

CALCULO DE VENTOSAS EN UNA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA

Por JOSE GARCIA AUGUSTIN

Ingeniero de Caminos.

En este artículo se expone un procedimiento claro y sencillo para el cálculo de la situación de las ventosas en una red de distribución de agua, que podrá ser útil para su aplicación a los casos que puedan presentarse al técnico en relación con estas instalaciones. Fue obtenido por el estudio realizado para situar y colocar las ventosas en la red de distribución de agua de Madrid, con motivo de las restricciones de consumo, y cuya aplicación permitió rapidez en el llenado de las tuberías y mejor explotación del servicio.

En toda red de distribución de agua es fácil la operación de vaciarla, pero se complica el llenado, sobre todo si, como exige el mejor servicio de los usuarios, debe realizarse en el menor tiempo posible, lo que puede dar lugar a vibraciones y golpes de ariete, que ocasionan cuando menos fatigas al material de las tuberías, y muy frecuentemente roturas importantes. Este problema se nos planteó en los periodos de las restricciones impuestas al consumo de agua en Madrid, como consecuencia de que la regulación anual del río Lozoya, en años muy secos, no fué suficiente para atender a la demanda de la Capital.

En el primer período de restricciones se vaciaron incluso los 32 Km. de arterias principales, con lo que el problema se complicaba; en el período siguiente (I-XII-1948 a 26-XI-1949) y manejando un gran número de llaves, se dejaron en carga las arterias principales, y sólo quedaba vacía la red secundaria, es decir, la de 500 mm. inclusive y diámetros inferiores. Pero en ambos casos nos dimos cuenta de la necesidad de disponer de gran número de ventosas que dieran salida suficiente al aire acumulado en las tuberías para poder llenar toda la red en un período máximo de una hora, aproximadamente, que nos parecía aceptable, reduciendo a la mitad el que estábamos empleando en esta operación. Si en los últimos ramales de red, para expulsar el aire, se puede contar con las bocas de riego y las antiguas ventosas de manija o llave manejándolas convenientemente y con los grifos de los edificios abastecidos, pronto nos dimos cuenta de que era totalmente insuficiente el número de ventosas automáticas colocadas en las arterias principales, cuyo número había que aumentar además de situarlas en la forma más conveniente.

Para el estudio correspondiente no basta un simple examen de los perfiles longitudinales, señalando los puntos altos como de posible ubicación de las ventosas, pues aunque esta consideración proporciona desde luego una indispensable orientación, siempre queda la duda de si las distancias entre ventosas es la suficiente para evitar regímenes aerodinámicos turbulentos en la circulación del aire en las tuberías, empujado

por el agua de llenado, quedando además la incógnita del diámetro más conveniente a adoptar en las ventosas. Es por esto por lo que procedimos a un estudio algo más detallado y convincente. Ante todo, para facilidad de intercambio y almacén, fijamos un diámetro mínimo de 100 mm., que es también comercial; en determinadas situaciones podíamos aumentar este diámetro, pero nunca disminuirlo. Escogido un diámetro tipo uniformado, lo que variará será la distancia entre las ventosas. Para facilitar el problema, y de acuerdo con los resultados obtenidos en la práctica de la explotación de la red, sólo consideramos las tuberías superiores a 200 mm. Sin embargo, y a pesar de esto, en los puntos en que por consideraciones topográficas parecía necesaria una ventosa se colocaba, aunque la tubería derivada de la arteria principal fuera menor de 200 mm.

La ventosa ideal sería una ranura a lo largo de todas las tuberías, que permitiera que circulase el agua como en un canal; en esta forma no habría vibraciones fuertes y golpes de aire. Al no ser esto posible, cuanto menor sea el diámetro de las ventosas más próximas estarán y más nos asemejaremos al caso ideal de expulsión de aire ya citado.

Para el cálculo de las ventosas, redujimos la red de tuberías gruesas, es decir, mayores de 200 mm. de diámetro, a otra virtual de sección constante e igual longitud. Según el cuadro se ve que la red real de diámetros variables de 250 a 1 250 mm., con una longitud de 111 332 m., supone un volumen de 21 850,31 m.³, equivale a otra virtual de la misma longitud y de sección constante próxima a 0,196 m.³ (unos 500 mm. de diámetro).

En el llenado tendremos que expulsar los 22 000 metros cúbicos, aproximadamente, de aire en el tiempo que se establezca; nosotros tomamos el de una hora, lo cual supone un caudal total de salida de $22\ 000 : 3\ 600 = 6,1$ m.³/seg. Una ventosa de 100 milímetros de diámetro para su mejor funcionamiento, conservación y regulación, no debe pasar los 0,25 metros cúbicos/seg., y por tanto se necesitarían, aproximadamente, unas 25 ventosas; pero para quedar en

*Reducción de la red de tuberías superiores a 200 mm.
a otra virtual de la misma longitud (año 1949).*

Diámetro m.	Longitud m.	Sección m. ²	Volumen m. ³
0,250	30 227	0,049	1 481,12
0,300	20 412	0,071	1 449,25
0,350	19 207	0,096	1 843,85
0,450	13 644	0,160	2 183,04
0,500	1 162	0,196	227,75
0,600	4 569	0,283	1 293,03
0,800	1 152	0,503	579,46
0,850	9 140	0,567	5 182,38
0,900	11 644	0,636	7 405,68
1,250	175	1,227	214,73
	111 332		21 850,31

Tubería virtual equivalente:

$$\frac{21\ 850,31}{111\ 333} = 0,198\ m.^2\ (500\ mm.\ diámetro).$$

mejores condiciones, conseguir aumento de rapidez en el llenado, ante la posibilidad de que alguna falle en su automatismo y para tener en cuenta el posible aumento de unidades en determinados lugares de los perfiles longitudinales, como por ejemplo en el origen de fuertes pendientes, consideramos doble número de ventosas, es decir, 50, en cuyo caso cada una tendrá que expulsar 0,12 m.³/seg., que en la tubería virtual de 0,196 m.² de sección supone una velocidad aproximada de 0,6 m./seg. La distancia virtual entre ventosas será de $0,60 \times 60 \times 60 = 2\ 160$ m. Aerodinámicamente considerado este régimen es notoriamente satisfactorio.

Establecido lo anterior comprobamos lo que ocurriría en teoría hidráulicamente en la red a partir de los depósitos reguladores, partiendo del diámetro o sección virtual y de los caudales en las direcciones de las arterias que salen de los depósitos. Teniendo en cuenta estos caudales se obtienen las velocidades en la sección virtual, comprobándose que los regímenes hidráulicos virtuales se acoplaban perfectamente al aerodinámico; en velocidades superiores a los 0,60 metros/seg., pero próximas y no muy elevadas, se aceleraría la velocidad de expulsión supuesta; únicamente en una dirección encontramos velocidades excesivas, del orden de los 4 m./seg., en la que nos aproximamos al régimen aerodinámico turbulento, aunque todavía sin riesgo.

La realidad es muy distinta, pues precisamente en aquella dirección mejoraba el régimen al ser los diámetros reales menores del virtual y conducir menos agua, y por alejar así la turbulencia aerodinámica; en

otras direcciones, sin embargo, por ser los diámetros reales muy superiores al virtual y conducir mucha más agua, se empeora la situación por aproximarnos al régimen turbulento.

Estas consideraciones de orientación de conjunto, sólo tienen un valor relativo, y no sirven como método operativo de carácter general, siendo preciso un estudio detallado a lo largo de las arterias reales, que nos sirvió, en definitiva, para situar todas las ventosas y que es aprovechable como guía para otros casos que puedan presentarse.

Consideramos entonces las arterias una a una, cuyos diámetros son los únicos superiores al virtual.

El cálculo lo hicimos para todas y cada una de las arterias, pero bastará el ejemplo de una de ellas para poder aplicar el procedimiento a otro caso distinto.

Nos referimos a la arteria de San Bernardo, cuyo diámetro es de 850 mm., que supone un volumen 2,8 veces del virtual, y por tanto la distancia entre ventosas será la de $2\ 160 : 2,8 = 770$ m.

El origen en el depósito es un punto alto, y a partir de éste y cada 770 m. deberíamos colocar una ventosa. Así, por ejemplo:

- A los 770 m. se instalará 1 ventosa.
- A los 1.540 m. deberán ir instaladas. 2 ventosas.
- A los 2.310 m. deberán ir instaladas. 3 »
- A los 3.080 m. deberán ir instaladas. 4 »
- A los 3.850 m. deberán ir instaladas. 5 »

y así sucesivamente.

Después de establecer esta distribución se llevaba al perfil longitudinal de la arteria, y para obtener mayor rendimiento de las ventosas se instalaron generalmente en los puntos altos más próximos. Como las ar-

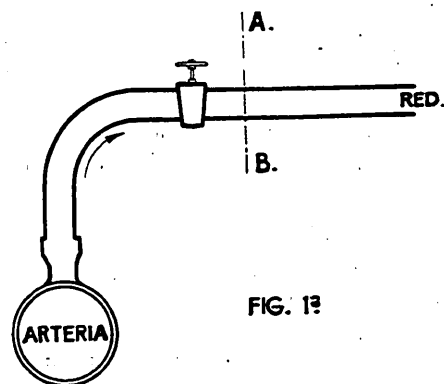


FIG. 13

terias van a unos 4 m. de profundidad y las tuberías de la red entre 1 y 1,50 m., decidimos colocar las ventosas en las tuberías derivadas y en secciones análogas a las A B de la figura 1.^a, es decir, agua abajo de la llave del ramal de salida, para que en caso de avería la reparación o sustitución no influya en el servicio de las arterias y sirvan también para facilitar el

llenado parcial del polígono de red secundaria, sito a partir de la misma.

Es importante seguir el longitudinal y cuidar de los trozos de gran pendiente. Para mayor claridad repetiremos el cálculo que hemos hecho para esta arteria; fácil será repetirlo para cualquier otro caso.

En el longitudinal de esta arteria de San Bernardo, se aprecia que después de un tramo de pendiente uniforme se llega a la *Glorieta de San Bernardo*, a partir de la cual la pendiente aumenta considerablemente.

Por su distancia al origen sería suficiente instalar dos ventosas en este punto; sin embargo, se instalaron cuatro, a fin de conseguir que la presión en este punto y en la hora del llenado sea muy poco inferior a la atmosférica y que ello ayude a regular el caudal de este primer tramo, y, por tanto, en toda la arteria.

Aun suponiendo que se lograra una presión igual a la atmosférica y que la línea de carga, partiendo de los depósitos, fuere tangente a la arteria en ese punto, llevaría un caudal del orden de 3 000 l./seg., que supone una velocidad de 5 m./seg., que es inadmisibile. Requiere todo esto la estrangulación de la llave de paso correspondiente, a fin de conseguir que el caudal no exceda a los 1 500 l./seg. ó 2 000 l./seg., máximo rendimiento de las arterias.

Las cuatro ventosas habrá que colocarlas aguas abajo de la llave que se estrangula, y para evitar cortes de diámetros grandes se instalaron en la tubería de 300 mm., que va por Alberto Aguilera.

El siguiente punto alto lo encontramos en *Santo Domingo* y, por su distancia al anterior, se instalaron dos ventosas, una de las cuales se colocó en una de las tuberías de 150 mm., que van por la cuesta del mismo nombre, y la otra se llevó hasta el punto alto de la tubería de 300 mm., que sale por Tudescos y sigue por Jacometrezo, punto alto que no debe estar lejos de la Plaza del Callao.

Siguiendo el longitudinal llegamos a la *Plaza Mayor*, en que por su distancia corresponde otra ventosa, que se coloca en la tubería de 100 que va a Ciudad Rodrigo.

Hay bajo esta Plaza Mayor dos derivaciones condenadas que invitaban a colocar unas ventosas que lo sean directa y exclusivamente de la arteria. Como prueba instalamos una. El diámetro de la tubería es de 120 milímetros y la brida es curva, habiéndose tomado allí mismo las dimensiones precisas para el modelo de la pieza reductora a 100 mm.

Al final de la arteria corresponde una ventosa. Se instaló en la tubería de 350 mm. de la calle de Toledo y en su punto alto, que está entre la llave de salida de la galería y la calle de la Ruda.

De esta forma se instalaron en esta arteria nueve ventosas, en el recorrido citado, que posteriormente se ha prolongado al hacerlo la arteria.

Esta manera sencilla de operar servirá para situar las ventosas donde mejor rendimiento proporcionen y poder llenar la red en plazos breves sin temor a vibraciones y golpes de ariete.