



# **PROPUESTA DE RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE VALENCIA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

**Juan F. Durango Grisales, Nohelia Regino Cárdenas, Yainer Pérez Feria, William Montiel Cardozo, Tatiana Arteaga, Jorge David Bitar Álvarez**

**Universidad del Sinú  
Montería, Colombia**

**Darío Aranda Pérez, José J. Villegas León**

**Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México**

## **Resumen**

El abastecimiento de agua potable en la comunidad es de suma importancia para el desarrollo de estas, especialmente en la zona rural donde se cuenta con limitación en el acceso al recurso hídrico. El presente proyecto, tuvo como objetivo realizar la modelación del sistema de acueducto de la vereda Rusia 3, zona rural del municipio de Valencia – Córdoba, mediante la herramienta WATERGEMS. Actualmente la zona de estudio no cuenta con una red de acueducto que garantice la demanda y el consumo de agua potable. Con tal fin, se desarrolló el análisis de proyección poblacional, para luego determinar los caudales de diseño según la normatividad vigente (RES 0330-2017) y proponer los alineamientos necesarios para las redes de conducción, impulsión y distribución según la topografía existente; se aplicó el teorema de Darcy-Weisbach para estimar los diámetros óptimos para el sistema de acueducto; de igual forma se determinaron los volúmenes de almacenamiento para satisfacer la demanda de la población. Una de las herramientas más favorables para el diseño de redes de acueducto es WATERGEMS ya que analiza las presiones de cada nodo, simula el flujo de agua en cada tubería y comprueba las velocidades mínimas y máximas exigidas durante la modelación. Finalmente, la metodología empleada mostro resultados satisfactorios en el diseño de la línea de aducción, conducción y la red de distribución siguiendo

los requisitos planteados por la resolución 0330 del 2017, obteniendo alternativas viables y comprobando que la herramienta WATERGEMS es de suma utilidad para el diseño y análisis de sistemas similares al estudiado.

**Palabras clave:** agua potable; red de acueducto; enfermedades hídricas; acceso al recurso hídrico

### **Abstract**

*A water supply system is essential to the development of modern communities, especially in rural areas where there is limited access to water resources. This is the case of some villages in Valencia, Córdoba due to the lack of an aqueduct network that guarantees the demand and consumption of drinking water. In this regard, the main objective of this project was to model the aqueduct system of the path Russia 3, a rural area of the municipality of Valencia - Córdoba, using the WATERGEMS tool. To this end, the population projection analysis was developed, to determine the design flows following the current regulations (RES 0330-2017) and propose the necessary alignments for the conduction, impulsion and distribution networks according to the existing topography. Moreover, The Darcy-Weisbach theorem was applied to estimate the optimal diameters for the aqueduct system as the same as the storage volumes to satisfy the population's demand. One of the most distinctive tools for the design of aqueduct networks is WATERGEMS since it analyzes the pressures of each node, simulates the water flow in each pipe and checks the minimum and maximum speeds required during modeling. Finally, the methodology used showed satisfactory results in the design of the adduction line, conduction line and the distribution network, following the requirements established by resolution 0330 of 2017, obtaining viable alternatives and verifying that the WATERGEMS tool is extremely useful for the design and analysis of systems like the one studied.*

**Keywords:** drinking water; aqueduct network; water diseases; access to water resources

## **1. Introducción**

El agua es imprescindible para el desarrollo sostenible de la vida humana, incluyendo el medio ambiente que la rodea, a pesar de ello lo que parece ser propiamente una crisis de escasez de los recursos hídricos, bien sea en su estado natural o tratada para consumo humano, no es sino un problema de gobernabilidad y gobernanza del agua que se suma a la problemática de distribución inequitativa del vital líquido. (Echeverría & Anaya, 2018). Por consiguiente, para satisfacer las necesidades de agua potable muchos proyectos a nivel internacional se han destacados en la modelación de sistemas de abastecimiento, uno de ellos se llevó a cabo por Darshan J. Mehta (2017) en la ciudad de Surat, India; donde se utilizó las ventajas del programa WATERGEMS para describir la adecuada distribución de la red de acueducto de la ciudad, sus resultados mostraron que el programa digital facilita el diseño de la alternativa planteada sin la necesidad de cambiar su modelo. Asimismo, Sarmiento & Silva (2017) realizaron la modelación de la red de acueducto urbano en Colombia ubicado en el municipio de Tibaná – Boyacá, simulando el sistema de abastecimiento con la ayuda de la herramienta digital EPANET. Sus



estudios revelaron que el software permite un acercamiento real a las condiciones de la red existente y modelar las propuestas que mejoren el servicio de agua potable en el municipio.

Por otro lado, en el municipio de San Carlos – Córdoba, López Ramos (2020) planteo el diseño del sistema de abastecimiento para solucionar las deficiencias por suministro del recurso hídrico a las comunidades asentadas en la vereda de arroyo grande, con el fin de satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. La investigación concluyo que el sistema de abastecimiento puede atender otras demandas para riegos y abrevaderos. Asimismo, la zona rural del municipio de Valencia – Córdoba presenta la desigual distribución del agua sobre su territorio y la demanda ocasionada por la expansión demográfica de las comunidades, han motivado en los últimos años el incremento de los estudios relacionados a la gestión integral de los recursos hídricos, especialmente a los que tienen que ver con el abastecimiento de agua potable en las comunidades (Ferrer & Torrero, 2015). De esta manera, el objetivo de este proyecto es proponer la alternativa más viable para garantizar el suministro continuo de agua potable a las poblaciones actuales y futuras.

Según los resultados arrojados por el departamento administrativo nacional de estadística (DANE) en el año 2015, se tiene que para el municipio de Valencia- Córdoba, hay una cobertura de 22% específicamente en su zona rural; por lo que recurren a alternativas que pueden significar grandes esfuerzos económicos, como lo son las conexiones ilegales a la red pública o directamente a los ríos, lagos, pozos profundos o camiones cisterna. La mayoría de estas soluciones representan altos riesgos de salud ya que no garantizan la calidad de agua, generando consecuencias como las enfermedades hídricas en la población, especialmente en niños y adultos mayores. Además, la contaminación ambiental en las diferentes fuentes hídricas puede aumentar debido a que hay un mal aprovechamiento del recurso hídrico que puede incurrir en altos costos para los usuarios. Este es el caso de las veredas: Rusia 8, La mina, El tiempo, El pilón, Los manguitos, El bongo, Almagras, Rusia 3, Los socios, Barrial Jamaica, Mata de maíz, Nieves julio, Barrial central, Barrial Policarpa y Nicaragua; las cuales abarcan la zona de estudio del presente proyecto. En las veredas en mención, se realiza la captación de agua superficial de forma manual a través de baldes en un embalse hecho hace más de 30 años, donde hay unos pozos en acuíferos libres sobreexplotados que no alcanzan para suplir la demanda de la población actual y futura. Es por esto que se evidencian problemas de abastecimiento del consumo de agua. Por lo tanto, se realizó el diseño y la modelación hidráulica teniendo en cuenta la oferta tecno-ecológicamente más factible para el sistema de abastecimiento de agua potable de las veredas de estudio del municipio de Valencia - Córdoba, a partir de los parámetros y especificaciones planteadas por la Resolución 0330 del 2017 de la RAS (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico), garantizando el funcionamiento de la red de acueducto.

## **2. Área de Estudio**

Valencia es un municipio de Colombia que pertenece a la provincia sur del Departamento de Córdoba, y al noroccidente del país entre el Valle del Sinú y la Serranía de Abibe. En Valencia, los veranos suelen ser cortos y calurosos pero los inviernos son largos y calientes debido a la humedad, siendo 28°C su temperatura promedio. De acuerdo con la división política del



municipio de Valencia en el departamento de Córdoba, hay 106 veredas, de las cuales 15 veredas serán beneficiadas con la propuesta de este proyecto siendo del corregimiento de Rusia, tales como: Rusia 8, La mina, El tiempo, El pilón, Los manguitos, El bongo, Almagras, Rusia 3, Los socios, Barrial Jamaica, Mata de maíz, Nieves julio, Barrial central, Barrial Policarpa y Nicaragua.



Ilustración 1 Corregimiento Rusia. Fuente: Google Earth (2021).

### 3. Teoría

#### ✓ Ecuación de Darcy - Weisbach para pérdidas por fricción en tuberías

Esta ecuación se emplea para determinar las pérdidas por fricción en una tubería, se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:  $h$  = pérdida de carga;  $f$  = factor de fricción;  $L$  = longitud  $D$  = diámetro;  $V$  = velocidad  $g$  = aceleración por gravedad.

#### ✓ Factor de Fricción → $f$ (rugosidad, No. de Reynolds)

Donde  $\nu$  es la viscosidad cinemática; el número de Reynolds ( $Re$ ) está definido por la ecuación:

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

Cuando el Flujo laminar ( $Re < 2000$ ), se debe calcular de la siguiente forma el factor de fricción:

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

De lo contrario, si el Flujo es turbulento ( $Re > 4000$ ), el factor de fricción se obtiene a partir de la relación  $f$  por Colebrook White.



✓ **Ecuación de Colebrook -White**

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

Para simplificar el cálculo del factor de fricción se empleará la ecuación de Darcy en combinación de Colebrook-White para determinar f.

$$f = 1.325 \left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^{-2}$$

El rango de uso de esta ecuación está definido por  $4 \times 10^3 < Re < 1 \times 10^8$   $1 \times 10^{-6} < \varepsilon/D < 1 \times 10^{-2}$ .

✓ **Ecuación para el cálculo de las pérdidas menores**

Para el cálculo de las pérdidas menores producidas en codos, tees, válvulas y otros accesorios debe utilizarse la siguiente ecuación.

$$H = K_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde  $K_m$  = Coeficiente de Pérdidas menores;  $h$  = Pérdida de carga causada por Pérdidas menores-

✓ **Ecuación de la Velocidad**

La ecuación general para calcular la velocidad del flujo está dada por:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde v es la velocidad, Q es el caudal o gasto y A es el área de la sección. La ecuación mostrada corresponde la ecuación de continuidad y según la resolución 0330 de 2017, la velocidad no puede ser inferior a 0,5 m/s ni mayor a 3,0 m/.

✓ **Ecuación de la Presión**

La determinación de la presión está dada por la relación entre la fuerza y el área adoptada; siendo:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde P es la presión, F es la fuerza y A es el área de la sección. Cabe resaltar, que la presión absoluta se mide con respecto a la relación a un vacío perfecto y la presión manométrica es aquella calculada con respecto a la presión atmosférica. Además, la presión mínima debe ser de 15 mca y máximo de 70 mca.

✓ **Ecuación de la conservación de Energía**

El principio de Bernoulli Analiza un cuerpo que inicialmente posee una energía potencial, pero esta disminuye una vez disminuya su altura, lo cual genera una caída de energía potencial. Sin embargo, en el descenso del cuerpo se adquiere una energía cinética que crece al aumentar la velocidad en que cae el cuerpo. Por ende, la ecuación matemática que expresa la diferencia de energía entre dos puntos es la misma sin importar el camino tomado, es:

$$z_1 + p_1/\gamma + V_1^2/2g + \Sigma h_p = z_2 + p_2/\gamma + V_2^2/2g + \Sigma h_L + \Sigma h_M$$



Donde  $z$  = Elevación;  $p$  = Presión;  $\gamma$  = Peso específico;  $V$  = Velocidad;  $h_p$  = Carga agregada por Bombas;  $h_L$  = Pérdidas por fricción;  $h_M$  = Perdidas menores.

#### ✓ **Equipos de bombeo**

Para establecer la potencia necesaria para la bomba, se debe calcular la capacidad del sistema bajo la condición de caudal máximo de operación. Esta potencia se calcula de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$P = \frac{Q\gamma H}{\eta}$$

Donde  $P$  = Potencia requerida por la bomba (W);  $Q$  = Caudal de operación ( $m^3/s$ );  $\gamma$  = Peso específico del agua ( $N/m^3$ );  $H$  = Altura total de bombeo incluyendo la altura topográfica, las pérdidas por fricción; y las pérdidas menores existentes en las tuberías de impulsión (m).  
 $\eta$  = Eficiencia del bombeo.

La cabeza neta de succión positiva (NPSH) debe tenerse en cuenta en los equipos de bombeo y se calcula siguiendo la ecuación:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\rho * g} + H_{es} - h_f - \frac{P_v}{\rho * g}$$

Donde  $P_{atm}$  = Presión atmosférica (Pa);  $H_{es}$  = Altura estática de succión (incluyendo su signo) (m);  $h_f$  = Pérdidas por fricción (m);  $P_v$  = Presión de vapor (Pa);  $\rho$  = Densidad del agua ( $Kg/m^3$ );  $g$  = Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ). La cabeza neta de succión positiva solicitada por el fabricante debe ser menor que el valor disponible en la instalación, al menos un 20%, para las condiciones más adversas de operación. En ningún caso la diferencia puede ser menor que 0.5 m. Para todos los caudales previstos debe verificarse que no ocurra el fenómeno de cavitación.

En el caso de la ecuación de la bomba debe ser suministrada por el fabricante de esta, si esta no está disponible se puede solicitar la curva de operación de la bomba y el diseñador debe hacer un análisis de regresión numérica con el fin de obtener la ecuación, la cual se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$H = AQ + BQ^2 + C$$

Donde  $H$  = Altura total de bombeo, incluyendo la altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores en la impulsión. (m);  $Q$  = Caudal de bombeo ( $m^3 /s$ );  $A, B, C$  = Coeficientes de la ecuación.

## 4. Metodología

La metodología que se empleó para realizar el diseño y la modelación del sistema de abastecimiento de agua potable multiveredal de Valencia-Córdoba, es la establecida por la Resolución 0330 de 2017 en el Artículo 8.

#### ✓ **FASE 1: Recopilación de la información.**

Primeramente, se realizó la recolección de la información actual existentes relacionados con el censo poblacional, registros de mantenimiento, reportes de construcción, registros de información



sobre corrosión, información geológica, hidrológica, entre otras. De esta forma, es posible establecer el periodo de diseño, la población existente y su proyección.

✓ **FASE 2: Asignación de consumos y demandas.**

A partir de los caudales de diseño establecidos en la proyección de la población, se obtienen las demandas para cada nodo de consumo en el área de estudio.

✓ **FASE 3: Modelación hidráulica en WATERGEMS.**

El planteamiento de la modelación de la red de abastecimiento de agua potable se llevó a cabo el uso del levantamiento topográfico de la zona rural del municipio mediante las curvas de nivel. Seguidamente se trazó la red de acueducto en la herramienta digital WATERGEMS, estableciendo las unidades de medida, las demandas y la rugosidad empleada por la ecuación de Darcy – Weisbach.

✓ **FASE 4: Análisis y discusión de los resultados empíricos y teóricos.**

Por último, se procedió a identificar las falencias y diferencias de los cálculos empíricos con los teóricos. Todos estos procedimientos se hicieron teniendo en cuenta los parámetros de la resolución 0330 del 2017.

## 5. Resultados y discusión

**Población rural:** según las proyecciones del DANE desde el año 1895 hasta el 2020 y desde el 2018 hasta el 2023 la zona rural de valencia tendrá un crecimiento poblacional significativo con el paso de los años, Se pudo observar un crecimiento poblacional siendo el año 1993 con el menor número de habitantes asimismo el año 2005 con el mayor número de habitantes. Para el resto de los años se obtuvo un balance significativo esto se debe al crecimiento industrial de la población actual y futura que se presenta en la zona rural del municipio. De esta forma, las veredas rusia 8, la mina, el tiempo, el pilón, los manguitos, el bongo, almagra, rusia 3, los socios, barrial Jamaica, mata de maíz, nieves julio, barrial central, barrial policarpa y nicaragua, representan la mayor parte de la población rural en el municipio de valencia, córdoba; según una encuesta realizada (2021) con la ayuda de la junta de acción comunal, hay 360 viviendas y 3090 habitantes en el corregimiento Rusia.

**Funcionamiento de la red:** Se diseñó empleando 3 estaciones de bombeo, y 3 tanques de almacenamiento considerando diferentes diámetros para cumplir con las presiones, velocidades y demandas calculadas, tal como se muestra en la Ilustración 3. El funcionamiento de la red inicia desde la captación dentro del embalse la “Esperanza”, donde habrá una estación de bombeo en paralelo para impulsar el agua hasta la PTAP por el borde de la vía principal, y así evitar construir una nueva ruta de acceso al embalse.



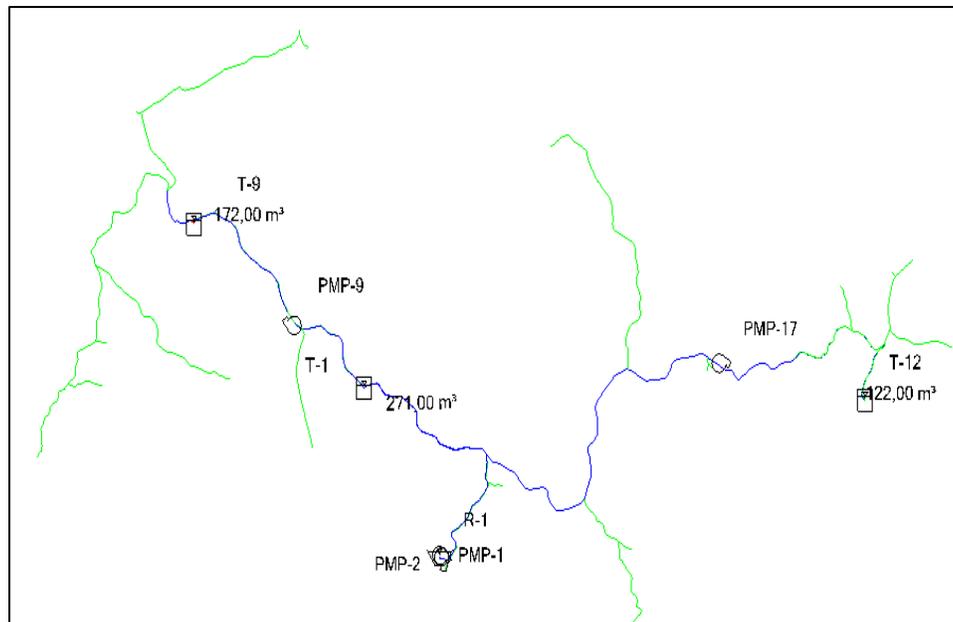


Ilustración 2 Componentes del acueducto. Fuente: Elaboración propia (2021).

Posteriormente, la PTAP contará con dos líneas de conducción por gravedad, la primera línea se dirige hacia “La mina”, la cual cumple por gravedad hasta la vereda “el tiempo” debido al cambio significativo de elevación que se presenta en el terreno, lo cual hace imprescindible la instalación de una segunda estación de bombeo que permite impulsar el agua hasta la mina, una vez ahí, habrá un segundo tanque de almacenamiento que abastecerá a las veredas restantes del tramo derecho por gravedad ya que en la mina se encuentra el punto más alto, siendo la cota 296m, del margen derecho. Por otro lado, la segunda línea de conducción comienza desde la PTAP hacia mata de maíz, cumpliendo por gravedad en un tramo corto hacia el destino inicial. De esta manera, una tercera bomba es fundamental para impulsar el agua hasta la cota 172m donde se encuentra un tercer tanque instalado para transportar el flujo mediante la gravedad hasta Barrial policarpa, nieves julio, y mata de maíz.

**Diámetros y velocidades:** los diámetros establecidos en la modelación cumplen con la condición planteada por las RAS, siendo menores o iguales a 8 pulgadas y mayores o iguales a 2 pulgadas para la red de abastecimiento de agua potable. La longitud total de la red de acueducto para la zona de estudio es de 39119m de tuberías las cuales no incluyen las necesarias para la acometida domiciliaria, pero si conecta los principales puntos de demanda, su material es de Polietileno De Alta Densidad (PEAD) y cuenta con una rugosidad de 0,007, valor obtenido por la ecuación de Darcy-Weisbach. Además, el diámetro mínimo presente en la red es de 2 pulgadas y el máximo de 8 pulgadas, cumpliendo con lo establecido para los diámetros internos de acueducto en el rango planteado por la norma, 2”- 8”. Por otro lado, se puede observar que hay velocidades por debajo de 0,5 m/s lo que indica que esto no cumple según el reglamento 0330 de 2017 ya que la velocidad admisible está entre 0,5m/s y 3,00 m/s, por ende, se requiere instalar válvulas de purga para desocupar con mayor facilidad la tubería y asimismo hacer el proceso de mantenimiento o limpieza más eficaz, estas permiten estabilizar las velocidades en algunos nodos siendo un apoyo para las tuberías. Asimismo, el caudal de la red es muy bajo en algunos nodos debido a la poca demanda que hay en esos tramos de tubería y aumenta en los puntos de mayor



demanda, sin embargo, el agua circula en toda la tubería con las distribuciones del caudal a partir de la necesidad de agua potable en cada nodo (Véase la ilustración 5).

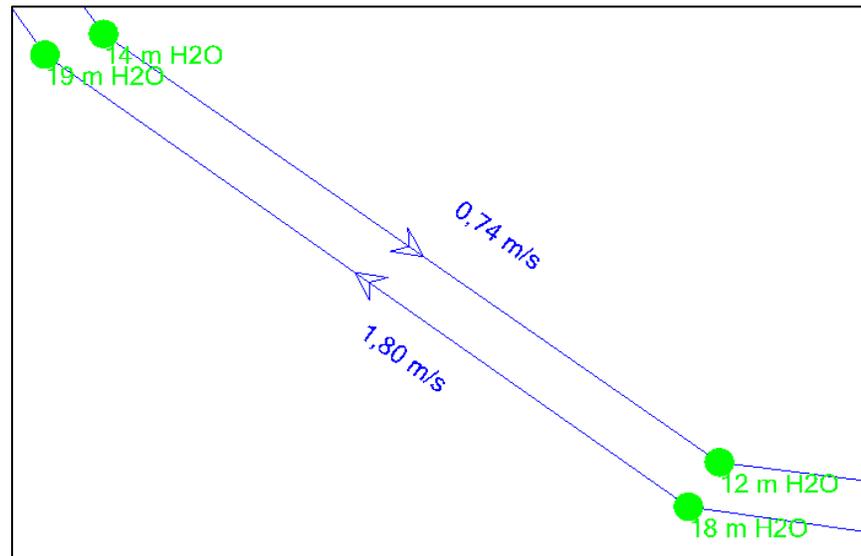


Ilustración 3 Presiones y velocidades de la red. Fuente: Elaboración propia (2021).

Las presiones obtenidas en el sistema de abastecimiento en WATERGEMS, cumplen con la normatividad ya que la presión mínima en el diseño es de 13mca y la máxima de 176. De acuerdo con esto, no hay presiones negativas lo que garantiza la circulación del agua potable a cada sector, pero requiere de válvulas reguladoras de presión ya que estas controlan las presiones y los caudales dirigidos a cada consumidor, con el fin de disminuirla en aquellos nodos donde es mayor a 70 mca. Las pérdidas de carga debido a las válvulas reductoras de presión son un total de 180,45m ya que estas obstaculizan las fugas y evitan las perforaciones en las tuberías. Por otro lado, no hay pérdidas de carga por emplear válvulas de control del acelerador en la modelación debido a que estas simulan elementos de pérdida menor cuyas características de pérdida de carga cambian con el tiempo. Con una válvula de control del acelerador, la pérdida menor 'K' se ajusta en base a algún otro flujo o altura del sistema. El FCV solo se acelerará si el flujo a través de él es mayor que el ajuste de lo contrario no habrá pérdidas (Véase en la ilustración 7).

Los caudales obtenidos para el sistema de acueducto multiveredal de Valencia, recibiendo un caudal medio diario (**Qmd**) al periodo de diseño (25 años) de **8,73 L/s**, un Caudal Máximo Diario (**QMD**) de **11,62 L/s** y el Máximo Horario (**QMH**) de **18,60 L/s**. Estos resultados están relacionados con la población proyectada, asumiendo un consumo constante las 24 horas del día, lo que indica que estos cumplen para llevar a cabo el funcionamiento del diseño de la red. Asimismo, se determinó el volumen de regulación necesario para almacenar el agua en un horizonte de 25 años considerando el crecimiento de la población y los caudales establecidos para cada año para satisfacer la necesidad de agua potable en la zona rural de Valencia.

Asimismo, fue posible calcular y distribuir la demanda para abastecer agua potable a las comunidades de la zona rural se determinó a partir de las áreas de crecimiento poblacional que puede tener la comunidad con el paso de los años, ya sea por motivos de inmigración o desarrollo comercial. De esta forma, se adopta el caudal máximo diaria para predimensionar los tanques de



almacenamientos con sus respectivos volúmenes y sectorizar los tramos de la red entre las veredas de estudio. Cabe resaltar que el gasto es pequeño en algunos nodos donde no presentan mucha demanda debido a su área de crecimiento. Estas áreas, se obtuvieron a partir del número de viviendas o centros poblados presentados en la topografía, la cual comprende 16937306,24m<sup>2</sup> de la zona rural.

Seguidamente, se comprobó el funcionamiento de la red al ubicar las tres estaciones de bombeo en las cotas planteadas mediante tres perfiles que representen el gradiente hidráulico con respecto a la elevación del terreno. De esta forma, se mostrará si hay o no pérdida de energía por la unidad de longitud recorrida por el agua, tal cómo se observa a continuación:

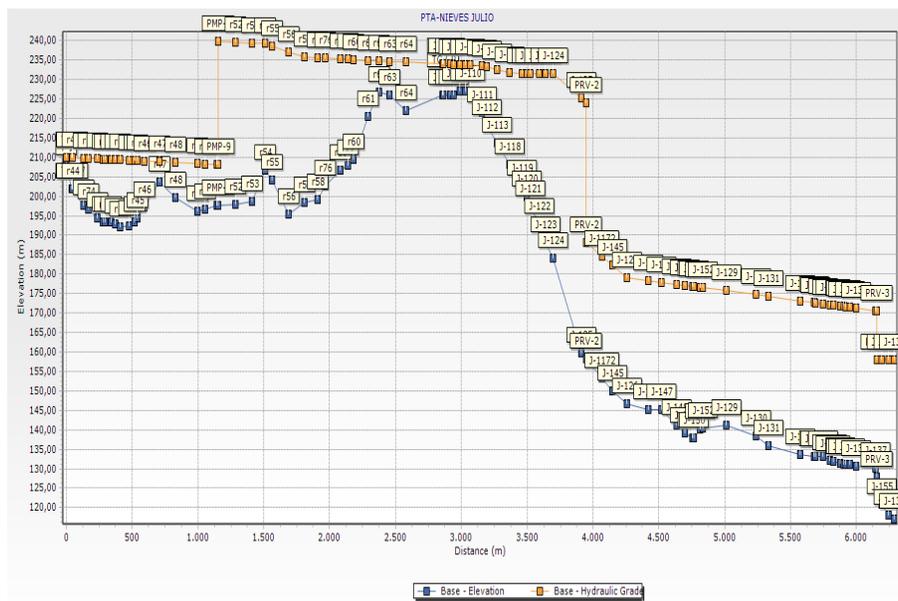


Ilustración 4: Gradiente hidráulico en el tramo PTAP-NIEVES JULIO. Fuente: Elaboración propia (2021).

Según el perfil del tramo tomado desde la PTAP hasta Nieves julio, se presenta un cambio de elevación que puede obstaculizar el paso del agua hasta la vereda. Sin embargo, al ubicar la estación de bombeo en la cota 197m se puede observar el incremento del gradiente hidráulico hasta alcanzar 240m; a medida que el flujo sigue recorriendo la red se puede observar que este disminuye de manera proporcional a la elevación del terreno, es decir, si las cotas del terreno disminuyen el gradiente también ya que funciona por gravedad una vez haya alcanzado su punto máximo.

De acuerdo con la configuración topográfica en el tramo comprendido desde la PTAP hasta la vereda Barrial policarpa, presenta mayores irregularidades en el terreno que en su momento no cumplía la conducción por gravedad. A partir de esto, se rodearon las zonas que tenían elevaciones muy altas y con pocos puntos de demanda, es decir, trazar o enterrar la tubería a 2 metros por debajo de la cota rasante, es decir, de la altura de la superficie. Todo esto, con el fin de garantizar el transporte del agua desde la planta de tratamiento hasta las veredas del tramo perteneciente a Barrial policarpa. Por otro lado, el tramo trazado desde la PTAP hasta la vereda conocida como La Mina no presenta pérdidas de energía gracias a la estación de bombeo



planteada en el punto donde el gradiente hidráulico decrece significativamente, y a su vez incrementa la energía potencial debido a la potencia de la bomba, la cual alcanza 320m por longitud de agua recorrida hasta que el gradiente disminuye nuevamente, pero sin presentar elevaciones menores a aquellas trazadas en la superficie.

## 6. Conclusión

Teniendo en cuenta los problemas de carencia de agua potable en la zona rural del municipio de Valencia – Córdoba, se expone en el transcurso del presente proyecto el diseño de la red de acueducto, planteando y seleccionando la alternativa óptima para estas comunidades ya que no cuentan con un sistema adecuado de abastecimiento, ayudando al progreso de la zona y mejora la calidad de vida de estas. Asimismo, se calculan los parámetros de diseño a partir de la resolución 0330 del 2017 y la modelación del sistema de abastecimiento teniendo como fuente de suministro el embalse “la esperanza” para satisfacer la demanda de la población. Por ello, la modelación del sistema se efectuó por medio del programa WATERGEMS para tener una mejor visualización y precisión de lo que realmente sucede en la red con los parámetros de la alternativa escogida. Teniendo en cuenta el uso de las válvulas reguladoras de presión, de aceleración y de purga que garantizan el control de las altas presiones y el mejoramiento de la velocidad en la red.

De igual forma, la zona rural del municipio cuenta con un embalse el cual no supe con la demanda necesaria de la población ya que es muy pequeño, por lo tanto, se requiere la expansión del embalse para mejorar la capacidad de regulación del recurso hídrico. Asimismo, como se discutió en los resultados esta propuesta tiene un enfoque sostenible y resiliente debido a que estos conceptos no suelen presentarse en proyectos hidráulicos, siguiendo con los requisitos planteados en el reglamento técnico del sector de agua potable.

Finalmente, se sugiere para futuras investigaciones no dejar por fuera este proyecto de enfoque sostenible y resiliente ya que este aspecto lo diferencia del resto de los proyectos que se suelen venir haciendo en los últimos años. De igual modo, se recomienda incluir un análisis económico para verificar la viabilidad de la construcción y también socializar la alternativa seleccionada con la población para que tengan conciencia de cómo funciona el sistema de abastecimiento y las prevenciones que deben tener para el cuidado de este.

## 7. Referencias

- Económico, M. d. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico-RAS.
- Galván Primera, K. (2017). Actualización del proyecto de construcción del sistema de acueducto regional Alto Sinú para los Municipios de Tierralt y Valencia.
- López Cualla, R. A. (1995). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados.
- Martínez Alzamora, F. (2005). Software para el análisis de redes Hidráulicas.
- Ministerio de Vivienda, RES 0330. (2017). Reglamento técnico del Sector de Agua potable y saneamiento Básico- RAS.



- Ramos Hernández J. & Monterrosa Galarcio, J. (2020). Diseño de un sistema de abastecimiento para la zona rural localizada en la parte baja de la cuenca "arroyo grande" en el municipio de San Carlos, Córdoba.

## Sobre los autores

- **Juan F. Durango Grisales:** Ingeniero civil, magister en recursos hídricos y medio ambiente, profesor tiempo completo del programa de ingeniería civil, Universidad del Sinú. juanfdurango@unisinu.edu.co
- **Nohelia Regino Cárdenas:** Ingeniero civil de la Universidad del Sinú. noheliaregino@unisinu.edu.co
- **Yainer Pérez Feria:** Ingeniero civil de la Universidad del Sinú. yainerperez@unisinu.edu.co
- **William Montiel Cardozo:** Ingeniero civil, especialista en vías y transportes, director del programa de ingeniería civil de la Universidad del Sinú. williammontiel@unisinu.edu.co
- **Tatiana Arteaga:** Ingeniero civil, magister en desarrollo sostenible, profesor tiempo completo del programa de ingeniería civil, Universidad del Sinú. tatianaarteaga@unisinu.edu.co
- **Darío Aranda Pérez:** Ingeniero civil, magister en hidráulica, doctor en hidráulica de la Universidad Autónoma de Baja California. dario.aranda@uabc.edu.mx
- **Jorge David Bitar Álvarez:** Ingeniero civil, magister en recursos hídricos, especialista en gerencias de proyectos, dirección de obras, interventoría de obras e ingeniería ambiental, consultor y gerente de CONSTRUCEC SAS. jodabial@gmail.com
- **José J. Villegas León:** Ingeniero civil, magister en hidráulica, doctor en hidráulica, profesor tiempo completo del programa de ingeniería civil de la Universidad Autónoma de Baja California. jvillegas82@uabc.edu.mx

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

