

Implementación y Manejo de las válvulas reductoras de presión con control dinámico, en redes de distribución

Implementation and Management of pressure reducing valves with dynamic control in distribution networks.

Luis Javier Fernández¹, Eduardo Zamudio Huertas²

¹ *Tecnólogo en Construcciones Civiles, Ingeniero Civil (c), Miembro del Semillero en Investigación U.N.E.N.S, Integrante del grupo G.I.I.C.U.D, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, jfernandezf@correo.udistrital.edu.co*

² *Ingeniero Civil, Especialista en Estadística y Magister en Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Profesor Asistente, Miembro del Semillero en Investigación U.N.E.N.S, Integrante del grupo G.I.I.C.U.D, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, eduardozamudioh@gmail.com*

Fecha de recepción: 01/09/2016 Fecha de aceptación del artículo: 13/12/2016

Resumen

Las redes de acueducto están sometidas a diferencias de presión, debido a condiciones topográficas y dinámicas, para controlar la diferencia de presiones generalmente se usan, las válvulas reguladoras de presión. Al utilizar válvulas de control dinámico podemos darle autonomía a la red, ofreciendo una protección contra rupturas de tuberías, fallas de servicio, reducción de fugas en accesorios y garantizar los caudales adecuados según la demanda. Las válvulas de control dinámico de presiones buscan bajar los índices de agua no contabilizada y un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles.

Palabras clave

Caudal, Control dinámico, Diferencia de presión, índice de agua no contabilizada, Reductora de Presión.

Abstract

Aqueduct networks are under pressure differences due to topographic and dynamic conditions, to control the pressure difference generally used, the pressure regulating valves. By using dynamic control valves, we can give autonomy to the network, offering protection against breakage of pipes, service failures, reduced leakage accessories and ensure adequate flow based on demand. Dynamic control valves pressure seeks lower rates of unmetered water and better use of available water resources.

Keywords

Flow, Dynamic Control, Pressure differential rate unmetered water pressure reducing.

1. Introducción

Las reductoras de presión son parte importante en los sistemas de distribución de agua potable, puesto que controlan las presiones y caudales entregados a los usuarios, además evitan rupturas de tuberías, fugas en accesorios, garantizando la calidad y continuidad del servicio.

El principio básico de la regulación es tener una presión de entrada, mediante la restricción de flujo, que genera una pérdida, garantizando así una presión de servicio aguas abajo de la reductora. Este principio se encuentra presente en todas las reguladoras existentes en el mercado, pero estas presiones son fijas sin importar la presión de entrada o la demanda del sistema, es decir la reguladora va estar calibrada a una presión fija.

Las reductoras con control dinámico incorporan una variable a la regulación, la diferencia de caudal de demanda que tiene la red en el instante de operación, se puede calibrar en varias presiones la válvula, con lo que se garantizan diversos caudales, según la demanda del sistema, con esto se busca que en periodos donde las demandas de caudal sean menores, la apertura de la válvula sea menor disminuyendo la presión en el

sistema garantizado una optimización del servicio, en el momento en que la demanda aumenta se genera una apertura mayor, aumentando la presión del sistema.

El presente artículo tiene como objetivo dar a conocer la aplicación de reductoras de presión con control dinámico, en las redes de distribución para optimizar los caudales y los recursos de operación logrando redes de distribución más estables y eficientes.

La mayoría de los acueductos en Colombia usan reductoras de presión, convencionales y cámaras de quiebre de presión, que no guardan relación funcional con los caudales de demanda del sistema, los principales inconvenientes con estos sistemas tradicionales de regulación son:

- i. Se necesita mayor energía para satisfacer las necesidades de los usuarios.
- ii. Se requiere gran logística para garantizar la estabilidad del servicio.
- iii. Tienen recurrentes fallas de servicio que incrementan gastos en reparaciones de redes.

Debido a lo anterior la EAAB-E.S.P. desde el 2012 ha venido instalado reductoras de control dinámico en los sectores críticos obteniendo resultados satisfactorios en la reducción de rupturas, pérdidas no contabilizadas y aprovechamientos de los caudales.

Las reductoras de control dinámico hacen que las redes de los acueductos se vuelvan más estables y eficientes logrando así un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos en lo que se refiere al volumen de agua demandada.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño

El análisis de comparación entre las reductoras convencionales y las de control dinámico surge de la experiencia de instalar y remplazar varias estaciones de regulación, con un sistema de control dinámico en diferentes sitios críticos de Bogotá.

Se seleccionó un sector en operación de las redes de distribución EAAB-E.S.P. que se encuentra ubicado en Suba Aures, entre carrera 98 a carrera 118 y calle 132 a calle 142 que tiene las siguientes características:

- i. Caudal de consumo de los fines de semana muy altos.
- ii. Demanda de caudal nocturno muy bajo.
- iii. Redes en asbesto cemento, PVC RDE 16 y PVC RDE 21 con varios años de uso, diámetros comerciales de 3",4",6",8",12" y una longitud aproximada 68500 mt.

Para el dimensionamiento de la válvula de control dinámico se tomaron los siguientes aspectos de la red:

- Presión aguas arriba 53 mca.
- Presión aguas abajo día $P_{1,max}$ 35 mca.
- Presión aguas abajo noche $P_{2,min}$ 22 mca.
- Caudal promedio 144 l/s.
- Caudal máximo 220 l/s.
- 2000 usuarios activos entre viviendas y conjuntos residenciales.

En las Figuras 1 y 2, se muestra la distribución espacial de la red por diámetro y material, respectivamente.



Figura 1. Distribución de tuberías por diámetro



Figura 2. Distribución de tuberías por material

2.2. Dimensionamiento

Se realizó el análisis de los caudales y presiones esperadas en la red, para el dimensionamiento de la válvula reductora requerida, luego se diseñó una estación reductora con una válvula de control dinámico de 12", que remplazo 4 válvulas de 6" en paralelo convencionales existentes en la red, se seleccionó una válvula de la marca BERMAD modelo 7PM cuyo comportamiento hidráulico con referencia a los caudales y presiones como muestra la Figura 3.

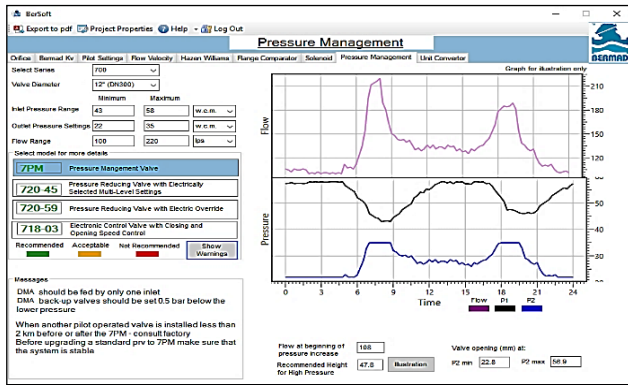


Figura 3. Comportamiento esperado de la válvula 7PM en la red.

Las principales características y el aspecto físico de la válvula de control dinámico 7PM, se muestran en la Figura 4.



Figura 4. Descripción de la válvula 7PM.

La válvula 7PM trabaja con un control dinámico de presión que entra en funcionamiento cuando detecta una variación de presión en el sistema, dicho control es totalmente hidráulico garantizado su funcionamiento sin ningún tipo de alimentación eléctrica; la Figura 5 muestra el comportamiento de la válvula en diversos escenarios.

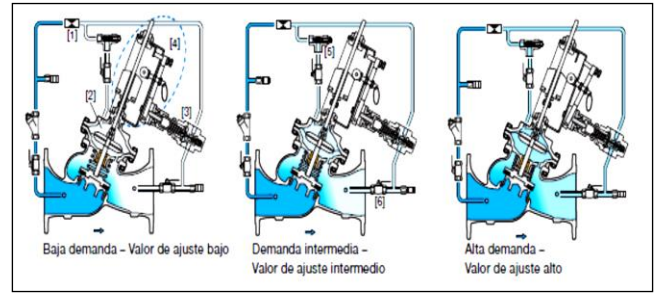


Figura 5. Configuración de la válvula 7PM para cada estado de demanda.

El control dinámico permite que en los sectores críticos tenga la presión necesaria y en los puntos más bajos no se generen sobrepresiones. Es importante aclarar que las presiones se van regulando según la demanda de la red, en la Figura 6 (a) se observa una presión constante aguas abajo, con variaciones significativas de presión en el punto crítico que tienden a generar rupturas. En el control dinámico (b) se puede observar como la válvula modula la presión entre P_{1max} y P_{2min} aguas abajo, según el caudal requerido, disminuyendo la variación de la presión en la red.

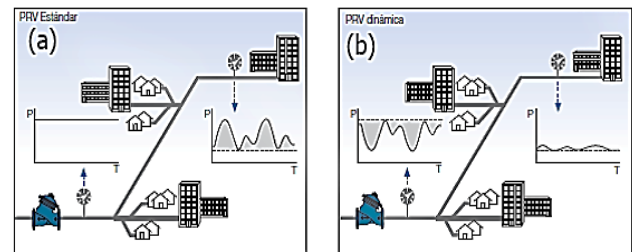


Figura 6. Comparación de PRV estándar vs PRV control dinámico.

En las válvulas de control dinámico las presiones se van modulando, aguas arriba y aguas abajo con relación al caudal solicitado, esto se puede evidenciar en la Figura 7 donde se hace la proyección del funcionamiento de la válvula 7PM en relación caudal - presión, en el caso de bajos consumos, la presión de entrada es alta y la presión de salida es la mínima para garantizar la estabilidad de la red, mientras que en el instante de mayor demanda se aumenta la presión aguas abajo para poder garantizar el caudal requerido.

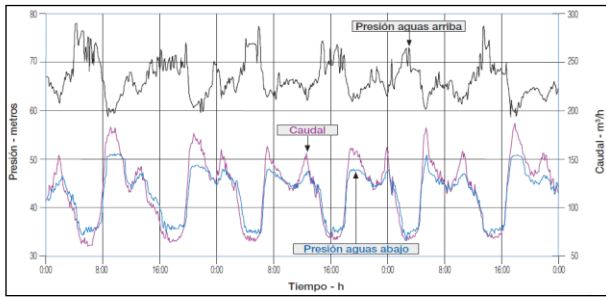


Figura 7. Simulación de comportamiento de la 7PM en presión y caudal.

Para el caso específico de Suba Aures se instaló una reductora 7PM de 12" sobre una red de 12" con un bypass externo de 6", en la cámara se instalaron dos válvulas de compuerta de 12" para posteriores mantenimientos, un filtro de 12" para proteger la válvula de cuerpos extraños, una unión auto portante de 12" para facilitar su desmontaje, dos ventosas de 2" para garantizar que la tubería esté libre de aire, como se puede ver en la Figura 8

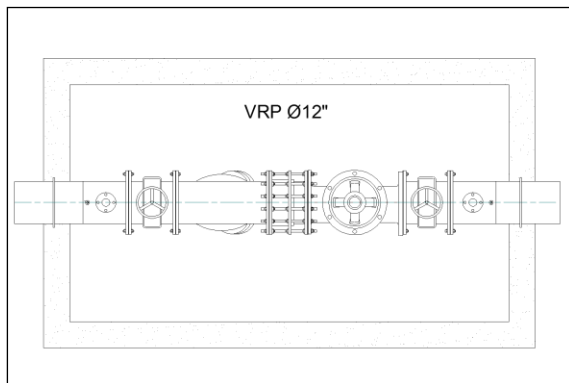


Figura 8. Montaje mecánico de estación reductora de Suba Aures

Finalmente, se toma la variable hidráulica presión, medida después de instalar la válvula reductora de presión con control dinámico, los datos obtenidos se almacenaron en un data logger, con registros de presión cada 5 minutos durante 24 horas.

2.3. Simulación hidráulica

2.3.1. Escenario 1: Simulación hidráulica de la red con reductoras convencionales

Se realizó la simulación teniendo en cuenta como se encontraba la red antes de instalar la reductora de control dinámico, en este escenario se debía mantener la red sin regular por los elevados consumos de caudal,

ya que si se regulaba se descompensaba la presión generando fallas de servicio. En los horarios de bajo consumo se generaban sobre presiones que contribuían a las rupturas de tuberías, en la Figura 9 se puede observar las presiones superiores 50 mca.

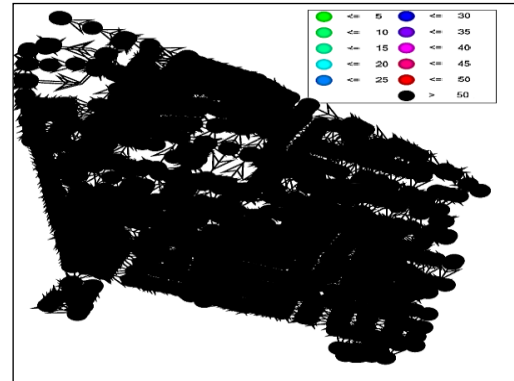


Figura 9. Simulación nocturna con válvulas convencionales en m.c.a.

2.3.2. Escenario 2: Simulación con válvula reductora de presión con control dinámico

La simulación hidráulica se realizó con una presión de operación de 53 mca aguas arriba y de 35 mca aguas abajo, en la Figura 10 se muestra los resultados de la red con mayor demanda (horario diurno), en ella se puede inferir que las presiones son superiores a 30 mca que garantizan que no presente fallas de servicio.

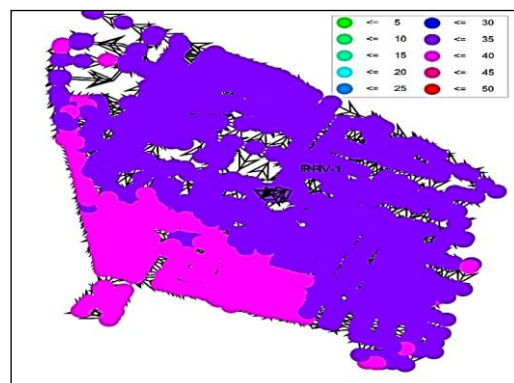


Figura 10. Simulación con válvula de control dinámico en mayor consumo m.c.a.

En la Figura 11 se muestra los resultados de la red con menor demanda (horario nocturno), se puede observar que la presión de servicio oscila en un intervalo aproximando entre 20 y 25 mca, evitando rupturas en las tuberías.

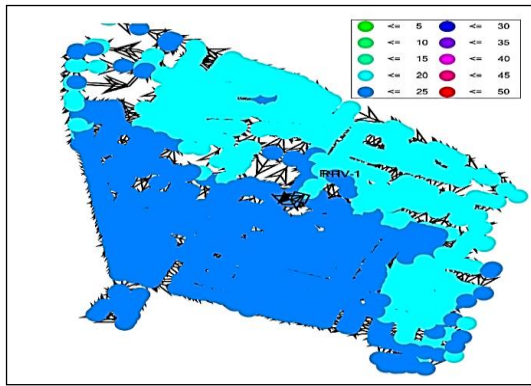


Figura 11. Simulación con válvula de control dinámico en bajo consumo

3. Resultados

En la Tabla 1, se relacionan las mediciones de presión en la red, con la válvula reductora de control dinámico para un día de mayor consumo (sábado) las lecturas fueron registradas en intervalos de tiempo de 5 minutos.

Tabla 1. Datos recopilados de data logger

HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	HORA	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA
0:00:00	53.55	22.032	4:00:00	57.222	21.93	8:00:00	44.268	29.07	12:00:00	32.538	22.746	16:00:00	38.148	30.09	20:00:00	40.392	29.478
0:05:00	53.55	21.93	4:05:00	57.324	21.93	8:05:00	43.248	28.56	12:05:00	32.538	22.848	16:05:00	38.25	30.09	20:05:00	40.494	29.478
0:10:00	53.55	21.93	4:10:00	57.324	22.032	8:10:00	42.942	28.968	12:10:00	32.844	23.052	16:10:00	38.25	30.09	20:10:00	40.902	29.682
0:15:00	53.754	21.93	4:15:00	57.324	22.032	8:15:00	42.024	28.56	12:15:00	32.538	22.746	16:15:00	38.454	30.192	20:15:00	40.902	29.886
0:20:00	53.958	21.93	4:20:00	57.324	21.93	8:20:00	41.31	28.254	12:20:00	32.436	22.95	16:20:00	38.556	30.396	20:20:00	41.412	29.682
0:25:00	54.06	21.93	4:25:00	57.732	22.032	8:25:00	40.902	28.458	12:25:00	32.742	23.052	16:25:00	38.76	30.498	20:25:00	41.412	29.682
0:30:00	54.366	22.032	4:30:00	57.732	22.032	8:30:00	40.188	28.458	12:30:00	32.844	23.052	16:30:00	38.964	30.906	20:30:00	41.514	29.682
0:35:00	54.468	22.032	4:35:00	57.63	22.236	8:35:00	39.882	28.152	12:35:00	32.946	23.256	16:35:00	38.76	30.906	20:35:00	41.922	29.886
0:40:00	54.774	22.032	4:40:00	57.63	22.032	8:40:00	39.474	28.05	12:40:00	32.844	23.052	16:40:00	39.168	30.804	20:40:00	42.534	30.09
0:45:00	54.672	22.032	4:45:00	57.63	22.236	8:45:00	38.556	27.54	12:45:00	32.946	23.256	16:45:00	39.882	31.11	20:45:00	42.942	29.988
0:50:00	54.672	21.93	4:50:00	57.63	22.032	8:50:00	38.25	27.948	12:50:00	33.048	23.766	16:50:00	39.882	30.804	20:50:00	42.534	29.682
0:55:00	54.876	22.032	4:55:00	57.324	22.032	8:55:00	37.74	27.642	12:55:00	32.844	23.256	16:55:00	40.086	30.192	20:55:00	42.942	29.886
1:00:00	54.978	21.828	5:00:00	57.63	22.032	9:00:00	37.536	27.336	13:00:00	33.354	23.46	17:00:00	40.086	29.886	21:00:00	43.452	29.886
1:05:00	54.978	21.93	5:05:00	57.528	22.032	9:05:00	37.128	27.132	13:05:00	33.252	23.766	17:05:00	40.596	29.682	21:05:00	43.656	29.886
1:10:00	55.284	21.93	5:10:00	57.63	21.93	9:10:00	37.026	27.336	13:10:00	33.354	23.766	17:10:00	40.188	29.172	21:10:00	43.962	30.192
1:15:00	55.386	22.338	5:15:00	57.528	22.236	9:15:00	36.618	26.724	13:15:00	33.354	23.766	17:15:00	40.596	29.478	21:15:00	44.268	29.682
1:20:00	55.386	21.93	5:20:00	57.732	22.236	9:20:00	36.618	26.622	13:20:00	33.66	23.97	17:20:00	40.392	29.376	21:20:00	44.268	29.682
1:25:00	55.284	22.032	5:25:00	57.324	21.93	9:25:00	36.108	26.316	13:25:00	33.66	23.97	17:25:00	39.882	29.07	21:25:00	44.472	29.988
1:30:00	55.692	22.032	5:30:00	57.324	21.828	9:30:00	35.802	26.112	13:30:00	33.66	24.276	17:30:00	39.168	28.764	21:30:00	44.676	29.682
1:35:00	55.692	21.93	5:35:00	57.324	22.236	9:35:00	35.598	26.112	13:35:00	33.864	24.174	17:35:00	39.882	29.478	21:35:00	45.084	30.09
1:40:00	55.692	22.032	5:40:00	57.222	21.93	9:40:00	35.598	25.704	13:40:00	33.864	24.378	17:40:00	39.474	29.07	21:40:00	45.696	30.09
1:45:00	55.794	22.032	5:45:00	57.222	21.93	9:45:00	34.68	24.786	13:45:00	34.17	24.48	17:45:00	39.984	29.376	21:45:00	45.9	29.988
1:50:00	55.896	22.236	5:50:00	57.528	22.236	9:50:00	34.68	24.786	13:50:00	33.966	24.684	17:50:00	39.984	29.478	21:50:00	46.614	29.886
1:55:00	56.1	22.236	5:55:00	57.12	22.032	9:55:00	34.374	24.378	13:55:00	34.272	24.888	17:55:00	39.882	29.07	21:55:00	46.614	29.886
2:00:00	55.794	22.032	6:00:00	56.916	22.032	10:00:00	34.272	24.174	14:00:00	34.272	25.194	18:00:00	39.576	29.07	22:00:00	46.92	29.886
2:05:00	56.1	22.032	6:05:00	56.406	21.93	10:05:00	33.966	24.276	14:05:00	34.272	25.194	18:05:00	39.474	29.07	22:05:00	47.94	29.988
2:10:00	56.1	21.93	6:10:00	56.1	21.93	10:10:00	33.864	23.868	14:10:00	34.476	25.296	18:10:00	39.474	28.764	22:10:00	48.45	29.886
2:15:00	56.304	22.236	6:15:00	55.896	22.032	10:15:00	33.354	23.664	14:15:00	34.476	25.602	18:15:00	39.372	28.968	22:15:00	48.552	29.07
2:20:00	56.304	21.93	6:20:00	55.488	21.93	10:20:00	33.456	23.766	14:20:00	34.884	25.602	18:20:00	39.168	29.07	22:20:00	48.654	29.07
2:25:00	56.406	22.032	6:25:00	55.284	21.624	10:25:00	33.252	23.256	14:25:00	34.68	25.704	18:25:00	39.066	28.764	22:25:00	49.572	27.03
2:30:00	56.304	22.236	6:30:00	54.876	21.93	10:30:00	33.354	23.358	14:30:00	35.088	25.908	18:30:00	39.168	29.376	22:30:00	50.694	22.44
2:35:00	56.712	22.032	6:35:00	53.958	21.624	10:35:00	33.048	22.95	14:35:00	35.292	26.52	18:35:00	39.576	29.376	22:35:00	50.898	22.44
2:40:00	56.61	22.236	6:40:00	53.856	21.828	10:40:00	33.048	22.848	14:40:00	35.394	26.52	18:40:00	39.168	28.968	22:40:00	51.204	22.338
2:45:00	56.712	22.236	6:45:00	53.448	22.032	10:45:00	32.844	22.95	14:45:00	35.598	26.724	18:45:00	39.066	28.968	22:45:00	51.408	22.44
2:50:00	56.712	22.236	6:50:00	53.04	22.032	10:50:00	32.946	22.95	14:50:00	35.802	26.724	18:50:00	38.76	29.172	22:50:00	51.816	22.44
2:55:00	56.916	22.236	6:55:00	52.53	21.522	10:55:00	32.844	22.848	14:55:00	35.802	27.132	18:55:00	39.882	29.172	22:55:00	51.918	22.44
3:00:00	56.712	22.032	7:00:00	52.02	21.828	11:00:00	32.742	22.848	15:00:00	36.108	27.336	19:00:00	39.678	29.172	23:00:00	52.122	22.236
3:05:00	57.12	22.236	7:05:00	52.02	21.828	11:05:00	32.538	22.746	15:05:00	36.108	27.336	19:05:00	39.168	28.764	23:05:00	52.53	22.848
3:10:00	56.814	22.032	7:10:00	51.102	21.828	11:10:00	32.844	22.95	15:10:00	36.108	27.54	19:10:00	39.372	29.478	23:10:00	52.53	22.44
3:15:00	57.12	22.236	7:15:00	50.592	21.828	11:15:00	32.742	22.746	15:15:00	36.516	27.948	19:15:00	39.474	29.172	23:15:00	52.836	22.44
3:20:00	57.222	21.93	7:20:00	50.592	21.93	11:20:00	32.334	22.542	15:20:00	37.026	28.254	19:20:00	39.168	28.662	23:20:00	52.938	22.338
3:25:00	57.12	22.032	7:25:00	47.634	29.478	11:25:00	32.844	22.848	15:25:00	36.72	28.458	19:25:00	39.474	29.376	23:25:00	53.244	22.44
3:30:00	57.222	22.032	7:30:00	46.818	29.07	11:30:00	32.538	22.95	15:30:00	36.618	28.458	19:30:00	39.984	29.58	23:30:00	53.346	22.44
3:35:00	57.222	22.236	7:35:00	46.206	29.07	11:35:00	32.232	22.338	15:35:00	37.23	28.764	19:35:00	39.882	29.172	23:35:00	53.346	22.338
3:40:00	57.324	22.236	7:40:00	45.9	28.968	11:40:00	32.232	22.44	15:40:00	37.332	28.968	19:40:00	39.882	29.58	23:40:00	53.856	22.236
3:45:00	57.222	22.236	7:45:00	45.594	29.07	11:45:00	32.232	22.44	15:45:00	37.23	28.968	19:45:00	39.984	29.376	23:45:00	53.754	22.44
3:50:00	57.222	22.032	7:50:00	45.084	28.764	11:50:00	32.232	22.542	15:50:00	37.638	29.478	19:50:00	39.984	29.376	23:50:00	53.856	22.338
3:55:00	57.324	21.93	7:55:00	44.88	29.172	11:55:00	32.436	22.746	15:55:00	38.046	29.886	19:55:00	40.494	29.58	23:55:00	53.958	22.338

En la Figura 12 se muestra los datos de presión pedidos el día sábado, en la línea verde corresponde a la presión aguas arriba y la línea azul presión aguas abajo en ella se puede inferir lo siguiente:

- i. Se aprecia que entre las 0:00hrs el consumo está disminuyendo hasta más o menos 5:00hrs.
- ii. Desde las 5:00hrs comienza a aumentar la demanda de agua, razón por la cual comienza a decaer la presión aguas arriba.
- iii. A las 7:30hrs comienza a actuar el control dinámico este censa aguas abajo ya que necesita mayor presión, razón por la cual comienza a trabajar con la presión P_{1max} .
- iv. El mayor consumo se presenta a las 11:30hrs donde se evidencia que la válvula de control dinámico se regula de tal manera que ofrece una mayor apertura para garantizar la presión mínima de operación.
- v. Comienza disminuir el consumo partir de las 11:45hrs y a partir de las 22:10hrs la válvula mide la presión aguas abajo y se cambia a presión P_{2min} garantizando la integridad de las tuberías.

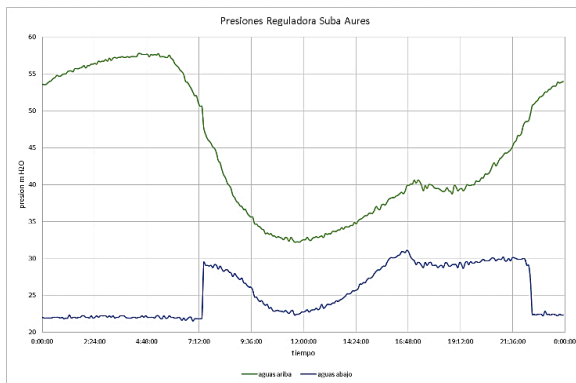


Figura 12. Presiones de trabajo de estación reguladora Suba Aures en un día de gran consumo

4. Discusión

Una vez instalada la estación reguladora con control dinámico se observó que cumple con los caudales necesarios y mantiene las presiones de servicio en los diferentes puntos de la red.

Se redujo los trabajos por reparaciones de tuberías garantizando la continuidad del servicio.

Los índices de agua no contabilizada disminuyeron considerablemente.

La pérdida de energía de la válvula se minimizó, cumpliendo con las necesidades, garantizando un mejor aprovechamiento de la energía en la red y los recursos hídricos.

El control dinámico que maneja la 7pm tiene una ventaja con respecto de sistemas electrónico puesto que no depende de fuente de energía o batería para su funcionamiento por lo tanto la regulación va a ser constante y sin interrupción.

Agradecimientos

Agradezco a la compañía HIDROCONSULTING S.A.S por brindarnos su información sobre los productos BERMAD.

De igual manera al Ing. Leonardo Alba Moreno jefe división servicio acueducto zona1 de la EAAB-E.S.P.

Referencias

1. Bermad, model 7pm, Consultado 12 noviembre 2015, En: <http://www.bermad.com/product/product=model-7pm-ww/cat=50539>
2. EPM, Manual para la Referenciación de Redes de Acueducto y Alcantarillado, Consultado 22 enero 2016, https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/normas_y_especificaciones/manuales/52220-1Manual_Referenciacion07_09_2010.pdf
3. EAAB-E.S.P., NS-052, Diseño de estaciones reductoras de presión para las redes distribuciones de acueducto, Consultado 25 enero 2016, <http://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf/9f360681749225e805256a22006a465e/05256cf60075ea5f05256d960076380c?OpenDocument&Highlight=0,reductoras>
4. Vergara, (1996) Técnicas de Modelación En Hidráulica, Alfaomega Grupo Editor, México.