.09	0.22	2,560.71	45.5
571	4B2_N_1060	2,515.04	0.07	2,560.71	45.6
579	4B2_N_1065	2,516.42	0	2,563.74	47.2
580	4B2_N_1066	2,516.60	0	2,563.74	47
617	4B2_N_1090	2,499.19	0	2,543.38	44.1
618	4B2_N_1091	2,499.28	0.24	2,543.38	44
626	4B2_N_1096	2,513.32	0.23	2,563.74	50.3
627	4B2_N_1097	2,513.22	0.57	2,543.32	30
632	4B2_N_1100	2,515.76	0.14	2,561.71	45.9
633	4B2_N_1101	2,515.73	0	2,561.71	45.9
650	4B2_N_1111	2,510.09	0.33	2,543.62	33.5
651	4B2_N_1112	2,510.06	0.27	2,543.62	33.5
656	4B2_N_1115	2,515.74	0.09	2,561.75	45.9
658	4B2_N_1116	2,517.17	2.44	2,563.74	46.5
659	4B2_N_1117	2,517.16	0	2,563.74	46.5
673	4B2_N_1126	2,514.53	0.17	2,561.62	47
674	4B2_N_1127	2,514.46	0.15	2,561.62	47.1
697	4B2_N_1141	2,514.30	0.05	2,561.62	47.2
702	4B2_N_1144	2,514.00	0.3	2,543.31	29.3
703	4B2_N_1145	2,513.94	0.06	2,543.31	29.3
705	4B2_N_1146	2,519.86	0.07	2,563.91	44
719	4B2_N_1154	2,515.98	0	2,563.90	47.8
727	4B2_N_1158	2,506.36	0.08	2,543.40	37
762	4B2_N_1180	2,518.13	0.04	2,563.74	45.5
769	4B2_N_1184	2,523.83	0	2,564.73	40.8
770	4B2_N_1185	2,523.66	0.19	2,564.73	41
813	4B2_N_1210	2,525.00	0.02	2,564.45	39.4
814	4B2_N_1211	2,525.19	0	2,564.45	39.2
854	4B2_N_1236	2,509.19	0.07	2,543.58	34.3
855	4B2_N_1237	2,509.14	0.53	2,543.58	34.4
865	4B2_N_1242	2,516.42	0.14	2,563.78	47.3
866	4B2_N_1243	2,516.46	0	2,563.78	47.2

873	4B2_N_1247	2,506.42	0.22	2,543.41	36.9
878	4B2_N_1249	2,523.50	0.11	2,564.67	41.1
879	4B2_N_1250	2,523.73	0.08	2,564.70	40.9
898	4B2_N_1261	2,516.02	0.06	2,563.88	47.8
899	4B2_N_1262	2,516.22	0.01	2,563.88	47.6
901	4B2_N_1263	2,519.48	0.01	2,563.87	44.3
902	4B2_N_1264	2,519.63	0.04	2,563.87	44.1
913	4B2_N_1271	2,519.54	0.12	2,563.87	44.2
917	4B2_N_1273	2,507.80	0.46	2,543.34	35.5
918	4B2_N_1274	2,507.75	0.34	2,543.34	35.5
925	4B2_N_1278	2,515.65	0.22	2,561.70	46
930	4B2_N_1281	2,517.95	0.15	2,562.88	44.8
931	4B2_N_1282	2,518.22	0.12	2,562.87	44.6
955	4B2_N_1295	2,513.45	0	2,543.34	29.8
956	4B2_N_1296	2,513.35	0.39	2,543.34	29.9
969	4B2_N_1303	2,509.76	0.63	2,543.32	33.5
970	4B2_N_1304	2,509.53	1.26	2,543.33	33.7
1004	4B2_N_1321	2,518.89	0.01	2,563.85	44.9
1005	4B2_N_1322	2,518.70	0.26	2,563.85	45.1
1029	4B2_N_1336	2,514.19	0.16	2,543.26	29
1030	4B2_N_1337	2,514.34	0.07	2,543.26	28.9
1035	4B2_N_1340	2,523.83	0.29	2,564.69	40.8
1056	4B2_N_1352	2,509.46	0.13	2,543.38	33.9
1057	4B2_N_1353	2,509.79	0.16	2,543.39	33.5
1064	4B2_N_1357	2,520.16	0.07	2,563.93	43.7
1065	4B2_N_1358	2,520.50	0.18	2,563.95	43.4
1068	4B2_N_1360	2,500.36	0.15	2,543.19	42.7
1070	4B2_N_1361	2,503.96	0.15	2,543.31	39.3
1071	4B2_N_1362	2,503.83	0.4	2,543.30	39.4
1082	4B2_N_1368	2,517.32	0.11	2,561.10	43.7
1083	4B2_N_1369	2,517.07	0.19	2,561.10	43.9
1085	4B2_N_1370	2,507.13	0.17	2,543.43	36.2
1086	4B2_N_1371	2,506.75	0.1	2,543.41	36.6
1088	4B2_N_1372	2,523.00	0.14	2,564.48	41.4
1089	4B2_N_1373	2,523.23	1.14	2,564.46	41.1
1096	4B2_N_1377	2,514.70	0.27	2,543.41	28.7
1098	4B2_N_1378	2,507.00	0.29	2,543.55	36.5
1099	4B2_N_1379	2,506.62	0.18	2,543.54	36.8
1101	4B2_N_1380	2,524.62	0	2,564.45	39.7
1103	4B2_N_1381	2,519.39	0.1	2,563.87	44.4
1120	4B2_N_1392	2,510.78	0.17	2,543.35	32.5
1121	4B2_N_1393	2,511.03	0.48	2,543.35	32.2
1127	4B2_N_1396	2,528.60	0.48	2,564.43	35.8
1164	4B2_N_1417	2,522.39	0.13	2,561.70	39.2
1165	4B2_N_1418	2,525.74	0.03	2,561.70	35.9
1187	4B2_N_1431	2,506.40	0.28	2,543.40	36.9

1198	4B2_N_1437	2,504.87	0.2	2,543.32	38.4
1199	4B2_N_1438	2,504.53	0.28	2,543.31	38.7
1201	4B2_N_1439	2,510.47	0.12	2,543.35	32.8
1213	4B2_N_1445	2,520.99	0	2,564.10	43
1214	4B2_N_1446	2,521.03	0.03	2,564.10	43
1227	4B2_N_1453	2,524.00	0.03	2,564.19	40.1
1228	4B2_N_1454	2,524.10	0.14	2,564.19	40
1240	4B2_N_1460	2,520.81	0.08	2,561.71	40.8
1241	4B2_N_1461	2,521.82	0	2,561.71	39.8
1251	4B2_N_1465	2,515.50	0.4	2,563.90	48.3
1264	4B2_N_1472	2,507.65	0.09	2,543.46	35.7
1266	4B2_N_1473	2,516.21	0.85	2,561.53	45.2
1270	4B2_N_1475	2,510.98	0.18	2,543.34	32.3
1277	4B2_N_1479	2,512.09	0.27	2,543.43	31.3
1278	4B2_N_1480	2,511.87	0.11	2,543.43	31.5
1282	4B2_N_1482	2,509.65	0.03	2,543.38	33.7
1296	4B2_N_1488	2,522.49	0.26	2,563.14	40.6
1297	4B2_N_1489	2,522.11	0.02	2,563.20	41
1311	4B2_N_1497	2,524.04	0.6	2,562.26	38.1
1312	4B2_N_1498	2,526.60	0.04	2,562.26	35.6
1324	4B2_N_1504	2,505.82	0.15	2,543.34	37.4
1325	4B2_N_1505	2,505.78	0.22	2,543.35	37.5
1340	4B2_N_1513	2,520.07	0.14	2,563.95	43.8
1341	4B2_N_1514	2,520.00	0.17	2,563.94	43.9
1375	4B2_N_1533	2,499.58	0.16	2,542.83	43.2
1376	4B2_N_1534	2,499.78	0.1	2,542.83	43
1385	4B2_N_1539	2,504.93	0.32	2,543.36	38.4
1386	4B2_N_1540	2,503.91	0.17	2,543.35	39.4
1399	4B2_N_1546	2,514.77	0.24	2,543.29	28.5
1416	4B2_N_1555	2,505.43	0.33	2,543.33	37.8
1418	4B2_N_1556	2,517.00	0.24	2,562.40	45.3
1419	4B2_N_1557	2,516.61	0.18	2,562.26	45.6
1430	4B2_N_1563	2,510.35	0.05	2,543.32	32.9
1431	4B2_N_1564	2,510.44	0.31	2,543.31	32.8
1433	4B2_N_1565	2,498.44	0.31	2,542.90	44.4
1434	4B2_N_1566	2,498.76	0.28	2,542.85	44
1457	4B2_N_1579	2,508.51	0.15	2,543.60	35
1458	4B2_N_1580	2,507.86	0.13	2,543.51	35.6
1463	4B2_N_1582	2,523.92	0.35	2,564.73	40.7
1465	4B2_N_1583	2,506.44	0.14	2,543.38	36.9
1473	4B2_N_1587	2,507.11	0.16	2,543.41	36.2
1493	4B2_N_1599	2,512.56	0.23	2,543.35	30.7
1498	4B2_N_1602	2,507.05	0.07	2,543.43	36.3
1505	4B2_N_1606	2,507.36	0.3	2,543.46	36
1508	4B2_N_1607	2,522.83	0.23	2,562.97	40.1
1518	4B2_N_1612	2,517.19	0.28	2,563.79	46.5

1526	4B2_N_1616	2,519.32	0.11	2,563.13	43.7
1527	4B2_N_1617	2,518.54	0.85	2,563.25	44.6
1567	4B2_N_1636	2,519.06	0.12	2,561.70	42.5
1569	4B2_N_1637	2,507.78	0.17	2,543.51	35.7
1583	4B2_N_1644	2,503.00	0.16	2,543.26	40.2
1584	4B2_N_1645	2,502.99	0.22	2,543.26	40.2
1586	4B2_N_1646	2,508.53	0.12	2,543.37	34.8
1618	4B2_N_1662	2,510.15	0.1	2,543.38	33.2
1620	4B2_N_1663	2,516.62	2.12	2,563.86	47.1
1622	4B2_N_1664	2,517.97	0.12	2,563.82	45.8
1663	4B2_N_1683	2,513.84	0.11	2,543.26	29.4
1665	4B2_N_1684	2,517.37	0.1	2,562.90	45.4
1673	4B2_N_1688	2,506.78	0.7	2,543.35	36.5
1691	4B2_N_1696	2,512.81	0.13	2,543.43	30.6
1701	4B2_N_1701	2,516.00	0.23	2,562.60	46.5
1703	4B2_N_1702	2,521.86	0.46	2,564.33	42.4
1708	4B2_N_1705	2,507.41	0	2,543.41	35.9
1710	4B2_N_1706	2,500.07	0.08	2,542.83	42.7
1716	4B2_N_1709	2,516.00	0.32	2,562.08	46
1725	4B2_N_1713	2,516.17	0.08	2,560.73	44.5
1746	4B2_N_1724	2,512.00	0.46	2,543.35	31.3
1757	4B2_N_1730	2,516.65	0.09	2,562.35	45.6
1759	4B2_N_1731	2,510.77	0.4	2,543.49	32.7
1760	4B2_N_1732	2,510.00	0.05	2,543.48	33.4
1774	4B2_N_1738	2,515.68	0.29	2,563.77	48
1776	4B2_N_1739	2,513.14	0.21	2,561.41	48.2
1779	4B2_N_1740	2,515.53	0.31	2,543.29	27.7
1786	4B2_N_1743	2,520.96	0.37	2,563.42	42.4
1787	4B2_N_1744	2,521.15	0.43	2,563.34	42.1
1792	4B2_N_1746	2,513.36	0.43	2,543.35	29.9
1793	4B2_N_1747	2,513.38	0.81	2,543.39	30
1802	4B2_N_1751	2,518.00	0.24	2,562.85	44.8
1803	4B2_N_1752	2,518.65	0.23	2,562.84	44.1
1811	4B2_N_1756	2,501.37	0.38	2,543.31	41.9
1815	4B2_N_1758	2,509.98	0.23	2,543.47	33.4
1838	4B2_N_1770	2,516.67	0.47	2,563.90	47.1
1841	4B2_N_1771	2,510.82	0.03	2,543.84	33
1842	4B2_N_1772	2,512.35	0.42	2,543.84	31.4
1846	4B2_N_1774	2,515.05	0.04	2,563.90	48.8
1858	4B2_N_1778	2,520.01	0.11	2,563.13	43
1866	4B2_N_1782	2,508.96	0.44	2,543.59	34.6
1874	4B2_N_1786	2,514.10	0.16	2,561.11	46.9
1875	4B2_N_1787	2,515.57	0.17	2,561.11	45.4
1877	4B2_N_1788	2,519.99	0.71	2,563.93	43.9
1879	4B2_N_1789	2,515.40	0.05	2,560.73	45.2
1916	4B2_N_1805	2,517.04	0.06	2,562.87	45.7

1934	4B2_N_1814	2,508.57	0.15	2,543.58	34.9
1939	4B2_N_1816	2,501.35	0.57	2,543.23	41.8
1961	4B2_N_1823	2,496.98	0.22	2,542.84	45.8
1963	4B2_N_1824	2,518.96	0.2	2,563.36	44.3
1970	4B2_N_1827	2,498.54	0.57	2,543.13	44.5
1981	4B2_N_1833	2,517.00	0.45	2,563.94	46.8
1986	4B2_N_1835	2,510.64	0.22	2,543.74	33
1999	4B2_N_1840	2,519.99	0.65	2,563.82	43.7
2001	4B2_N_1841	2,522.44	0.62	2,563.79	41.3
2019	4B2_N_1847	2,497.41	0.25	2,542.89	45.4
2051	4B2_N_1859	2,519.10	0.31	2,561.71	42.5
2056	4B2_N_1861	2,519.82	0.56	2,561.57	41.7
2058	4B2_N_1862	2,506.63	0.49	2,543.38	36.7
2060	4B2_N_1863	2,524.20	0.07	2,562.97	38.7
2068	4B2_N_1866	2,513.39	0.39	2,543.32	29.9
2069	4B2_N_1867	2,511.78	0.65	2,543.32	31.5
2079	4B2_N_1870	2,506.59	0.65	2,543.38	36.7
2080	4B2_N_1871	2,506.76	0.34	2,543.36	36.5
2087	4B2_N_1873	2,509.59	0.01	2,543.48	33.8
2090	4B2_N_1874	2,510.87	0.63	2,543.37	32.4
2095	4B2_N_1875	2,505.41	0.1	2,543.40	37.9
2100	4B2_N_1877	2,505.37	0.4	2,543.35	37.9
2117	4B2_N_1881	2,503.46	0.27	2,543.25	39.7
2122	4B2_N_1883	2,505.01	0.66	2,543.39	38.3
2123	4B2_N_1884	2,503.21	0.66	2,543.38	40.1
2132	4B2_N_1887	2,504.24	0.4	2,543.30	39
2150	4B2_N_1892	2,502.38	0.78	2,543.20	40.7
2175	4B2_N_1897	2,519.61	0.67	2,563.93	44.2
2184	4B2_N_1900	2,524.00	0.23	2,563.13	39
2187	4B2_N_1901	2,502.91	0.22	2,543.30	40.3
2215	4B2_N_1904	2,505.52	0.51	2,543.42	37.8
2222	4B2_N_1905	2,515.00	0.38	2,563.74	48.6
2241	4B2_N_1909	2,508.20	0.24	2,543.34	35.1
2256	4B2_N_1912	2,512.61	0.42	2,543.41	30.7
2271	4B2_N_1914	2,511.62	0.36	2,543.29	31.6
2280	4B2_N_1916	2,510.09	0.16	2,543.33	33.2
2285	4B2_N_1917	2,515.31	0.03	2,563.77	48.4
2287	4B2_N_1918	2,510.93	0.37	2,543.30	32.3
2306	4B2_N_1923	2,510.17	0.83	2,543.28	33
2356	4B2_N_1932	2,501.52	1.21	2,543.38	41.8
2359	4B2_N_1933	2,516.72	0.33	2,561.51	44.7
2369	4B2_N_1934	2,522.48	0.16	2,564.33	41.8
2377	4B2_N_1935	2,521.83	0	2,564.10	42.2
2429	4B2_N_1941	2,521.01	0.58	2,562.73	41.6
2475	4B2_N_1946	2,523.00	0.2	2,562.80	39.7
2484	4B2_N_1947	2,508.80	0.91	2,543.32	34.5

2511	4B2_N_1949	2,496.19	0.32	2,543.13	46.8
2586	4B2_N_1957	2,521.94	0	2,563.74	41.7
2625	4B2_N_1959	2,512.76	0	2,563.74	50.9
2635	4B2_N_1960	2,522.30	0	2,563.74	41.4
2639	4B2_N_1961	2,525.48	0.18	2,563.71	38.2
2692	J-5	2,513.45	0	2,563.90	50.3
2695	J-6	2,515.62	0	2,563.90	48.2
2698	J-7	2,514.07	0	2,563.86	49.7
2710	J-10	2,514.08	0	2,563.94	49.8
2713	J-11	2,513.56	0	2,543.41	29.8

Anexo 14. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*

ID	Label	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Pérdida de Carga (m/km)
490	4B2_T_1004	0.52	110	PVC	-0.81	0.572
496	4B2_T_1006	0.58	63	PVC	0.89	1.542
522	4B2_T_1015	1.2	110	PVC	0.18	0
531	4B2_T_1018	1.55	110	PVC	0.78	0.192
534	4B2_T_1019	1.6	110	PVC	-4.96	2.603
557	4B2_T_1027	2.11	75	HF	0	0
569	4B2_T_1031	2.21	200	PVC	14.24	0.943
578	4B2_T_1034	2.46	110	PVC	0.22	0
616	4B2_T_1047	2.95	160	PVC	0	0
631	4B2_T_1052	3.8	250	AC	-1.75	0
649	4B2_T_1059	4.15	250	AC	-1.22	0
655	4B2_T_1061	4.23	160	AC	23.67	8.305
657	4B2_T_1062	4.25	110	PVC	-0.67	0.07
672	4B2_T_1067	4.53	250	AC	13.68	0.329
696	4B2_T_1076	4.85	110	PVC	0.86	0.061
701	4B2_T_1078	4.91	110	PVC	0.06	0
704	4B2_T_1079	4.91	110	PVC	0	0
718	4B2_T_1085	4.98	63	PVC	0	0
726	4B2_T_1089	5	50	AC	0	0
746	4B2_T_1096	5.32	110	PVC	0	0
761	4B2_T_1102	5.48	75	HF	0	0
768	4B2_T_1105	5.65	315	PVC	0	0
812	4B2_T_1123	6.98	300	AC	13.75	0.128
823	4B2_T_1127	10.3	250	AC	7.31	0.116
853	4B2_T_1137	11.89	250	AC	6.71	0.1
864	4B2_T_1142	9.18	110	PVC	0	0
872	4B2_T_1145	9.6	50	AC	0.24	0.465
877	4B2_T_1148	9.74	110	PVC	4.96	2.507
897	4B2_T_1156	10.2	63	PVC	0.01	0
900	4B2_T_1157	10.45	63	PVC	0.04	0
912	4B2_T_1161	10.75	63	PVC	0.12	0.028
916	4B2_T_1163	11.1	110	PVC	-0.88	0.107
924	4B2_T_1166	11.49	250	AC	21.92	0.829
929	4B2_T_1168	11.63	110	PVC	2.42	0.665
954	4B2_T_1179	12.65	63	PVC	0	0
961	4B2_T_1182	13.05	110	PVC	0.43	0.023
968	4B2_T_1185	13.24	200	PVC	-2.77	0.045
988	4B2_T_1194	14.57	110	PVC	0.22	0.02
1003	4B2_T_1202	16.1	110	PVC	0.26	0.018
1028	4B2_T_1212	17.46	50	PVC	0.16	0.188
1034	4B2_T_1214	24.95	110	PVC	2.16	0.537
1055	4B2_T_1223	18.53	50	AC	0.28	0.643

1063	4B2_T_1226	18.82	110	PVC	3.23	1.139
1069	4B2_T_1228	19.02	110	PVC	2.18	0.548
1081	4B2_T_1233	19.4	110	PVC	0.19	0
1084	4B2_T_1234	19.48	110	PVC	3.1	1.054
1087	4B2_T_1235	19.52	300	AC	40.76	1.067
1097	4B2_T_1239	19.79	250	AC	-16.74	0.496
1100	4B2_T_1240	21.59	63	PVC	0	0
1102	4B2_T_1241	20.08	63	PVC	0.17	0.074
1119	4B2_T_1247	20.75	63	PVC	0.01	0
1126	4B2_T_1250	20.93	300	AC	3.33	0.014
1163	4B2_T_1265	22.78	63	PVC	0.03	0
1186	4B2_T_1274	23.8	50	AC	0.16	0.238
1197	4B2_T_1279	24.96	63	PVC	-0.49	0.537
1200	4B2_T_1280	25.01	50	AC	-0.05	0.024
1212	4B2_T_1286	25.9	110	PVC	0	0
1226	4B2_T_1292	26.54	63	PVC	0.03	0
1239	4B2_T_1298	27.42	50	PVC	0	0
1242	4B2_T_1299	27.52	110	PVC	2.78	0.854
1250	4B2_T_1304	28.26	110	PVC	0.43	0.021
1263	4B2_T_1310	29.17	63	PVC	-0.09	0.02
1265	4B2_T_1311	29.24	50	AC	-0.95	6.006
1269	4B2_T_1313	29.58	50	AC	0.18	0.302
1276	4B2_T_1316	30.38	63	PVC	0.11	0.029
1281	4B2_T_1318	30.59	50	AC	0.03	0.01
1295	4B2_T_1326	32.07	50	AC	0.49	1.829
1310	4B2_T_1332	31.76	63	PVC	0.04	0
1318	4B2_T_1335	32.08	110	PVC	2.44	0.668
1323	4B2_T_1338	32.33	63	PVC	0.15	0.055
1335	4B2_T_1343	33.03	110	PVC	-0.44	0.036
1339	4B2_T_1345	33.59	200	PVC	5.44	0.16
1347	4B2_T_1348	33.25	110	PVC	6.79	4.494
1374	4B2_T_1360	34.96	63	PVC	0.1	0.026
1384	4B2_T_1364	35.75	63	PVC	0.17	0.075
1398	4B2_T_1371	36.55	50	PVC	0.34	0.814
1415	4B2_T_1379	37.81	63	PVC	-0.39	0.346
1417	4B2_T_1380	37.68	50	AC	0.72	3.737
1429	4B2_T_1385	38.22	63	PVC	0.31	0.234
1432	4B2_T_1386	38.22	63	PVC	0.83	1.394
1456	4B2_T_1396	38.96	63	PVC	1.07	2.223
1459	4B2_T_1397	38.78	63	PVC	-0.11	0.031
1464	4B2_T_1400	38.98	63	PVC	0.67	0.932
1472	4B2_T_1404	39.61	63	PVC	0.6	0.751
1482	4B2_T_1408	39.79	63	PVC	0.76	1.174
1492	4B2_T_1412	40.12	63	PVC	0.31	0.223
1497	4B2_T_1414	40.5	63	PVC	0.07	0.015
1504	4B2_T_1417	40.77	63	PVC	0.16	0.073

1506	4B2_T_1418	40.8	50	AC	0.22	0.401
1507	4B2_T_1419	41.03	50	AC	0.88	5.419
1517	4B2_T_1424	41.22	110	PVC	1.65	0.325
1525	4B2_T_1428	41.51	63	PVC	1.22	2.847
1528	4B2_T_1429	41.7	110	PVC	2.71	0.821
1536	4B2_T_1434	41.94	50	AC	-0.35	0.994
1540	4B2_T_1436	42.15	63	PVC	0.77	1.207
1566	4B2_T_1449	60.79	63	PVC	0.12	0.034
1568	4B2_T_1450	43.15	63	PVC	0.17	0.076
1578	4B2_T_1454	43.4	75	HF	0.22	0.062
1582	4B2_T_1457	58.28	63	PVC	0.16	0.066
1585	4B2_T_1458	43.52	50	AC	-0.12	0.137
1617	4B2_T_1474	44.74	50	AC	0.1	0.093
1619	4B2_T_1475	44.79	50	AC	0.25	0.505
1621	4B2_T_1476	44.86	110	PVC	2.25	0.584
1662	4B2_T_1498	47.14	50	PVC	0.11	0.107
1664	4B2_T_1499	47.45	160	PVC	23.78	7.371
1672	4B2_T_1503	48.31	110	PVC	-0.83	0.092
1690	4B2_T_1513	49.24	63	PVC	0.88	1.542
1700	4B2_T_1518	49.55	160	PVC	21.43	6.079
1702	4B2_T_1519	49.44	110	PVC	6.83	4.528
1709	4B2_T_1521	49.83	63	PVC	0.08	0.012
1715	4B2_T_1524	49.95	160	PVC	22.73	6.776
1724	4B2_T_1529	50.49	200	PVC	8.07	0.336
1745	4B2_T_1539	51.58	63	PVC	0.18	0.081
1756	4B2_T_1544	52.11	50	AC	-0.49	1.805
1758	4B2_T_1545	52.15	50	PVC	0.18	0.245
1773	4B2_T_1553	52.9	110	PVC	1.51	0.281
1775	4B2_T_1554	52.98	110	PVC	-6.4	4.012
1778	4B2_T_1556	53.24	50	PVC	0.02	0.006
1785	4B2_T_1560	53.6	50	AC	0.43	1.41
1791	4B2_T_1563	53.89	110	PVC	-2.62	0.768
1795	4B2_T_1565	54.03	63	AC	1.39	4.082
1801	4B2_T_1568	54.27	63	PVC	0.23	0.132
1810	4B2_T_1572	54.71	110	PVC	1.17	0.174
1814	4B2_T_1574	54.91	50	PVC	0.12	0.13
1840	4B2_T_1586	56.29	110	PVC	0.03	0
1845	4B2_T_1588	60.11	63	PVC	0.04	0.005
1848	4B2_T_1590	56.87	50	AC	0.55	2.282
1849	4B2_T_1591	57.04	63	PVC	0.68	0.945
1855	4B2_T_1594	57.3	110	PVC	8.19	6.353
1857	4B2_T_1596	57.4	50	PVC	0.11	0.099
1865	4B2_T_1600	57.93	250	AC	8.01	0.128
1873	4B2_T_1604	58.18	63	PVC	0.17	0.077
1876	4B2_T_1605	58.49	200	PVC	4.32	0.107
1878	4B2_T_1606	58.27	63	PVC	0.05	0.005

1882	4B2_T_1608	58.36	250	AC	6.79	0.092
1915	4B2_T_1627	60.54	110	PVC	0.5	0.034
1932	4B2_T_1634	61.35	110	PVC	2.16	0.539
1933	4B2_T_1635	61.29	250	PVC	-16.76	0.437
1938	4B2_T_1638	68.12	110	PVC	2.43	0.673
1960	4B2_T_1653	62.8	63	PVC	0.22	0.119
1962	4B2_T_1654	71.15	50	AC	1	6.79
1969	4B2_T_1658	63.36	63	PVC	1.39	3.589
1980	4B2_T_1663	64.04	63	PVC	0.51	0.558
1985	4B2_T_1666	64.18	50	AC	0.89	5.51
1998	4B2_T_1674	64.98	50	AC	-0.95	6.193
2000	4B2_T_1675	65.03	63	PVC	1.85	6.097
2004	4B2_T_1677	73.34	63	PVC	0.34	0.264
2007	4B2_T_1679	66.2	50	AC	0.49	1.857
2018	4B2_T_1687	66.29	63	PVC	0.25	0.148
2023	4B2_T_1690	66.42	250	AC	30.04	1.47
2028	4B2_T_1693	66.66	110	PVC	-6.72	4.407
2040	4B2_T_1699	67.46	110	PVC	-4.06	1.725
2050	4B2_T_1707	68.57	63	PVC	0.28	0.178
2055	4B2_T_1710	69.33	110	PVC	8.49	6.792
2057	4B2_T_1711	69.58	63	PVC	0.52	0.577
2059	4B2_T_1712	69.99	50	AC	0.07	0.051
2067	4B2_T_1717	69.96	110	PVC	0.63	0.055
2076	4B2_T_1721	70.41	110	PVC	-0.27	0.013
2077	4B2_T_1722	70.67	110	PVC	-1.83	0.396
2078	4B2_T_1723	70.65	63	PVC	0.34	0.265
2081	4B2_T_1724	70.91	50	AC	1.03	7.224
2083	4B2_T_1726	70.91	63	PVC	2.02	7.178
2086	4B2_T_1728	71.05	50	PVC	0.01	0.004
2089	4B2_T_1730	71.81	50	AC	0.33	0.879
2091	4B2_T_1731	71.88	50	PVC	0.84	4.377
2094	4B2_T_1734	72.19	50	AC	0.1	0.087
2099	4B2_T_1737	72.34	110	PVC	2.78	0.856
2104	4B2_T_1740	72.58	110	PVC	7.01	4.761
2113	4B2_T_1747	73.31	110	PVC	0.82	0.089
2114	4B2_T_1748	73.62	63	PVC	-0.11	0.028
2116	4B2_T_1750	73.67	50	AC	0.27	0.61
2121	4B2_T_1753	73.99	250	AC	-8.14	0.133
2131	4B2_T_1759	74.63	110	PVC	1.87	0.415
2149	4B2_T_1772	79.17	63	PVC	0.78	1.222
2159	4B2_T_1780	76.61	160	PVC	22.1	6.435
2166	4B2_T_1786	77.08	160	PVC	22.53	6.665
2174	4B2_T_1790	78.03	110	PVC	0.38	0.019
2178	4B2_T_1792	78.62	63	PVC	0.71	1.022
2183	4B2_T_1796	78.9	63	PVC	0.23	0.128
2186	4B2_T_1798	79.09	63	PVC	0.22	0.117

2190	4B2_T_1801	79.25	160	PVC	22.2	6.49
2197	4B2_T_1807	80.33	63	PVC	1.81	5.84
2199	4B2_T_1809	80.43	50	PVC	0.34	0.796
2200	4B2_T_1810	82.93	160	PVC	23.3	7.092
2201	4B2_T_1811	80.51	110	PVC	1.57	0.299
2214	4B2_T_1823	82.29	110	PVC	2.71	0.817
2221	4B2_T_1829	83.05	200	PVC	-0.95	0.007
2240	4B2_T_1843	89.12	110	PVC	0.24	0.007
2246	4B2_T_1848	85.89	250	AC	28.93	1.369
2251	4B2_T_1852	86.35	110	PVC	9.28	8.004
2254	4B2_T_1854	86.72	50	PVC	0.22	0.374
2255	4B2_T_1855	86.87	63	PVC	0.57	0.696
2263	4B2_T_1862	87.73	50	AC	-0.63	2.942
2264	4B2_T_1863	87.7	110	PVC	-2.21	0.56
2266	4B2_T_1865	88	110	PVC	2.22	0.568
2267	4B2_T_1866	87.93	250	AC	17.71	0.552
2270	4B2_T_1868	88.13	63	PVC	0.36	0.29
2274	4B2_T_1870	88.46	50	PVC	1	6.023
2275	4B2_T_1871	88.7	63	PVC	0.79	1.269
2279	4B2_T_1875	89.23	50	AC	0.16	0.234
2284	4B2_T_1879	90.13	63	PVC	0.03	0.003
2286	4B2_T_1880	156.48	63	PVC	0.37	0.302
2304	4B2_T_1893	92.32	110	PVC	-1.26	0.197
2305	4B2_T_1894	92.38	50	AC	-0.33	0.886
2308	4B2_T_1896	92.49	110	PVC	2.18	0.544
2319	4B2_T_1905	94.01	63	PVC	0.32	0.231
2331	4B2_T_1915	95.23	50	AC	0.21	0.384
2334	4B2_T_1917	95.48	110	PVC	-5.86	3.411
2342	4B2_T_1924	95.95	200	PVC	-16.01	1.194
2353	4B2_T_1933	98.09	110	PVC	2.29	0.598
2355	4B2_T_1935	98.54	250	AC	-5.73	0.066
2358	4B2_T_1937	111.36	63	PVC	0.33	0.249
2360	4B2_T_1938	99.05	110	PVC	-2.85	0.898
2361	4B2_T_1939	99.13	315	PVC	0.2	0
2364	4B2_T_1942	99.49	110	PVC	-6.39	4.003
2368	4B2_T_1946	107.7	200	PVC	28.88	3.562
2370	4B2_T_1947	100.67	250	AC	0.08	0
2375	4B2_T_1952	102.3	63	PVC	-0.21	0.105
2376	4B2_T_1953	401.09	63	PVC	0	0
2378	4B2_T_1954	111.58	63	PVC	0	0
2385	4B2_T_1960	115.41	63	PVC	0.3	0.214
2387	4B2_T_1962	114.19	63	AC	1.24	3.279
2388	4B2_T_1963	110.29	110	PVC	1.48	0.267
2389	4B2_T_1964	104.2	250	AC	21.16	0.766
2391	4B2_T_1966	104.39	50	AC	-0.39	1.215
2407	4B2_T_1981	115.38	200	PVC	14.17	0.955

2425	4B2_T_1996	109.35	110	PVC	3.37	1.228
2426	4B2_T_1997	109.36	50	PVC	-0.56	2.033
2427	4B2_T_1998	109.63	110	PVC	-0.46	0.03
2428	4B2_T_1999	109.89	50	PVC	0.58	2.213
2431	4B2_T_2001	110.56	250	AC	0.67	0.003
2435	4B2_T_2004	112.31	200	PVC	2.37	0.034
2440	4B2_T_2008	111.66	100	PVC	-1.22	0.299
2444	4B2_T_2012	112.94	110	PVC	-2.27	0.59
2446	4B2_T_2014	115.24	160	PVC	21.95	6.354
2449	4B2_T_2017	114.9	50	AC	-0.33	0.883
2461	4B2_T_2027	117.04	300	AC	13.74	0.142
2471	4B2_T_2037	120.94	110	PVC	1.18	0.175
2474	4B2_T_2040	123.22	50	AC	0.2	0.36
2479	4B2_T_2044	123.13	300	AC	13.77	0.143
2481	4B2_T_2046	133.58	50	AC	0.54	2.197
2483	4B2_T_2048	124.38	110	PVC	-1.05	0.139
2488	4B2_T_2051	126.68	110	PVC	-0.8	0.085
2495	4B2_T_2058	139.14	63	PVC	0.08	0.019
2496	4B2_T_2059	141.44	250	AC	-10.58	0.213
2501	4B2_T_2064	129.66	110	PVC	3.33	1.201
2502	4B2_T_2065	130.17	110	PVC	-1.78	0.377
2504	4B2_T_2067	130.15	63	PVC	-0.04	0.005
2510	4B2_T_2073	134.9	110	PVC	0.32	0.015
2518	4B2_T_2079	146.05	250	AC	9.73	0.181
2526	4B2_T_2086	141.25	160	PVC	25.85	8.602
2527	4B2_T_2087	143.62	50	AC	0.1	0.091
2535	4B2_T_2095	146.75	110	PVC	2.09	0.505
2536	4B2_T_2096	151.13	50	PVC	-0.26	0.498
2539	4B2_T_2099	150.47	50	AC	0.21	0.376
2546	4B2_T_2105	215.53	110	PVC	1.76	0.367
2547	4B2_T_2106	154.8	50	AC	0.29	0.704
2558	4B2_T_2116	167.13	50	AC	0.23	0.194
2559	4B2_T_2117	163.94	160	PVC	-0.99	0.022
2560	4B2_T_2118	165.34	200	PVC	-0.89	0.005
2561	4B2_T_2119	172.23	160	PVC	0.96	0.019
2562	4B2_T_2120	165.67	110	PVC	-0.38	0.022
2564	4B2_T_2122	166.15	110	PVC	-0.75	0.075
2574	4B2_T_2129	172.51	63	PVC	0.79	1.247
2576	4B2_T_2131	175.05	110	PVC	1.23	0.19
2580	4B2_T_2135	208.17	63	PVC	0.32	0.24
2585	4B2_T_2139	184.51	63	PVC	0	0
2591	4B2_T_2144	195.37	110	PVC	0.24	0.009
2593	4B2_T_2146	206	200	PVC	-1.39	0.013
2596	4B2_T_2149	205.32	110	PVC	1.77	0.374
2608	4B2_T_2160	230.63	110	PVC	-0.28	0.013
2610	4B2_T_2162	222.36	110	PVC	1.51	0.278

2616	4B2_T_2168	239.37	110	PVC	9.93	9.069
2623	4B2_T_2175	261.28	160	PVC	0.24	0.002
2624	4B2_T_2176	252.39	63	PVC	0	0
2627	4B2_T_2178	257.79	315	PVC	19.18	0.182
2634	4B2_T_2184	318.42	63	PVC	0	0
2638	4B2_T_2187	324.32	63	PVC	0.18	0.084
2645	4B2_T_2191	405.16	250	AC	16.74	0.497
2648	4B2_T_2193	508.17	200	PVC	-4.27	0.104
2666	4B2_T_2203	10.5	315	PVC	0	0
2667	4B2_T_2204	300.93	315	PVC	0	0
2668	4B2_T_2205	44.32	250	AC	0	0
2669	4B2_T_2206	92.37	250	AC	0	0
2676	4B2_T_2213	3.66	63	PVC	0	0
2677	4B2_T_2214	46.06	63	PVC	0	0
2693	4B2_T_2047(1)	120.42	110	PVC	0	0
2696	4B2_T_1584(1)	52.03	50	AC	0	0
2699	4B2_T_2126(1)	165.56	110	PVC	0	0
2702	4B2_T_2083(1)	13.45	250	AC	36.34	2.102
2703	4B2_T_2083(2)	126.58	250	AC	36.34	2.088
2711	4B2_T_2167(1)	166.03	160	PVC	0	0
2715	4B2_T_2167(2)(2)	53.87	160	PVC	0	0

Anexo 15. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector Cruz Verde 4B2 Norte, *modelo hidráulico 2050 optimizado*

ID	Label	Elevación (m)	Diámetro (Válvula) (mm)	Configuración inicial de presión (m.c.a.)	Caudal (L/s)
43	4B2_ERP_1001	2,523.31	152.4	20	0
45	4B2_ERP_1003	2,523.43	152.4	20	0
2701	PRV-1	2,514.03	152.4	30	36.34