

Informe Final Practica Académica Modalidad semestre de Industria



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Estudiante

Nombres y apellidos.	Johan Andres Vasquez Bastidas
Semestre académico.	Decimo

Asesor interno (U. de A.)

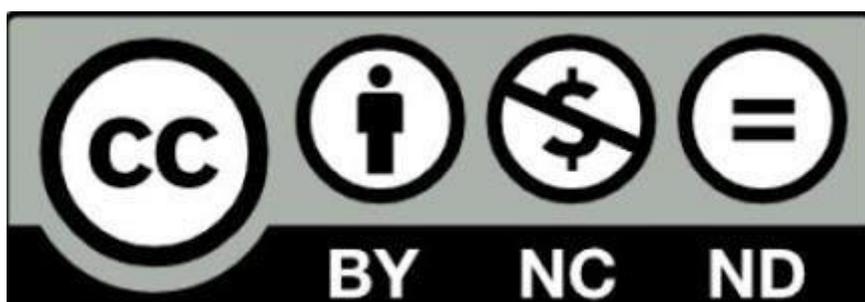
Nombres y apellidos.	Ana Lorena Camargo Perea
----------------------	--------------------------

Asesor externo (empresa)

Nombres y apellidos.	Luis Felipe Castañeda
----------------------	-----------------------

Identificación de la empresa

Nombre del grupo de investigación o de la empresa.	Mineros Aluvial
Dirección.	
Ciudad.	Antioquia
Teléfono.	
Actividad económica.	Minería



MINIMIZACION DE LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA RED ACUEDUCTO DE LA EMPRESAMINEROS S.A. MEDIANTE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EPANET

RESUMEN

La empresa Mineros Aluvial dentro de su plan de manejo ambiental (PMA) tiene como prioridad el mejoramiento de la eficiencia del suministro de agua potable a lo largo de los campamentos (campamento Bajo, campamento Alto, zona industrial, batallón militar), y este mejoramiento hace referencia a la calidad físico-química y la continuidad del servicio, en aras de poder brindar un agua potable apta para el consumo humano, en cumplimiento de la normatividad vigente y con el objetivo de estar a la vanguardia de los más altos estándares de calidad; sin embargo, en los últimos años se han venido presentando varios tipos de problemas en cuanto a la presión del fluido a lo largo de la red, en zonas de donde la cabeza hidráulica es menor, además de esto, recurrentes afectaciones como son los agrietamientos y fisuras en las tuberías, otra dificultad es el arrastre de grandes cantidades de sedimentos, que son luego materiales que aportan a la obstrucción de la red y que le dan un mal aspecto organoléptico al agua para el uso doméstico. Haciendo uso de algunas herramientas computacionales se realizó una modelación hidráulica de la Red de agua potable, adoptando un modelo matemático se estudió el comportamiento del flujo de agua a lo largo de la red de distribución, se encontraron zonas de alta y baja presión, las cuales deben ser reguladas por válvulas ventosas para altas presiones y válvulas de purga donde las presiones son muy bajas.

TABLA DE CONTENIDO.	PAG
1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3. MARCO TEORICO	5
4. METODOLOGIA	7
5. RESULTADOS Y ANALISIS	13
6. CONCLUSIONES	18
7. REFERENCIAS	19

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las explotaciones mineras ha venido en auge y con estas su control en los impactos ambientales, los distintos entes ambientales les exigen un completo modelo de control, preservación y monitoreo de todos los productos ecosistémicos que son, de alguna o de otra manera, alterados o aprovechados, en este grupo ubicamos a la empresa Mineros Aluvial un grupo empresarial 100% colombiano de carácter privado con más de 40 años de experiencia, dedicado a la exploración y explotación de metales preciosos, especialmente oro [1].

Las operaciones mineras se realizan en dos frentes: aluvial y subterránea, en los municipios de El Bagre y Zaragoza, Bajo Cauca Antioqueño (Colombia), y en la región de Bonanza en Nicaragua. También se cuenta con dos pequeñas centrales hidroeléctricas llamadas Providencia I y Providencia III ubicadas en jurisdicción del municipio de Anorí, Antioquia, Colombia, a través de las cuales se provee la energía eléctrica para todas las operaciones [1].

La empresa Mineros S.A esta ubicada en el municipio del El Bagre, Antioquia la cual cuenta con un campamento creado para ofrecer el servicio de alojamiento a su personal convencionado (obreros) y no convencionado (empleados), este lo integran tres zonas (alto, bajo y zona industrial) donde se ofrecen los servicios gratuitos de energía, suministro de agua potable y también el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

El agua potable se distribuye desde el acueducto ubicado en la parte alta del campamento. La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) está en funcionamiento desde hace 40 años y distribuye el agua hacia la totalidad del campamento, incluyendo la zona industrial y batallón militar. Aunque el sistema de abastecimiento tiene varios años en su funcionamiento no se contaba con una modelación hidráulica de la red del transporte de flujo ni ningún diagrama mostrara los distintos niveles de presión y velocidad.

La empresa Mineros aluvial posee dentro de su organización un completo plan de manejo ambiental que busca brindarle a sus beneficiarios un agua con los mejores estándares de calidad, esto incluye calidad físico-química y biológica, y que, además, su distribución se haga de forma eficiente. En los últimos años la empresa ha venido presentando incremento en gastos en materia de mantenimientos y en las distintas reparaciones que deben ejecutarse en las tuberías de la red de distribución, a lo largo del campamento alto, bajo, zona industrial y base militar, las fisuras y agrietamiento en las tuberías se les atribuye al aumento de la velocidad del flujo y a los fuertes cambios en la presión del sistema, a esto se le suma el

aumento de los reportes de caídas de presión en los lugares donde se hace uso del agua potable; esto va directamente relacionado con la poca cabeza de presión que posee el nivel de los tanques de almacenamiento, ya que la topografía del terreno es prácticamente plana, perdiendo así la fuerza de impulsión por gravedad.

Otra dificultad plausible que se presenta es el arrastre considerable de lodos a lo largo de las tuberías, esto se evidencia cuando hay reparaciones y se suspende el servicio, ya que, al reactivarse el suministro, el aporte de sedimentos es bastante considerable, lo que se convierte en un problema para los consumidores que deben realizar purgas en sus propios campamentos. Además de esto el volumen de lodos que no se alcanza a salir por las llaves domesticas se va depositando y colmatando la tubería.

Otra dificultad en materia de logística es la incorrecta ubicación de válvulas de compuerta, ya que no se cuenta con un plano actualizado de la red y, cuando hay reparaciones o labores de mantenimiento, se pierde demasiado tiempo. Es por esto que, con este proyecto, se busca una solución ingenieril que permita garantizar una nueva distribución del sistema hidráulico de válvulas, ya que, en algunos casos, se pueden presentar golpes de ariete y fuerzas de presión bastante altas que deterioran las tuberías de transporte, debido a la ubicación empírica de las válvulas de compuerta. Lo anterior se quiere lograr haciendo uso de herramientas de modelación computacional con aplicaciones de modelos matemáticos, directamente con ecuaciones de pérdida de cargas como las propuestas por Darcy-Weisbach, ya que a través de estas podemos conocer, como se da las pérdidas por fricción o por el dimensionamiento de las tuberías, y conocer los puntos claves donde se pueden ayudar al sistema a equilibrar las altas y bajas presiones mediante instalaciones de válvulas ventosas, válvulas de purga, entre otras. Todo esto fundamentado en las normas técnicas de diseño plasmadas en el título B del Reglamento Técnico de Saneamiento Res 0330 (RAS 2000). Y la Resolución 0631 de 2015.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Actualizar la modelación hidráulica de la red de distribución del acueducto de la empresa Mineros S.A. haciendo uso de diferentes herramientas computacionales.

2.2. . Específicos

- Revisar la topografía y el estado de las redes de agua potable del campamento zona alta, baja y zona industrial de Mineros S.A

- Diseñar el trazado de la red de distribución de agua potable haciendo uso de AutoCAD civil 3D y ArcGis.
- Modelar la distribución a partir de la herramienta computacional Epanet.
- Elaborar el nuevo mapa de trazabilidad de la red con la nueva ubicación de las respectivas válvulas hidráulicas.

3. MARCO TEÓRICO

La red de distribución o red matriz de un sistema de acueducto, es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales del servicio y que distribuyen el agua procedente de la planta de tratamiento hacia las redes menores del sistema [2].

Como nos podemos imaginar, las redes de distribución para el abastecimiento de agua potable en núcleos urbanos, son en general el resultado de un crecimiento desordenado y poco planificado. El diseño de estas redes de distribución está condicionado principalmente por la topografía del terreno, el tejido urbano y otro tipo de condicionantes menos intuitivo, pero no menos importante, como es la lucha contra incendios o el riego de parques y jardines.

Más allá del crecimiento desordenado de las redes de distribución de agua potable, éstas se pueden clasificar en tres tipos de redes diferentes: las redes ramificadas, las redes malladas y las redes mixtas.[2]

Es importante conocer el tipo de red que estaremos analizando para tener una idea de la distribución hidráulica, y saber cómo se mueve el flujo de agua, identificando los lugares relevantes en los que las válvulas operen de manera correcta y tenga una mayor eficiencia.

Las válvulas son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en la tubería. Pueden ser clasificadas de acuerdo con su función en dos categorías:

- Aislamiento o seccionamiento: son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos.
- Control: usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema [3].

El diseño de la red de distribución debe incluir su modelación matemática de tal forma que permita entender la hidráulica para cualquier condición de operación o cualquier condición de emergencia. En particular el modelo hidráulico debe permitir establecer reglas de operación de las redes de distribución, bajo condiciones normales de operación o bajo condiciones especiales de mantenimiento y/o emergencia, incluyendo la interacción de las redes que conforman diferentes circuitos y subcircuitos [4]

El modelo matemático debe implementarse en cualquier programa de análisis hidráulico de redes de acueducto que utilice el método del gradiente en sus cálculos y permita el uso de las ecuaciones de Darcy-Weisbach y ColebrookWhite; también debe permitir el uso de la ecuación de Hazen-Williams teniendo en cuenta su rango de validez. Adicionalmente debe seguir lo establecido en los literales B.7.5.4 y B.7.5.5. del título B de normas técnicas para acueductos del RAS 2017[4].

El modelo hidráulico de la red de distribución debe tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Programa debe tener capacidad de análisis para período extendido, y se recomienda que incluya rutinas para la optimización de diseños hidráulicos mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial, tales como algoritmos genéticos, lógica difusa y sistemas expertos. Es deseable también que el programa pueda realizar análisis de calidad de agua en la red, tanto para flujo permanente como para flujo de período extendido, haciendo uso de coeficientes de decaimiento de sustancias químicas tanto por reacción con las paredes de las tuberías como por reacciones en el cuerpo de agua [5].
2. De todas formas, el método de cálculo y el programa utilizado para el análisis hidráulico de la red de distribución debe permitir el análisis de líneas abiertas, en conjunto con el análisis de redes cerradas [5].
3. El programa utilizado en el diseño de la red de distribución debe permitir su diseño optimizado. Esto quiere decir que los diámetros resultantes para cada una de las tuberías que conforman la red de distribución son fijados por una función de minimización de costos que incluya los costos de materiales, los costos de instalación y los costos de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto. También deben tenerse en cuenta aspectos de calidad de agua en la red, con el fin de garantizar que en todo momento se cumpla con lo establecido en el Decreto 1575 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o la norma que lo modifique, adicione o sustituya [5].

4. Para el cálculo de la red, el programa utilizado debe hacer uso de las ecuaciones de pérdidas de energía en una tubería simple y de pérdidas de energía causada por los accesorios, tal como se establece en el literal B.7.5.4 de este documento [5].

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Este programa efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo.

El programa proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas.

El éxito de EPANET radica en su potente simulador hidráulico que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel)
- Considera diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. rociadores)
- Admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

4. METODOLOGÍA

Para alcanzar los Objetivos se llevo a cabo las siguientes:

Se revisaron todos los estudios topográficos, de los cuales datan de más de 40 años y están en formato manual, nada digital, por lo que esta información no fue utilizada. Luego, en el año 2000, se realizó un levantamiento topográfico de la zona industrial pero después se complementó con todos los campamentos para el año 2009, de aquí pudimos usar información para el mapa de altimetría y planimetría, y construir nuestro plano de curvas de nivel.



Imagen 1. Plano de las curvas de nivel y sus respectivas cotas del terreno, del año 2009.

Se hizo una recopilación de los planos que poseían información de las redes existentes en todo el campamento (Zona alta, baja y zona industrial) se realizó un filtro para descartar planos desactualizados o que no aportaban información importante al proyecto. La imagen 2 representa el plano más actualizado de la red realizado por la división de ingeniería y topografía de la empresa. Este fue el plano base para iniciar a realizar nuestro trazado, de aquí pudimos extraer el sistema coordinado de las ubicaciones de los campamentos, las vías que aún continúan siendo usadas transitadas y el tramo de la red principal del acueducto, como también sus dimensiones y del material del que este hecho, ubicación de las válvulas de compuerta, las reducciones y los codos.

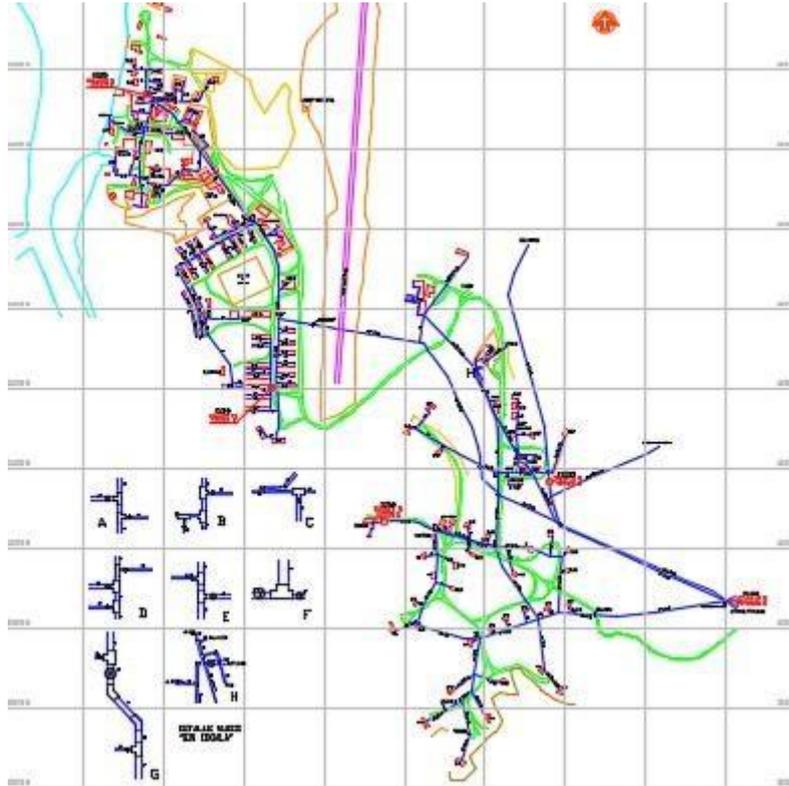


Imagen 2. Plano en formato DWG para AutoCAD de la Red de acueducto con las coordenadas de los puntos de muestreo físico-químico y ubicación de algunas válvulas de compuerta año 2006.

Luego se realizó una primera etapa del diseño de la trazabilidad de la red existente, usando AutoCAD y Civil 3D, tomando coordenadas de las válvulas distribuidas alrededor de la red de agua potable, con ayuda del área de Ingeniería civil, mantenimiento técnico y las distintas empresas contratistas que han modificado el sector industrial, en materia de las reparaciones.

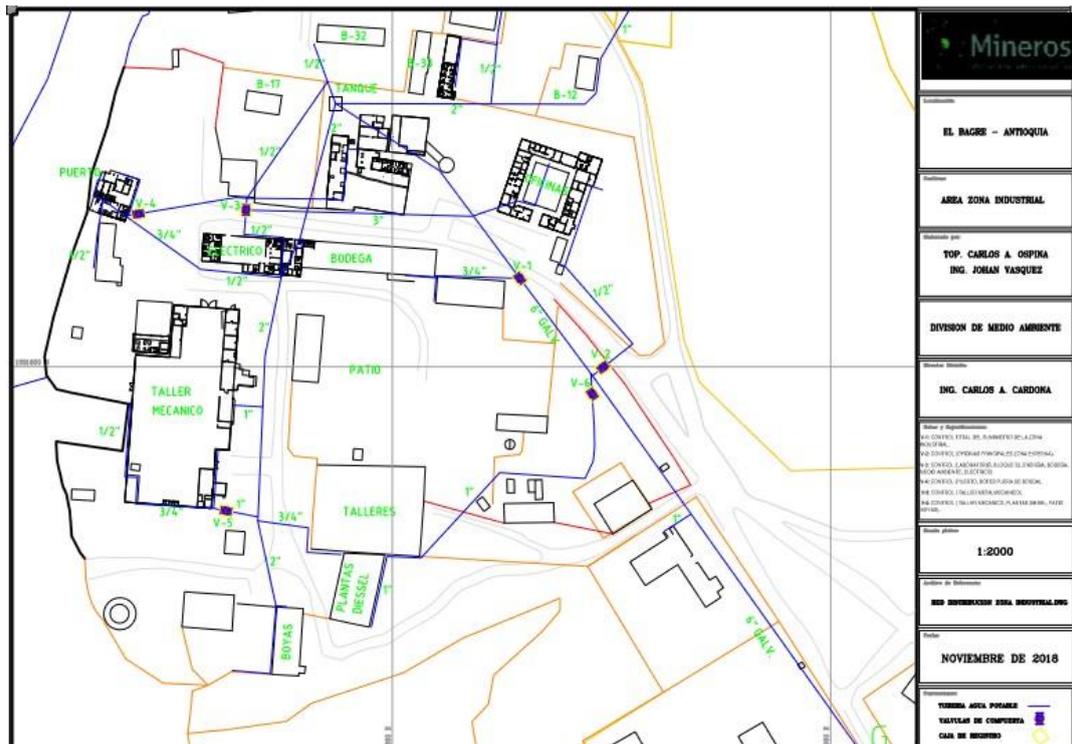


Imagen 3. Actualización del Plano en formato DWG para AutoCAD de la Red de acueducto con ubicación de algunas válvulas de compuerta año 2018.

Luego de este proceso se procedió a completar la red como lo muestra la Imagen 4, utilizando herramientas de dibujo de AutoCAD se trazo la red tal cual como esta en el presente para tener la distribución correcta del trazado.

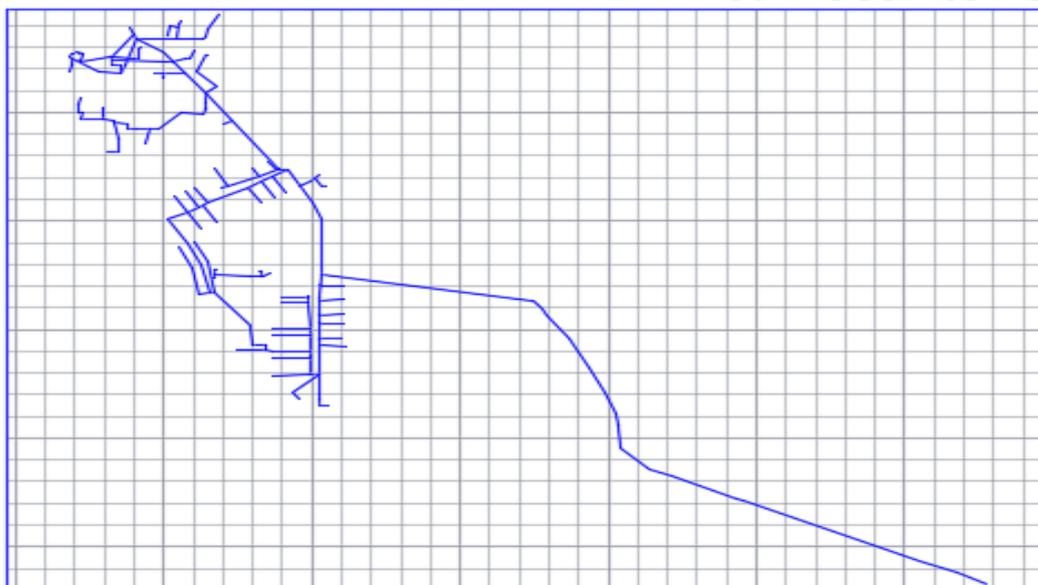


Imagen 4. Actualización del Plano en formato DWG para AutoCAD de la red completa año 2018.

Luego de este procedimiento de completar la Red de distribución se procedió a realizar el traspaso del modelo DWG a formato de inp para Epanet. En esta fase se ilustra la imagen 5, la cadena de polilíneas suministra información vital como es el sistema coordinado y las longitudes de las tuberías que distribuyen el recurso a lo largo del campamento, en aras de la brevedad se utilizó el programa computacional EpaCAD, esta herramienta reduce los tiempos de dibujo en el plano de dibujo y edición de Epanet.

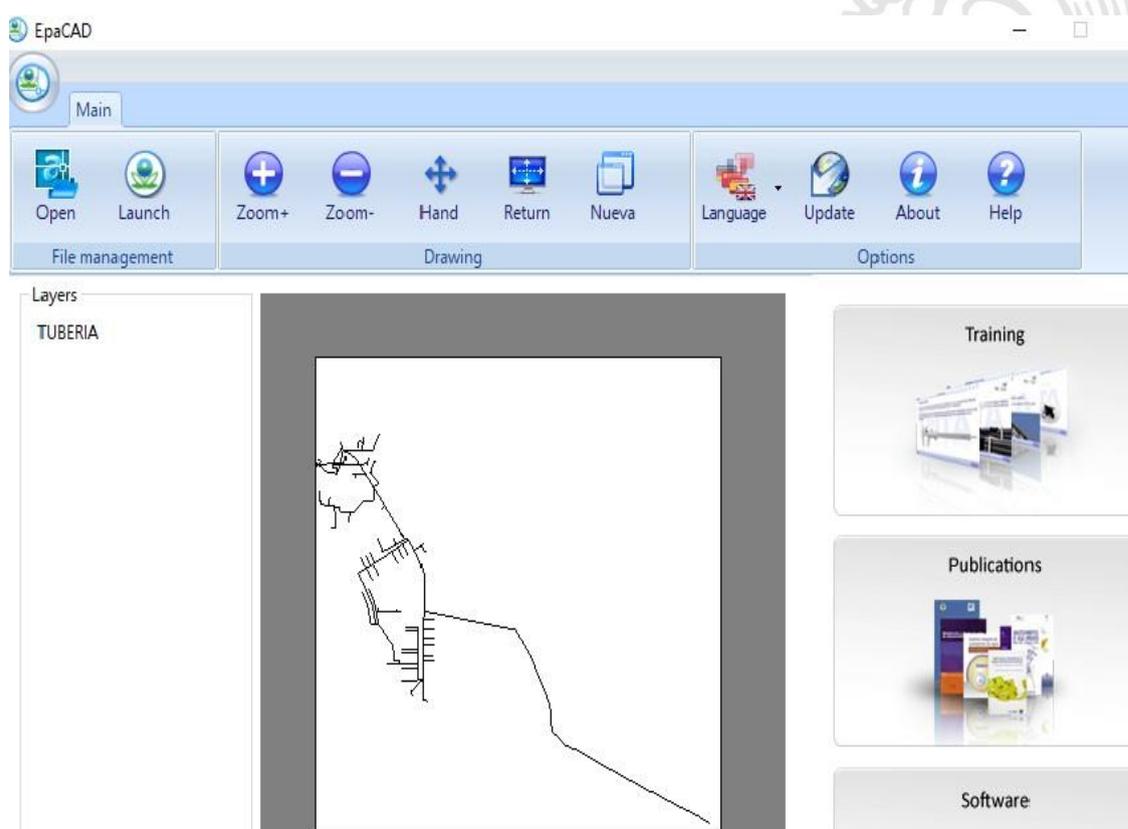


Imagen 5. Conversión de las polilíneas del formato de AutoCAD (dwg) al formato de Epanet (inp) para la construcción de los nodos.

Además de esto EpaCAD es una herramienta que traza los nodos, los cuales servirán para iniciar el proceso de modelación. Ya que en los nodos podremos suministrar datos de altimetría, caudal suministrado, datos de diámetros en las tuberías, teniendo en cuenta que estos datos son primordiales para que las ecuaciones de hidráulica puedan mostrarnos como es el comportamiento en materia de presión en la Red.

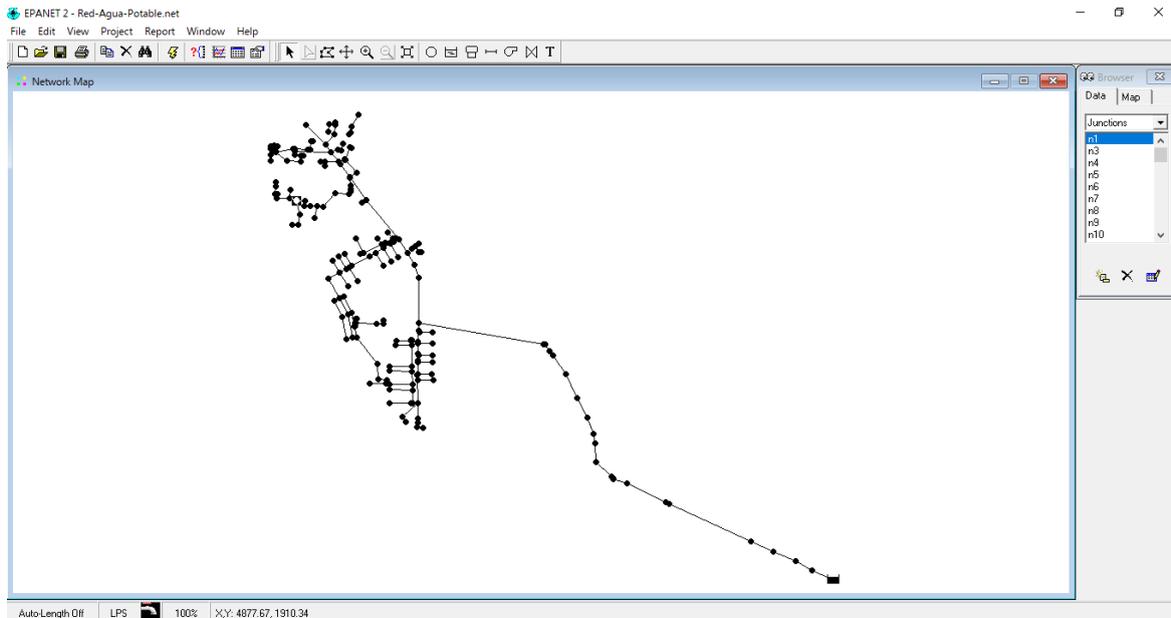


Imagen 6. Conversión de las polilíneas del formato de AutoCAD (dwg) al formato de Epanet (inp) para la construcción de los nodos.

En este punto es importante realizar una buena generación de la información de los nodos y los tramos de la red, en los nodos debemos suministrar información verídica para evitar errores del programa, para la suministración de datos de caudales construimos una hoja de Excel para realizar el cálculo de la dotación neta de la población, esta información de los caudales de diseño fue suministrada por el área de Medio Ambiente de la empresa ver tabla 1. Y 2. en la que nos dieron la cantidad de suscriptores y la población que se beneficia directa e indirectamente del recurso, realizando sumatoria de caudales acumulados procedimos a organizar los valores correspondientes de cada tramo, además de esto los valores de rugosidad los obtuvimos de la ecuaciones de Colebrook-White para tuberías de acero galvanizado y para las de PVC, debido a que la red se compone de una línea principal y 6 secundarias modelamos 35 nodos ya que el resto de los nodos no proporcionan demasiada información.

RED RAMIFICADA ACUEDUCTO MINEROS ALUVIAL		
DATOS		
Población proyectada	5000	hab
Clima	Cálido	
Dotación neta máx.	120	L/hab/día
% Pérdidas	25	%
Dotación bruta	160	L/hab/día
K1	1,3	
K2	1,6	
Caudal Máximo Horario (CMH)	8	L/S
Caudal de diseño	8	L/S

Tabla 1. Tabla de los datos de cálculo de la dotación según el caudal de diseño.

Caudal por m de red		0,31335683 5	L/s-ml		
	Red Ppal	Red Secunda.			
TRAMO	LONGITUD	LONGITUD	LONGITU D		
Red principal	Propia	Tramos alimentados	Total	Caudal parcial	Caudal acumulado
				l/s	l/s
P1	410,200	0	410,2		
P2	119,600	0	119,6	128,54	128,54
P3	107,9	0	107,9	37,48	166,02
P4	81,03	0	81,03	33,81	199,83
P5	189,1	0	189,1	25,39	225,22
P6	104,6	0	104,6	59,26	284,47
P7	8,8	0	8,8	32,78	317,25
P8	372,6	68,31	440,91	2,76	320,01
P9	62,55	0	62,55	138,16	458,17
P10	93,45	0	93,45	19,60	477,77
P11	50,51	156,24	206,75	29,28	507,06
P12	147,1	17,09	164,19	64,79	571,84
P13	77,91	224,15	302,06	51,45	623,29
P14	133,1	25,53	158,63	94,65	717,94
P15	92,6	0	92,6	49,71	767,65
P16	50,52	113,3	163,82	29,02	796,67
P17	68,31	0	68,31	51,33	848,00
P18	65,65	0	65,65	21,41	869,41
P19	67,93	179,77	247,7	20,57	889,98
P20	51,72	0	51,72	77,62	967,60
P21	118,3	0	118,3	16,21	983,81
P22	71,59	118,5	190,09	37,07	1020,88
P23	102,7	0	102,7	59,57	1080,44
P24	77,07	0	77,07	32,18	1112,62
P25	118,5	0	118,5	24,15	1136,77
P26	30	0	30	37,13	1173,91
P27	105,6	0	105,6	9,40	1183,31
P28	20,64	0	20,64	33,09	1216,40
P29	17,09	0	17,09	6,47	1222,87
P30	113,3	0	113,3	5,36	1228,22
P31	124,9	0	124,9	35,50	1263,72
P32	52,18	0	52,18	39,14	1302,8

					6
P33	47,07	0	47,07	16,35	1319,2 1
P34	25,53	0	25,53	14,75	1333,9 6
P35				8,00	1341,9 6

Tabla 2. *Tabla de distribución de demandas bases de flujo por sección, caudales y longitudes de los tramos para la modelación.*

Al correr el programa, los cuadros de presión y velocidad nos muestran los niveles elevados en algunos puntos, como lo muestra la imagen 7.

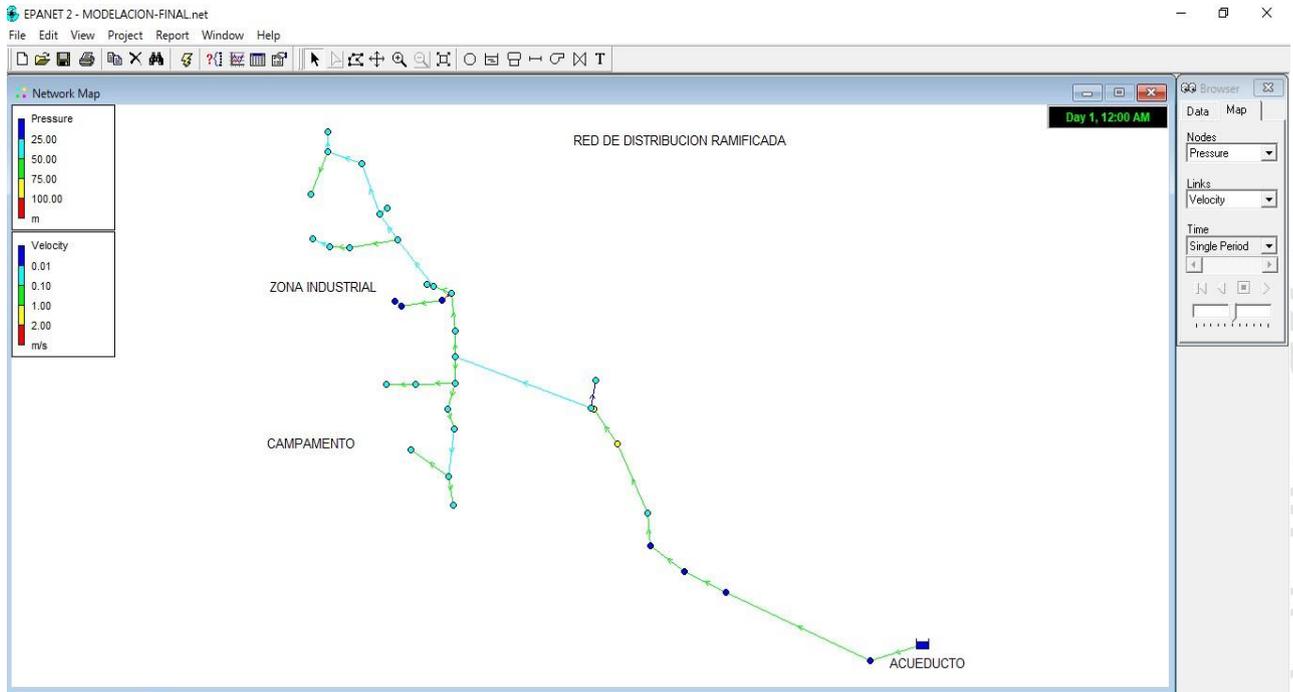


Imagen 7. Ilustración de los puntos críticos de mayor presión en la modelación de Epanet.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego de realizar la modelación con la red hidráulica antigua notamos que la mayoría de las presiones se encuentran en niveles normales, pero si hay puntos donde la presión se incrementa de manera considerable, lo que nos permite corroborar que es necesario el uso de válvulas de ventosas que nos garanticen control en la presión, en la imagen 8 podemos observar en que zonas de la red se registran los valores críticos.



Imagen 8. Plano de los puntos críticos de las zonas con mayor presión en la distribución de agua potable.

Luego de evaluar los puntos críticos de nuestro sistema hidráulico procedemos a la instalación de las válvulas en la modelación en las siguientes coordenadas como lo muestra la imagen 9.

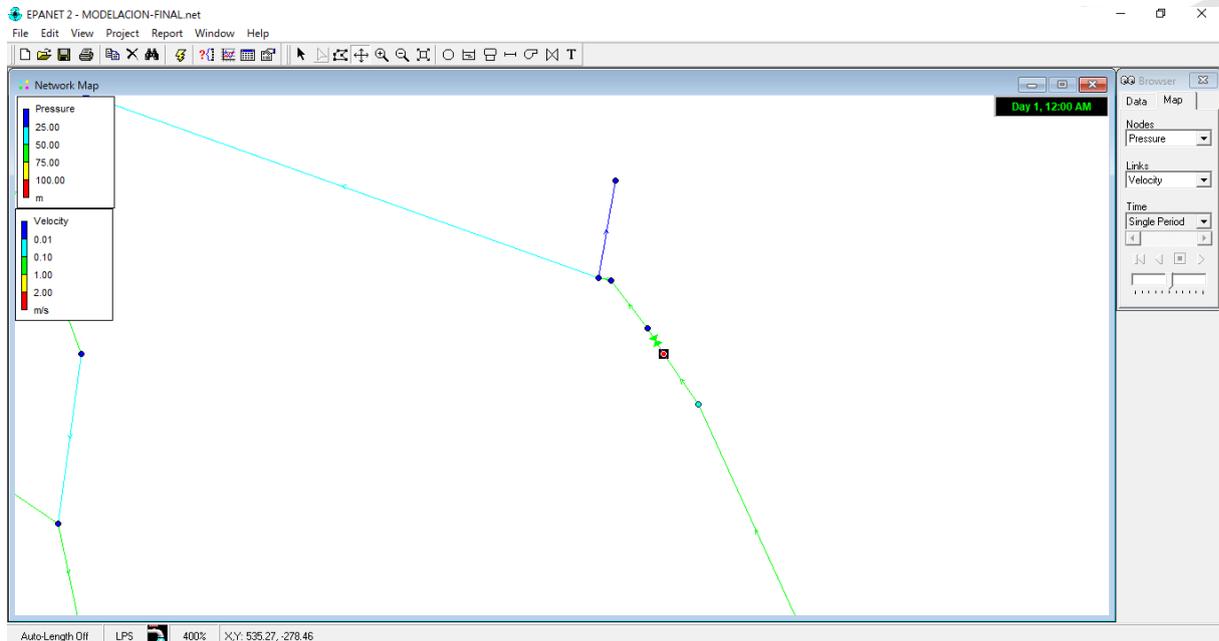


Imagen 9. Modelo Epanet con la ubicación de las válvulas de presión y de purga.

Seguido de la instalación de las válvulas procedemos a correr el programa nuevamente para mirar el cambio en los resultados, Efectivamente los niveles de presión son minimizados ya que las válvulas ventosas tienen como misión principal evitar presiones negativas en las redes y sobre presiones generadas por la presencia de aire en las tuberías. Se recomienda usarlas en las partes altas de las conducciones, en cambios bruscos de dirección, al final de las líneas y luego de los bombeos, en la imagen 10 y 11 se ilustra la ubicación de las válvulas en nuestro plano AutoCAD.

La modelación de la Red con Epanet nos suministra valores exactos de cabezas hidráulicas en la tubería, nos mostro las reducciones en materia de velocidad, lo que podemos corroborar en la tabla 3 la cual nos proporciona valores en caudales bases de cada tramo sus respectivas presiones.

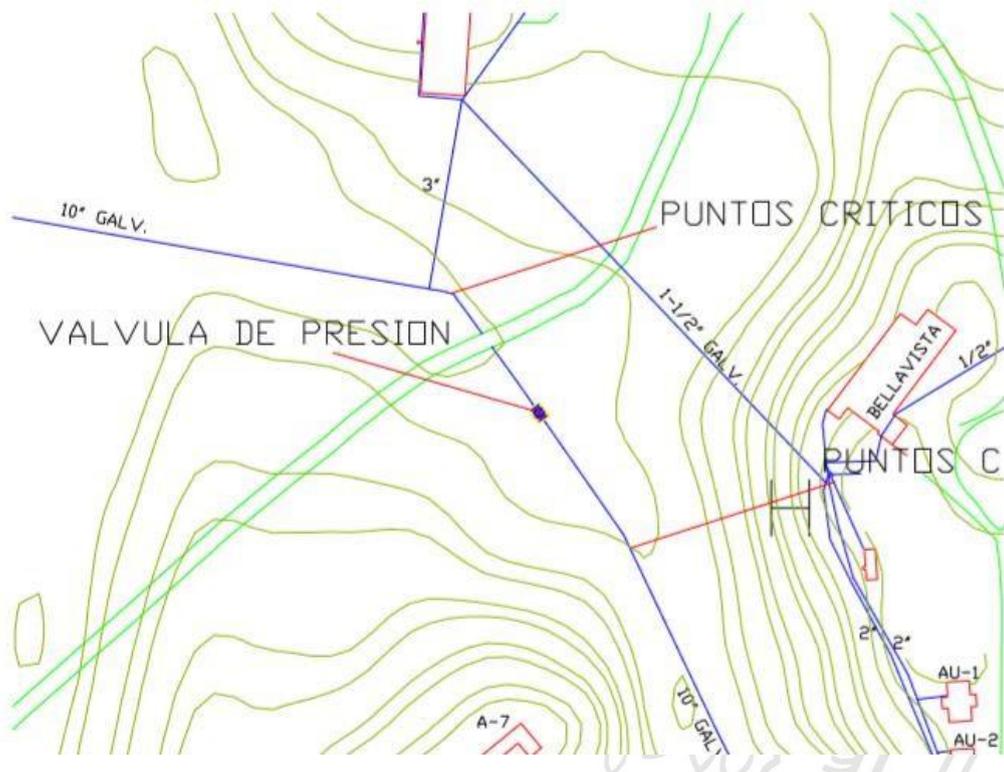


Imagen 10. Plano en AutoCAD de la instalación de la válvula Ventosa.

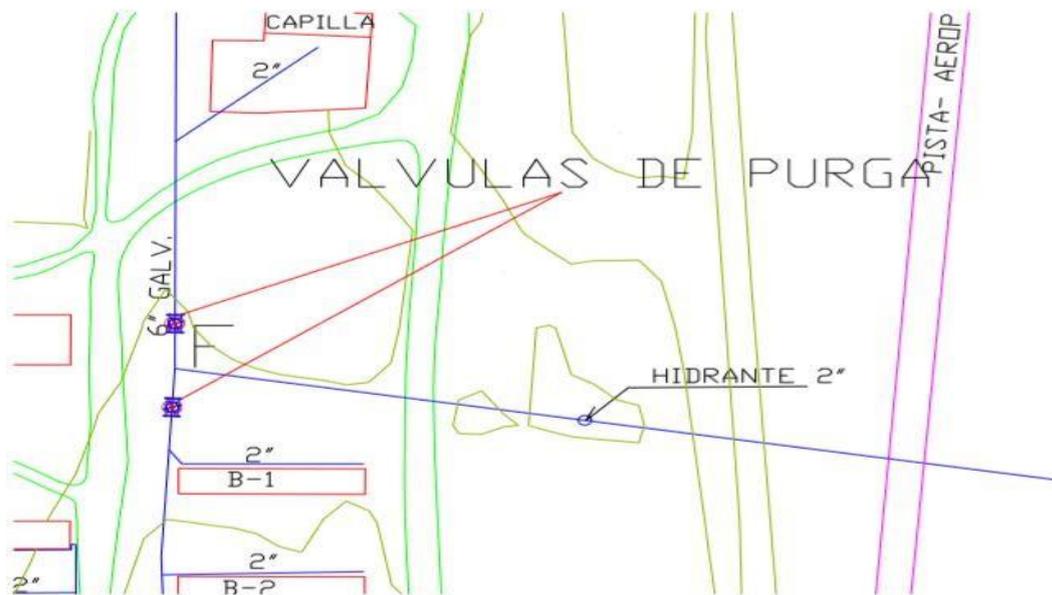


Imagen 11. Plano en AutoCAD de la instalación de la válvula de purga.

Las válvulas de purga se ubicarán luego de las reducciones de la tubería de 10 pulgadas donde la velocidad es menor para fortalecer la purga de los sedimentos que arrastra el flujo de la red.

Nombre/Unidad	Demanda	Cabeza	Presion
	LPS	m	m
Junc n1	0.75	120.00	0.80
Junc n2	0.22	119.96	14.96
Junc n3	0.20	119.95	19.95
Junc n4	0.15	119.94	22.94
Junc n5	0.35	119.93	29.93
Junc n6	0.19	119.91	31.91
Junc n7	0.14	119.91	33.81
Junc n8	0.68	119.91	33.91
Junc n9	0.11	119.89	34.79
Junc n10	0.46	119.87	35.17
Junc n11	0.12	119.85	35.65
Junc n12	0.68	119.84	35.64
Junc n13	0.19	119.83	36.43
Junc n14	0.24	119.83	36.43
Junc n15	0.38	119.82	33.82
Junc n16	0.09	119.82	33.72
Junc n17	0.13	119.81	33.76
Junc n18	0.45	119.91	33.91
Junc n19	0.12	119.85	34.65
Junc n20	0.10	119.83	34.63
Junc n21	0.57	119.82	34.32
Junc n22	0.13	119.82	34.82
Junc n23	0.19	119.17	34.17
Junc n24	0.14	117.04	32.04
Junc n25	0.22	116.14	31.24
Junc n26	0.06	119.71	34.81
Junc n27	0.19	102.93	18.73
Junc n28	0.04	102.77	18.57
Junc n29	0.03	102.77	18.57
Junc n30	0.21	119.66	35.36
Junc n31	0.23	118.40	32.36
Junc n32	0.10	119.77	36.27
Junc n33	0.09	119.49	35.49
Junc n34	0.05	119.46	35.46
Junc n35	0.05	119.81	36.41
Resvr 1	-8.05	120.00	0.00

Tabla 3. Tabla compilada de los resultados obtenidos luego de la ubicación de las válvulas de presión.

6. CONCLUSIONES

- La modelación con esta herramienta computacional nos permitió realizar la simulación del trazado y distribución de red de agua potable del área geográfica determinada y así de garantizar el consumo efectivo del recurso y su disponibilidad a tiempo completo;
- La instalación de una válvula (ventosas) de presión tiene un impacto positivo en la hidráulica de la red minimiza los incrementos de presión donde las cabezas hidráulicas son más considerables, lo que repercute a disminución en los golpes de ariete en las tuberías.
- Esta modelación nos permitió asegurar la ubicación del tanque de almacenamiento ajustado a las dimensiones y volúmenes calculados previamente en su diseño.
- los análisis hidráulicos nos brindaron la posibilidad de proponer las condiciones de diseños del sistema en función de sus variables como, por ejemplo, altura, velocidad y presión.
- Podemos asegurar que el sistema drena por gravedad en función de la pendiente del terreno; velocidad del flujo; longitudes de tuberías,
- La instalación de dos válvulas de purga luego de las reducciones de la red de distribución garantiza la remoción de sedimentos de las tuberías, ya que en este punto se presentan los pozos de caída.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Evolution, (2002). Mineros S.A. El bagre Antioquia Medellín, Colombia. Cra 43 A No 14-109. Ed. NovaTempo. <http://www.mineros.com.co/es/institucional>.

[2]. Aguas, A. y. (13 de agosto de 2014). Aguas de Pereira. Obtenido de aguas y aguas de Pereira: <https://www.aguasyaguas.com.co/calidad.aguasyaguas.com.co/index.php/es/home-es>.

[3] Boulevard, A. (2012). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F. <http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>.

[4] Resolución N° 0631. Ministerio de vivienda ciudad y territorio, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, Bogotá, Colombia, 30 de febrero 2015.

[5] RAS 2017. (1 de FEBRERO de 2017). ACODAL. Obtenido de ACODAL: <http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/>.