

**PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA  
DE ACUEDUCTO EN EL SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO DE BARBOSA  
SANTANDER**

**MÓNICA VIVIANA GORDILLO CAMELO  
DEYCY LILIANA RODRÍGUEZ CIFUENTES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

**PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA  
DE ACUEDUCTO EN EL SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO DE BARBOSA  
SANTANDER**

**MÓNICA VIVIANA GORDILLO CAMELO  
DEYCY LILIANA RODRÍGUEZ CIFUENTES**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniera Civil**

**Director  
MARIO GARCÍA SOLANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por todas sus bendiciones, por darme la fortaleza y la sabiduría para terminar esta importante etapa de mi vida y por poner en mi camino a mis familiares y amigos quienes de una u otra manera han sido luz en mi vida.

A mí adorada madre Myriam Camelo en quien veo un ejemplo de fortaleza, porque no tuviste miedo cuando la vida te convirtió en padre también, porque has confiado siempre en mí y me has dado tu apoyo incondicional te agradezco inmensamente.

A mi hermosa hija Sara Sofía mi mayor bendición quien ha llenado mi vida de felicidad y se convirtió en mi más grande motivación para seguir adelante, gracias hija porque con tu llegada le diste otro rumbo a mi vida, para ti todos mis triunfos. A Fernando Castellanos mi gran amor por tus consejos y fortaleza en los momentos que estuve a punto de desfallecer, te agradezco por ese gran apoyo que has sido.

A mi hermano Santiago de quien he aprendido el valor de la familia agradezco por su cariño y por ver en mí un apoyo para su vida.

A mis abuelos Elvira Porras y Alfonso Camelo por su gran amor y por darme la familia con la que hoy cuento, a mis tíos y primos quienes han sido parte importante en mi vida en especial a mi tío William Camelo quien ha confiado siempre en mí y a mi tía Luz Beatriz por su apoyo y su cariño sincero.

A mi papa porque aun en la distancia siempre he contado con su cariño y por la infancia llena de felicidad que me regalo.

A mis amigos Guillermo Ulloa, Dina García, Anyi Mateus, María Monsalve, Benjamín Sanabria, Derly Gamba, Wilson Peñarete, Ximena Peña y Deycy Rodríguez porque

me han acompañado en los buenos y malos momentos de mi vida, por su gran amistad, por confiar en mí, por los momentos compartidos, por el apoyo que me han brindado y por lo que de una u otra forma he aprendido de ustedes.

Son muchas más las personas que han hecho parte importante de mi vida, a quienes no menciono pero llevo en el corazón y por quienes agradezco a Dios haber conocido.

## **AGRADECIMIENTOS**

Culminando este proceso de aprendizaje agradezco primeramente a Dios por su guía y compañía, a mis padres Henry Rodríguez y Orlinda Cifuentes, quienes han sido instrumentos de bendición que me han apoyado en todas las áreas para salir adelante; a mis hermanos Jonathan y Cristian quienes hacen parte de mi motivación para ser ejemplo y guía; a mi esposo Edwin y mi hijo Esteban quienes hacen parte de mi proyecto de vida; a mi compañera de proyecto Mónica Gordillo quien fue de gran ayuda para culminar este proyecto; a todas y cada una de las personas que hicieron parte de este sueño.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL SECTOR URBANO DE BARBOSA SANTANDER	16
2. ASPECTOS GENERALES	17
3. FUENTES DE SUMINISTRO Y CONDUCCIONES	18
3.1 PROCESOS DE ADUCCIÓN	18
3.1.1 Quebrada Semiza	18
3.1.2 Quebrada el tablón	18
3.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO	19
3.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN	19
3.4 AFORO Y MEZCLA RÁPIDA	20
4. ANÁLISIS DE ENCUESTAS REALIZADAS A LA POBLACIÓN ACERCA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	21
5. MODELO HIDRÁULICO EN EL PROGRAMA ESPECIALIZADO PARA ACUEDUCTOS EPANET	23
5.1 EMBALSES	24
5.2 NODOS DE CAUDAL	24
5.3 TUBERÍAS	25
5.4 PATRÓN DE TIEMPO	25
6. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA RED DE ACUEDUCTO	28
7. PRIMERA PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA MEJORAR EL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE – TANQUE DE COMPENSACIÓN	33
7.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMPENSACIÓN	33
7.2 VOLUMEN DEL TANQUE DE COMPENSACIÓN	34

7.3 UBICACIÓN DEL TANQUE DE COMPENSACIÓN	35
8. SEGUNDA PROPUESTA PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	39
9. DESCRIPCIÓN PROYECTO A FIN - PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO PROPUESTO POR EL MUNICIPIO DE BARBOSA SANTANDER	44
10. CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características de la Tubería de aducción	18
Tabla 2. Composición de la red	20
Tabla 3. Análisis de encuesta sobre el servicio de acueducto	21
Tabla 4. Variación horaria de consumo para el municipio de Barbosa Santander	25
Tabla 5. Informe de presiones negativas para el sistema actual	31
Tabla 6. Propuesta de diámetros que se deben sustituir.	39

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Patron de tiempo del consumo horario aproximado para la red de acueducto del municipio de Barbosa Santander	26
Figura 2. Consumo horario para el municipio de Barbosa Santander	27
Figura 3. Red de distribución actual de acueducto del área urbana de Barbosa Santander.	28
Figura 4. Escala de presión.	29
Figura 5. Análisis hidráulico de la situación actual de la red	30
Figura 6. Propiedades para el tanque de compensación.	35
Figura 7. Localización nuevo tanque de compensación.	36
Figura 8. Vista del punto de ubicación para el tanque de compensación.	36
Figura 9. Coordenadas de localización para el tanque de compensación.	36
Figura 10. Vista de la ubicación del tanque de compensación en el mapa de Barbosa.	37
Figura 11. Modelo hidráulico anexando tanque de compensación.	38
Figura 12. Modelo hidráulico con los cambios presentados en las alternativas uno y dos	43

## RESUMEN

**TÍTULO:** PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN EL SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO DE BARBOSA SANTANDER\*

**AUTOR:** MÓNICA VIVIANA GORDILLO CAMELO  
DEYCY LILIANA RODRÍGUEZ CIFUENTES\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Acueducto, red de distribución, agua potable, optimización.

El municipio de Barbosa ubicado en el departamento de Santander cuenta con un acueducto cuya red de distribución fue diseñada hace más de cincuenta años; por tal motivo se puede decir que no se encuentra en capacidad de brindar un óptimo servicio en la distribución de agua potable a la población del casco urbano a causa de su deterioro estructural y crecimiento poblacional. El presente proyecto reúne información básica del sistema de acueducto del sector urbano identificando las fuentes de suministro y conducciones para realizar un análisis de la red de distribución de agua potable mediante el uso del software EPANET, este análisis permite establecer la situación actual del sistema y las fallencias presentes en la red; adicionalmente con la visión de la población se identifican los sectores con deficiencia en el servicio de agua potable para de esta manera finalmente proponer acciones preventivas y correctivas para mitigar las deficiencias en la red de distribución del sistema de acueducto que ayuden al municipio a mejorar la calidad del servicio de distribución de agua potable al sector urbano y cubrir las necesidades de la población actual, con este proyecto se espera contribuir a la buena cobertura del servicio de agua potable favoreciendo el desarrollo y la calidad de vida de sus habitantes.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Mario García Solano.

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPROVEMENT PLAN OF DISTRIBUTION NETWORK FOR WATER SUPPLY SYSTEM IN THE URBAN SECTOR OF THE MUNICIPALITY OF BARBOSA SANTANDER\*

**AUTHORS:** MÓNICA VIVIANA GORDILLO CAMELO  
DEYCY LILIANA RODRÍGUEZ CIFUENTES\*\*

**KEYWORDS:** Aqueduct, distribution network, drinking water, optimization.

Due to Barbosa's town which is located in the state of Santander has an aqueduct distribution network which was designed fifty years ago. It says that is not able to provide an optimal service of the distribution of drinking water to the population of the town as a result of its structural deterioration and the increase of population growth. In this project, mainly the basic information about the aqueduct system of the urban sector is compile identifying the sources of supply and conduct for to do an analysis of the distribution of potable water by using the software called EPANET, allow to establish the current situation of the system and weakness of the network, with a population sampling which one identified the sectors of deficiency in the service of drinking water for propose preventive and corrective actions to mitigate the weakness in the aqueduct distribution system finally, to assist the town to improve the quality of service of the water on the urban sector and cover the needs of the current population because if the town has good coverage of drinking water will help the development and quality of life of the population.

---

\* Graduation project

\*\* School of Physics and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Mario García Solano.

## INTRODUCCIÓN

Siendo el agua potable uno de las necesidades básicas en la vivienda se considera importante que se brinde a la población un óptimo servicio que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo de la población. Para ello se hace necesario detectar las deficiencias presentes en la red de distribución que no permiten que el agua potable como bien y servicio llegue eficientemente a las viviendas.

En el presente artículo se describe un análisis del estado y funcionamiento de la red de distribución del municipio de Barbosa Santander presentando soluciones preventivas y correctivas para facilitar a los entes encargados mejorar y optimizar el servicio de suministro de agua potable para así proveer el agua tratada a los usuarios garantizando la cantidad y presión en forma permanente durante todo el tiempo y así abastecer la demanda en las horas de consumo.

Adicionalmente se hace un breve recuento de los datos requeridos, proceso y parámetros mediante los cual se trabaja en el software EPANET describiendo la información y las herramientas usadas para el modelo de la red de distribución para poder hacer el análisis hidráulico pertinente.

## **1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y ESTADO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL SECTOR URBANO DE BARBOSA SANTANDER**

- Mediante una encuesta a la población se obtiene información acerca del servicio de distribución de agua potable que finalmente se corrobora con el análisis hidráulico hecho en EPANET.
- Evaluación de la información de la red de distribución del sistema de acueducto de Barbosa Santander suministrada por la empresa de servicios públicos domiciliarios ESBARBOSA (documentos informativos y planos de catastro de redes de acueducto)
- Revisión sobre las fuentes de suministro de agua y conducciones existentes.
- Se hizo un análisis acerca del estado de la red de acueducto usando la información recopilada mediante la simulación del comportamiento hidráulico en el software EPANET con el fin de evaluar las condiciones en las que se encuentra la red y presiones a las que se halla operando la red de distribución.
- Evaluación de las deficiencias presentes en la red de distribución del sistema de acueducto.
- Proponer acciones preventivas y correctivas para mitigar las deficiencias en la red de distribución del sistema de acueducto.
- Simulación en EPANET de las alternativas de solución propuestas para verificar las mejoras en el comportamiento hidráulico del sistema y que así se pueda brindar un óptimo servicio de distribución de agua potable a la población.

## 2. ASPECTOS GENERALES

El municipio de Barbosa está localizado en el extremo sur del departamento de Santander, en límites con el departamento de Boyacá, en la provincia de Vélez y Ricaurte, sobre la ribera del río Suárez entre las montañas que conforman la cordillera Oriental, a una distancia de la capital del país de 285 Km y de Bucaramanga a 214 Km y cuenta con 27870 habitantes.

El área total del Municipio es de 46.43 kilómetros cuadrados, de los cuales corresponden al área rural que se distribuyen entre los 1570 msnm, básicamente en el extremo norte del territorio, sobre el río Suárez, y los 2050 msnm en límites con Vélez y Güepa. Temperatura media: 21° Centígrados. La altitud de la cabecera municipal es de 1610.<sup>1</sup>

ESBARBOSA E.S.P es la empresa de servicios públicos domiciliarios del municipio de Barbosa Santander, cuyo objetivo es prestar a los habitantes del municipio de manera eficiente los servicios de acueducto y alcantarillado. La empresa de servicios públicos domiciliarios ESBARBOSA E.S.P. cuenta con parte de la información necesaria para el análisis hidráulico de la red de acueducto como mapas, documentos informativos y datos actuales sobre el servicio de acueducto.

---

<sup>1</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE BARBOSA. Página de Inicio [en línea]. S.f. [Citado 1 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.barbosa-santander.gov.co/index.shtml#6> >

### 3. FUENTES DE SUMINISTRO Y CONDUCCIONES

#### 3.1 PROCESOS DE ADUCCIÓN

Proceso que consiste en recoger o captar el agua de la fuente natural de la quebrada de Semiza y conducirla hasta la planta de tratamiento, actualmente no se está captando agua de la quebrada el tablón ya que por causa del verano se ha secado y llego a suministrar un caudal de tan solo 4 l/s lo que no resultó rentable para el acueducto; una alternativa en las épocas de sequía es el bombeo del río Suarez lo que se hace solo por el tiempo que sea necesario compensar la falta de agua, esto debido a los costos por bombeo y tratamiento de calidad del agua por la gran contaminación del río.

**3.1.1 Quebrada Semiza.** La conducción de esta quebrada se hace por canales cerrados y a la vez por gravedad; tiene dos líneas de conducción.

- Línea Numero Uno: En su recorrido, tiene una capacidad máxima de conducción de la tubería de cuatro (4") pulgadas que es de solo 18 l/s.
- Línea número dos: Esta conducción opera por gravedad y está construida en PVC, le aporta caudales hasta de 72 l/s.

Tabla 1. Características de la Tubería de aducción

DIAMETRO	LONGITUD
10"	1183 m
8"	1857 m
6"	1468 m

**3.1.2 Quebrada el tablón.** La conducción de esta quebrada se realiza por gravedad, y a la planta de tratamiento le puede suministrar un caudal de 11 l/s, debido a la

escasa capacidad de la fuente. Tiene una longitud aproximada de 500 m en tubería de asbesto cemento de 6", 8", 10".

Esta línea de conducción llega por gravedad a predios de la planta por la parte baja de la misma y de este sitio se tiene un bombeo de aproximadamente 10 metros de altura dinámica total; existen tres electro bombas de las cuales se encuentra trabajando solo una y bombea aproximadamente en época de verano 12 l/s. En época de invierno de la el tablón no se bombea ya que la otra fuente es suficiente para suplir la demanda de agua.

### **3.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

La planta de tratamiento cuenta con un tanque de almacenamiento de 230 m<sup>3</sup>, otro de los tanques de almacenamiento está localizado sobre el sector la loma, con una capacidad aproximada de 200 m<sup>3</sup> y un tercer tanque que cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1200 m<sup>3</sup> que distribuye a un 80% del sector urbano y está ubicado atrás de las casa fiscales por la carrera 12.

### **3.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN**

Existen dos líneas de conducción desde los tanques hasta la red de distribución, una en asbesto cemento de diámetro 6" que abastece la zona norte y la otra conducción fue instalada en PVC de diámetro 8", esta deberá utilizarse para el abastecimiento de las zonas central y sur. La red de distribución existente construida en diferentes épocas, diámetros y clases de tuberías tiene la siguiente composición.

Tabla 2. Composición de la red

<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>
1"	329.98 m
2"	8260.11 m
2.5"	2213.42 m
3"	11453.59 m
4"	3165.07 m
6"	2651.19 m
10"	552.5 m
	28625.86 m

Longitud Total: 28848.61 m.

### **3.4 AFORO Y MEZCLA RÁPIDA**

Para el aforo y mezcla rápida se utiliza una canaleta parshall de 12" de ancho en la garganta, la cual tiene un rango de aplicación como aforador entre 10 y 456 l/s y para los caudales tratados actualmente de 68 y 72 l/s máximo produce una turbulencia suficiente para ser utilizada como mezcla rápida.

#### 4. ANÁLISIS DE ENCUESTAS REALIZADAS A LA POBLACIÓN ACERCA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Para el siguiente análisis se encuestaron 200 habitantes de los diferentes sectores del municipio de Barbosa Santander esto con el fin de identificar falencias en el servicio de agua potable prestado a la población.

Tabla 3. Análisis de encuesta sobre el servicio de acueducto

1. ¿Cómo califica usted la calidad del servicio de acueducto que presta la empresa ESBARBOSA E.S.P a su vivienda?	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
	21.5%	45.0%	33.5%	0.0%	0.0%
2. ¿La presión con que llega el agua a su domicilio es?	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
	22.5%	13.0%	48.5%	16.0%	0.0%
3. ¿La continuidad en el suministro de agua es?	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
	15.5%	28.0%	48.5%	8.0%	
4. ¿Ha tenido suspensión del servicio de agua potable?	Si	No			
	100%	0.0%			
5. Si su respuesta es si ¿cuánto tiempo se quedó sin agua?	Un día o menos	Dos días	Más de dos días		
	9.5%	39.0%	51.5%		
6. La empresa de servicios públicos le informó previamente de la suspensión de agua	Si	No	No siempre		
	15.0%	28.0%	57.0%		

De la muestra de la población tomada el 45% de los habitantes de Barbosa Santander considera que el servicio de acueducto prestado es malo. En cuanto a la presión con que llega el agua a las viviendas se considera según el 48.5% de las población encuestadas como regular. Respecto a la continuidad en el suministro de agua el 48.5% de la población encuestada afirman que es regular.

Acerca de la suspensión en el servicio de agua el 100% de los habitantes encuestados afirmaron que si han tenido suspensión del servicio. El 51.5% de los habitantes encuestado coinciden en que se les suspendió el servicio de agua potable por más de dos días.

Los habitantes encuestados en un 57% aseguran que la empresa de servicios públicos no siempre da previo aviso de la suspensión del servicio de agua potable.

En general la encuesta arroja como resultado que existen problemas de presión y bajo caudal en el suministro de agua potable a la población y que se hace periódicamente corte del servicio de agua potable sin previo aviso a la población.

Esta encuesta poblacional se ha realizado con el fin de comparar los resultados obtenidos con el análisis hidráulico que arroje la simulación en el software EPANET y posteriormente plantear soluciones a los problemas encontrados.

## **5. MODELO HIDRÁULICO EN EL PROGRAMA ESPECIALIZADO PARA ACUEDUCTOS EPANET**

Se realiza un modelo hidráulico de la red de distribución del municipio de Barbosa Santander mediante el software llamado EPANET con el fin de analizar las deficiencias que presenta la red de distribución y así dar soluciones a estas.

El Análisis Hidráulico en Régimen Estacionario de una red de tuberías por la que circula un fluido incompresible pretende estudiar el nivel de presiones que se produce en el sistema, así como los flujos circulantes, para unas condiciones dadas, que permanecen estables con el tiempo. Para establecer las ecuaciones de campo del problema a resolver, se acude a la utilización de las ecuaciones de la energía y de la continuidad, que deben cumplirse en todo el sistema, así como a las ecuaciones de Hazen- Williams, que rige la pérdida de carga en la tubería.

El modelo de simulación hidráulico de EPANET calcula presión en las conexiones y caudales en las tuberías para un conjunto fijo de niveles en el depósito y demandas de agua a lo largo de una sucesión en el tiempo. Las demandas en las conexiones son actualizadas de acuerdo a los patrones de tiempo que se les ha asociado. La solución de altura piezométrica en un determinado punto a lo largo del tiempo supone el cálculo simultaneo de la conservación de caudal en cada conexión y la relación de pérdidas que supone su paso a través de los elementos en todo el sistema.

EPANET es un programa de ordenador en el cual se realiza la simulación en un periodo de tiempo de 24 horas para el modelo hidráulico de la red, que se dibuja en este caso sobre el fondo del plano de redes de acueducto con el cual cuenta la empresa de servicios públicos ESBARBOSA y que fue extraído del programa AUTOCAD a un formato metafile que es el apropiado para usar en EPANET como

fondo y de esta forma poder dibujar sobre este la red de distribución para su respectivo análisis.

Las pérdidas por fricción en las conducciones se calculan mediante la ecuación de Hazen-Williams considerándose la más completa para este caso, junto con un coeficiente de rugosidad  $C$  igual a 120.

La red de distribución está conformada por embalses que simulan los tanques, nodos, líneas o tuberías y dentro de los componentes no físicos un patrón de tiempo de consumo promedio diario.

A continuación se explican los objetos que conforman el modelo.

## **5.1 EMBALSES**

Son nodos que representan una fuente externa de alimentación cuya propiedad básica es la altura piesométrica (que coincidirá con la cota de superficie libre del agua), esta red de acueducto cuenta con tres embalses.

## **5.2 NODOS DE CAUDAL**

Son puntos de la red donde confluyen las tuberías o bien sus extremos y a través de ellos el agua entra o sale de la misma, los datos básicos imputados a estos son la cota respecto al nivel de referencia en este caso el nivel del mar y la demanda base en el nodo (flujo que abandona la red); esta red de distribución cuenta con un número de nodos de 262.

### 5.3 TUBERÍAS

Son líneas que transportan el agua de un nodo a otro, el programa asume que en todo momento las tuberías están completamente llenas y por consiguiente que el flujo es a presión. La dirección del flujo es siempre del nodo de mayor altura piezométrica al de menor altura piezométrica y sus principales parámetros son nodo inicial y final, su diámetro, longitud y coeficiente de rugosidad ( $C=120$ ); el número de tuberías con el cual cuenta esta red de distribución es de 297.

### 5.4 PATRÓN DE TIEMPO

Es un objeto que produce los diferentes caudales ( $Qs$ ) durante un periodo de 24 horas para representar que varía a lo largo del tiempo. Para hacer el sistema más realista se hace una curva de modulación para que la demanda en los nodos varíe de forma periódica a lo largo del día, en este caso se usa un intervalo de tiempo de cálculo del sistema hidráulico de una hora para un periodo total de veinticuatro horas, cuando el reloj de la simulación excede el número de periodos, el patrón se reiniciará de nuevo al primer periodo.<sup>2</sup>

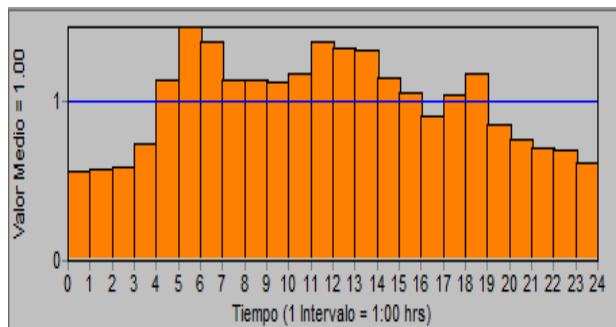
Tabla 4. Variación horaria de consumo para el municipio de Barbosa Santander.

Hora	K1
1	0,56
2	0,57
3	0,59
4	0,74
5	1,14
6	1,47
7	1,37

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Manual de usuario de EPANET versión 2.0vE traducido por el grupo multidisciplinar de modelación de fluidos.

8	1,14
9	1,13
10	1,12
11	1,18
12	1,37
13	1,34
14	1,32
15	1,15
16	1,06
17	0,91
18	1,04
19	1,18
20	0,85
21	0,76
22	0,71
23	0,69
24	0,61

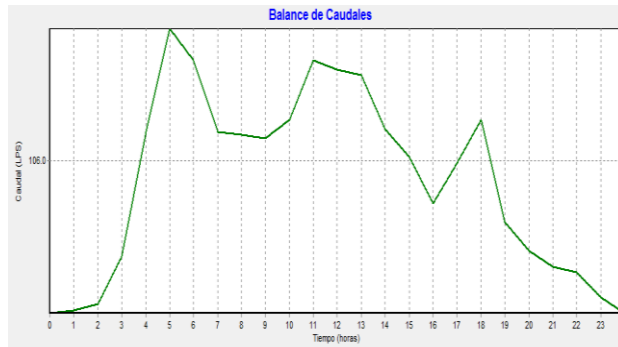
Figura 1. Patron de tiempo del consumo horario aproximado para la red de acueducto del municipio de Barbosa Santander



Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

En la grafica de balance de caudales (Figura 2.) que arroja el informe de EPANET se puede observar claramente las horas pico en las que se presenta mayor consumo que son las cinco de la mañana, once de la mañana y seis de la tarde; el análisis se hará para la hora de mayor consumo.

Figura 2. Consumo horario para el municipio de Barbosa Santander



Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

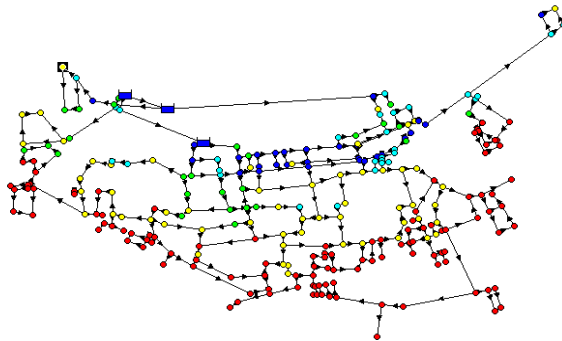
El comportamiento de esta curva es el comportamiento típico de un pueblo de clima templado en el que se presenta un gran incremento de consumo de agua en las horas de la mañana, el medio día y la noche, horas en las cuales se presenta un incremento de las actividades residenciales.

## 6. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA RED DE ACUEDUCTO

La red de distribución del acueducto del municipio de Barbosa cuenta con los principales componentes de un sistema de acueducto como lo son la bocatoma, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución, la infraestructura existente cuenta en su mayoría con tramos largos de tubería con diámetros menores a tres pulgadas (76,2 mm) y esto contribuye a que se presenten presiones negativas en la red de distribución por altas pérdidas de energía ( $H_f$ ), por ello hay sectores que se quedan sin el servicio de agua, la solución que la empresa de servicios públicos ha dado a esto es suspender por ciertos periodos de tiempo el servicio en la parte baja del pueblo para así lograr que mejore la presión en la parte alta de manera que llegue el agua a este sector.

Del plano de catastro de redes de acueducto del casco urbano del municipio de Barbosa Santander se identifican las redes principales; esta red mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema. La red simplificada con la cual se monta el modelo en EPANET se observa en la Figura 1.

Figura 3. Red de distribución actual de acueducto del área urbana de Barbosa Santander.

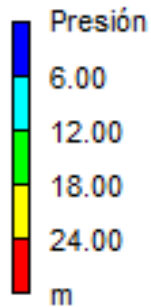


Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

Al iniciar el análisis hidráulico de la red, el informe de estado generó mensajes de advertencia a causa de que se presentan presiones negativas en las horas de mayor consumo lo que da lugar a que esos sectores se queden sin agua durante estas horas del día.

Las presiones negativas se presenta en la parte alta del pueblo comprendido entre la carrera décima y novena lo que se puede observar en el mapa de presiones que se muestra en la Figura 3.

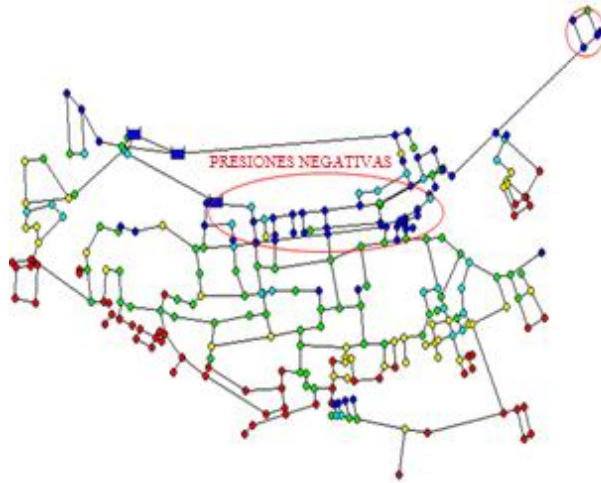
Figura 4. Escala de presión.



Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

Con la escala de presiones que se presenta en la Figura 4 tomada del análisis hidráulico en EPANET se da por entendido que los nodos en azul son los que presentan presiones menores a seis metros incluyendo también las presiones negativas que se resaltan a continuación.

Figura 5. Análisis hidráulico de la situación actual de la red



Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

Para hacer un análisis y diagnóstico sobre este caso se decide hacerlo sobre la hora mas critica que son las cinco de la mañana, ya que esta comprende como se puede observar en el reporte de la Tabla 4 la totalidad de los nodos que presentan presiones negativas y asi al dar solucion para este periodo de tiempo que es el que presenta mas alta demanda de agua se solucionara para toda la red en general durante las 24 horas que se presentan el patrón de tiempo asignado.

Tabla 5. Informe de presiones negativas para el sistema actual

	hora	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
Nodo															
71		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
76			x												
78			x	x				x	x	x	x				x
80			x	x				x	x	x	x				x
81			x	x					x	x	x				
82		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
83			x	x					x	x	x				
84		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
85			x	x					x	x					
86			x	x					x	x	x				
89			x												
90			x												
93			x												
94			x												
95		X	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
96			x												
109		X	x	x	X	x		x	x	x	x	x			x
110		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
112		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
113		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
116			x												
117															
127															
130			x												
214															
215															

217			x												
219			x												
230		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
250															
251															
253		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X

## **7. PRIMERA PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA MEJORAR EL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE – TANQUE DE COMPENSACIÓN**

En el sistemas de acueducto, el caudal disponible y las demandas no coinciden durante las horas del día, ya que en ocasiones la demanda puede ser mayor que el suministro y en otras el suministro mayor que el consumo. Es por ello necesario construir los tanques con una capacidad que asegure el suministro, de tal manera que almacene el sobrante en horas de poco consumo y suministre el agua disponible en las horas de máximo consumo.

Al tomar la decisión de construir un nuevo tanque se hace aprovechando alguna elevación natural, para que la altura a la cual se ubique proporcione presión suficiente en los puntos más desfavorables del sistema de distribución que son actualmente en el sector comprendido entre la carrera novena a la carrera décima y entre calles trece a la dieciséis en el barrio San Jorge y barrio la Esperanza, sectores que están muy cercanos a la cota máxima de servicio 1610.

### **7.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE COMPENSACIÓN**

- Cuando las redes de distribución son muy largas, es conveniente localizar tanques que almacenen el sobrante del agua en horas de mínimo consumo, logrando con esto disminuir el diámetro de las redes principales, las cuales deben transportar el consumo máximo horario. Estos tanques se llaman de compensación y se controlan mediante válvulas de altitud para evitar los reboses
- Cuando los tanques se construyen aprovechando alguna elevación natural, la altura a la cual se ubique debe proporcionar presión suficiente en los puntos más desfavorables del sistema de distribución.

- Cuando el terreno en que se asienta la población es plano, se proyectan tanques elevados en concreto o en acero cuya altura permita satisfacer los requerimientos de presión, la cual en poblaciones pequeñas, debe ser como mínimo de 15 metros de columna de agua ( $1.5 \text{ kg/cm}^2$ ) en la hora de máximo consumo y en el punto más desfavorable de la red. La presión máxima no deberá sobrepasar los 70 metros de columna de agua,  $7.0 \text{ kg/cm}^2$  en virtud de reducir el índice de fugas en la red y la frecuencia de fisuras en tramos de tubería sometidos a alta presión.<sup>3</sup>

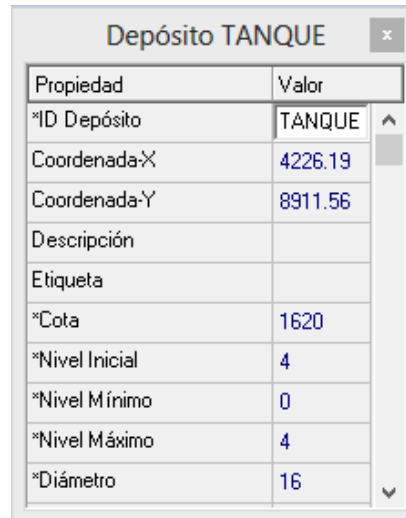
## **7.2 VOLUMEN DEL TANQUE DE COMPENSACIÓN**

Inicialmente se incluye en el modelo de la red de distribución un objeto que simula un tanque al cual se le asigna una altura de cuatro metros y posteriormente se le asigna un diámetro alternativo que se va aumentando sucesivamente hasta lograr el funcionamiento correcto de la red, llegando en este caso a un diámetro de dieciséis metros para un volumen total de 804.45 metros cúbicos, para un tanque cilíndrico. Si se desea que el tanque sea rectangular se sugieren las siguientes medidas 4 metros de alto por 14 metros de ancho y 14.4 metros de profundidad logrando un volumen de 806.4 metros cúbicos.

---

<sup>3</sup> SENA. Operación y mantenimiento de redes de acueducto. p.46

Figura 6. Propiedades para el tanque de compensación.



Propiedad	Valor
*ID Depósito	TANQUE
Coordenada-X	4226.19
Coordenada-Y	8911.56
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	1620
*Nivel Inicial	4
*Nivel Mínimo	0
*Nivel Máximo	4
*Diámetro	16

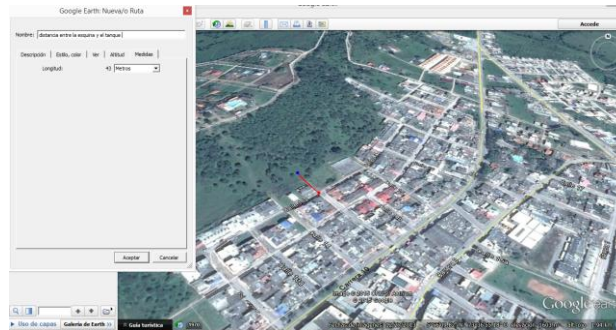
Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

### 7.3 UBICACIÓN DEL TANQUE DE COMPENSACIÓN

De esta forma y ya habiendo mencionado los requerimientos básicos para su construcción se decide para dar solución a la baja presión que se presenta en los diversos sectores ya mencionados plantear la construcción de un tanque de compensación.

Se propone que el nuevo tanque de compensación sea ubicado a cuarenta y tres metros de la esquina de la carrera 11A con calle 14A en la misma dirección de la calle.

Figura 7. Localización nuevo tanque de compensación.




Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Barbosa.

Figura 8. Vista del punto de ubicación para el tanque de compensación.



Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Barbosa.

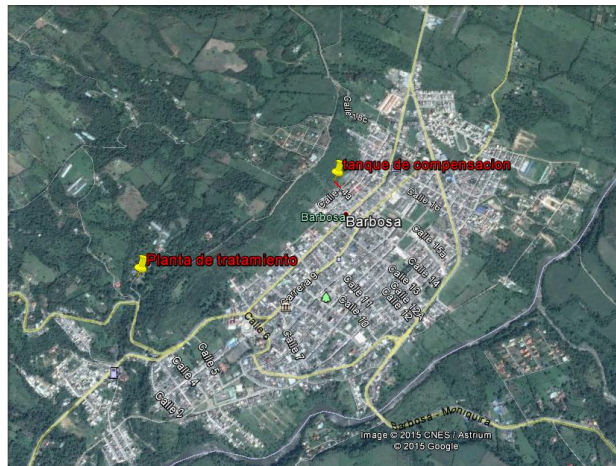
Figura 9. Coordenadas de localización para el tanque de compensación.

Nombre:	<input type="text" value="tanque de compensacion"/>	
Latitud:	<input type="text" value="5°56'9.57\"/>	
Longitud:	<input type="text" value="73°36'58.40\"/>	

Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Barbosa.

Para dar la ubicación del lugar donde se sugiere sea ubicado el tanque de compensación se usa como herramienta el navegador Google Earth por el medio del cual se dan la dirección y coordenadas exactas del punto donde se puede construir.

Figura 10. Vista de la ubicación del tanque de compensación en el mapa de Barbosa.



Fuente: Elaboración Propio-Imágenes Google Earth Barbosa.

#### Alternativa 1. Tanque de compensación:

- Ubicación: 43 metros de la esquina de la carrera 11A con calle 14A en la misma dirección de la calle.

- Coordenadas: Latitud 5°56'9.57"N  
Longitud 73°36'58.4"O

- Cota de terreno: 1620 msnm

- Medidas del tanque:

Cilíndrico: diámetro de 16 metros altura de 4 metros.

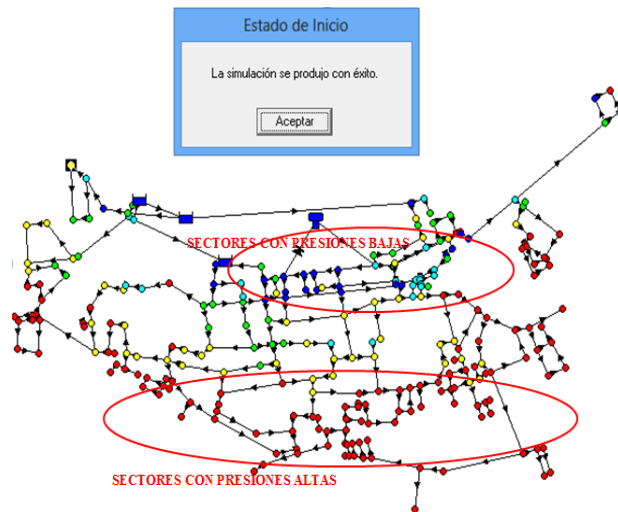
Rectangular: altura de 4 metros ancho de 14 metros y profundidad de 14.4 metros.

- Volumen: entre 804 metros cúbicos y 806 metros cúbicos respectivamente

Para el análisis hidráulico en EPANET el tanque de compensación fue conectado con los nudos 76 y 93 con una tubería de longitud 123m y 188m respectivamente y cuyos diámetros son de 6 pulgadas (152.4mm) con lo que se logró que no se

presentaran presiones negativas en ningún sector de la red de distribución aunque las presiones siguen siendo en algunos sectores muy baja para lo cual se presenta una segunda alternativa de solución.

Figura 11. Modelo hidráulico anexando tanque de compensación.



Fuente: Fue elaborado en el software "EPANET"

## 8. SEGUNDA PROPUESTA PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Debido a que la red de distribución presenta tramos de tubería con longitudes muy largas y diámetros muy pequeños dando lugar a la presencia de presiones negativas o muy bajas en las conexiones se proponen cambiar algunos tramos de tubería por unos de mayor diámetro descritos en la Tabla 5. Los diámetros que se proponen cambiar son aquellos donde se presentan presiones menores a 15 metros logrando de esta forma que la red presente presiones entre 15 y 70 metros que es lo normal para un buen funcionamiento. Se decide hacer el aumento de diámetro para determinadas tuberías ya que al aumentar el diámetro se aumenta la presión.

Los cambios que se realizaron en los diámetros de las tuberías se hicieron teniendo en cuenta la longitud de la tubería y que las velocidades bajas en algunos sectores no disminuyan con el cambio. Todos los diámetros menores a 3 pulgadas fueron remplazados por tuberías de mayor diámetro.

Tabla 6. Propuesta de diámetros que se deben sustituir.

ID Tubería	Long.	Diam pulg.	Diam mm.	Cambio diam.
1	86,04	2,5	63,5	152.4
2	158,71	2,5	63,5	152.4
3	67,53	2,5	63,5	152.4
4	219,95	2,5	63,5	152.4
5	87,72	2	50,8	76.2
6	19,73	2	50,8	152.4
10	48,96	2	50,8	152.4
11	65,99	2	50,8	152.4

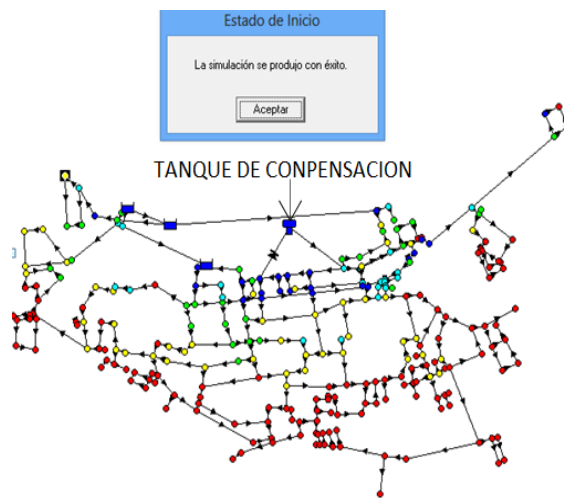
12	10,54	2	50,8	152.4
13	11,44	2	50,8	152.4
14	53,73	2	50,8	152.4
15	25,89	2	50,8	152.4
40	37,43	2	50,8	76.2
41	42,86	2	50,8	76.2
42	68,16	2	50,8	76.2
43	45,83	3	76,2	76.2
44	19,79	3	76,2	76.2
45	38,14	2	50,8	76.2
46	80,89	2	50,8	76.2
47	37,43	2	50,8	76.2
48	27,66	2	50,8	76.2
49	30,08	2	50,8	76.2
50	31,69	2	50,8	76.2
51	80,87	2	50,8	76.2
52	88,77	2	50,8	76.2
53	65,69	2	50,8	76.2
54	65,43	1	25,4	76.2
55	70,04	2	50,8	76.2
56	25,57	2	50,8	76.2
79	70,29	1	25,4	76.2
80	90,09	2	50,8	76.2
81	20,92	2	50,8	76.2
82	33,41	2	50,8	76.2
83	191,2	2	50,8	76.2
84	160,67	2	50,8	76.2
85	6,63	1	25,4	76.2
91	49,54	2	50,8	76.2

103	63,74	2	50,8	76,2
104	136,95	2	50,8	76,2
105	21,39	2	50,8	76,2
106	79,75	2	50,8	76,2
107	51,38	2	50,8	76,2
134	97,77	2	50,8	76,2
135	54,06	2	50,8	76,2
137	86,19	2	50,8	76,2
149	177,06	2	50,8	76,2
155	47,17	2	50,8	76,2
156	24,38	2	50,8	76,2
157	35,23	2	50,8	76,2
161	75,08	2	50,8	76,2
162	67,16	2	50,8	76,2
163	50,44	2	50,8	76,2
164	58,16	2	50,8	76,2
168	38,05	2	50,8	76,2
169	53,19	2	50,8	76,2
170	18,55	2	50,8	76,2
172	168,63	2	50,8	76,2
175	30,1	2	50,8	76,2
176	33,55	2	50,8	76,2
177	61,61	2	50,8	76,2
178	29,89	2	50,8	76,2
179	102,46	2	50,8	76,2
180	29,18	2	50,8	76,2
181	109,21	2	50,8	76,2
182	352,55	2	50,8	76,2
183	103,31	2	50,8	76,2

184	169,85	2	50,8	76,2
185	219,97	6	152,4	76,2
186	79,03	6	152,4	76,2
187	64,84	2	50,8	76,2
188	51,4	2	50,8	76,2
189	45,84	2	50,8	76,2
190	37,11	2	50,8	76,2
191	34,83	2	50,8	76,2
192	22,01	2	50,8	76,2
193	17,4	2	50,8	76,2
194	60,17	3	76,2	76,2
195	96,16	2	50,8	76,2
196	113,84	2	50,8	76,2
197	84,83	2	50,8	76,2
198	119,77	2	50,8	76,2
199	78,02	2	50,8	76,2
200	52,13	2,5	63,5	152,4
201	20,43	2	50,8	101,6
202	93,32	2	50,8	101,6
203	75	2	50,8	101,6
204	108,94	2	50,8	101,6
205	76,61	2	50,8	101,6
241	72,33	2	50,8	101,6
249	64,17	2	50,8	101,6
259	58,91	1	25,4	152,4
266	64,28	2	50,8	152,4
281	56,91	2	50,8	152,4
282	61,55	2	50,8	152,4
283	64	2	50,8	152,4

284	69,94	1	25,4	152,4
285	433,86	2	50,8	152,4
286	140,03	2,5	63,5	152,4
294	213,21	2,5	63,5	152,4
303	65,16	2	50,8	152,4
304	32,31	2	50,8	152,4

Figura 12. Modelo hidráulico con los cambios presentados en las alternativas uno y dos



Fuente: Fue elaborado en el software “EPANET”

En la Figura 12 se presenta el modelo hidráulico final con los cambios propuestos se observa que las presiones negativas que causaban que no llegara agua a ciertos sectores de la población ya no se presentan y con los cambios en los diámetros se logra aumentar las presiones bajas en la red con lo que se logra mejorar el servicio de acueducto que se presta a la población del municipio de Barbosa Santander.

## **9. DESCRIPCIÓN PROYECTO A FIN - PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO PROPUESTO POR EL MUNICIPIO DE BARBOSA SANTANDER**

Se hace énfasis en este proyecto ya que dentro de sus alternativas de solución se encuentra la optimización y ampliación de las instalaciones de bombeo para el suministro de agua desde el río Suarez. El caudal faltante es de 66 l/s que se requiere para completar la demanda o consumo máximo diario establecido para el año 2035 en 106 l/s y que se abastecería con aguas del río Suarez, mediante la instalación de un sistema de bombeo con capacidad de 66 l/s aprovechando con los debidos acondicionamientos las obras de captación, desarenador, la estación de bombeo existente y la línea de conducción lo que puede resultar provechoso para el tanque de compensación que se ha propuesto instalar, contando además con que se tiene previsto el cambio de redes de acueducto y la propuesta aquí presentada puede ser de gran utilidad para el plan maestro de acueducto.

- Nombre del proyecto: Construcción de redes de conducción y optimización del acueducto en el municipio de Barbosa.
- Entidad proponente: Alcaldía de Barbosa Santander.
- Descripción: La alternativa conlleva a la construcción de redes de acueductos, la construcción del tanque de almacenamiento y remodelación de la estación de bombeo.
- Fecha de elaboración del estudio: 29 de abril de 2013
- Estado del proyecto: Aprobado y avalado
- Fuentes de financiación: Programa del Plan Desarrollo Nacional – plan de desarrollo departamental.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Barbosa Santander.

## 10. CONCLUSIONES

- La encuesta realizada a una muestra de la población de Barbosa arrojó resultados que se pudieron corroborar con la simulación de la red de distribución en EPANET y que coincidieron en que se presentan fallas en el servicio de acueducto que deja sin agua en determinados periodos de tiempo a los habitantes del municipio
- El modelo hecho de la red de distribución de agua potable del municipio de Barbosa Santander usando el software para acueductos EPANET muestra claramente las fallas hidráulicas presentes en el sistema de acueducto lo que da lugar a que se pueda hacer un análisis detallado de los sectores que no cuentan con un óptimo servicio de agua potable y así generar propuestas que den solución a los problemas encontrados, haciendo nuevamente la simulación de la red con los cambios propuestos, donde se pudo notar que dichas alternativas de solución conllevan a mejoras en la distribución de agua potable.
- La propuesta de un tanque de compensación cuya función es almacenar en horas de poco consumo y suministrar el agua disponible en las horas de máximo consumo, da lugar a que se eliminen las presiones negativas que causan la falta de agua en el sector de la parte alta en los periodos de tiempo de mayor consumo ya descrita del municipio de Barbosa Santander, luego solucionará en gran parte la deficiencia del servicio de acueducto siendo de gran aporte para el plan maestro de acueducto.
- El cambio de tuberías de bajo diámetro (inferiores a tres pulgadas) genera un sistema de redes de acueducto eficiente y adecuado para el abastecimiento de agua potable beneficiando a la población urbana de Barbosa Santander.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE BARBOSA. Página de Inicio [en línea]. S.f. [Citado 1 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.barbosa-santander.gov.co/index.shtml#6> >

CORCHO, Fredy; DUQUE, José. Acueductos. Teoría y diseño. Tercera edición, Universidad de Medellín, 2005.

DEL RIO BELTRAN, Alexander y GARCIA NAVAS, Guillermo Iván. Diagnóstico y optimización de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo del casco urbano del municipio de Puerto Parra Santander. Bucaramanga, UIS, 2005.

ESBARBOSA E.S.P. Manual de procesos y procedimientos. 2009.

ESBARBOSA E.S.P. Plan operacional de emergencias. 2009.

GARCÍA ALCARAZ, María del Mar. modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas. Proyecto de grado. Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena, 2006.

LOPEZ, Ricardo. Diseño para acueductos y alcantarillados. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Barbosa Santander.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Bogotá D.C, 2000.

SENA Y MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Operación y mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado [en línea]. Bogotá, D.C., 1999 [Citado 1 feb 2015]. Disponible en Internet: <URL: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_redes/operacion\\_redes.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/operacion_redes.html#)>

SENA. Operación y mantenimiento de redes de acueducto. p.46

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Manual de usuario de EPANET versión 2.0vE traducido por el grupo multidisciplinar de modelación de fluidos.