EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

EMPRESA COMUNITARIA DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO DE SARAVENA ECAAAS ESP

ANALISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTO

OBJETO DEL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"

Diseñado Por: Oscar Alejandro Jiménez Sánchez
Entregado a: Alcaldía Municipal

DEPARTAMENTO DE ARAUCA
MUNICIPIO DE SARAVENA
JULIO 2026

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION **5**
1. ALCANCE 6
2. DESCRIPCION GENERAL 6
2.1. Estudios existentes 7
2.2. Ubicación geográfica municipio de Saravena 7
2.3. Ubicación del barrio Libertadores 8
3. DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO 9
3.1. Descripción del sistema 9
3.2. Dotación neta 9
3.3. Porcentaje de perdidas 9
3.4. Dotación bruta 9
3.5. Caudal medio diario 10
3.6. Caudal maximo diario 10
3.7. Caudal maximo horario 10
3.8. Demanda en hidrantes 11
4. CHEQUEO DE LA RED EXISTENTE 11
4.1. Censo de usuarios del sector 12
4.2. Presiones de red Existente en punto de empalme 13
4.3. Cálculo de caudales red existente 15
4.4. Escenarios de diseño red existente 17
4.5. Presiones de red Existente en punto de empalme 17
4.6. Modelación de la red de acueducto existente 19
4.7. Resultados de la modelación de la red existente 23
5. PROPUESTA TÉCNICA DE REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA 24
6. CHEQUEO DE LA RED PROYECTADA 24
6.1. Cálculo de caudales 25
6.2. Escenarios de diseño red proyectada 28
6.3. Presiones de red Existente en punto de empalme 28
6.4. Modelación de la red de acueducto proyectada 29

6.5. Resultados de la modelación de la red existente 31

7. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS.....32

7.1. Comportamiento de la red existente.....33

7.2. Comportamiento de la Red Proyectada.....33

7.3. Reducción de Velocidades y perdidas de carga.....34

7.4. Redistribución de caudales y comportamiento de los caudales negativos.....34

7.5. Comparación general de las alternativas 35

7.6. Consideraciones frente a las condiciones de presión.....36

CONCLUSIONES 37

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Municipio de Saravena.....8

Ilustración 2. Ubicación del barrio Libertadores en el Municipio de Saravena. 8

Ilustración 3. Plano de trazado red existente tramos de tubería red existente...12

Ilustración 4. Localización de usuarios y georreferenciación de suscriptores del barrio LIBERTADORES 13

Ilustración 5. Registro fotográfico de manómetro.....14

Ilustración 6. Diagrama de patrón de consumo.....19

Ilustración 7. Ajuste de valores por defecto 20

Ilustración 8. Trazado de nodos y tubería 20

Ilustración 9. Cargue de Coeficientes de Consumo 21

Ilustración 10. Incorporación de Demanda base en cada Nodo 21

Ilustración 11. Modelación escenario 2 en EPANET red existente.....22

Ilustración 12. Resultados de nudos a las 07:00 Hrs – Escenario de Red Existente. 23

Ilustración 13. Plano de trazado red proyectada 25

Ilustración 14. Trazado de nodos y tubería.....29

Ilustración 15. Modelación escenario 2 en EPANET red Proyectada.....30

Ilustración 16. Resultados de nudos a las 12:00 Hrs – Escenario de Red Proyectada. 31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presiones en punto de empalme CRA 19a 13
Tabla 2. Presiones en punto de empalme CRA 16 14
Tabla 3. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red existente 15
Tabla 4. Repartición media de Qmd por nodos red existente 16
Tabla 5. Escenarios de diseño por nodos red existente 17
Tabla 6. Datos de toma de presiones red existente 18
Tabla 7. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red proyectada 26
Tabla 8. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada 27
Tabla 9. Escenarios de diseño por nodos red existente 28
Tabla 10. Comparación de alternativas 35

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

INTRODUCCION

El municipio de Saravena, como uno de los principales centros urbanos del departamento de Arauca, ha experimentado un crecimiento demográfico sostenido en los últimos años, impulsado por dinámicas migratorias y sociales que han derivado en una expansión urbanística considerable. Este crecimiento exige que la infraestructura de servicios públicos evolucione al mismo ritmo para garantizar la calidad de vida de sus habitantes.

En este contexto, la Empresa de Servicios Públicos ECAAAS ESP, en articulación con la Administración Municipal y el Departamento de Arauca, tiene la responsabilidad de asegurar la eficiencia en la prestación del servicio de agua potable. Para ello, es imperativo que las redes de distribución no solo cumplan con la cobertura, sino con los lineamientos técnicos y normativos vigentes, especialmente lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017 (RAS) y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT).

El Barrio Libertadores cuenta actualmente con una red de acueducto que, debido al paso del tiempo y al crecimiento del sector, requiere una evaluación profunda frente a las nuevas necesidades técnicas. Por lo tanto, se hace necesario contrastar la infraestructura actual con una nueva propuesta de optimización de redes que mejore las condiciones de presión, caudal y la durabilidad del sistema.

El presente documento tiene como objetivo presentar el Análisis Comparativo y Diseño Hidráulico de la Red de Acueducto para el barrio Libertadores. Este informe detalla el estado de la red existente y justifica técnicamente la implementación de la nueva tubería proyectada.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

1. ALCANCE

El presente proyecto contempla el análisis comparativo y el diseño de la red de distribución de acueducto para el barrio Libertadores, ubicado en el municipio de Saravena, Arauca. Este estudio se desarrolla con el fin de evaluar la suficiencia técnica de la infraestructura existente frente a la nueva red propuesta, tomando como base los puntos de conexión autorizados por la red de distribución de la empresa ECAAAS ESP.

El presente documento se enfoca en el dimensionamiento, trazado y contraste técnico de los materiales y diámetros de la red dentro del área delimitada del barrio Libertadores. El alcance incluye la verificación del cumplimiento normativo de la red proyectada respecto a la red actual, especialmente en lo referente a diámetros mínimos y presiones de servicio, sin incluir modificaciones o evaluaciones sobre el comportamiento hidráulico de la red matriz externa del municipio.

2. DESCRIPCION GENERAL

El diseño hidráulico para el barrio Libertadores se fundamenta en el cumplimiento de la Resolución 0330 de 2017 (RAS), la cual deroga y actualiza los criterios del RAS 2000, estableciendo las condiciones vigentes para el diseño, construcción y operación de sistemas de acueducto en Colombia.

A continuación, se describen los ejes centrales del diseño, contrastando la infraestructura Existente frente a la Propuesta:

- **Proyección de la Demanda**

  Se han realizado proyecciones de demanda considerando el crecimiento demográfico de Saravena y el uso de suelo específico del barrio Libertadores.

  - Red Existente: Presenta diámetros insuficientes para el consumo actual.
  - Red Propuesta: Ajustada a una dotación neta máxima de 140 L/hab·día (según nivel de complejidad y altura sobre el nivel del mar), garantizando el suministro para los próximos 25 años.

- **Presiones de Servicio (Rangos Normativos)**

  El diseño asegura que la red propuesta opere dentro de los límites normativos, a diferencia de la red actual que presenta caídas de presión críticas:

  - Presión Mínima: Se garantiza un mínimo de 10 m.c.a. en el nodo más desfavorable (Art. 58, Res. 0330).

- Presión Máxima: No excederá los 60 m.c.a. (según actualización de la norma de 2017) para proteger la integridad de las conexiones domiciliarias.

- **Dimensionamiento y Materialidad**

  Este es el punto de mayor contraste en el chequeo:

  - Red Existente: Compuesta por materiales con alta rugosidad y diámetros que, en varios tramos, son inferiores a los 75 mm (3") exigidos por el Artículo 63 de la resolución vigente.
  - Red Propuesta: Se proyecta en PVC Orientado (PVC-O) o PEAD, materiales que ofrecen menores pérdidas por fricción y diámetros nominales que cumplen estrictamente con el mínimo urbano de 3".

- **Dispositivos de Control y Calidad**
  - Válvulas y Accesorios: La propuesta técnica incluye la instalación de válvulas de seccionamiento y purgas de aire/lodos, elementos ausentes o inoperativos en la red vieja, lo que facilitará el mantenimiento preventivo por parte de ECAAAS-ESP.
  - Estanqueidad: Al eliminar las fugas de la red vieja mediante uniones herméticas modernas, se garantiza el cumplimiento de la Resolución 2115 de 2007, evitando la entrada de contaminantes externos por presión negativa (succión) en la red.

- **Sostenibilidad y Operación**
  - El diseño propuesto busca reducir el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) en el barrio Libertadores. Mientras que la red existente representa un gasto constante en reparaciones de emergencia, la nueva red permite una gestión eficiente de la demanda y una detección de fugas más sencilla mediante la sectorización.

2.1. Estudios existentes

Como información base se cuenta con un levantamiento topográfico que incluye información altimétrica y planimétrica del terreno, acompañado de las respectivas carteras topográficas. Además, se dispone del diseño urbanístico del predio, el cual debe ser considerado al momento de definir el trazado de las redes de distribución.

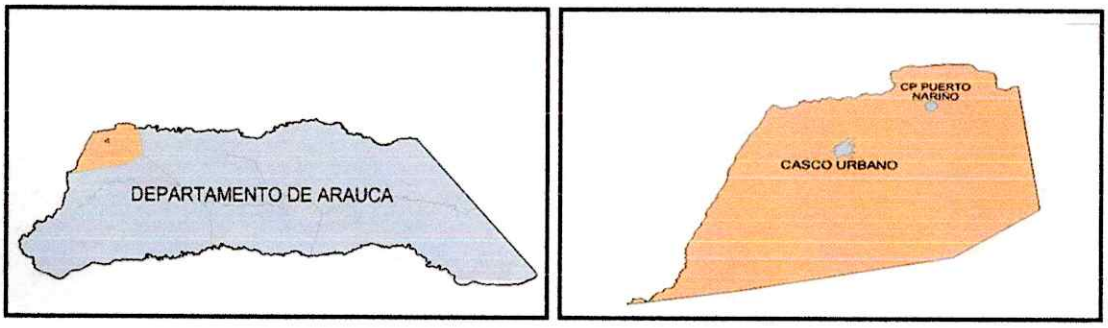
2.2. Ubicación geográfica municipio de Saravena

El municipio de Saravena se encuentra ubicado en la región de la Orinoquía colombiana, al noroccidente del departamento de Arauca. Geográficamente, se

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

sitúa entre los 6°46' y 7°00' de latitud norte, y entre los 71°41' y 72°06' de longitud oeste.

Ilustración 1. Localización Municipio de Saravena



Fuente: Google

2.3. Ubicación del barrio Libertadores

El barrio Libertadores está ubicado en las coordenadas Longitud 71° 52.814'O y Latitud 6° 57.444'N, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 2. Ubicación del barrio Libertadores en el Municipio de Saravena.

Fuente: Google Earth Pro

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

3. DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO

3.1. Descripción del sistema

El proyecto consiste en la modernización y reposición de la red de acueducto del barrio Libertadores, con el fin de garantizar un suministro de agua potable eficiente y con las presiones adecuadas para la comunidad. La intervención se centra en la sustitución de la infraestructura actual, la cual está conformada por una tubería de 2" de diámetro, medida que resulta insuficiente para la demanda del sector y que se encuentra en incumplimiento técnico, dado que el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017 establece que el diámetro interno real mínimo para redes de distribución en sectores urbanos no debe ser inferior a 75 mm (3").

Para corregir esta deficiencia, se ha diseñado una nueva red de tipo convencional que jerarquiza la distribución del caudal de manera eficiente. La propuesta técnica establece la instalación de una tubería principal de 3" de diámetro sobre la Calle 30a, en el tramo comprendido entre la Carrera 16 y Carrera 19a, la cual actuará como eje matriz para estabilizar las presiones en el sector. De la misma manera, para el resto de las calles del barrio, se proyecta el reemplazo de la tubería de 2" por conducciones de 3" de diámetro, garantizando que todo el sistema cumpla con el diámetro interno real mínimo normativo. Este redimensionamiento integral no solo asegura la suficiencia hidráulica para el consumo doméstico y la operación de hidrantes, sino que optimiza la prestación del servicio por parte de la empresa ECAAAS-ESP al reducir las fallas por sobrepresión o diámetros insuficientes.

3.2. Dotación neta

La dotación neta máxima considerada para el diseño corresponde a 140 litros por habitante por día (L/hab/día), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 1 de la Resolución 0330 de 2017, aplicable a zonas localizadas por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar. Para la estimación poblacional, se proyecta una ocupación promedio de 4 habitantes por vivienda, con base en el promedio de personas por hogar en la cabecera municipal, según datos del DANE.

3.3. Porcentaje de perdidas

De acuerdo con lo establecido en el numeral 2.7 del Título B de la segunda edición del RAS 2000, el porcentaje máximo admisible de pérdidas en el sistema no debe superar el 25%. Este valor será adoptado para la estimación de la dotación bruta en el presente diseño.

3.4. Dotación bruta

La dotación bruta se calculará de acuerdo con lo estipulado en el numeral 2.7 del Título B de la segunda edición del RAS 2000:

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

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

$$d_{bruta} = \frac{140\ {}^{L}/_{Hab}/_{dia}}{0.75} = 186.7\ {}^{L}/_{Hab}/_{dia}$$

3.5. Caudal medio diario

Considerando la densidad poblacional definida en el numeral 2.2 del presente documento, correspondiente a 4 habitantes por vivienda, se emplea la siguiente expresión para estimar la población total del proyecto:

$$Qmd = \frac{Pxd_{bruta}}{86400}$$

$$Qmd = \frac{(4\ habitantes)x\frac{186.7\ L}{Hab}/dia}{86400} = 0.0086\ L/s$$

3.6. Caudal maximo diario

Para la determinación del Caudal Máximo Diario (QMD) se utiliza la siguiente expresión:

$$QMD = Qmd\ x\ K1$$

De acuerdo con lo establecido en el artículo 47, parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, para poblaciones menores a 12.500 habitantes se permite utilizar un valor máximo de $K1 = 1.3$. Dado que la población beneficiada con esta ampliación de redes se encuentra dentro de este rango, se adopta dicho valor.

$$QMD = 0.0086\frac{L}{s}x\ 1.30 = 0.0112\ L/s$$

3.7. Caudal maximo horario

Para la determinación del Caudal Máximo Horario (QMH) se aplica la siguiente expresión:

$$QMH = QMD\ x\ K2$$

Según el artículo 47, parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, para poblaciones menores a 12.500 habitantes se puede adoptar un valor máximo de $K2 = 1.6$. Considerando que la población beneficiada con la ampliación de redes se encuentra dentro de este rango, se utiliza dicho valor:

$$QMD = 0.0112\frac{L}{s}x\ 1.60 = 0.0179\ L/s$$

Por lo tanto, cada vivienda se estima con una demanda máxima horaria de aproximadamente 0,018 L/s.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

3.8. Demanda en hidrantes

La provisión de hidrantes para el barrio LIBERTADORES se rige por los artículos 70, 71 y 72 de la Resolución 0330 de 2017. De acuerdo con el parágrafo 1 del artículo 70, al tratarse de un sistema para una población de diseño menor a 12,500 habitantes, cada hidrante debe garantizar una capacidad mínima de 5 L/s. Así mismo, el parágrafo 4 del mismo artículo exige que en zonas residenciales unifamiliares se garantice la operación simultánea de al menos dos unidades para la atención de emergencias.

En la infraestructura actual del sector, se identifica que no se tienen instalado ningún hidrante. Por esta razón, se evidencia la necesidad de reforzar el sistema con 2 hidrantes, para cumplir con el radio de cobertura de 150 metros establecido en el artículo 71, asegurando así la protección total del área del barrio.

El hidrante estará controlado por una válvula de compuerta, que permitirá su operación adecuada durante eventos de emergencia o mantenimiento.

Capacidad y Densidad: Considerando que la densidad poblacional del sector es inferior a 200 Hab/ha, y siguiendo lo estipulado en el artículo 72, los hidrantes proyectados deben contar con un diámetro nominal mínimo de 3" (75 mm).

La demanda total de hidrantes para el proyecto es de 10 L/s.

4. CHEQUEO DE LA RED EXISTENTE

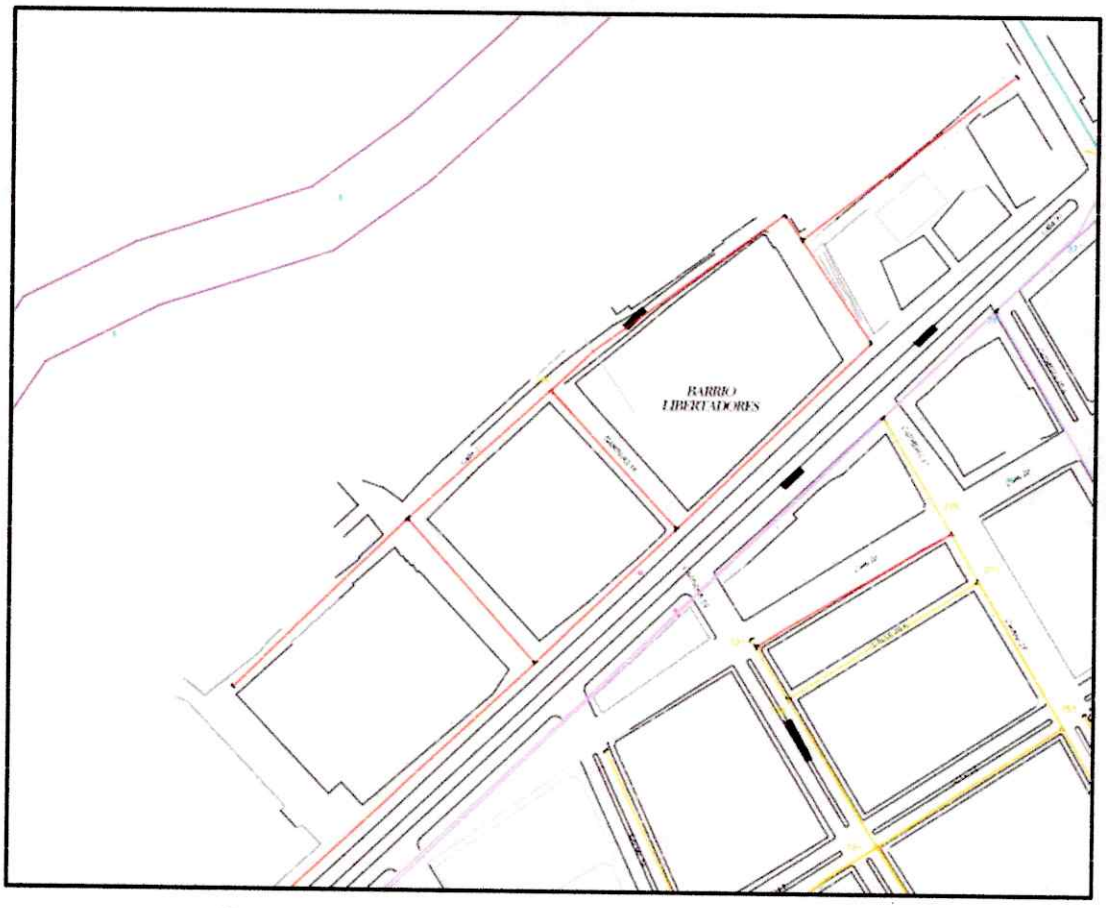
Para el desarrollo del presente análisis, se ha procedido a realizar el modelamiento hidráulico del sistema actual de acueducto en el sector del barrio LIBERTADORES. El objetivo de esta simulación es diagnosticar el comportamiento de las presiones y velocidades bajo las condiciones físicas de la infraestructura que opera hoy en día, para luego contrastarlas con la red proyectada.

La red existente se encuentra abastecida a través de una conexión a una tubería de 2" de diámetro, y la red de distribución interna del barrio está conformada en su totalidad por una red de 2" de diámetro en material PVC RDE 41, con una extensión total de 1.103,86 metros de tubería.

Este modelamiento inicial permite evidenciar las limitaciones técnicas del sistema actual, donde la combinación de un material con alto coeficiente de fricción (RDE 41) y un diámetro reducido de 2" (el cual incumple el mínimo de 3" exigido por el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017) genera pérdidas de carga significativas. Estas condiciones impiden garantizar las presiones mínimas de servicio en los puntos más alejados de la red y limitan la capacidad de respuesta ante la demanda del sector.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Ilustración 3. Plano de trazado red existente tramos de tubería red existente



Fuente: Elaboración Propia – Plano de la red de acueducto

4.1. Censo de usuarios del sector

Para la determinación de la demanda hidráulica y el cálculo de caudales del proyecto, se realizó el levantamiento de las unidades habitacionales mediante el cruce de información técnica de la empresa ECAAAS E.S.P. Se tomó como base de datos institucional la georreferenciación de usuarios de acueducto de la empresa ECAAAS ESP, la cual mantiene para la totalidad del municipio de Saravena.

A partir de esta base de datos, se realizó la delimitación y el filtrado de los suscriptores correspondientes al área de influencia del barrio LIBERTADORES.

Este proceso permitió identificar con precisión la ubicación de cada punto de servicio y la densidad habitacional de todo el sector intervenido, asegurando que el modelamiento hidráulico responda a la carga real de consumo y a la cobertura total de los usuarios actuales. A continuación, se presenta la visualización satelital de la zona de estudio, donde se contrastan los puntos de servicio georreferenciados:

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Ilustración 4. **Localización de usuarios y georreferenciación de suscriptores del barrio LIBERTADORES**

Fuente: ECAAAS E.S.P. / Google Earth.

4.2. Presiones de red Existente en punto de empalme

Se tomaron muestras de presiones en dos puntos de empalme con la red existente, ubicados en la Carrea 16 con calle 30ª y en la carrera 19a con calle 30, en tramos de tubería de 6" y 2". Las mediciones se realizaron de lunes a Domingo, en nueve (9) horarios distintos: 2:00 AM , 8:00 AM, 12:00 PM, 3:00 PM, 5:00 PM, 7:00 PM, 8:00 PM, 10:00 PM y 12:00 PM, repitiéndose a la misma hora cada día. Tal como se muestra en las siguientes imágenes:

Tabla 1. **Presiones en punto de empalme CRA 19a**

PRESIONES EN PSI (CRA 19a CALLE 30)								
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
2:00 AM	40	42	40	40	41	42	41	40.86
8:00 AM	7	8	5	8	8	7	5	6.86
12:00 PM	9	9	8	7	7	6	6	7.43
3:00 PM	10	10	11	10	12	11	12	10.86
5:00 PM	15	16	17	16	15	16	18	16.14
7:00 PM	11	12	10	11	12	11	10	11.00
8:00 PM	10	11	12	13	11	12	13	11.71
10:00 PM	20	22	21	21	22	19	22	21.00
12:00 AM	38.00	38.00	39.00	38.00	37.00	38.00	38.00	38.00

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA

ECAAAS-E.S.P.

NIT. 800.163.392-3

Tabla 2. Presiones en punto de empalme CRA 16

PRESIONES EN PSI (CRA 16 CALLE 30a)								
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
2:00 AM	50	50	49	52	50	49	50	50.00
8:00 AM	22	21	23	22	23	19	19	21.29
12:00 PM	22	21	23	22	22	20	20	21.43
3:00 PM	23	23	22	23	25	21	20	22.43
5:00 PM	26	25	27	25	26	22	21	24.57
7:00 PM	24	24	23	25	23	20	19	22.57
8:00 PM	23	23	24	24	22	21	19	22.29
10:00 PM	30	31	29	28	29	31	34	30.29
12:00 AM	50	49	50	49	49	50	48	49.29

Ilustración 5. Registro fotográfico de manómetro

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

4.3. Cálculo de caudales red existente

Para calcular el caudal asignado a cada nodo de la red de distribución, se empleó el método de Repartición Media, descrito en el Título B, numeral 7.5.3 del RAS 2000 (actualización 2015). Este procedimiento permite establecer los caudales de consumo en los diferentes tramos de la red, distribuyendo los flujos de manera lógica y proporcional a lo largo de la red.

Inicialmente, se determinan los caudales en cada tramo de conducción. Posteriormente, estos se asignan a los nodos extremos del tramo respectivo, distribuyéndolos equitativamente (50 % en cada nodo). Esta metodología facilita una estimación coherente del comportamiento hidráulico del sistema.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para cada nodo:

Tabla 3. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red existente

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS
N10	N9	TUB1	2"	156.57	21
N9	N11	TUB2	2"	56.45	0
N9	N8	TUB3	2"	20.53	0
N8	N7	TUB4	2"	130.90	17
N7	N12	TUB5	2"	86.13	12
N12	N11	TUB6	2"	116.22	8
N7	N6	TUB7	2"	11.23	0
N6	N5	TUB8	2"	100.48	17
N5	N4	TUB9	2"	9.48	1
N4	N13	TUB10	2"	82.64	11
N13	N12	TUB11	2"	96.69	7
N5	N14	TUB12	2"	9.19	1
N14	N15	TUB13	2"	18.07	3
N14	N16	TUB14	2"	39.95	2
N4	N3	TUB15	2"	106.79	14
N3	N2	TUB16	2"	83.44	5
N2	N13	TUB17	2"	107.04	9
N2	N1	TUB18	2"	23.02	0
				1254.82	128

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Repartición media de Qmd por nodos red existente

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16
N10	N9	TUB1	2"	0.0086	0.181									0.090	0.090						
N9	N11	TUB2	2"	0.0086	0.000									0.000		0.000					
N9	N8	TUB3	2"	0.0086	0.000								0.000	0.000							
N8	N7	TUB4	2"	0.0086	0.146							0.073	0.073								
N7	N12	TUB5	2"	0.0086	0.103							0.052					0.052				
N12	N11	TUB6	2"	0.0086	0.069											0.034	0.034				
N7	N6	TUB7	2"	0.0086	0.000						0.000	0.000									
N6	N5	TUB8	2"	0.0086	0.146					0.073	0.073										
N5	N4	TUB9	2"	0.0086	0.009				0.004	0.004											
N4	N13	TUB10	2"	0.0086	0.095				0.047									0.047			
N13	N12	TUB11	2"	0.0086	0.060												0.030	0.030			
N5	N14	TUB12	2"	0.0086	0.009					0.004									0.004		
N14	N15	TUB13	2"	0.0086	0.026														0.013	0.013	
N14	N16	TUB14	2"	0.0086	0.017														0.009		0.009
N4	N3	TUB15	2"	0.0086	0.120			0.060	0.060												
N3	N2	TUB16	2"	0.0086	1.353		0.677	0.677													
N2	N13	TUB17	2"	0.0086	0.077		0.039											0.039			
N2	N1	TUB18	2"	0.0086	0.000	0.000	0.000														
					2.4108	-	**0.715**	**0.737**	**0.112**	**0.082**	**0.073**	**0.125**	**0.073**	**0.090**	**0.090**	**0.034**	**0.116**	**0.116**	**0.026**	**0.013**	**0.009**

Fuente: Elaboración propia

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

4.4. Escenarios de diseño red existente

De acuerdo con lo establecido en el Título B, numeral 7.5.8 del RAS 2000 (actualización 2015), así como en la Resolución 0330 de 2017 y la Resolución 799 de 2021, se realizará la modelación de la red de acueducto existente considerando los siguientes dos de los tres escenarios operativos:

- Flujo permanente correspondiente al caudal medio diario (Qmd) durante la etapa inicial de operación del proyecto.
- Caudal máximo horario (QMH), tanto para las condiciones actuales como para el horizonte del período de diseño.
- Demanda por incendio, atendida por la operación simultánea de dos hidrantes, conforme a la normativa vigente. **(NO APLICA, POR INEXISTENCIA DE HIDRANTES)**

Tabla 5. Escenarios de diseño por nodos red existente

	1 modelación		2 modelación		3 modelación
NODO	Qmd (L/S)	QMD (L/S)	QMH (L/S)	Q adicional Hidrante (L/S)	Q Contra Incendios (L/S)
N1	-	-	-	-	0.000
N2	0.715	0.930	1.488	-	1.488
N3	0.737	0.958	1.532	-	1.532
N4	0.112	0.145	0.233	-	0.233
N5	0.082	0.106	0.170	-	0.170
N6	0.073	0.095	0.152	-	0.152
N7	0.125	0.162	0.259	-	0.259
N8	0.073	0.095	0.152	-	0.152
N9	0.090	0.117	0.188	-	0.188
N10	0.090	0.117	0.188	-	0.188
N11	0.034	0.045	0.072	-	0.072
N12	0.116	0.151	0.241	-	0.241
N13	0.116	0.151	0.241	-	0.241
N14	0.026	0.034	0.054	-	0.054
N15	0.013	0.017	0.027	-	0.027
N16	0.009	0.011	0.018	-	0.018
	2.411	**3.134**	**5.014**	**-**	**5.014**

Fuente: Elaboración propia

4.5. Presiones de red Existente en punto de empalme

La empresa ECAAAS E.S.P., como prestadora del servicio en el municipio de Saravena, realizó una serie de mediciones de presión en el punto de empalme con

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

la red existente en la Calle 30 con carrera 19ª para analizar el comportamiento hidráulico del sistema existente en las condiciones actuales.

Estas pruebas se llevaron a cabo en horarios estratégicos para evaluar el comportamiento de la red bajo distintas condiciones de demanda, registrando datos a las 2:00 AM , 8:00 AM, 12:00 PM, 3:00 PM, 5:00 PM, 7:00 PM, 8:00 PM, 10:00 PM y 12:00 PM.

El resumen de los datos obtenidos es el siguiente:

Tabla 6. Datos de toma de presiones red existente

PRESIONES EN PSI (CRA 19a CALLE 30)								
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
2:00 AM	40	42	40	40	41	42	41	40.86
8:00 AM	7	8	5	8	8	7	5	6.86
12:00 PM	9	9	8	7	7	6	6	7.43
3:00 PM	10	10	11	10	12	11	12	10.86
5:00 PM	15	16	17	16	15	16	18	16.14
7:00 PM	11	12	10	11	12	11	10	11.00
8:00 PM	10	11	12	13	11	12	13	11.71
10:00 PM	20	22	21	21	22	19	22	21.00
12:00 AM	38.00	38.00	39.00	38.00	37.00	38.00	38.00	38.00
PRESIONES EN m.c.a								PROMEDIO
2:00 AM	28.2	29.6	28.2	28.2	28.9	29.6	28.9	28.76
8:00 AM	4.9	5.6	3.5	5.6	5.6	4.9	3.5	4.83
12:00 PM	6.3	6.3	5.6	4.9	4.9	4.2	4.2	5.23
3:00 PM	7.0	7.0	7.7	7.0	8.4	7.7	8.4	7.64
5:00 PM	10.6	11.3	12.0	11.3	10.6	11.3	12.7	11.36
7:00 PM	7.7	8.4	7.0	7.7	8.4	7.7	7.0	7.74
8:00 PM	7.0	7.7	8.4	9.2	7.7	8.4	9.2	8.25
10:00 PM	14.1	15.5	14.8	14.8	15.5	13.4	15.5	14.78
12:00 AM	26.8	26.8	27.5	26.8	26.0	26.8	26.8	26.75
Coeficientes de consumo								PROMEDIO
2:00 AM	0.95	1.00	0.95	0.95	0.98	1.00	0.98	0.97
8:00 AM	0.17	0.19	0.12	0.19	0.19	0.17	0.12	0.16
12:00 PM	0.21	0.21	0.19	0.17	0.17	0.14	0.14	0.18
3:00 PM	0.24	0.24	0.26	0.24	0.29	0.26	0.29	0.26
5:00 PM	0.36	0.38	0.40	0.38	0.36	0.38	0.43	0.38
7:00 PM	0.26	0.29	0.24	0.26	0.29	0.26	0.24	0.26
8:00 PM	0.24	0.26	0.29	0.31	0.26	0.29	0.31	0.28
10:00 PM	0.48	0.52	0.50	0.50	0.52	0.45	0.52	0.50
12:00 AM	0.90	0.90	0.93	0.90	0.88	0.90	0.90	0.90

Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las horas, se obtuvo el promedio de las presiones medidas durante los días que se tomaron lecturas, y con dicha presión en el punto de empalme a la red existente se realizó la modelación teniendo en cuenta el escenario 2 mencionado en el punto 4.2 del presente documento.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró un patrón de consumo que se representa en el siguiente diagrama.

Ilustración 6. Diagrama de patrón de consumo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al artículo 61 de la resolución 0330 de 2017, la presión mínima de la red no debe ser inferior a 15 m.c.a, sin embargo, también se debe tener en cuenta lo enunciado en el parágrafo 1 del mismo artículo: *"El área a abastecer con una presión dinámica inferior puede corresponder hasta el 10°/o del área total, siempre que la presión mínima sea superior o. igual a 8 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 12 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.*

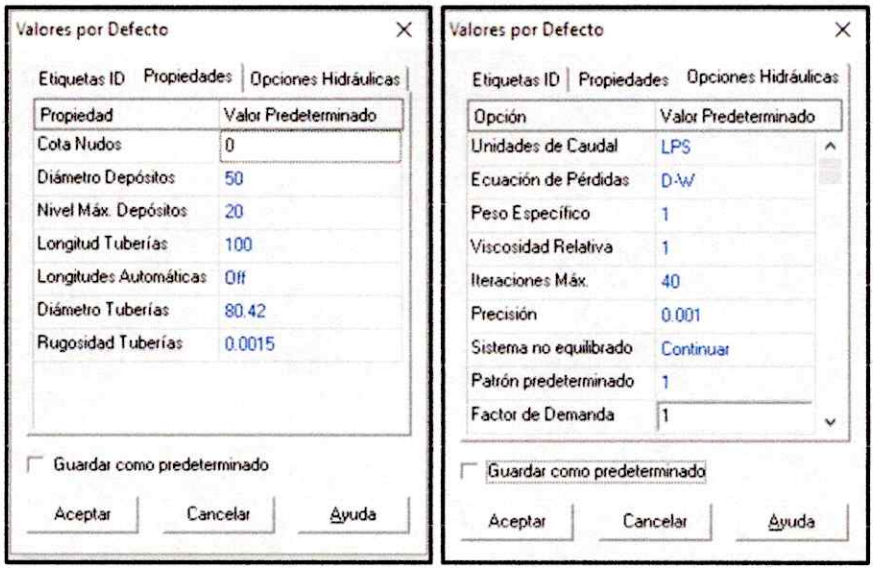
Se puede abastecer con una presión dinámica hasta el 5°/o del área total, siempre que ia presión mínima sea superior o igual a 5 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 10 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.".

4.6. Modelación de la red de acueducto existente

Inicialmente se requiere ajustar los valores por defecto del programa EPANET, con el fin de garantizar que la modelación arroje información confiable.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

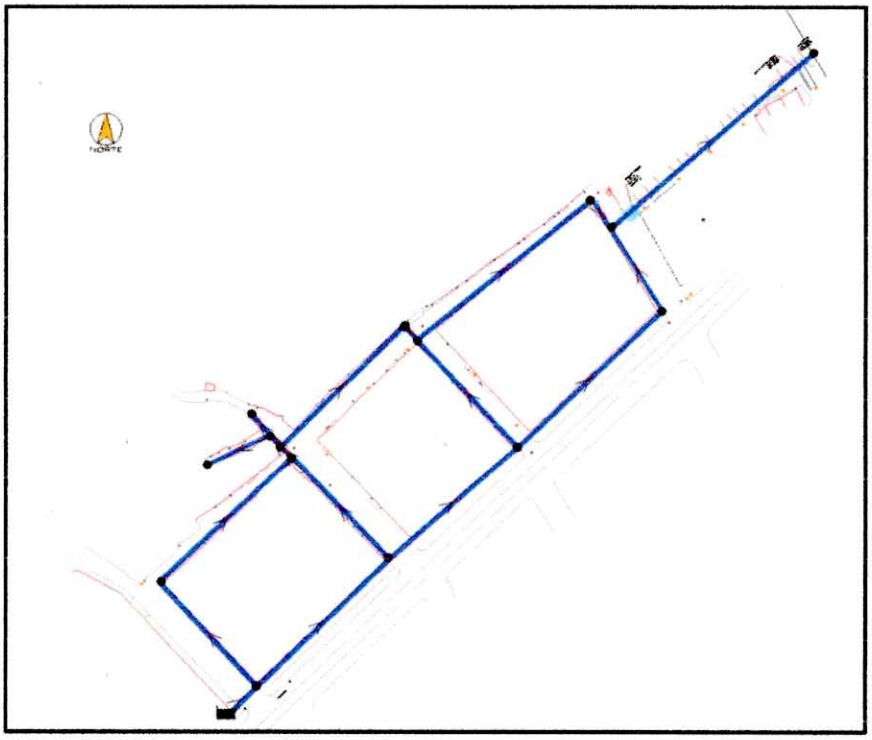
Ilustración 7. Ajuste de valores por defecto



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Luego procedemos a cargar la plantilla del trazado preliminar para poder dibujar los nodos y tuberías, con el fin de asignar cotas, longitudes, diámetros, y consumos.

Ilustración 8. Trazado de nodos y tubería



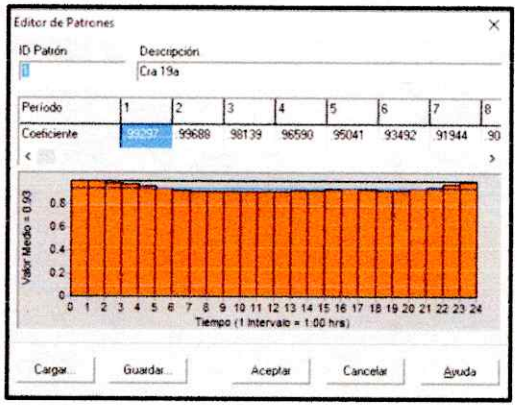
Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Partiendo del estudio de presiones ejecutado en el punto de empalme, se procedió a realizar un recalculo estratégico del patrón de consumo del sector. En esta etapa, se tomó la cota topográfica del punto de conexión como nivel de referencia base para estabilizar las variaciones de demanda.

Bajo este criterio, el patrón de consumo fue normalizado e ingresado a la modelación hidráulica en términos de porcentajes de demanda horaria, tomando como eje de cálculo la carga hidrostática disponible en dicha cota. Este ajuste permite que el modelo simule de manera más realista el comportamiento de la red, asegurando que las fluctuaciones de consumo se distribuyan proporcionalmente a la energía potencial del sistema en el punto de entrada al barrio LIBERTADORES.

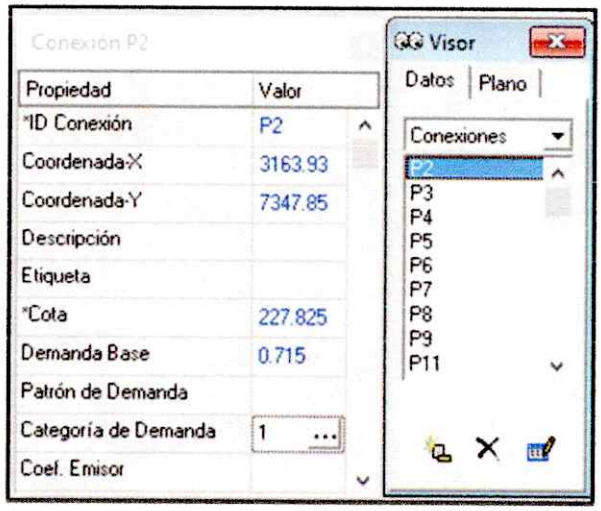
Ilustración 9. Cargue de Coeficientes de Consumo



Fuente: EPANET – Modelación Hidráulica

Se procede a incorporar la información de gasto medio en cada uno de los nodos calculados anteriormente.

Ilustración 10. Incorporación de Demanda base en cada Nodo



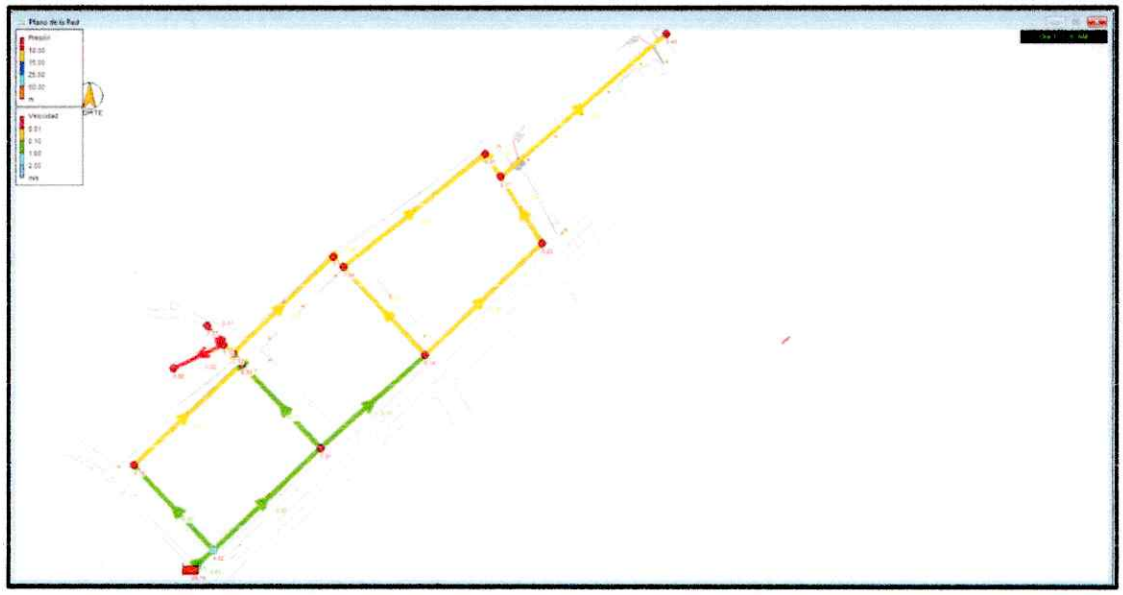
Fuente: EPANET – Modelación Hidráulica

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

De acuerdo con la demanda calculada en los nodos y las características del proyecto (Longitud de tuberías, Cotas), se realizó la simulación mediante el software EPANET, el cual incorpora dentro de sus cálculos el método del gradiente, tal cual lo menciona la RES 0330 de 2017 en su artículo 57.

Se realizó una modelación para cada escenario y para cada una de las horas en las que se tomaron las mediciones de presión. A continuación, se presenta un ejemplo de la modelación en la hora más desfavorable (07:00 am), mientras que las de todos los escenarios se incluirán como anexos en el presente informe.

Ilustración 11. Modelación escenario 2 en EPANET red existente



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

A partir de los resultados obtenidos en la modelación de la infraestructura actual, representados en la cartografía hidráulica del barrio LIBERTADORES, se puede evidenciar que las presiones en los nodos se encuentran críticamente por debajo de los niveles exigidos por el RAS en su resolución 0330 de 2017. Como se observa en el mapa de presiones para el periodo de las 07:00 AM, la mayoría de los puntos de entrega registran valores que oscilan entre 3.06 m.c.a. y 4.24 m.c.a, cifras que no alcanzan el mínimo de 5 m.c.a. establecido en el Reglamento Técnico del Sector en su parágrafo adicional del articulo 61.

Esta deficiencia es una consecuencia directa del uso de tuberías de 2" (55 mm externos), las cuales, además de sufrir altas pérdidas de energía por fricción, contravienen lo estipulado en el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017, que exige un diámetro interno real mínimo de 75 mm para garantizar la suficiencia del sistema en sectores urbanos.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

4.7. Resultados de la modelación de la red existente

Debido a la magnitud de los datos procesados en la simulación, el reporte técnico completo de todos los nodos y tramos durante las 24 horas del día se encuentra disponible para su consulta en los Anexos del informe.

No obstante, con el fin de ilustrar el estado crítico del sistema actual, se presenta a continuación un extracto de los resultados de presión en los nodos para el periodo de las 7:00 AM. Como se observa en la siguiente tabla, a excepción de los nodos 10, 9, 11, 8, y 7, la totalidad de los nodos registran presiones deficitarias que oscilan entre entre 3.06 m.c.a. y 4.24 m.c.a, valores que se encuentran drásticamente por debajo del mínimo de 10 m.c.a. establecido en la normativa.

Ilustración 12. Resultados de nudos a las 07:00 Hrs – Escenario de Red Existente.

```
Página 1                                   08/07/2026 11:04:21 a. m.
**************************************************************
*                       E P A N E T                          *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad              *
*                de Redes Hidráulicas a Presión               *
*                      Versión 2.0 Ve                         *
*                                                             *
*                      Traducido por:                         *
*        Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos      *
*            Universidad Politécnica de Valencia              *
**************************************************************
 Archivo de Entrada: Modelacion Acuedcuto Libertadores Existente.net

Resultados de Nudo en 7:00 Hrs:
--------------------------------------------------------------
ID                  Demanda   Altura   Presión   Calidad
Nudo                    LPS        m         m
--------------------------------------------------------------
P2                     0.65   232.45      4.62      0.00
P3                     0.67   232.19      4.79      0.00
P4                     0.10   232.17      6.90      0.00
P5                     0.07   232.17      7.12      0.00
P6                     0.07   232.14      7.12      0.00
P7                     0.11   232.14      7.94      0.00
P8                     0.07   232.13      8.91      0.00
P9                     0.08   232.13      8.17      0.00
P11                    0.03   232.13      8.20      0.00
P12                    0.10   232.14      6.14      0.00
P13                    0.10   232.20      5.91      0.00
P14                    0.02   232.17      7.12      0.00
P15                    0.01   232.17      7.37      0.00
P16                    0.01   232.17      6.86      0.00
P10                    0.08   232.12      9.48      0.00
N1                    -2.18   232.84    -24.74      0.00 Embalse

Página 9
```

Fuente: Elaboración propia en EPANET

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

5. PROPUESTA TÉCNICA DE REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA

Ante el diagnóstico de subpresión identificado en la red actual, el cual compromete la calidad del servicio y anula la capacidad de respuesta frente a emergencias e incendios, se plantea como solución técnica necesaria el rediseño integral del sistema de distribución para el barrio LIBERTADORES.

Esta propuesta de optimización se fundamenta en la proyección de una nueva red, sustituyendo la infraestructura obsoleta por conducciones en PVC de 3" de diámetro. El objetivo primordial de este redimensionamiento es normalizar los niveles de presión en todos los nodos de consumo, garantizando el cumplimiento estricto del Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017 respecto al diámetro mínimo permitido. Con la implementación de este nuevo esquema hidráulico, se asegura una distribución eficiente de los caudales y se dota al sector de una infraestructura resiliente, capaz de satisfacer la demanda actual y futura en beneficio directo de la comunidad.

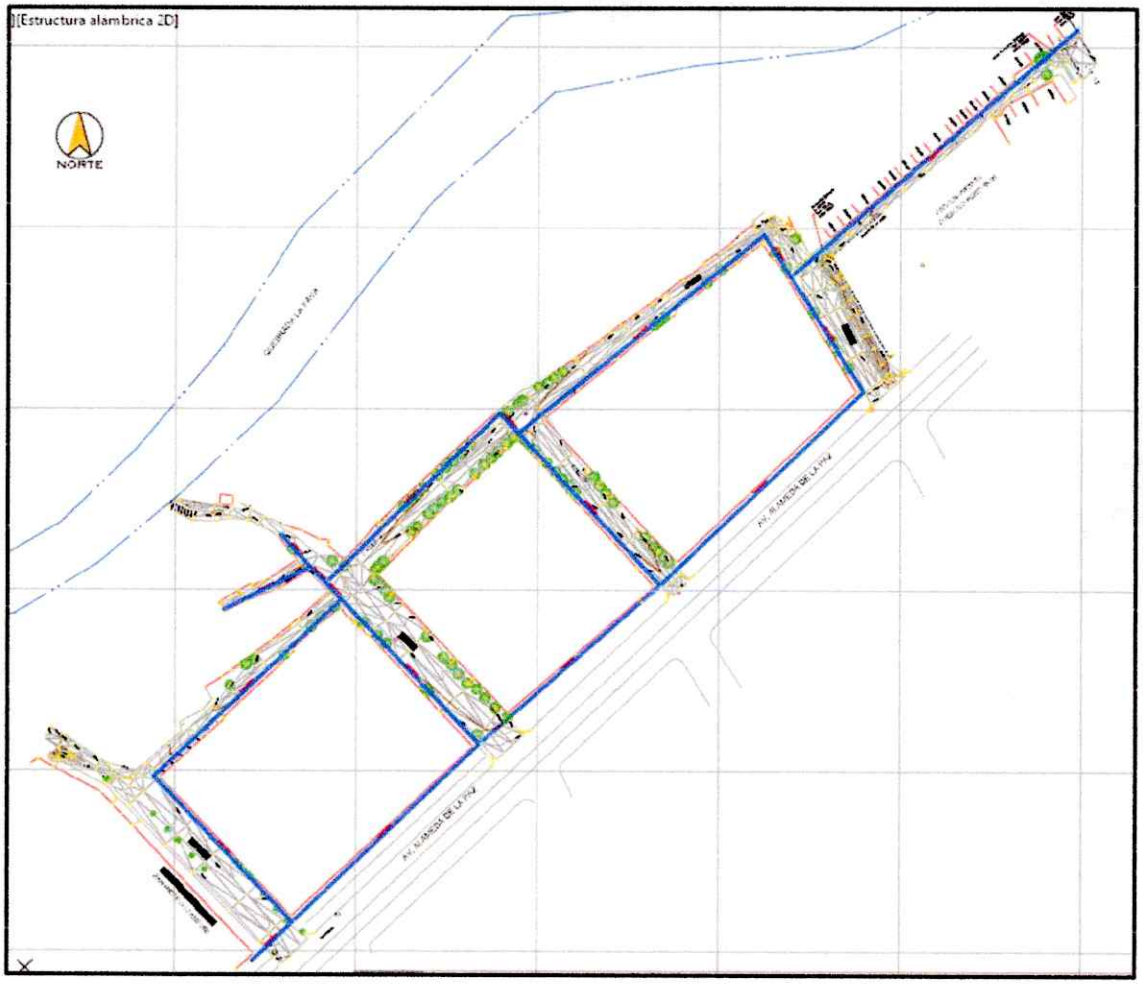
6. CHEQUEO DE LA RED PROYECTADA

Como solución a las deficiencias identificadas, se ha desarrollado la modelación de la red de acueducto proyectada para el barrio LIBERTADORES, bajo el Escenario 2. El objetivo de esta simulación es validar la efectividad del redimensionamiento propuesto y asegurar que el sistema cumpla con los estándares de presión, velocidad y cobertura exigidos por la normativa vigente.

La nueva configuración de la red sustituye los tramos de 2" por una estructura jerarquizada que utiliza la Calle 30a, entre las carreras 16 y 19a, como eje principal de distribución mediante tubería de 3" de diámetro. De igual manera la red interna del barrio se ha proyectado en tubería de 3", garantizando en la totalidad del sistema el cumplimiento del diámetro interno real mínimo de 75 mm establecido en el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Ilustración 13. Plano de trazado red proyectada



Fuente: Elaboración Propia – Plano de la red de acueducto

6.1. Cálculo de caudales

Para garantizar una comparación técnica justa y precisa entre ambos escenarios, la metodología empleada para el cálculo de caudales en la red proyectada fue exactamente la misma que se utilizó en la red existente.

Al mantener constantes los parámetros de población y consumo en ambas modelaciones, los resultados demuestran que la mejora en las presiones se debe a dos factores, uno es el cambio de los diámetros de 2" por la nueva infraestructura de 3" y el otro es la conexión a la tubería de 6" que se encuentra en la carrera 16, asegurando así que el sistema responda eficientemente a la demanda real del barrio LIBERTADORES.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Tabla 7. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red proyectada

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)
N10	N9	TUB1	3"	156.57	21	0.0086	0.181
N9	N11	TUB2	3"	56.45	0	0.0086	0.000
N9	N8	TUB3	3"	20.53	0	0.0086	0.000
N8	N7	TUB4	3"	130.90	17	0.0086	0.146
N7	N12	TUB5	3"	86.13	12	0.0086	0.103
N12	N11	TUB6	3"	116.22	8	0.0086	0.069
N7	N6	TUB7	3"	11.23	0	0.0086	0.000
N6	N5	TUB8	3"	100.48	17	0.0086	0.146
N5	N4	TUB9	3"	9.48	1	0.0086	0.009
N4	N13	TUB10	3"	82.64	11	0.0086	0.095
N13	N12	TUB11	3"	96.69	7	0.0086	0.060
N5	N14	TUB12	3"	9.19	1	0.0086	0.009
N14	N15	TUB13	3"	18.07	3	0.0086	0.026
N14	N16	TUB14	3"	39.95	2	0.0086	0.017
N4	N3	TUB15	3"	106.79	14	0.0086	0.120
N3	N2	TUB16	3"	83.44	5	0.0086	1.353
N2	N13	TUB17	3"	107.04	9	0.0086	0.077
N2	N1	TUB18	3"	23.02	0	0.0086	0.000
				1254.82	**128**		**2.4108**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada

ESTUDIO DE DOTACIONES PARA URBANISMOS																							
NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16
N10	N9	TUB1	3"	156.57	21	0.0086	0.181									0.090	0.090						
N9	N11	TUB2	3"	56.45	0	0.0086	0.000									0.000		0.000					
N9	N8	TUB3	3"	20.53	0	0.0086	0.000								0.000	0.000							
N8	N7	TUB4	3"	130.90	17	0.0086	0.146							0.073	0.073								
N7	N12	TUB5	3"	86.13	12	0.0086	0.103							0.052					0.052				
N12	N11	TUB6	3"	116.22	8	0.0086	0.069											0.034	0.034				
N7	N6	TUB7	3"	11.23	0	0.0086	0.000						0.000	0.000									
N6	N5	TUB8	3"	100.48	17	0.0086	0.146					0.073	0.073										
N5	N4	TUB9	3"	9.48	1	0.0086	0.009				0.004	0.004											
N4	N13	TUB10	3"	82.64	11	0.0086	0.095				0.047									0.047			
N13	N12	TUB11	3"	96.69	7	0.0086	0.060												0.030	0.030			
N5	N14	TUB12	3"	9.19	1	0.0086	0.009					0.004									0.004		
N14	N15	TUB13	3"	18.07	3	0.0086	0.026														0.013	0.013	
N14	N16	TUB14	3"	39.95	2	0.0086	0.017														0.009		0.009
N4	N3	TUB15	3"	106.79	14	0.0086	0.120			0.060	0.060												
N3	N2	TUB16	3"	83.44	5	0.0086	1.353		0.677	0.677													
N2	N13	TUB17	3"	107.04	9	0.0086	0.077		0.039											0.039			
N2	N1	TUB18	3"	23.02	0	0.0086	0.000	0.000	0.000														
				1254.82	**128**		**2.4108**	**-**	**0.715**	**0.737**	**0.112**	**0.082**	**0.073**	**0.125**	**0.073**	**0.090**	**0.090**	**0.034**	**0.116**	**0.116**	**0.026**	**0.013**	**0.009**

Fuente: Elaboración propia

17

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

6.2. Escenarios de diseño red proyectada

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, específicamente en el Título B, numeral 7.5.8, así como en lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017 y la Resolución 799 de 2021, la modelación hidráulica de la red de acueducto proyectada se realizará empleando la misma metodología aplicada para la red existente, con el fin de evaluar su comportamiento hidráulico bajo diferentes condiciones de operación.

Tabla 9. Escenarios de diseño por nodos red existente

	1 modelación		2 modelación		3 modelación
NODO	Qmd (L/S)	QMD (L/S)	QMH (L/S)	Q adicional Hidrante (L/S)	Q Contra Incendios (L/S)
N1	-	-	-	-	0.000
N2	0.715	0.930	1.488	-	1.488
N3	0.737	0.958	1.532	-	1.532
N4	0.112	0.145	0.233	-	0.233
N5	0.082	0.106	0.170	-	0.170
N6	0.073	0.095	0.152	-	0.152
N7	0.125	0.162	0.259	-	0.259
N8	0.073	0.095	0.152	-	0.152
N9	0.090	0.117	0.188	-	0.188
N10	0.090	0.117	0.188	-	0.188
N11	0.034	0.045	0.072	5.000	5.072
N12	0.116	0.151	0.241	-	0.241
N13	0.116	0.151	0.241	5.000	5.241
N14	0.026	0.034	0.054	-	0.054
N15	0.013	0.017	0.027	-	0.027
N16	0.009	0.011	0.018	-	0.018
	2.411	3.134	5.014	10.000	15.014

Fuente: Elaboración propia

6.3. Presiones de red Existente en punto de empalme

Para la modelación hidráulica de la red de acueducto proyectada, se adoptó la misma metodología descrita anteriormente para la red existente, utilizando las presiones registradas en el punto de empalme ubicado en la carrera 16 con calle 30a, medidas por la Empresa Comunitaria de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Saravena ECAAAS E.S.P. Dichas presiones se emplearon como condición de frontera en el nodo de conexión con el sistema existente, identificando patrón de consumo horario del punto de empalme.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta que la tubería existente en el punto de empalme corresponde a un diámetro de 6", por lo cual, en el diseño de la red proyectada, el

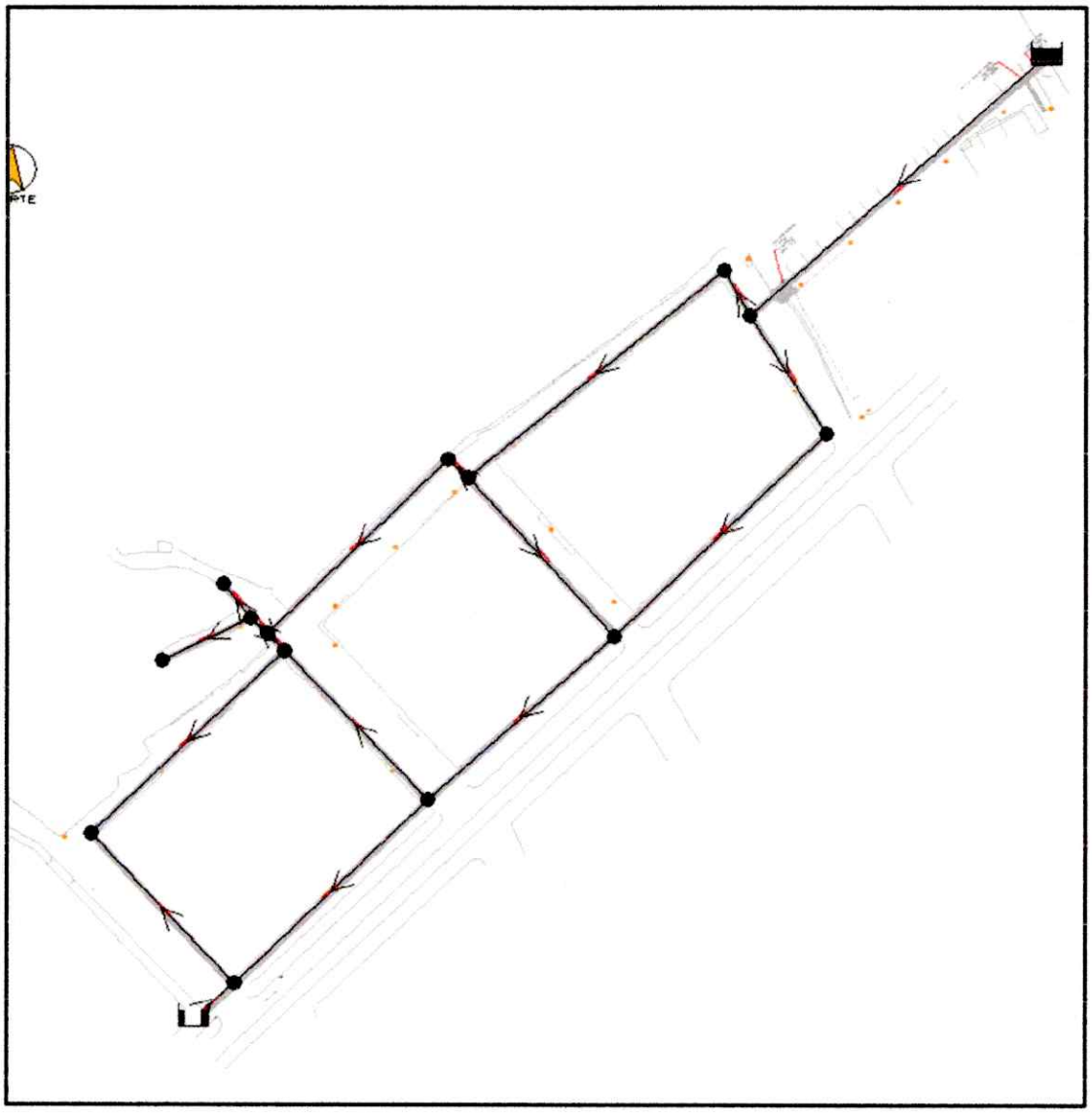
EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

diámetro de conexión adoptado para las tuberías es de 3" mediante una tee de 6" x 3" x 6", garantizando la compatibilidad hidráulica con la infraestructura existente.

6.4. Modelación de la red de acueducto proyectada

Se carga la plantilla del trazado preliminar para poder dibujar los nodos y tuberías, con el fin de asignar longitudes, diámetros, y consumos.

Ilustración 14. Trazado de nodos y tubería



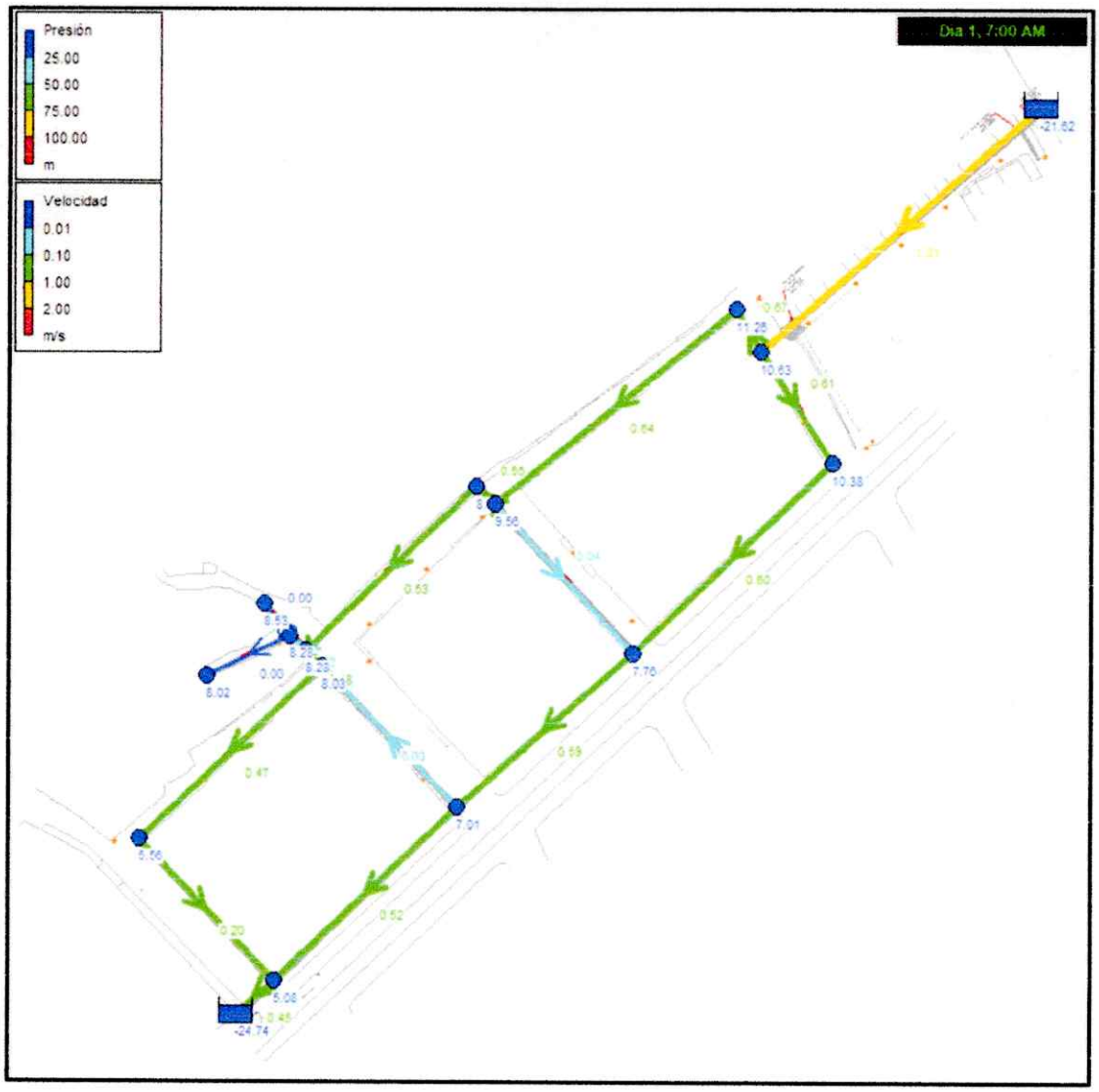
Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Se realizó una modelación para cada escenario y para cada una de las horas en las que se tomaron las mediciones de presión. A continuación, se presenta un ejemplo de la modelación en la hora más desfavorable (07:00 am) de la red existente,

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

mientras que las de todos los escenarios se incluirán como anexos en el presente informe.

Ilustración 15. Modelación escenario 2 en EPANET red Proyectada



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Al realizar la modelación con la nueva infraestructura de 3", los resultados evidencian una mejora sustancial y un cumplimiento total de la normativa vigente.

Como se observa en la cartografía para el periodo de las 07:00 AM, las presiones en todos los nodos del barrio LIBERTADORES se han estabilizado, registrando valores que oscilan entre 5.08 m.c.a. y 11.26 m.c.a.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

6.5. Resultados de la modelación de la red existente

Debido a la extensión de los datos generados por el modelo, el reporte técnico detallado que contempla el comportamiento del sistema durante las 24 horas del día se encuentra disponible en los Anexos de este documento.

A continuación, se presenta un extracto de los resultados obtenidos para la Red Proyectada en el periodo de máxima demanda (07:00 AM).

Ilustración 16. Resultados de nudos a las 12:00 Hrs – Escenario de Red Proyectada.

```
Página 1                                    08/07/2026 4:52:38 p. m.
**************************************************************
*                      E P A N E T                           *
*              Análisis Hidráulico y de Calidad               *
*               de Redes Hidráulicas a Presión                *
*                     Versión 2.0 Ve                          *
*                                                             *
*                     Traducido por:                          *
*       Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos       *
*           Universidad Politécnica de Valencia               *
**************************************************************

Archivo de Entrada: Modelacion Acuedcuto Libertadores.net

Resultados de Nudo en 7:00 Hrs:
--------------------------------------------------------------
ID                 Demanda   Altura   Presión   Calidad
Nudo                   LPS        m         m
--------------------------------------------------------------
P2                    1.34   232.91      5.08      0.00
P3                    1.39   232.96      5.56      0.00
P4                    0.21   233.30      8.03      0.00
P5                    0.15   233.33      8.28      0.00
P6                    0.14   233.71      8.69      0.00
P7                    0.24   233.76      9.56      0.00
P8                    0.14   234.47     11.26      0.00
P9                    0.17   234.59     10.63      0.00
P11                   0.06   234.31     10.38      0.00
P12                   0.22   233.76      7.76      0.00
P13                   0.22   233.30      7.01      0.00
P14                   0.05   233.33      8.28      0.00
P15                   0.02   233.33      8.53      0.00
P16                   0.02   233.33      8.02      0.00
N10                  -6.65   237.63    -21.62      0.00 Embalse
N1                    2.29   232.84    -24.74      0.00 Embalse

Página 9

Resultados de Línea en 7:00 Hrs:
--------------------------------------------------------------
ID                 Caudal Velocidad Pérd. Unit. Estado
Línea                 LPS       m/s      m/km
--------------------------------------------------------------
TUB16                -1.01      0.20      0.69   Abierto
TUB12                 0.09      0.02      0.01   Abierto
TUB13                -0.02      0.00      0.00   Abierto
TUB14                 0.02      0.00      0.00   Abierto
TUB10                 0.17      0.03      0.02   Abierto
TUB8                 -2.68      0.53      3.82   Abierto
TUB7                 -2.81      0.55      4.18   Abierto
TUB5                  0.21      0.04      0.04   Abierto
TUB15                -2.39      0.47      3.14   Abierto
TUB9                 -2.43      0.48      3.22   Abierto
```

Fuente: Elaboración propia en EPANET

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

7. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS

Con el propósito de evaluar el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable del barrio Libertadores, se realizaron modelaciones hidráulicas mediante el software EPANET, considerando la condición de caudal máximo horario (QMH) como escenario de diseño de la red de distribución. Para la determinación de este caudal se partió de los consumos básicos asignados a cada nodo mediante el método de repartición media y se aplicaron los factores de mayoración correspondientes a los coeficientes (K1=1,30) y (K2=1,60), obteniéndose un factor global de:

$$Q_{MD} = Q_{md} \times K_1$$

$$Q_{MH} = Q_{MD} \times K_2$$

$$Q_{MH} = Q_{md} \times K_1 \times K_2$$

$$K_1 = 1,30$$

$$K_2 = 1,60$$

Por tanto, el caudal máximo horario utilizado en la modelación se determinó a partir de:

$$\boxed{Q_{MH} = Q_{md} \times 2,08}$$

La evaluación se efectuó para dos condiciones:

i) la red existente, conformada principalmente por tuberías de aproximadamente 2" de diámetro.

ii) la alternativa proyectada, conformada por tuberías de 3" y conectada hidráulicamente a la infraestructura existente y a una conducción de mayor capacidad, representada en el modelo mediante el nodo N10.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

7.1. Comportamiento de la red existente

Los resultados obtenidos para la red existente evidencian restricciones hidráulicas asociadas principalmente al reducido diámetro de las tuberías y a la dependencia de un único punto principal de alimentación. La tubería modelada presenta un diámetro interno de aproximadamente 54,58 mm (2"), lo que limita su capacidad de transporte y genera mayores velocidades y pérdidas de energía cuando debe conducir los caudales correspondientes a la condición de máxima demanda horaria.

Durante la simulación se identificaron presiones dinámicas mínimas de hasta aproximadamente 3,06 m.c.a., particularmente durante las horas de mayor demanda. Esta condición evidencia una disminución significativa de la capacidad hidráulica del sistema en los periodos críticos, afectando las condiciones de servicio en los sectores más desfavorables de la red.

De igual manera, se obtuvieron velocidades máximas del orden de 2,14 m/s, así como pérdidas unitarias elevadas en determinados tramos. Como referencia, en el tramo TUB18, durante la condición crítica, se obtuvo una velocidad aproximada de 1,94 m/s y una pérdida unitaria cercana a 62,74 m/km. Estos resultados reflejan que una proporción importante del caudal del sector debe ser transportada a través de una infraestructura de diámetro reducido, incrementando las pérdidas de energía y disminuyendo la disponibilidad de presión hacia los puntos más alejados.

Adicionalmente, la configuración existente presenta una dependencia importante de la alimentación proveniente del nodo N1, situación que reduce la flexibilidad hidráulica del sistema ante variaciones en las condiciones de operación o eventuales restricciones de la infraestructura de alimentación.

7.2. Comportamiento de la Red Proyectada

Para la alternativa proyectada se consideró la sustitución de la conducción existente por tuberías de 3" de diámetro, con un diámetro interno modelado de 80,42 mm, además de la incorporación de una nueva condición de alimentación mediante el nodo N10.

El incremento del diámetro de 54,58 mm a 80,42 mm representa un aumento aproximado del 47 % en el diámetro interno, proporcionando una sección hidráulica considerablemente mayor para el transporte del agua. Esta modificación reduce la resistencia hidráulica de la conducción y permite transportar los caudales de diseño con menores velocidades y pérdidas de energía.

Los resultados de la simulación muestran una mejora consistente en las condiciones de presión. La presión dinámica mínima obtenida para la red proyectada fue de aproximadamente 5,08 m.c.a., frente a los 3,06 m.c.a. registrados en la red existente. Esto representa una mejora de aproximadamente 2,02 m.c.a. en la condición más desfavorable.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Es importante destacar que la mejora no se presenta únicamente en una condición puntual. La comparación de los resultados horarios evidencia que la presión mínima de la alternativa proyectada es superior a la obtenida para la red existente durante prácticamente la totalidad del periodo de simulación. Por tanto, la modificación de la infraestructura permite mejorar de manera consistente el comportamiento hidráulico del sector.

7.3. Reducción de Velocidades y perdidas de carga

Uno de los efectos más significativos de la ampliación del diámetro corresponde a la reducción de las velocidades de circulación.

Para la red existente se obtuvo una velocidad máxima aproximada de:

Vmax existente=2,14\ m/s

mientras que para la red proyectada se obtuvo:

Vmax proyectada=1,31\ m/s

Lo anterior representa una reducción aproximada del 38,8 % en la velocidad máxima.

Esta reducción es técnicamente favorable, dado que permite disminuir las pérdidas de energía asociadas al transporte del agua y proporciona una mayor capacidad hidráulica disponible para atender incrementos futuros de demanda.

El efecto también se evidencia claramente en los tramos que, bajo la condición existente, concentran una parte importante del caudal. Por ejemplo, en el tramo TUB18, durante la condición crítica, la pérdida unitaria pasa aproximadamente de 62,74 m/km en la red existente a 2,89 m/km en la configuración proyectada, mientras que la velocidad disminuye aproximadamente de 1,94 m/s a 0,45 m/s.

Este comportamiento confirma que la ampliación del diámetro no solamente modifica la distribución de los caudales, sino que reduce considerablemente la energía hidráulica requerida para transportar el agua dentro del sector.

7.4. Redistribución de caudales y comportamiento de los caudales negativos

Una diferencia importante entre las dos alternativas corresponde a la configuración de alimentación. Mientras la red existente depende principalmente del nodo N1, la alternativa proyectada incorpora el nodo N10 como un segundo punto de alimentación.

Como consecuencia de esta nueva configuración, EPANET determina diferentes sentidos de circulación del agua dentro de la red. Por esta razón, algunos tramos presentan valores de caudal negativos.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

Estos valores no representan caudales físicamente negativos ni constituyen, por sí mismos, una inconsistencia del modelo. En EPANET, un caudal negativo indica que el flujo real circula en sentido contrario al sentido en que fue definida originalmente la tubería entre sus nodos extremos.

Esta condición es técnicamente coherente con la configuración proyectada, debido a que la red cuenta con más de un punto de alimentación y, por lo tanto, el agua puede desplazarse entre diferentes sectores dependiendo de las cargas hidráulicas disponibles en cada punto.

Por ejemplo, durante las condiciones de mayor demanda, el nodo N10 puede aportar un caudal considerable a la red, mientras que parte de este flujo puede continuar hacia el sector conectado con N1. En consecuencia, determinados tramos presentan inversión del sentido del flujo respecto de la orientación geométrica asignada inicialmente en EPANET.

Esta redistribución constituye una característica favorable de la configuración proyectada, puesto que disminuye la dependencia de un único punto de alimentación y permite que la red responda de manera más flexible ante las variaciones horarias de demanda.

7.5. Comparación general de las alternativas

La comparación de los principales indicadores hidráulicos permite establecer las siguientes diferencias:

Tabla 10. Comparación de alternativas

Parámetro	Red existente	Red proyectada	Comportamiento
Diámetro interno	54,58 mm	80,42 mm	Aumento de capacidad
Presión mínima	3,06 m.c.a.	5,08 m.c.a.	Mejora de 2,02 m.c.a.
Velocidad máxima	2,14 m/s	1,31 m/s	Reducción de 38,8 %
Alimentación	Principalmente N1	N1 + N10	Mayor flexibilidad
Sentido de flujo	Predominantemente definido	Variable según condición hidráulica	Redistribución del caudal
Pérdidas unitarias críticas	Elevadas	Significativamente menores	Mejora hidráulica

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que la alternativa proyectada presenta un comportamiento hidráulico más favorable, especialmente durante los periodos de mayor demanda. La ampliación del diámetro permite disminuir las velocidades y pérdidas de energía,

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

mientras que la incorporación de un segundo punto de alimentación permite redistribuir los caudales dentro del sistema.

7.6. Consideraciones frente a las condiciones de presión

Si bien la alternativa proyectada presenta una mejora evidente respecto de la infraestructura existente, los resultados de la modelación muestran que durante determinadas horas la presión mínima permanece por debajo del valor de referencia de 10 m.c.a. adoptado para la evaluación hidráulica.

Por esta razón, no se debe interpretar la comparación como un cumplimiento absoluto de la presión mínima de diseño en todos los puntos y durante todas las horas de operación. La interpretación correcta es que la alternativa proyectada mejora sustancialmente las condiciones hidráulicas de la red existente, elevando la presión mínima de 3,06 m.c.a. a 5,08 m.c.a. y eliminando las condiciones en las cuales la presión dinámica desciende por debajo de 5 m.c.a.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

CONCLUSIONES

Tras el análisis técnico y el modelamiento hidráulico realizados, se concluye que la red proyectada para el barrio LIBERTADORES constituye la solución definitiva a las deficiencias históricas del sector. Este diseño se ajusta de manera rigurosa a los parámetros de ubicación en espacio público y servidumbres establecidos en la Resolución 0330 de 2017, y garantiza una funcionalidad técnica superior, al haber superado satisfactoriamente todos los escenarios de simulación normativa.

La configuración propuesta contempla la sustitución integral de los 1.103,86 metros de red de 2", la cual se encuentra en condición de incumplimiento, por una red de 3" en PVC RDE 21. El sistema se estructura mediante una red de distribución de 3", conectada a un punto de conexión adicional de 6", asegurando así el cumplimiento del diámetro interno real mínimo de 75 mm exigido en el Artículo 63 de la normativa vigente.

A partir de los resultados obtenidos mediante la modelación hidráulica, se determina que la alternativa proyectada, conformada por tuberías de aproximadamente 3" de diámetro y conectada a las fuentes hidráulicas disponibles, presenta un comportamiento hidráulico superior al de la red existente de 2".

La sustitución de la infraestructura existente se encuentra técnicamente justificada por las siguientes razones:

- Incremento de la capacidad hidráulica: el aumento del diámetro interno de 54,58 mm a 80,42 mm proporciona una sección de conducción considerablemente mayor y permite transportar los caudales de diseño con menor resistencia hidráulica.
- Mejor comportamiento de las presiones: la presión dinámica mínima aumenta de aproximadamente 3,06 m.c.a. en la red existente a 5,08 m.c.a. en la alternativa proyectada, representando una mejora de 2,02 m.c.a. en la condición más desfavorable.
- Reducción de velocidades: la velocidad máxima disminuye de 2,14 m/s a 1,31 m/s, equivalente a una reducción aproximada del 38,8 %, disminuyendo las condiciones hidráulicas desfavorables asociadas al transporte del caudal por tuberías de menor diámetro.
- Reducción de pérdidas de energía: la ampliación del diámetro permite disminuir significativamente las pérdidas unitarias en los tramos que concentran el transporte del caudal. Esta condición se evidencia especialmente en el tramo TUB18, donde la pérdida unitaria disminuye de aproximadamente 62,74 m/km a 2,89 m/km durante la condición crítica.
- Mayor flexibilidad hidráulica: la incorporación del nodo N10 como segundo punto de alimentación permite que los caudales se redistribuyan dentro de la red de acuerdo con las condiciones de carga hidráulica, disminuyendo la dependencia de la alimentación existente por N1.

EMPRESA COMUNITARIA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO
Y ASEO DE SARAVENA
ECAAAS-E.S.P.
NIT. 800.163.392-3

- Mayor confiabilidad del sistema: la existencia de más de una ruta de alimentación proporciona una configuración hidráulica más flexible y con mayor capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda o restricciones operativas de alguno de los puntos de alimentación.

- Mejor condición para la atención de demandas futuras: la menor resistencia hidráulica de la conducción proyectada proporciona una mayor capacidad disponible para atender incrementos de demanda sin generar los niveles de velocidad y pérdida de carga observados en la infraestructura existente.

En consecuencia, se selecciona la alternativa proyectada como la solución técnicamente más conveniente para la optimización del sistema de acueducto del barrio Libertadores, debido a que permite mejorar las condiciones de presión, reducir las velocidades y pérdidas de energía y proporcionar una configuración de alimentación hidráulicamente más flexible que la infraestructura existente. Este redimensionamiento no solo optimiza las presiones a nivel domiciliario, sino que también proporciona la capacidad hidráulica necesaria para la operación de hidrantes contra incendios.

Como medida complementaria de resiliencia ante eventuales mantenimientos o contingencias en la red matriz, se recomienda que cada unidad habitacional disponga de un sistema de almacenamiento mínimo de 1.000 litros, garantizando así la continuidad y autonomía del suministro de agua potable para la comunidad de LIBERTADORES.

OSCAR ALEJANDRO JIMENEZ SANCHEZ
Ingeniero Civil
Profesional De Apoyo – ECAAAS ESP