

CONTRATO CONVOCATORIA No. PAF-AFT-O-004-2017

**CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE
ACUEDUCTO HACIA EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE CIRCASIA
SECTOR HOJAS ANCHAS Y LA CRISTALINA**

FASE 2

**AJUSTE DISEÑOS HIDRÁULICOS PARA LAS LÍNEAS DE
DISTRIBUCIÓN SECTOR RURAL MUNICIPIO DE CIRCASIA**

VERSIÓN 1.0

CONTROL DE MODIFICACIONES

| Versión Nº | Fecha | Descripción de la modificación | Elaboró |
|-----------------------|---------------|---|----------------|
| 0.0 | Marzo 2018 | Versión inicial | Freddy Leverí |
| 1.0 | Mayo 2018 | Revisión comentarios interventoría I-011-2017-RL28 | Freddy Leverí |
| | | | |

**CONSORCIO
RAPITEC - VIC**

CONTENIDO

| | Página |
|---|---------------|
| CONTENIDO | 2 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 3 |
| ÍNDICE DE ANEXOS | 4 |
| 1. GENERALIDADES | 5 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA | 5 |
| 3. DOCUMENTOS DEL PROYECTO | 6 |
| 4. LOCALIZACIÓN GENERAL | 7 |
| 4.1. LOCALIZACIÓN | 7 |
| 5. CONDICIONES GENERALES | 8 |
| 5.1. Población de diseño | 8 |
| 5.1.1. Tasa de crecimiento | 8 |
| 5.1.2. Proyección poblacional | 8 |
| 5.1.3. Periodo de diseño | 9 |
| 5.1.4. Dotación | 9 |
| 5.1.5. Caudales | 10 |
| 5.1.5.1. Caudal medio diario (Qmd) | 10 |
| 5.1.5.2. Caudal Máximo Diario (QMD) | 11 |
| 5.1.5.3. Caudal Máximo Horario (QMH) | 11 |
| 6. MODELACIÓN HIDRÁULICA | 12 |
| 6.1. Trazado de la red | 12 |
| 6.2. Selección de los diámetros y materiales de tuberías | 13 |
| 6.3. Diseño hidráulico | 13 |
| 6.4. Modelación con EPANET | 17 |
| 6.4.1. Curva de consumo | 18 |
| 6.4.2. Demanda base | 19 |
| 6.4.3. Válvula reguladora de caudal | 19 |

| | |
|--|----|
| 6.4.4. Válvulas reguladoras de presión. | 19 |
| 6.4.5. Válvulas de corte | 22 |
| 6.4.6. Válvulas de ventosa | 22 |
| 6.4.7. Válvulas de purga | 23 |
| 6.5. Resultados modelación hidráulica | 24 |
| 6.5.2. Resultados en condición plena de servicio | 24 |
| 6.5.3. Resultados en condición de bajo consumo..... | 26 |
| 6.6. Sobre presión y golpe de ariete | 27 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 31 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 32 |
| 9. GLOSARIO | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 Localización General Zona de Estudio | 7 |
| Figura 2 Trazado red de distribución | 12 |
| Figura 3 Trazado red EPANET..... | 17 |
| Figura 4 Identificación nodos en redes de distribución | 18 |
| Figura 5 Curva de consumo | 18 |
| Figura 6 Diámetros tuberías..... | 24 |
| Figura 7 Presiones condición servicio pleno | 25 |
| Figura 8 Velocidades condición servicio pleno | 25 |
| Figura 9 Presiones en condición de bajo consumo..... | 26 |
| Figura 10 Velocidades en condición de bajo consumo | 26 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1 Proyección poblacional | 8 |
| Tabla 2 Densidad y viscosidad del agua | 14 |
| Tabla 3 Rugosidad absoluta | 15 |
| Tabla 4 Coeficientes de pérdida para accesorios..... | 16 |
| Tabla 5 Condiciones de diseño VRP y VRQ | 20 |

Tabla 6 Sobre presión y golpe de ariete 30

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Página |
|---|---------------|
| ANEXO I MODELO EPANET..... | 39 |
| ANEXO II PLANOS..... | 40 |
| ANEXO III MEMORIAS DE CÁLCULO..... | 41 |

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La Fiduciaria Bogotá S.A. con la asistencia técnica de La Financiera de Desarrollo Territorial S.A. – FINDETER, suscribieron el contrato convocatoria N° PAF-ATF-O-004-2017 con el consorcio Rapitec-Vic para la ejecución de las obras de construcción de la línea de expansión del sistema de acueducto hacia el sector rural del municipio de circasia sector Hojas anchas y la Cristalina. Dicho contrato cuenta con una ejecución de tres fases, siendo la primera, la revisión de los documentos contractuales entregados por las diferentes entidades para determinar necesidades de ajustes, actualizaciones o complementaciones previo al inicio de la obra. Dicha fase se surtió, arrojando como resultados para el inicio de la Fase II del proyecto, el ajuste de las modelaciones hidráulicas realizadas por la consultoría inicial, actualizando las topografía de la línea, implementado los diámetros comerciales en la modelación, y ajustando e incluyendo los elementos para control de presiones máximas de acuerdo a los requerimientos actuales de la resolución 0330 de 08 de junio de 2017 del ministerio de vivienda, Ciudad y territorio y las buenas prácticas de ingeniería.

Conforme a lo anterior, el presente documento, compila los resultados obtenidos de memorias de cálculo y planos de obra como parte de la Fase II, considerando el diagnóstico realizado en la Fase I y los ajustes y actualizaciones de acuerdo con el replanteo topográfico realizado y los requerimientos técnicos de la normativa vigente para las líneas de distribución entre el municipio de Circasia y las zonas veredales de la Cristalina y Hojas Anchas.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Diseño y Construcción del Trazado de la Red de Distribución de Agua Potable Para el Sector Rural La Cristalina – Hojas Anchas y La Cabaña, Veredas del Municipio de Circasia. Ingeniera Johana Pérez Carreño.
- Documento Diagnostico Fase I consorcio VIC-RAPITEC, en el año 2017.
- Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

-
- Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS 2000 y 2010

3. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

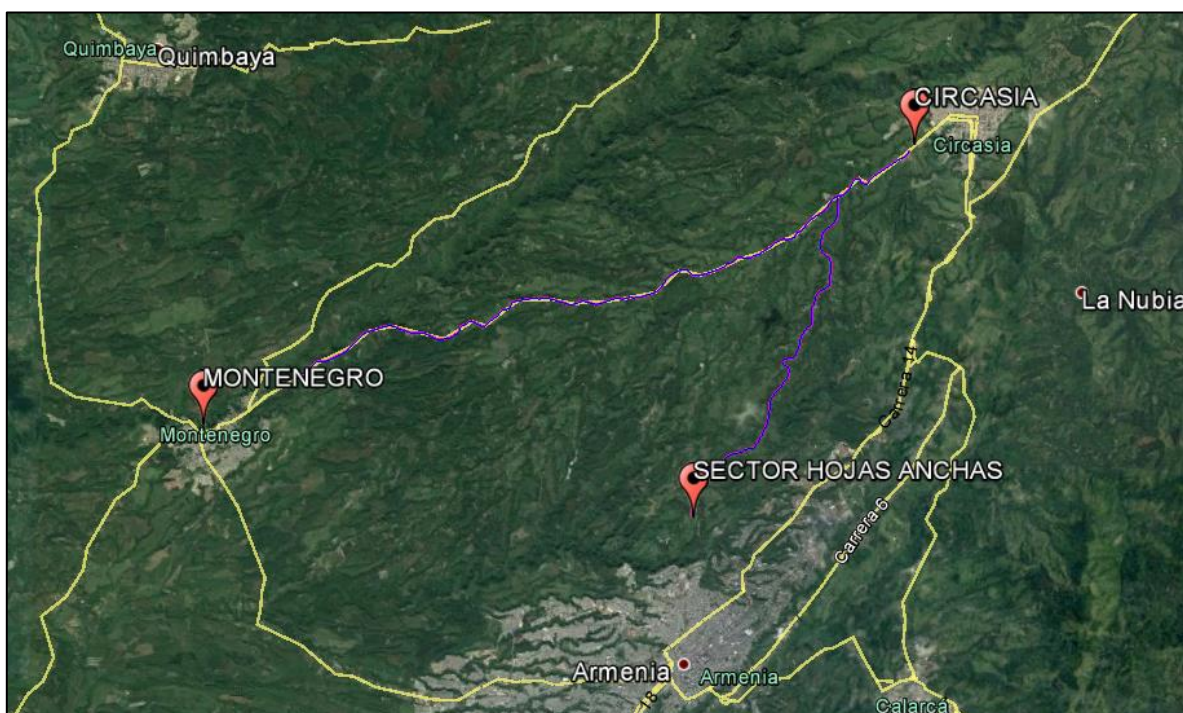
- Plano Levantamiento Topográfico – CONSORCIO RAPITEC – VIC

4. LOCALIZACIÓN GENERAL

4.1. LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se localiza en el municipio de Circasia, Sector Hojas Anchas y la Cristalina, ubicado en el departamento del Quindío, en la vertiente occidental de la cordillera central del país. Las coordenadas del municipio son 4°37'09"N 75°38'05"O. En la Figura 1 se puede observar la localización general de la zona en estudio.

Figura 1 Localización General Zona de Estudio



Fuente: Google Earth

5. CONDICIONES GENERALES

Las condiciones generales contenidas en el presente informe son extraídas del documento “*Diseño y Construcción del Trazado de la Red de Distribución de Agua Potable Para el Sector Rural La Cristalina – Hojas Anchas y La Cabaña, Veredas del Municipio de Circasia*”. A continuación, se presenta un resumen de los parámetros básicos extraídos del mismo para la realización de los ajustes necesarios de las líneas de distribución propuestas conforme al diagnóstico inicial realizado en la fase I.

5.1. Población de diseño

5.1.1. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento empleada en el cálculo de la población de diseño corresponde a 0.76%, la cual, la consultoría de Fase 1 determinó mediante el estudio de tasas de sectores urbanos del departamento del Quindío.

5.1.2. Proyección poblacional

A continuación, se presenta la proyección poblacional, en el sector denominado La Cristalina, Hojas Anchas y La Cabaña.

Tabla 1 Proyección poblacional

| AÑO | POBLACIÓN |
|------------|------------------|
| 2012 | 2403 |
| 2013 | 2421 |
| 2014 | 2439 |
| 2015 | 2458 |
| 2016 | 2476 |
| 2017 | 2495 |
| 2018 | 2514 |
| 2019 | 2533 |
| 2020 | 2553 |
| 2021 | 2572 |
| 2022 | 2592 |
| 2023 | 2611 |

| AÑO | POBLACIÓN |
|------------|------------------|
| 2024 | 2631 |
| 2025 | 2651 |
| 2026 | 2671 |
| 2027 | 2692 |
| 2028 | 2712 |
| 2029 | 2733 |
| 2030 | 2753 |
| 2031 | 2774 |
| 2032 | 2795 |
| 2033 | 2817 |
| 2034 | 2838 |
| 2035 | 2860 |
| 2036 | 2881 |
| 2037 | 2903 |
| 2038 | 2925 |
| 2039 | 2947 |

Fuente: Consultoría Fase 1.

5.1.3. Periodo de diseño

Teniendo en cuenta lo dispuesto en la Resolución 0330, el periodo de diseño para todos los componentes de acueducto se adopta en 25 años.

5.1.4. Dotación

5.1.4.1. Dotación neta:

La dotación neta máxima se estableció en 111.62 l/hab/día, la cual fue suministrada por la empresa prestadora del servicio ESAQUIN S.A.E.S.P a la consultoría revisada en Fase I.

De igual forma, se realiza verificación con respecto a la dotación neta máxima establecida en la resolución 0330, para lo cual se cuenta que no puede superar 130 l/hab/día, en zonas con alturas entre 1000 – 2000 msnm.

De modo que al no exceder la dotación neta máxima permitida, se continúan los diseños con la dotación de 111.62 l/hab/día.

5.1.4.2. Dotación bruta:

La dotación bruta para el diseño de la red de distribución se determina mediante la expresión:

$$Dotación_{Bruta} = \frac{dotación_{neta}}{1 - \% \text{ pérdidas}}$$

Para lo cual, el % de pérdidas máximo establecido en la resolución 0330 corresponde a 25%.

De modo que la dotación bruta del proyecto corresponde a **148.83 l/hab/día.**

5.1.5. Caudales

De acuerdo con lo establecido en la resolución 0330, para componentes de una red de distribución el caudal de diseño corresponde al Caudal Máximo Horario (QMH), de modo que a continuación se desarrolla la obtención de este, a partir de conocer el caudal medio diario y el caudal Máximo Diario.

5.1.5.1. Caudal medio diario (Qmd)

El caudal medio diario se determina mediante la estimación del consumo diario para un periodo de un año, y se calcula mediante la expresión:

$$Q_{md} = \frac{población * dotación_{bruta}}{86400}$$

En dónde:

Dotación bruta= 148.83 l/hab/día

Población (2037) = 2904 hab

De modo que el Qmd = **5.08 l/seg.**

5.1.5.2. Caudal Máximo Diario (QMD)

El Caudal Máximo Diario QMD, representa el consumo máximo registrado durante 24 horas en un periodo de un año, y se determina mediante la mayoración del caudal medio diario (Qmd) al multiplicarlo por un coeficiente K1, como se muestra en la expresión a continuación:

$$Q_{MD} = Q_{md} * K1$$

El coeficiente K1, según lo establecido en la resolución 0330, no puede exceder 1.3 en poblaciones menores a 12.500 hab.

Teniendo en cuenta lo anterior:

$$Q_{MD} = 5.08 \frac{l}{seg} * 1.3 = 6.6 \frac{l}{seg}$$

5.1.5.3. Caudal Máximo Horario (QMH)

El Caudal Máximo Horario (QMH) concierne al consumo máximo registrado en una hora en un periodo de un año, sin tener en cuenta el caudal de incendio. El QMH se determina mediante:

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K2$$

El coeficiente K2, según lo estipulado en la resolución 0330, para poblaciones menores a 12.500 habitantes, no debe superar 1.6.

De modo que:

$$Q_{MH} = 6.6 l/seg * 1.6 = 10.56 l/seg$$

6. MODELACIÓN HIDRÁULICA

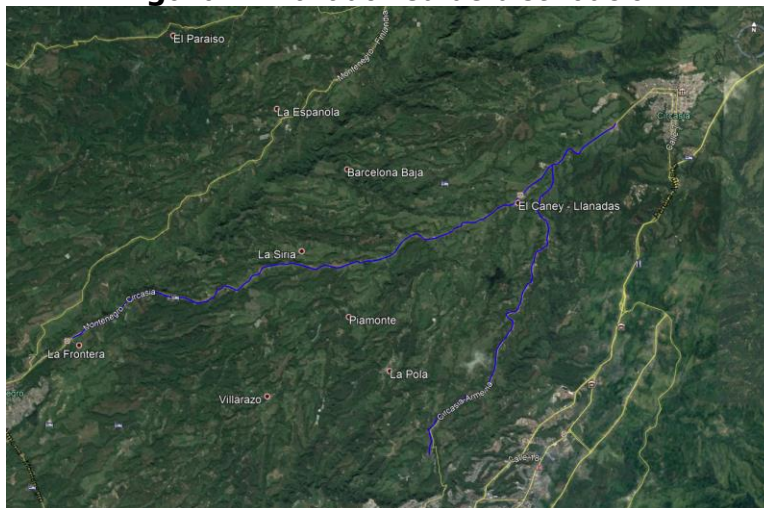
6.1. Trazado de la red

El trazado de la red se realizó teniendo en cuenta lo inicialmente proyectado en la consultoría previa, y efectuando los ajustes correspondientes al levantamiento topográfico de Fase 2 realizado por el consorcio Rapitec-Vic. El punto de conexión e inicio de la red corresponde al estipulado en la consultoría inicial, justo a la salida del municipio de Circasia en la vía que conduce hacia el municipio de Montenegro, en zona próxima Institución Educativa Ciudadela Henry Marín Granada, empalmándose con la red de 6" existente.

De igual forma, se revisaron y complementaron las localizaciones de los predios existentes sobre las dos redes, ajustando las mismas con el fin de minimizar los cruces de calzada abarcando la mayor cantidad de predios a suministrar.

Para los demás predios que quedaran en el costado opuesto de la red, se prevén algunos ramales en diámetros menores conectados a la red principal proyectada, disminuyendo la interferencia directa de las acometidas con los corredores viales.

Figura 2 Trazado red de distribución



6.2. Selección de los diámetros y materiales de tuberías

Los diámetros de la red modelada al igual que los materiales de las tuberías fueron adoptados del estudio técnico y el estudio económico realizado en la consultoría inicial revisada en la fase I. Sin embargo, se verificaron las velocidades, presiones de trabajo, caudales, fenómenos de sobrepresión y demás características hidráulicas para garantizar su correcto funcionamiento.

6.3. Diseño hidráulico

El diseño y verificación hidráulica de la tubería se realizó mediante el software EPANET, desarrollado por la Environmental Protection Agency of United States - EPA.

La modelación se efectuó empleando la ecuación de Darcy – Weisbach, la cual fue desarrollada por los ingenieros Henry Darcy y Julius Weisbach, mediante un modelo matemático desarrollado por los mismos, a finales de la década de los años veinte y basado en desarrollos matemáticos y físicos. Este modelo describe de manera racional las pérdidas de energía en las tuberías. A su vez, al modelo de Darcy-Weisbach lo complementan estudios como los de Reynolds, Prandtl-Von Kármán y Colebrook-White.

El diseño de la red se realizó definiendo como material de tubería PVC con diámetros internos comerciales para un RDE 21 y garantizando una presión mínima en cada punto de consumo de 10 mca, al igual que el caudal de diseño de 10.56 lps. El diámetro se determinó mediante la modelación, de modo que se cumpliera con las consideraciones anteriores y las velocidades recomendadas.

A continuación, se presentan las ecuaciones empleadas:

- Pérdida de energía

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

Donde,

- hF = Pérdida de energía por fricción
- f = Coeficiente de fricción de Darcy
- L = Longitud de la Tubería
- D = Diámetro de la tubería
- V = Velocidad media

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

Donde,

Re = Número de Reynolds

V = Velocidad media

ν = viscosidad cinemática del agua

D = Diámetro

μ = Viscosidad absoluta (dinámica) del agua

ρ = densidad del agua

- Densidad y viscosidad absoluta del agua para diferentes temperaturas.

Tabla 2 Densidad y viscosidad del agua

| Temperatura (°C) | Densidad, ρ (kg/m ³) | Viscosidad, μ (x 10 ⁻³ Pa·s) |
|------------------|----------------------------------|---|
| 0 | 999.9 | 1.792 |
| 5 | 1000 | 1.519 |
| 10 | 999.7 | 1.308 |
| 15 | 999.1 | 1.14 |
| 20 | 998.2 | 1.005 |
| 30 | 995.7 | 0.801 |
| 40 | 992.2 | 0.656 |
| 50 | 988.1 | 0.549 |

- Coeficientes de Rugosidad absoluta Ks, para diferentes materiales, en el caso del proyecto la rugosidad corresponde a 0.0015 para PVC, material definido y revisado mediante análisis técnico económico realizado en la consultoría inicial y avalado en la Fase I del presente contrato.

Tabla 3 Rugosidad absoluta

| Material | Rugosidad absoluta ks (mm) |
|--|----------------------------|
| Acero comercial | 0.45 |
| CCP | 0.12 |
| Hierro dúctil | 0.25 |
| Hierro dúctil con revestimiento en mortero | 0.1 |
| GRP | 0.029 |
| Polietileno | 0.007 |
| PVC y PVCO | 0.0015 |

- Coeficiente de fricción de Darcy
 - Para flujo laminar (Reynolds menor que 2000)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Donde,

Re = Número de Reynolds

- Para flujo Turbulento (Reynolds mayor que 2000)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log_{10} \left(\frac{Ks}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde,

Re = Número de Reynolds

Ks = Rugosidad absoluta de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería (m)

f = Coeficiente de fricción de Darcy

- Pérdidas menores por accesorios:

$$hF = K * \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde,

hF = Pérdida de energía por fricción

K = Coeficiente de pérdida por accesorio

V = Velocidad media

- Coeficientes de pérdida de algunos accesorios (K)

Tabla 4 Coeficientes de pérdida para accesorios

| Accesorio | km |
|---|-----|
| Válvula de globo, completamente abierta | 10 |
| Válvula de mariposa, completamente abierta | 5 |
| Válvula de cheque, completamente abierta | 2.5 |
| Válvula de compuerta, completamente abierta | 0.2 |
| Codo de radio corto | 0.9 |
| Codo de radio medio | 0.8 |
| Codo de gran radio | 0.6 |
| Codo de 45° | 0.4 |
| Te, en sentido recto | 0.3 |
| Te, a través de la salida lateral | 1.8 |
| Unión | 0.3 |
| Ye de 45°, en sentido recto | 0.3 |
| Ye de 45°, salida lateral | 0.8 |
| Entrada recta a tope | 0.5 |
| Entrada con boca acampanada | 0.1 |
| Entrada con tubo entrante | 0.9 |
| Salida | 1 |

Según el RAS, las pérdidas de altura piezométrica ocasionadas por las uniones de tipo campana, espigo y uniones con anillo de caucho o similar pueden considerarse como despreciables, debido a que no presentan salientes hacia el interior de la tubería, razón por la cual en el diseño de la red no se contemplaron las pérdidas de dichos accesorios. En el diseño de la red, se contemplaron coeficientes de perdidas menores de accesorios como válvulas de corte, codos de radio medio y tee en sentido recto.

Lo anterior, se representan en el modelo hidráulico en tramos de tuberías de 10 metros, a los cuales se les asigno el valor proporcional de los coeficientes de pérdidas mencionados, del orden de 0.114 en el cálculo de la red de distribución.

- Velocidades

La velocidad máxima en las tuberías de la red de distribución, según recomendación del RAS no debe superar los 6 m/s, y la velocidad mínima aceptable será de 0.5 m/s.

6.4. Modelación con EPANET

El modelo de EPANET se realizó teniendo en cuenta el trazado en planta realizado, generando nodos cada 10 metros de distancia, a los cuales les fue cargada la información de cotas, demanda base y curva de consumo.

Figura 3 Trazado red EPANET

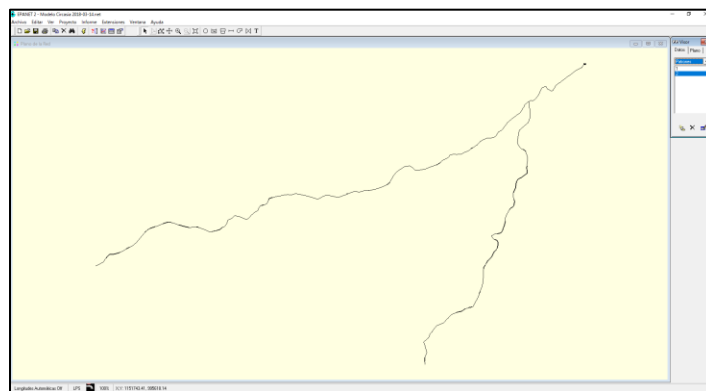
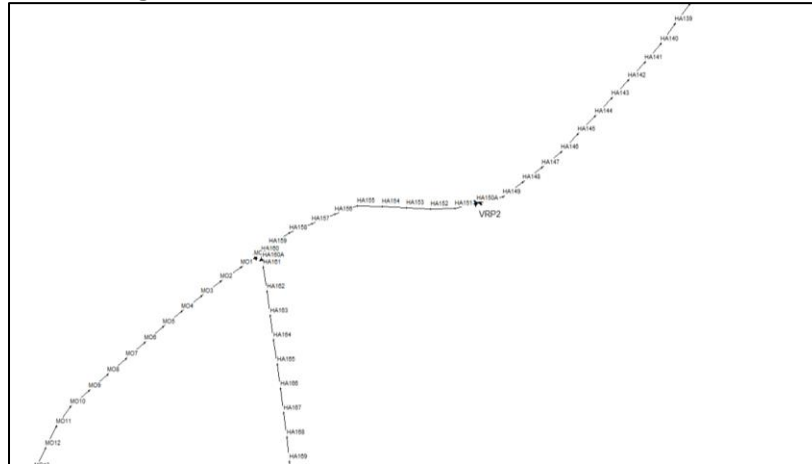


Figura 4 Identificación nodos en redes de distribución

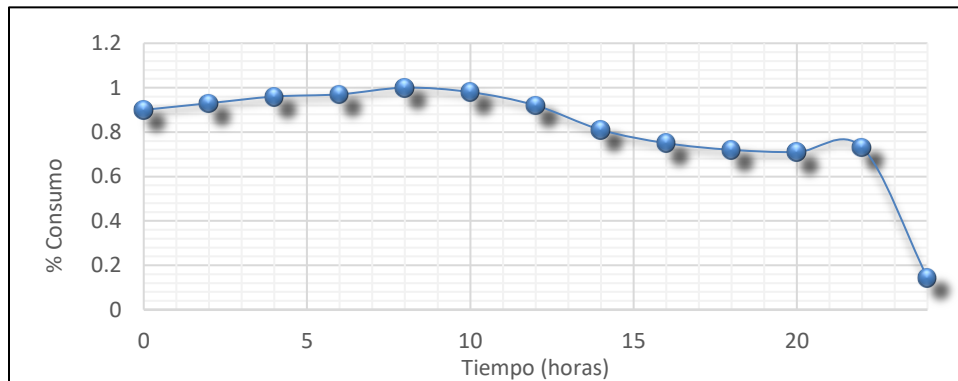


6.4.1. Curva de consumo

La curva de consumo ingresada en la modelación corresponde a la realizada en la consultoría inicial y revisada en la fase I. A dicha curva se le añadió un patrón adicional de 30% del caudal máximo diario, con el cual se buscó tener un acercamiento al comportamiento de la red en horario de bajo consumo, como lo es el nocturno.

En la **Figura 5** se muestra la curva de consumo ingresada en el modelo de EPANET.

Figura 5 Curva de consumo



6.4.2. Demanda base

Basado en la consigna del caudal máximo horario del periodo de diseño, se realizó la distribución del caudal de acuerdo con la ubicación de predios de la zona.

De esta manera, se empleó el levantamiento topográfico y las imágenes satelitales disponibles con el fin de identificar la posición de los predios, de modo que al totalizarlos se pudiese establecer la dotación unitaria, la cual se asignó de acuerdo con la cantidad de predios a satisfacer en cada punto de la red.

6.4.3. Válvula reguladora de caudal

En el punto de conexión de la red proyectada con la red existente se ubica una válvula reguladora de caudal, la cual tiene como consigna limitar el caudal de las redes proyectadas a fin de no superar los 10.56 lps del caudal de diseño.

6.4.4. Válvulas reguladoras de presión.

Basados en la resolución 0330, en la cual se estipula dentro de los artículos 61 y 62 las presiones de servicio mínimas y máximas en una red de distribución, se ubicaron válvulas reguladoras de presión tipo globo, teniendo en cuenta que la presión estática no debería superar los 50 mca, con algunas excepciones de hasta un 10% menor de 55 mca, y hasta 5% menor a 60 mca.

De igual manera se buscó garantizar que la presión mínima de la red fuese 15 mca, con la excepción de tener en algunos nodos presiones de 8 mca sin sobrepasar el 10% del área total.

De este modo, las válvulas reguladoras mantuvieron la consigna de corte de 20 mca.

La selección de los diámetros de las válvulas se realizó teniendo en cuenta los caudales y presiones (mínimas y máximas), cotas y diferenciales de presión. En la siguiente tabla se presentan las condiciones de diseño:

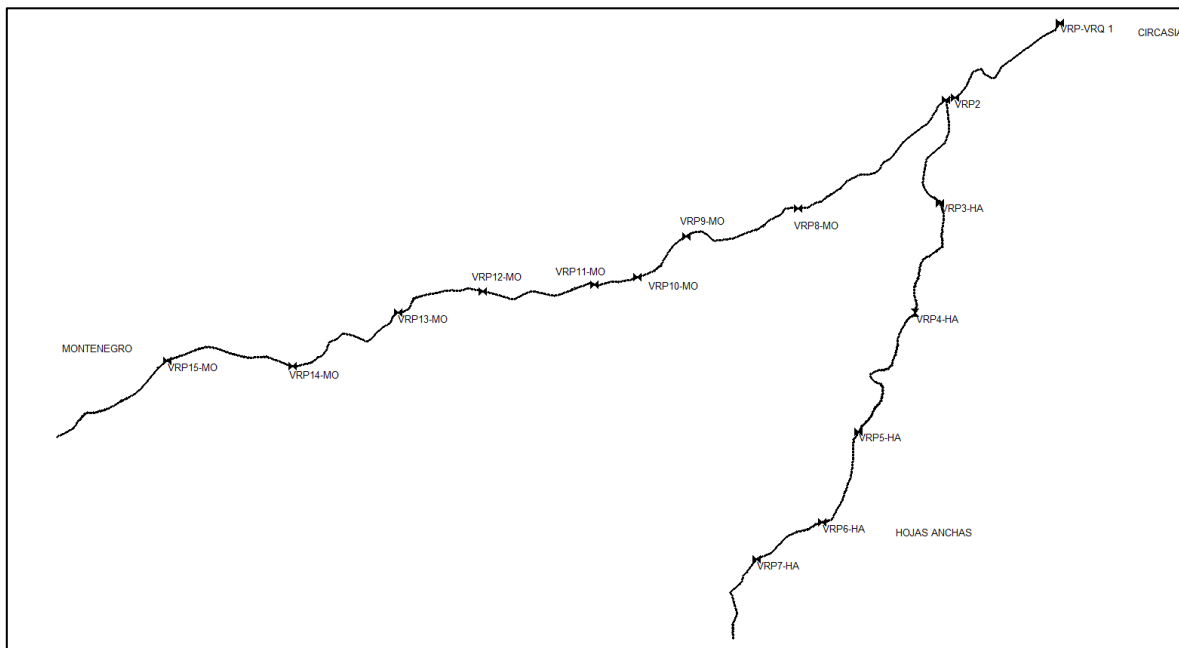
Tabla 5 Condiciones de diseño VRP y VRQ

| REFERENCIA | DIÁMETRO in | ID Válvula | COTA msnm | PRESIÓN CONSIGNADA AGUAS ABAJO mca | PRESIÓN MÍNIMA AGUAS ARRIBA mca | CAUDAL MÁXIMO lps | PRESIÓN MÁXIMA (estimada para caudal mínimo nocturno) mca | CAUDAL MÍNIMO (para consumo nocturno estimado) lps |
|-----------------------------|-------------|------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------|---|--|
| reguladora caudal y presión | 3 | VRQ y VRP | 1770.7 | 20 | 46.58 | 10.56 | 70 | 1.52 |
| reguladora presión | 3 | VRP2 | 1725.8 | 20 | 42.6 | 10.41 | 63.22 | 1.5 |
| reguladora presión | 3 | VRP3-HA | 1680.78 | 20 | 41.74 | 5.51 | 64.3 | 0.79 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP4-HA | 1640.18 | 20 | 29.9 | 2.44 | 59.61 | 0.35 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP5-HA | 1599.29 | 20 | 52.21 | 1.31 | 60.59 | 0.19 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP6-HA | 1560.48 | 20 | 56.52 | 0.91 | 58.75 | 0.13 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP7-HA | 1522.31 | 20 | 57.18 | 0.8 | 58.14 | 0.11 |
| reguladora presión | 3 | VRP8-MO | 1680.38 | 20 | 44.53 | 3.52 | 64.79 | 0.51 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP9-MO | 1656.25 | 20 | 24.74 | 3.23 | 43.5 | 0.47 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP10-MO | 1613.8 | 20 | 53.95 | 2.79 | 62.18 | 0.4 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP11-MO | 1573.74 | 20 | 55.21 | 2.7 | 59.88 | 0.39 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP12-MO | 1534.41 | 20 | 47.76 | 2.48 | 58.94 | 0.36 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP13-MO | 1594.69 | 20 | 51.78 | 2.24 | 59.46 | 0.32 |

| REFERENCIA | DIÁMETRO O in | ID Válvula | COTA msnm | PRESIÓN CONSIGNA A AGUAS ABAJO mca | PRESIÓN MÍNIMA AGUAS ARRIBA mca | CAUDAL MÁXIMO O lps | PRESIÓN MÁXIMA (estimada para caudal mínimo nocturno) mca | CAUDAL MÍNIMO (para consumo nocturno estimado) lps |
|--------------------|------------------|---------------|--------------|---|---|---------------------------|---|--|
| reguladora presión | 1.5 | VRP14-MO | 1455.96 | 20 | 50.37 | 1.7 | 58.45 | 0.25 |
| reguladora presión | 1.5 | VRP15-MO | 1416.1 | 20 | 56.31 | 0.8 | 59.74 | 0.11 |

En la figura a continuación se precia la ubicación a manera esquemática de las VRO y VRQ.

Figura 6 Ubicación VRP Y VRQ



Se diseñaron las cajas para las válvulas reguladoras teniendo en cuenta el artículo 65 de la resolución 0330, de modo que cuentan con bypass, válvulas de cierre. De igual modo, la selección de los diámetros de las válvulas se realizó teniendo en cuenta los caudales y presiones (mínimas y máximas), cotas y diferenciales de presión.

6.4.5. Válvulas de corte

El modelo de la red contempla la ubicación de dos válvulas de corte tipo compuerta, las cuales se ubican en el punto donde se interconectan las redes hacia Hojas Anchas y Montenegro. De igual manera, se ubicarán válvulas de corte para desmonte de las VRP, y registros en las derivaciones que se generen en las redes principales.

6.4.6. Válvulas de ventosa

Teniendo en cuenta el perfil de las redes, se ubicaron válvulas de ventosa en todos los puntos altos de la red, con cambio de pendiente de positiva a negativa.

El diámetro de dichas válvulas se determinó mediante la ecuación:

$$V_c = Y * \sqrt{g * D}$$

$$Y = 3X * 2.1X^2$$

$$X = \sqrt{\text{Sen}\theta}$$

Donde

- g= Aceleración de la gravedad en m/s³
- V_c= Velocidad crítica de remoción de aire en m/s
- D= Diámetro de la tubería en metros
- Ángulo del tramo descendente aguas abajo con la horizontal
- θ= horizontal

En el cálculo realizado se determinó que el diámetro mínimo de la ventosa es de 1", sin embargo, teniendo en cuenta las condiciones del proyecto, se definió que el diámetro de las ventosas sea de 2". Estos cálculos se podrán observar en las memorias de cálculo anexadas; de igual manera la ubicación de dichas válvulas se presenta en los planos planta perfil y plano de detalles.

En el diseño hidráulico se contempla un total de 15 válvulas ventosa, de las cuales 8 se ubican sobre la línea Circasia-Hojas Anchas y 7 en la línea Circasia-Montenegro.

6.4.7. Válvulas de purga

Se ubicaron válvulas de purga en todos los puntos bajos de la red, teniendo en cuenta el perfil de las redes.

El diámetro mínimo de las purgas se determinó mediante la ecuación:

$$\frac{D}{d} = 65 * \left(\frac{T * Z^{\frac{1}{2}}}{L} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde

D= Diámetro de la tubería en metros

d= Diámetro de la válvula de purga en metros

T= Tiempo de descarga, en horas

Z= Altura promedio entre el punto bajo y los dos puntos adyacentes, metros

L= Distancia horizontal entre los dos puntos altos drenados por la válvula en

metros

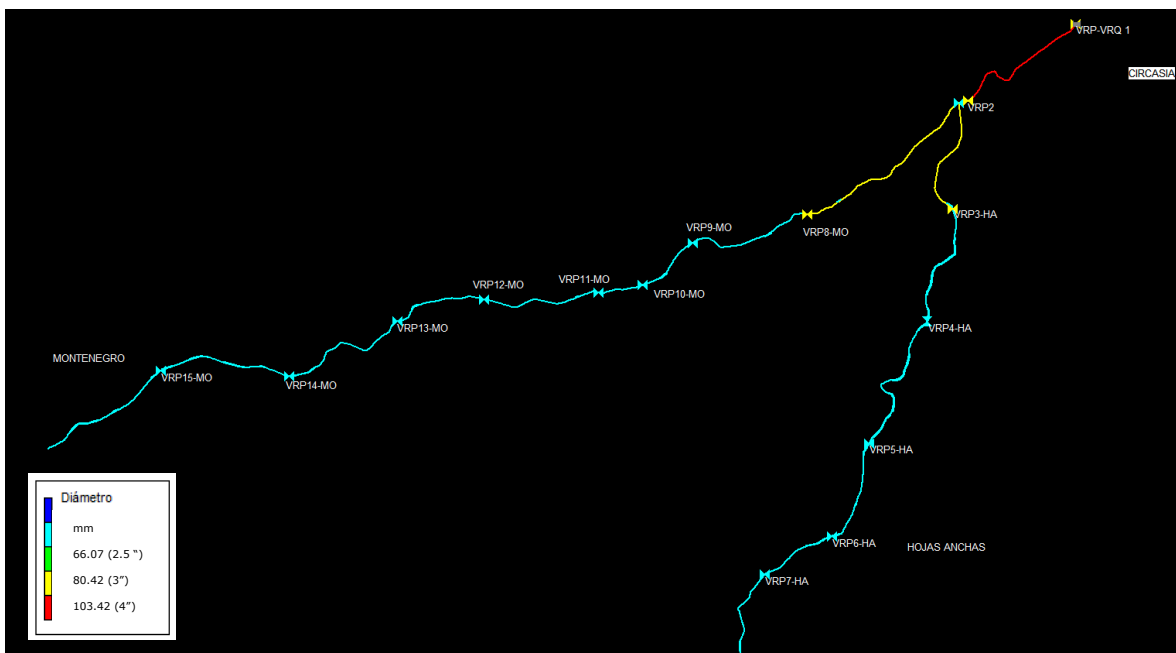
Los diámetros determinados con la ecuación anterior fueron corregidos, de acuerdo con el artículo 67 de la resolución 0330, la cual estipula que, para diámetros de tubería menores a 100 mm, las válvulas de purga deberán adoptar el mismo diámetro de la tubería principal. Estos cálculos se podrán observar en las memorias de cálculo anexadas; de igual manera la ubicación de dichas válvulas se presenta en los planos planta perfil y plano de detalles.

En el diseño hidráulico se contempla un total de 16 válvulas de purga, de las cuales 9 se ubican sobre la línea Circasia-Hojas Anchas y 7 en la línea Circasia-Montenegro.

6.5. Resultados modelación hidráulica

En la imagen a continuación se presentan los diámetros de tubería requeridos en el diseño.

Figura 7 Diámetros tuberías



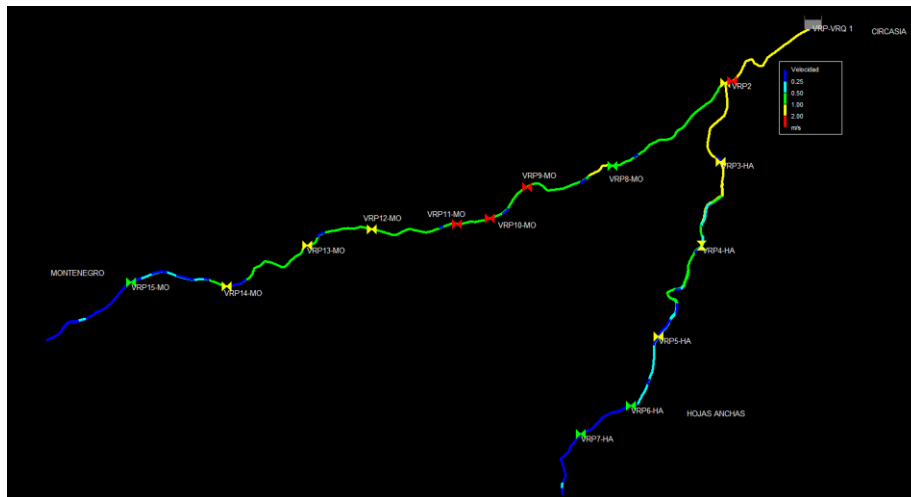
6.5.2. Resultados en condición plena de servicio

A continuación, se presentan las presiones y velocidades en las líneas de distribución para la condición plena de servicio, la cual corresponde a la hora de máximo consumo esperado.

Figura 8 Presiones condición servicio pleno



Figura 9 Velocidades condición servicio pleno



Durante la condición plena de servicio se garantiza una la presión mínima en las líneas principales de 12 mca. De igual manera, la presión máxima corresponde a 60 mca sin exceder el 5% de la red, y 55 mca sin sobrepasar el 10% de la misma.

La velocidad máxima en las tuberías para la modelación en pleno servicio es de 2.5 m/s, mientras que la velocidad en los tramos finales de tuberías de la red resulta ligeramente menor a 0.5 m/s por ser la cola del servicio. Lo anterior, se

considera aceptable y se encuentra dentro de los parámetros recomendados por la resolución 0330 de 2017.

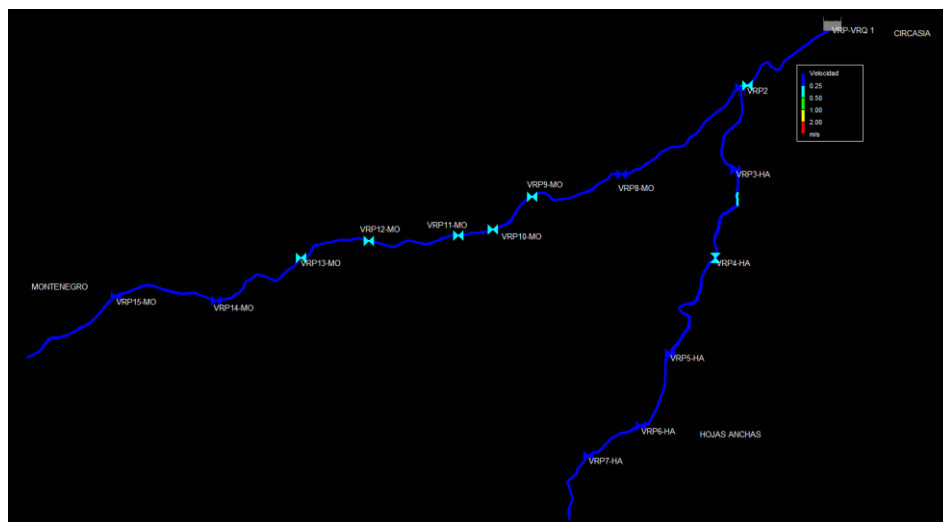
6.5.3. Resultados en condición de bajo consumo

A continuación, se presentan las presiones y velocidades de las líneas de distribución, en la condición de bajo consumo, la cual corresponde a la hora de mínimo consumo esperado.

Figura 10 Presiones en condición de bajo consumo



Figura 11 Velocidades en condición de bajo consumo



En la condición plena de bajo consumo, la presión mínima que se presenta en las líneas principales de 20 mca. De igual manera, la presión máxima corresponde a 60 mca sin exceder el 5% de la red, y 55 mca sin sobrepasar el 10% de la misma. En algunos nodos previos a la ubicación de las VRP se presentan presiones menores a 63 mca, la cual es soportada por el sistema de tuberías y válvulas.

Para esta modelación hidráulica, la velocidad mínima en algunas tuberías de la red resulta menor a 0.5 m/s, teniendo en cuenta que el consumo proyectado representa el 30% del QMD, simulando los horarios nocturnos.

6.6. Sobre presión y golpe de ariete

El cálculo y análisis del golpe de ariete de la red se realiza teniendo en cuenta lo dispuesto en el RAS, para lo cual se determinó la celeridad, el periodo, sobrepresiones y tiempos de maniobra de las válvulas de corte.

- Celeridad

$$a = \frac{\sqrt{E / \rho}}{\sqrt{1 + \frac{E \cdot D \cdot (1 - \mu_p^2)}{E_p \cdot e_p}}}$$

a = Celeridad de la onda de presión (m/s).
E = Módulo de elasticidad de un material (Pa).
 ρ = Densidad del agua (Kg/m³).
D = Diámetro de interno real de la tubería (m).
 μ_p = Relación de Poisson de un material.
E p = Módulo de compresibilidad del líquido (GPa).
e p = Espesor de pared de la tubería (m).

- Periodo golpe de ariete

$$T = \frac{2 * L}{C}$$

T= periodo (segundos)
L= longitud (m)
C= celeridad (m/s)

- Sobrepresión

$$ha = \frac{C * V}{g}$$

ha= Sobrepresión (m)

C= celeridad (m/s)

G= gravedad (m/s²)

V= velocidad (m/s)

- Tiempo de maniobra

$$t = \frac{2 * L * V}{g * ha}$$

t=tiempo de maniobra (segundos)

L= longitud (m)

G= gravedad (m/s²)

ha= Sobrepresión (m)

V= velocidad (m/s)

- Presión interna máxima en la tubería

La presión interna de diseño de las tuberías debe calcularse como el mayor valor que resulte entre la presión estática y la máxima sobrepresión ocurrida en el fenómeno de golpe de ariete calculada, multiplicada por un factor de seguridad de 1.1

$$P_{max} = \max (P_{estatica}, P_{transiente})$$

$$P_{diseño} = P_{max} * 1.1$$

- Caracterización de los materiales empleados:

| PVC | unidad | Valor |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|
| Peso específico | gr/cm ³ | 1.41 |
| Resistencia al Impacto (Izod) | j/m | 0.65 |
| Resistencia a la Tensión | MPa | 47.78 |
| Módulo de Elasticidad en Tensión | MPa | 2.73 |
| Temperatura de Deflexión bajo Carga | °C | 70 |

| | | | | |
|---------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Diámetro nominal in | 4 RDE 21 | p | E | D |
| peso aprox. | kg/m 2.9 | 998.29 | 2.06E+04 | 0.10342 |
| Diámetro exterior | m 0.1143 | | | |
| espesor | m 0.00544 | Ep | ep | Up |
| diámetro interior | m 0.10342 | 2750000 | 0.00544 | 0.38 |
| Presión máxima | mca 140.00 | | | |

| | | | | |
|---------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Diámetro nominal in | 3 RDE 21 | p | E | D |
| peso aprox. | kg/m 1.76 | 998.29 | 2.06E+04 | 0.08042 |
| Diámetro exterior | m 0.0889 | | | |
| espesor | m 0.00424 | Ep | ep | Up |
| diámetro interior | m 0.08042 | 2750000 | 0.00424 | 0.38 |
| Presión máxima | mca 140.00 | | | |

| | | | | |
|---------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Diámetro nominal in | 2.5 RDE 21 | p | E | D |
| peso aprox. | kg/m 1.18 | 998.29 | 2.06E+04 | 0.06607 |
| Diámetro exterior | m 0.07303 | | | |
| espesor | m 0.00348 | Ep | ep | Up |
| diámetro interior | m 0.06607 | 2750000 | 0.00348 | 0.38 |
| Presión máxima | mca 140.00 | | | |

Teniendo en cuenta las ecuaciones anteriores, y las abscisas en las cuales se ubicarán las válvulas de corte, al igual que el material y tipo de tubería del diseño, se presenta a continuación en la Tabla 6 los resultados del cálculo.

Tabla 6 Sobrepresión y golpe de ariete

| VRP | Q mín | Q pleno | ABS | ID Nudo | Cota | Altura PIEZO | Presión | Longitud | Diámetro Tubería aguas arriba | Velocidad | Celeridad | Periodo golpe de ariete | Sobre presión máxima maniobra rápida | Presión estática en válvula | Presión disponible para golpe de ariete | Revisión Golpe de ariete | Tiempo de maniobra mínimo sugerido | Presión interna máxima en la tubería | Revisión presión interna tubería |
|--------------|-------|---------|--------|---------|---------|--------------|---------|----------|-------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | lps | lps | m | | m | m | m | L(m) | D (mm) | V (m/seg) | a (m/seg) | T (seg) | ha (m) | (m) | (m) | | (seg) | (mca) | |
| VRP 1 - VRQ1 | 1.52 | 10.56 | K0+000 | HA1 | 1770.7 | 1840.7 | 70 | 2098.434 | 103.42 | 2.5 | 428.88 | 9.79 | 109.30 | 69.06 | 70.94 | CUMPLE | 15.1 | 120.23 | CUMPLE |
| VRP 2 | 1.5 | 10.41 | K1+480 | HA150 | 1725.8 | 1789.02 | 63.22 | 1480.0 | 103.42 | 2.05 | 428.88 | 6.90 | 89.62 | 64.9 | 75.1 | CUMPLE | 8.2 | 98.59 | CUMPLE |
| VRP3-HA | 0.79 | 5.51 | K2+800 | HA283 | 1680.78 | 1745.08 | 64.3 | 2800.0 | 80.42 | 1.09 | 428.94 | 13.06 | 47.66 | 65.02 | 74.98 | CUMPLE | 8.3 | 71.52 | CUMPLE |
| VRP4-HA | 0.35 | 2.44 | K4+056 | HA409 | 1640.18 | 1699.79 | 59.61 | 4056.0 | 66.07 | 0.71 | 428.91 | 18.91 | 31.04 | 60.6 | 79.4 | CUMPLE | 7.4 | 66.66 | CUMPLE |
| VRP5-HA | 0.19 | 1.31 | K5+637 | HA567 | 1599.29 | 1659.88 | 60.59 | 5637.0 | 66.07 | 0.38 | 428.91 | 26.28 | 16.61 | 60.89 | 79.11 | CUMPLE | 5.5 | 66.98 | CUMPLE |
| VRP6-HA | 0.13 | 0.91 | K6+687 | HA672 | 1560.48 | 1619.23 | 58.75 | 6687.0 | 66.07 | 0.26 | 428.91 | 31.18 | 11.37 | 58.81 | 81.19 | CUMPLE | 4.4 | 64.69 | CUMPLE |
| VRP7-HA | 0.11 | 0.8 | K7+479 | HA751 | 1522.31 | 1581.02 | 58.71 | 7479.0 | 66.07 | 0.23 | 428.91 | 34.87 | 10.06 | 58.17 | 81.83 | CUMPLE | 4.3 | 63.99 | CUMPLE |
| VRP8-MO | 0.51 | 3.52 | K1+960 | MO196 | 1680.38 | 1745.17 | 64.79 | 3440.0 | 80.42 | 0.69 | 428.94 | 16.04 | 30.17 | 65.42 | 74.58 | CUMPLE | 6.5 | 71.96 | CUMPLE |
| VRP9-MO | 0.47 | 3.23 | K3+239 | MO324 | 1656.25 | 1699.75 | 43.5 | 4719.0 | 66.07 | 0.94 | 428.91 | 22.00 | 41.10 | 44.13 | 95.87 | CUMPLE | 9.4 | 48.54 | CUMPLE |
| VRP10-MO | 0.4 | 2.79 | K3+910 | MO391 | 1613.8 | 1675.98 | 62.18 | 5390.0 | 66.07 | 0.81 | 428.91 | 25.13 | 35.41 | 62.45 | 77.55 | CUMPLE | 11.5 | 68.70 | CUMPLE |
| VRP11-MO | 0.39 | 2.7 | K4+370 | MO437 | 1573.74 | 1633.62 | 59.88 | 5850.0 | 66.07 | 0.79 | 428.91 | 27.28 | 34.54 | 60.06 | 79.94 | CUMPLE | 11.8 | 66.07 | CUMPLE |
| VRP12-MO | 0.36 | 2.48 | K5+570 | MO557 | 1534.41 | 1593.35 | 58.94 | 7050.0 | 66.07 | 0.72 | 428.91 | 32.87 | 31.48 | 59.33 | 80.67 | CUMPLE | 12.8 | 65.26 | CUMPLE |
| VRP13-MO | 0.32 | 2.24 | K6+520 | MO652 | 1494.69 | 1554.15 | 59.46 | 8000.0 | 66.07 | 0.65 | 428.91 | 37.30 | 28.42 | 59.72 | 80.28 | CUMPLE | 13.2 | 65.69 | CUMPLE |
| VRP14-MO | 0.25 | 1.7 | K7+890 | MO789 | 1455.96 | 1514.41 | 58.45 | 9370.0 | 66.07 | 0.51 | 428.91 | 43.69 | 22.30 | 58.73 | 81.27 | CUMPLE | 12.0 | 64.60 | CUMPLE |
| VRP15-MO | 0.11 | 0.8 | K9+220 | MO922 | 1416.1 | 1475.84 | 59.74 | 10700.0 | 66.07 | 0.23 | 428.91 | 49.89 | 10.06 | 59.86 | 80.14 | CUMPLE | 6.3 | 65.85 | CUMPLE |

- Longitud de tubería aproximada, medida desde tanque de almacenamiento del municipio y el punto de conexión.
- La cota "1839.76" corresponde a la cota del tanque de almacenamiento
- Se realiza el cálculo de la presión estática con respecto a la válvula 2, la cual precede el tramo de Montenegro.
- Velocidad asumida

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el diseño hidráulico de las líneas de distribución de acueducto se contemplaron y ajustaron los diámetros internos comerciales que garantizan el correcto funcionamiento de la red basados en los diámetros nominales propuestos en la consultoría inicial

Con el ajuste del diseño hidráulico que cumplen los requerimientos de presiones máximas y mínimas estipuladas en la resolución 0330 de junio de 2017.

De acuerdo con los ajustes y complementos realizados en el diseño hidráulico, se vio la necesidad de incluir 14 válvulas reguladoras de presión y 1 válvula reguladora y limitadora de caudal en las líneas de distribución adicionales a las contempladas inicialmente en los diseños. De igual manera, se revisaron y verificaron los diámetros de dichas válvulas para minimizar los efectos de cavitación que puedan ocurrir sobre las mismas de acuerdo con sus caudales máximas y mínimos.

Con el ajuste realizado se minimizan los problemas por efecto de presiones estáticas y dinámicas que se puedan prever al momento de mínima o demanda tanto en la red proyectada o por sobre presiones aguas arriba de la conexión con la red existente.

En el presente ajuste, se revisaron y replantearon las cajas de válvulas de purga, ventosas y VRP garantizando que existan las condiciones físicas en campo para su localización y descole.

Se deberá verificar en obra las posibles interferencias con otras redes de servicios públicos, en cuyo caso las distancias mínimas deberá ser de 1.0 m en dirección horizontal y 0.3 m en dirección vertical, medidos entre las superficies externas de los dos conductos. En el caso de que por imposibilidad en espacio u obstáculos sea imposible garantizar las distancias indicadas, se deberá aislar la tubería con una protección a todo lo largo de la zona de interferencia.

8. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada para el estudio se relaciona a continuación:

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 del 8 de junio de 2017.
- Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos Aplicada. Universidad de Dayton. 4ª edición.
- Larry W. Mays. Hydraulic Design Handbook. Departamento f Civil and Enviromental Engineering Arizona State University. Tempe, Arizona.
- Luis F. Silva. Diseño de Acueductos y Alcantarillados. 10ª Edición.
- Juan Saldarriaga. Hidráulica de Tuberías. Alfaomega.

9. GLOSARIO

| | |
|------------------------------|---|
| Accesorios | Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees, etc. Es aquélla que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. |
| Agua potable | Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua. Es obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua. |
| Altura de presión | Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna. |
| Anclaje | Hundimiento o descenso del nivel de una estructura debido a la consolidación y deformación del suelo o roca de cimentación. |
| Asentamiento | Punto de una red de tuberías en serie a partir del cual se divide en dos ramas más o menos similares. |
| Bifurcación | Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. |
| Calidad de agua | y Sistema de unión entre tuberías en el cual no se requiere de accesorios porque una tubería entra dentro de la otra. |
| Campana espigo: | Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación. |
| Capacidad hidráulica: | Capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. |
| Capacidad portante | Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. |
| Caudal | Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado. |
| Caudal de diseño | |

| | | |
|--|---------------|--|
| Caudal diario | máximo | Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado. |
| Caudal horario | máximo | Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado. |
| Caudal diario | medio | Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año. |
| Cloro residual | | Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado. |
| Coefficiente de fricción | de | Coefficiente que representa el efecto de la fricción entre el flujo y la pared del canal o ducto, que depende de la rugosidad relativa de la tubería o canal y el número de Reynolds. |
| Coefficiente pérdida menor | de | Medida de las pérdidas de energía que se producen por el paso del flujo en un accesorio o estructura, y que es factor de la altura piezométrica de velocidad. |
| Coefficiente rugosidad: | de | Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería. |
| Conexión clandestina | | Conexión ilegal al sistema de acueducto |
| Consumidor especial | | Se considera consumidor especial aquel cuyo consumo presenta las siguientes características: Cuando en la red abierta el consumo sea igual o mayor que el menor caudal que ocurriría si el consumidor no existiera, en cualquiera de los puntos ficticios de consumo de las tuberías principales. Cuando en la red abierta el consumo sea igual o mayor que el menor caudal de sus derivaciones. |
| Cota de batea | | Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector. |
| Cota de clave | | Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector. |
| CRA | | Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento básico |
| Demanda unitaria o demanda per cápita | | Caudal demandado por habitante. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Densidad poblacional DGAPSB | Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada. Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico |
| Diámetro interno real | Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados. |
| Diámetro nominal: | Es una denominación comercial con la cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, a pesar de que algunas veces su valor no coincida con el diámetro real interno. |
| Dotación | Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes. |
| ESP Espaciamiento | Empresa Prestadora de Servicios Públicos Separación en metros entre dos puntos. |
| Excavación | Retiro permanente o temporal de una masa de material térreo con el objeto de instalar un ducto, construir una obra, modificar la topografía del terreno, explotar materiales, etc. |
| Flujo a presión | Aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica. |
| Hidrante | Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios. |
| Interferencia | Perturbación generada por el cruce de una red de acueducto con algún tipo de obstáculo. |
| Juntas | Unidades que se emplean para unir tubos entre sí y con los accesorios. |
| Lavado tuberías | de Acción de lavar internamente las tuberías de un sistema de acueducto con el fin de remover partículas depositadas y biopelículas. |
| Línea gradiente hidráulico | de Línea o elevación obtenida como la suma de la altura de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia. |
| Línea piezométrica | Línea o elevación obtenida de la suma de la altura piezométrica de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia. |

| | | |
|---|------------|---|
| Mantenimiento preventivo | | Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas. |
| Modelo hidráulico | | Formulación idealizada que representa la respuesta de un sistema hidráulico a estímulos externos. |
| Nivel de complejidad del sistema | de | Rango en el cual se clasifica un proyecto el cual depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera. |
| Nivel freático | | Nivel del agua subterránea en un acuífero libre o no confinado (llamado también tabla de agua), corresponde a la superficie de la zona saturada, la cual está a presión atmosférica. |
| Nodos de consumo | de | Punto en el cual se unen dos o más tuberías y se presenta una conexión de un grupo de suscriptores. |
| Número de Froude | de | Relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales, que representa el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo. |
| Optimización | | Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles. |
| Patrón de consumo | de | Comportamiento típico del consumo de agua potable en una red de distribución que depende del lugar, día y hora específica de consumo. |
| Pendiente | | Inclinación longitudinal de un canal o ducto. |
| Pérdidas | | Diferencia entre el volumen de agua que entra a un sistema de acueducto y aquel que sale o es facturado, dependiendo del sistema. |
| Pérdidas comerciales | | Aquellas debidas a volúmenes consumidos no facturados, volúmenes no contabilizados por defectos en los micromedidores, consumos a través de conexiones clandestinas, etc. |
| Pérdidas menores | | Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua. |
| Pérdidas por fricción | por | Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto. |

| | | |
|-----------------------------------|-----------|--|
| Período de diseño | | Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo. |
| Población de diseño | de | Población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño. |
| Presión de trabajo | | Es la presión nominal a la cual la tubería debería trabajar normalmente durante su vida útil. |
| Presión dinámica | | Presión que se presenta en un conducto con el paso de agua a través de él. |
| Presión estática | | Presión en un conducto cuando no hay flujo a través de él. |
| Presión nominal: | | Presión interna máxima a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según las normas técnicas correspondientes. |
| Profundidad de instalación | de | Distancia vertical entre la superficie del terreno y la cota clave de una tubería o ducto. |
| RAS | | Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico |
| Red de distribución | de | Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo. |
| Sistemas acueducto | de | Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. |
| SSPD | | Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios |
| Tanque de almacenamiento | de | Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos picos, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas. |
| Tubería | | Ducto de sección circular para el transporte de agua. |
| Tubería flexible | | Los materiales de tuberías que clasifican como flexibles son aquellos que derivan su capacidad de carga ante las cargas del terreno a partir de la interacción de la tubería flexible y del suelo circundante el cual trabaja por la |

| | |
|-------------------------------------|---|
| | deflexión de la tubería hasta el punto de equilibrio bajo carga. |
| Unión | Accesorio cuya función es conectar tuberías y accesorios entre sí, como parte de una red de distribución de agua potable. |
| Válvula | Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable. |
| Válvulas de descarga o purga | Válvulas utilizadas para la limpieza y descarga de la red, tanto en la distribución secundaria como en la primaria. |
| Válvulas ventosas | Válvulas utilizadas para admisión y expulsión de aire en los procesos de vaciado y llenado de tuberías. |
| Vida útil | Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento. |

ANEXO I MODELO EPANET

ANEXO II PLANOS

ANEXO III MEMORIAS DE CÁLCULO