

Resumen

En este artículo se presenta una recopilación, sin ánimo de ser exhaustiva, de las válvulas necesarias en una impulsión de agua potable, con orientaciones de los puntos de colocación y del dimensionado de las mismas. De esta forma, se pretende orientar al técnico que se enfrenta al diseño de una impulsión, con las dimensiones basadas en la práctica, cuando esta práctica es escasa o aplicada a otros campos. Se hace hincapié en el dimensionado de un elemento clave en la explotación de las impulsiones, que es la válvula de ventosa.

Palabras clave:

Válvula, ventosa, impulsión, agua potable, dimensionado.

Abstract***Mission of valves and suction cups in water impulsions***

This article presents a summary, not exhaustive, of valves which are necessary in drinking water impulsions, with its points of placement orientations and dimensioned characteristics. So, the professional is oriented to design the impulsions with practical dimensions, when it isn't frequent or is applied in other uses. The suction cup valve, an important element during the impulsions operation, is dimensioned.

Keywords:

Valve, suction cup, impulsions, drinking water, dimensioned.

Misión de válvulas y ventosas en las impulsiones de agua

Por: **Juan Sánchez Bejarano**, ingeniero técnico del Área de Ingeniería, Mantenimiento e Instrumentación de Emacsa

Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. (Emacsa)

C/ Los Plateros, 1

14006 Córdoba

Tel.: 957 222 535

E-mail: jsb@emacsa.es

www.emacsa.es

1. Introducción

El agua, imprescindible para el desarrollo de múltiples actividades humanas, tiene la mala costumbre de encontrarse alejada de los puntos donde se quiere o necesita emplear. Pero no es realmente así, sólo da esa impresión, porque cuando el recurso está donde debe de estar, no se hace notar. No obstante, para un sinnúmero de actividades humanas se necesita agua en lugares alejados de donde se puede encontrarla, haciéndose necesario su transporte, regulación, tratamiento, reparto, recogida, depuración y devolución a la naturaleza. Cuando se necesita elevarla, se recurren a estaciones de bombeo; para tratarla, se emplean las ETAP; y para su depuración, las EDAR. El denominador común de todas estas instalaciones es el transporte, que se hace por medio de canalizaciones, más o menos abiertas o cerradas, dotadas de equipos para controlar su flujo, básicamente válvulas en sus distintos modelos.

2. Tipos de canalizaciones

De lo anterior se desprende que existen dos tipos de canalizaciones: las que permiten la circulación del agua por efecto de la gravedad, por diferencia de nivel positiva entre el origen y el destino, y las que precisan de la adición de energía, por medio de bombas, para conseguir el flujo deseado. Estas canalizaciones, además de la propia tubería que las forma y define, estarán provistas de válvulas (**Figura 1**) y equipos de control, en mayor o menor número en función de las dimensiones e importancia de la instalación.

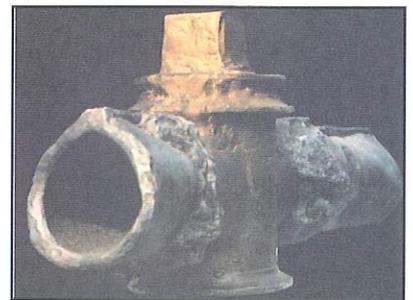


Figura 1. Válvula romana.

En una conducción se encuentran válvulas de cierre, que se limitan a cerrar o abrir la tubería donde están instaladas, a poner en servicio o eliminar una sección de la tubería, a aislar un equipo, tramo o servicio, o a vaciar la tubería. Su función es auxiliar en la conducción, sólo actúan en situaciones especiales y, en la inmensa mayoría de los casos, a demanda del usuario. También hay válvulas automáticas, con una amplia variedad de funciones, merecedoras de un estudio dedicado. Son capaces de dirigir el caudal, automáticamente, a donde sea necesario en función de los niveles, presiones, caudales o velocidades del flujo, antes o después de la propia válvula, de limitar la presión evitando los temidos golpes de ariete, todo sin necesitar alimentación auxiliar. Pero el grupo de control característico de una impulsión es el formado por la válvula de cierre, el antirretorno, el desagüe y la ventosa, sea esta última trifuncional o un simple purgador.

3. Tipos de válvulas

Obviamente no se puede, por motivos de espacio, enumerar aquí todos los tipos de válvulas que se pueden encontrar en el mercado, ni siquiera limitándose a las empleadas para agua potable líquida en cantidades apreciables. En cambio, sí pueden describirse las características que deben tener los tipos de válvulas para ser útiles en una hipotética impulsión.

3.1. Válvulas de cierre

Las cualidades exigidas este tipo de válvulas son:

- Que cuando cierren lo hagan de forma efectiva, soporten la presión diferencial que pueda presentarse en el punto donde estén instaladas y corten totalmente el paso de fluido, incluso en presencia de las impurezas que pueda trasportar el agua.
- Que cuando abran no provoquen más pérdida de carga en la instalación que la correspondiente al tramo de tubería que reemplazan,

dejando el paso idéntico al de la conducción.

- Que durante su cierre o apertura no provoquen cavitación, golpes de ariete, ruidos o vibraciones en la tubería.
- Que su accionamiento sea sencillo, con esfuerzos independientes de la presión interior de la tubería e irreversible, en el sentido de no cambiar su posición, abierta o cerrada, en ausencia de esfuerzo sobre el accionamiento.

Técnicamente es difícil aunar todas estas características en una sola válvula, por ello la labor del técnico es escoger, dentro del amplio abanico de posibilidades que ofrece el mercado, el modelo y dimensionado más adecuado a las necesidades de cada caso. En conducciones de agua se encuentran válvulas de mariposa en funciones tales como cierre manual a la entrada y salida de bombas, válvulas motorizadas a la salida de las bombas, seccionamiento de la conducción, etc.

Cuando una de las dos caras de la válvula se encuentra o puede encontrarse directamente a la atmósfera, se emplearán válvulas de compuerta, por su mayor seguridad ante roturas. En la hipotética conducción se encuentran en las válvulas de entrada y salida de los depósitos, aislamiento de las ventosas, vaciado de la conducción, etc.

3.2. Válvulas de regulación

Estas válvulas (Figura 2), para colmar las expectativas, deben cumplir:

- Que opongan una resistencia al paso del fluido proporcional a la posición del actuador.
- Que no provoquen cavitación o, al menos, que ésta no sea perjudicial para la integridad física de la propia válvula.
- Que tengan un tramo de regulación lineal lo más amplio posible.

En la práctica, hay que conformarse con que la curva de regulación sea lo más predecible posible, que funcionen razonablemente bien en el 80% de su recorrido y que la cavitación que se produce a niveles bajos de regulación lo haga en el centro de la corriente fluida, respetando en lo posible las partes sensibles de la válvula.

Hay válvulas diseñadas específicamente como válvulas de regulación, en su mayoría de asiento plano o con diversos artificios para mejorar la respuesta a bajos caudales, con regulación manual o automática, dependiendo de sistemas de energía externos o de la propia presión del agua y con funciones tan variadas como la regulación de la presión aguas abajo, el sostenimiento de la presión aguas arriba, el llenado de depósitos, el alivio de presión anticipando la subida por medio de la



Figura 2. Válvula automática de regulación.

detección de la onda negativa previa, etc.

En una conducción como la que ocupa este caso, de funcionamiento básico todo o nada, es difícil encontrarse estas válvulas, pero el cuerpo básico es el mismo que se emplea en las válvulas antiarriete en la estación de bombeo, en las válvulas de seguridad junto a las antirretorno y en las válvulas de llenado de los depósitos, con misiones de corte o apertura plenos.

La aplicación de válvula de apertura lenta y cierre lento a la salida de los grupos de bombeo, que sería muy bien asumida por estas válvulas, suele encomendarse a una válvula de mariposa motorizada, generalmente por consideraciones de costo. Algunas ingenierías, que se acercan al mundo del agua acuciadas por la crisis, colocan estas válvulas con la misión de crear una pérdida de carga que lastre las bombas para que no salgan de la curva prevista. No duran más allá de la puesta en marcha y, por supuesto, no pasan el periodo de garantía, aparte del desperdicio energético que supone esta práctica.

3.3. Válvulas de ventosa

En todas las canalizaciones hay aire, bien porque entra cuando se le necesita para vaciar la tubería, bien porque ya había entrado y hay que expulsarlo para llenarla, porque se encuentra disuelto en el agua y se separa al bajar la presión de la misma, porque entra por la aspiración de las bombas o por cualquier otra causa.

Las válvulas que se encargan de manejar este aire para que haga su función cuando es necesario y desaparezca en la atmósfera cuando empieza a ser un estorbo son las de ventosas (Figura 3), que ejercen tres funciones muy bien caracterizadas:

- Entrada de aire. Se encargan de dejar entrar el aire en la conducción cuando deseamos vaciarla o cuando ella misma lo decide por causa de una rotura. La cantidad de aire que entra, regulada por el

agua que sale, depende de varios factores, que se examinarán en la sección de dimensionados.

- Salida de aire durante el llenado. Cuando se pone en servicio la conducción, después de arreglar la rotura, el aire que contiene debe salir de ella. En contadas ocasiones puede salir por el extremo de la conducción, pero la existencia de puntos altos crea bolsas de agua que impiden al libre circulación del aire. En estos puntos altos se dispondrán válvulas capaces de dejar salir el aire, sin presión en la tubería, en grandes cantidades, cerrándose al llegar el agua. Se produce después una gran velocidad del agua durante el llenado y, por tanto, una salida de aire a gran velocidad, puede ocasionar un golpe de ariete al cerrarse la válvula por la llegada del agua, ocasionando problemas y averías mecánicas. Una ventosa bien diseñada dejará salir el aire con poca pérdida de carga, cerrará suavemente por medio de un cierre elástico y se asentará con contacto metálico cuando la conducción entre en presión, para no deteriorar la junta elástica. La velocidad del aire, por el llamado efecto cinético, no arrastra-

rá el flotador a su paso, impidiendo cierres no deseados.

- Salida de aire bajo presión. Cuando la conducción entra en carga, la presión que se ejerce sobre el orificio de cierre del flotador es mayor que el peso de este, por lo que una ventosa permanecerá cerrada pese a llenarse de aire. Para evacuar el aire que pueda acumularse bajo presión, una tercera sección de la ventosa dispone de un flotador que cierra un pequeño orificio. La fuerza resultante de la presión de la tubería sobre el pequeño orificio es menor que el peso del flotador, amplificado por ingeniosos mecanismos de palancas, por lo que el purgador, que así se denomina esta zona de la ventosa, abrirá expulsando el aire, cerrándose al llegar de nuevo agua al flotador.

- Válvula de cierre. La ventosa representada en la Figura 3 dispone, además, de un dispositivo de cierre, que permite el mantenimiento de la válvula sin desmontarla de la línea y evita la instalación de una válvula de cierre adicional. Este elemento no está disponible en todas las ventosas del mercado, pero es altamente recomendable.

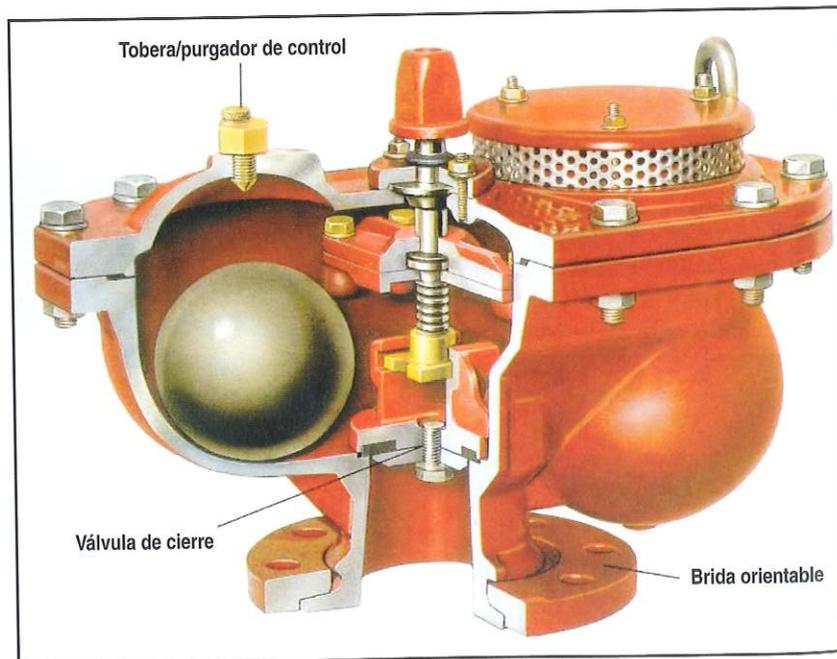


Figura 3. Válvula de ventosa.

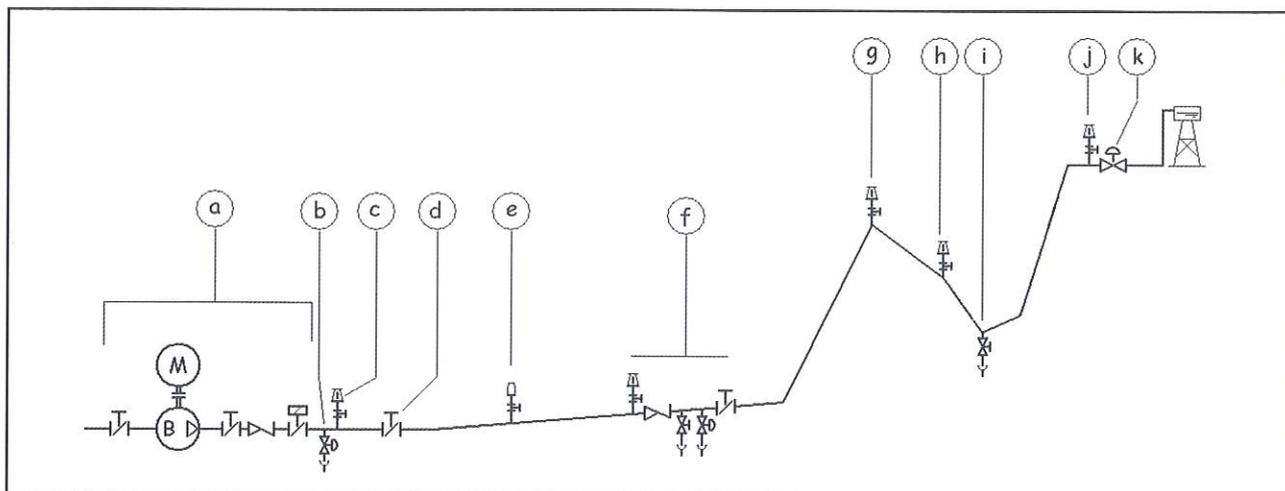


Figura 4. Esquema de impulsión de agua hasta un depósito elevado.

4. Grupos de control

El control de una conducción de agua debe asegurar que ésta circule sin trabas cuando se quiera, y que se detenga, sin fenómenos transitorios, al pararla. Las operaciones especiales, sean intencionadas, como el llenado o el vaciado, o catastróficas, como una rotura o corte de corriente, no deben afectar a la conducción. Este ideal es difícilmente alcanzable. No obstante, para aproximarnos al mismo se dota a la instalación con grupos de control, formados por una serie de válvulas, en el orden, dimensionado, función y diseño adecuados, colocados además en el emplazamiento óptimo. En la Figura 4 se define, a modo de ejemplo, un esquema de una impulsión de agua, con las siguientes descripciones:

- A: en el propio grupo de bombeo se coloca una válvula de cierre a la entrada y otra a la salida, que permitan dejar fuera de servicio al grupo para su mantenimiento. En la impulsión se coloca, a continuación, una válvula antirretorno, que proteja al grupo de la inversión del flujo de agua, de golpes de ariete y del resultado de maniobras mal concebidas. Dependiendo ya del sistema de arranque que se haya diseñado para nuestro grupo, se coloca seguidamente una válvula automática, que abrirá con el grupo en marcha y cerrará antes que

El control de una conducción de agua debe asegurar que el fluido circule sin trabas y que se detenga si así se ordena

éste, para minimizar los siempre nocivos cambios bruscos de régimen de circulación.

- B: en la impulsión general se coloca un sistema antiarriete. En impulsiones de cierta importancia (se excluyen las impulsiones de pequeños caudales y los trasvases del Nilo), este sistema suele consistir en un grupo de válvulas de las llamadas anticipadoras de onda, que detectan la bajada de presión causada por una parada intempestiva de los grupos y comienzan el proceso de apertura, de forma que cuando la onda de choque llegue a los grupos se encuentre las válvulas abiertas, disminuyendo la sobrepresión causada y minimizando los rebotes de la onda.

- C: a la salida de la estación de bombeo se coloca una ventosa. El

cambio de condiciones de presión y velocidad puede originar la separación del aire contenido en el agua, mientras que el mantenimiento de las bombas puede exigir el vaciado de la conducción y su puesta en marcha precisará de evacuación de aire.

- D: una válvula de cierre a la salida de la estación permitirá poner fuera de servicio la estación de bombeo de agua potable (EBAP) completa, para mantenimiento de cualquiera de sus válvulas, bombas o equipos. Obviamente, no representada en este esquema, es necesario colocar una válvula similar a la entrada de la EBAP.
- E: en los tramos sensiblemente horizontales o de poca elevación, con separación máxima de 500 m, se colocan ventosas monofuncionales, denominadas purgadores, para evitar el movimiento incontrolado de bolsas de aire.
- F: Como máximo cada 1.000 m se coloca una ventosa trifuncional, aprovechando los puntos donde la ingeniería haya determinado la colocación de una válvula antirretorno. El conjunto completo constará de, en el sentido del agua, ventosa trifuncional, válvula antirretorno, válvula de vaciado, válvula de seguridad y válvula de cierre. Su misión es eliminar las bolsas de aire que arrastre el agua en funcionamiento normal, dejar

salir el aire durante el llenado de la conducción y permitir la entrada de aire cuando se vacíe el tramo aguas arriba. Frenan el retroceso del agua, fragmentan el golpe de ariete, permiten el vaciado del tramo aguas abajo, alivian la sobrepresión del golpe en la antirretorno y permiten cortar la impulsión para facilitar el mantenimiento del todo el grupo.

- G: en todos los puntos altos se coloca una ventosa trifuncional, con la misión que se le supone en las fases de llenado, vaciado y funcionamiento de la impulsión.
- H: en las bajadas y en los cambios de pendiente, se forman cambios de velocidad que actúan como puntos altos geométricos, impidiendo que el aire vuelva a la ventosa anterior. Una ventosa trifuncional resuelve el problema de manera satisfactoria.
- I: en los puntos bajos se conecta una válvula de vaciado, canalizando la salida adecuadamente en función del entorno.
- J: si en la conducción hay válvulas de funcionamiento automático, por ejemplo reductoras de presión, válvulas de llenado de depósitos, etc., el cierre de éstas puede provocar la entrada en depresión de la conducción, siendo necesaria la colocación de una ventosa para eliminar esta eventualidad.
- K: ésta es la válvula de funcionamiento automático. Esto es una simulación, aunque puede encontrarse diseñada así por algunas ingenierías que se acercan al mundo del agua. La parada de los grupos de bombeo se produce al detectar el aumento de presión de la impulsión, provocado por el cierre de la válvula automática. En cambio, el criterio que se debe aplicar es que es preferible el paro por detección de nivel alto en el depósito, bien por un sistema de boyas o bien por un sensor ultrasónico, señal que se envía a la estación de bombeo por el medio que sea más cómodo y menos oneroso: fibra óptica, cable coaxial, par trenzado,

señal de radio, etc. Siempre es menos peligroso un rebose del depósito por falta de señal que hacer funcionar a los grupos de impulsión contra las válvulas cerradas, sobre todo cuando éstos son de potencias respetables.

5. Notas de montaje

Hay que llamar la atención sobre algunos puntos que pueden ser discutidos, o que pueden ser atendidos o no, pero cuyo conocimiento hará que se acepten o rechacen con conocimiento de causa.

Las válvulas automáticas deben montarse con una válvula de cierre que permita su fuera de servicio para el mantenimiento

Las válvulas automáticas, sean reductoras, sostenedoras, antiarriete o simples ventosas, han de montarse con una válvula de cierre que permita su puesta fuera de servicio para el mantenimiento. Esto, en principio lógico, puede dar lugar a problemas cuando, por pequeñas fugas, se deja fuera de servicio una ventosa en espera de su corrección. No se le da importancia y falla cuando debe funcionar, achacándosele el fallo a la propia ventosa.

Las válvulas que se colocan junto a las válvulas antirretorno, particularmente las que se colocan a lo largo de la conducción, suelen sufrir movimientos bruscos cuando éstas actúan. Si la unión de las tuberías con la obra civil, particularmente la salida de las válvulas de alivio que suele estar perpendicular a la dirección del movimiento, no se hace con

elementos elásticos, las tensiones mecánicas pueden provocar fuga. Si la fuga se dirige al terreno, amén de la indeseable pérdida de agua, puede socavar la arqueta, provocando averías más serias que una simple fuga.

En canalizaciones de una cierta longitud con pendientes nulas o muy pequeñas, es conveniente la creación de falsos puntos altos y puntos bajos para facilitar la acumulación del aire y el vaciado de la tubería.

Cuando la tubería es de gran diámetro se forma en la parte superior un cordón de aire que puede no ser adecuadamente atrapado por los purgadores. Estos, de diámetro práctico máximo de unos 5 cm, pueden ser mejorados por medio de atrapaburbujas, de diversos e imaginativos diseños, que captan el aire en una zona amplia y lo concentran en el purgador.

La colocación de válvulas auxiliares no afecta de forma apreciable al presupuesto final de la instalación pero puede facilitar muy favorablemente las funciones de mantenimiento. Válvulas de corte en caudal, ventosas, válvulas para el vaciado de los tramos susceptibles de aislarse, tomas de agua para servicio de instalación, tomas para limpieza, desaireación manual, inspección, etc., son detalles que suelen pasarse desapercibidos durante el montaje pero que hay que colocar después para mejorar la explotación de la estación de bombeo de agua.

6. Dimensionados

6.1. La EBAP

Los criterios que se exponen en la continuación son para la EBAP, bien sirven también para los bombeos de agua bruta, riego, etc., más que aplicarles las oportunas modificaciones. La primera consideración en el cálculo de una red de agua es la población servida, es decir, el consumo previsto en el punto de destino. La experiencia aconseja prever futuras ampliaciones, teniendo en cuenta el efecto llamada

la dotación de agua a una zona hace sobre el resto de industrias o habitantes.

Las redes de agua potable, por lo general, se dimensionan para abastecer un depósito en el punto final, que será el que realmente suministre el agua a la población. Esto tiene la ventaja, sobre un bombeo a demanda, de tener un tiempo de respuesta ante problemas que puedan presentarse en el sistema de bombeo, o en la propia conducción: falta de corriente, roturas, mantenimiento correctivo o preventivo, etc.

La EBAP se dimensiona para suministrar durante 8 horas el caudal diario, posibilitando así su empleo en horas valle, con menos afecciones al sistema general de abastecimiento de agua. Esto, ya de por sí, constituye una salvaguarda para el futuro, ya que se puede ampliar dicho horario para disponer de más agua en el punto de destino, contando siempre con un depósito con capacidad superior al doble de la demanda diaria, para evitar frecuentes arranques y paradas de los grupos de bombeo.

Las EBAP se suelen diseñar con tres grupos de bombeo, en configuración 2+1 (dos grupos funcionando y uno en reserva) con objeto de aumentar la disponibilidad. En épocas de bajo consumo puede disponerse de un solo grupo, para el funcionamiento normal se colocaran dos en paralelo, durante las horas previstas, y para casos extraordinarios (limpieza de los depósitos y posterior llenado, incendios, etc.).

6.2. Conducción

El diámetro de la conducción se calcula por medio de elaboradas teorías, que tienen en cuenta tanto el tiempo de retorno del capital invertido como la relación futura entre el costo de la energía y el de los materiales. Por ello se debe establecer en primer lugar los criterios técnicos, justificando después los económicos. La conducción, conocido ya el caudal de régimen, y a salvo de otras consideraciones que limiten

Diámetro de la tubería (pulgadas)	12	14	16	18	20	24	30
Diámetro del vaciado (pulgadas)	6	6	6	6	8	8	10

Tabla 1. Cálculo del dimensionada de la válvula de vaciado.

nuestra capacidad de elección, la dimensionaremos para que la velocidad sea cercana a 1 m/s con el caudal previsto. Esto permitirá mantener bajas las pérdidas de carga, mantendrá útil la conducción durante más tiempo y permitirá, si en el futuro se queda corta, aumentar el caudal simplemente cambiando los grupos, hasta alcanzar 1,5 m/s. Una vez establecido el diámetro, se empieza a dimensionar las válvulas de la conducción.

6.3. Válvulas de vaciado

El dimensionado del caudal de descarga es laborioso y, necesariamente, inexacto, ya que depende del número de válvulas de vaciado, la secuencia de apertura, el perfil de la tubería, etc. Cuando no se dispone de tiempo o recursos para hacer este cálculo, se puede recurrir a recomendaciones derivadas de la experiencia, como la que se transcribe en la **Tabla 1**.

El caudal que deja pasar la válvula de desagüe se determina en función de la diferencia de cota entre la ventosa y el desagüe (H), y por la sección del mismo, determinada por su diámetro interno, modificado por el coeficiente de salida del orificio (C_o) que depende fundamentalmente del diseño geométrico del mismo y de la distancia a la tubería principal, adoptándose generalmente 0,6:

$$Q_l = C_o \times S \times \sqrt{2gH}$$

Este caudal puede ser excesivo, ya que la velocidad de salida, para alturas relativamente pequeñas, puede alcanzar valores muy altos. En este caso, se limitaría la salida por medio de la abertura parcial de la válvula.

6.4. Ventosas

Determinado el caudal máximo, se puede emplear para dimensionar la ventosa necesaria, consultando las tablas del fabricante de nuestra preferencia. Estas tablas indican el diámetro mínimo de la ventosa tanto para la entrada de aire como para su expulsión. Se calcula primero el caso de la salida de aire. El caudal será el que suministren las bombas, limitándolo en caso necesario hasta alcanzar una velocidad en la tubería de 1 m/s. El caudal de aire expulsado es el mismo que el de agua de entrada, y la contrapresión que se debe mantener en la tubería es de 0,14 kg/cm³. Con estos dos datos ya se puede obtener una válvula, empleando las tablas de ese fabricante (Nivel A). Por ejemplo, se pueden emplear los datos de la **Figura 5**, publicada por Vamex.

Se limita la velocidad de llenado para evitar el cambio brusco de velocidad al terminar de llenarse la tubería, ya que el caudal evacuado por las ventosas pasa del calculado a cero, al cerrarse el paso, pudiendo provocar el temido golpe de ariete. Las velocidades de llenado más habituales oscilan entre 0,1 y 0,5 m/s.

La velocidad de vaciado se limita por la contrapresión que se puede aplicar a la ventosa. El caudal de aire es proporcional a la presión de entrada, que en este caso es la atmosférica, y a la diferencia de presión. Cuando el flujo de aire alcanza la velocidad del sonido, que se produce a la presión diferencial de 0,5 bar, un aumento de la diferencia de presión no supone aumento del caudal, por lo que nos limitaremos a esa diferencial. En la práctica, objetivo de este artículo, la presión diferencial no pasará de 0,35 bar (Nivel B), limitando los esfuerzos negativos a aplicar sobre juntas, compensadores

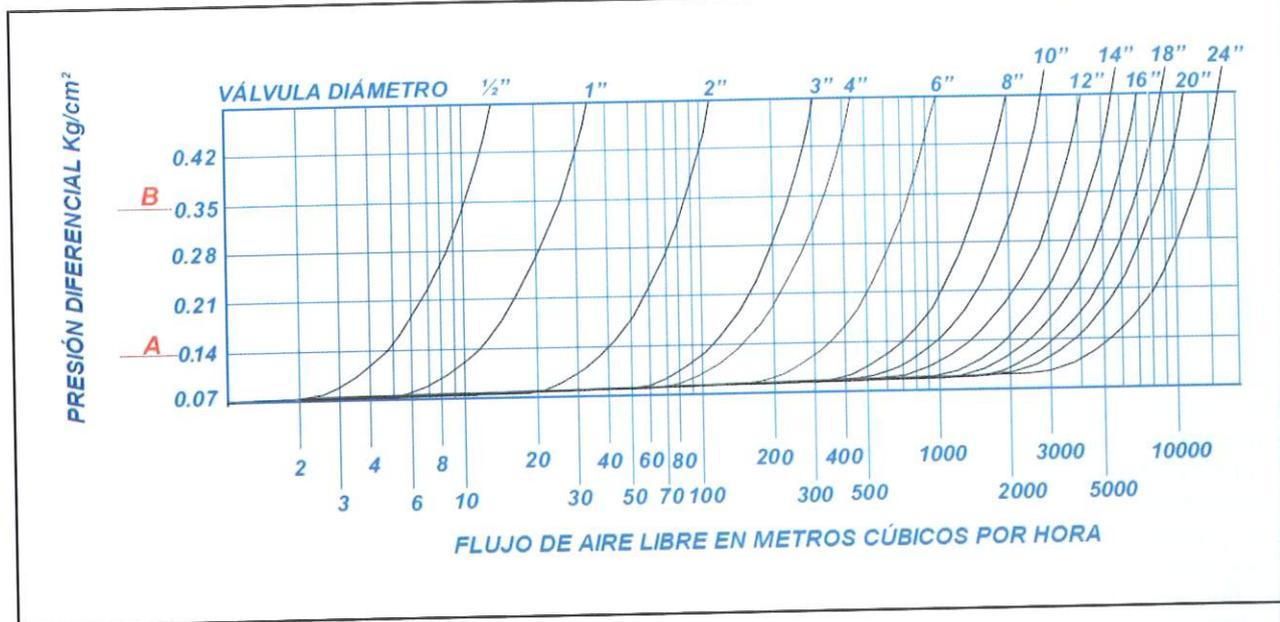


Figura 5. Datos del fabricante Vamex para el flujo de aire libre.

de dilatación, cierres de las bombas y paredes de las tuberías. A partir del caudal ya calculado de salida que admite la válvula de vaciado, se puede encontrar el orificio de entrada adecuado.

Una vez determinados ambos diámetros, se elige el mayor. Si la diferencia entre ambos es grande, cabe la posibilidad de elegir válvulas monofunción, diferenciadas, lo que puede significar un importante ahorro económico en canalizaciones de grandes diámetros. Esta diferencia, para las canalizaciones usuales hasta unos 1.000 mm, no es significativa respecto al costo total de la instalación e introduce un factor de inseguridad notable.

Las ventosas comerciales se distinguen habitualmente por el diámetro nominal de la conexión, pero es necesario atender a las características técnicas de la válvula, o a las capacidades publicadas por el fabricante. La sección interior de paso puede no coincidir con el diámetro nominal, el propio paso de la brida de conexión puede ser reducido o la concepción interior de la válvula puede no permitir el funcionamiento a presiones diferenciales altas. Para diferenciales de presión superiores al recomendado, de 1,5 mca,

la velocidad del aire puede arrastrar el flotador y estamparlo contra el cierre, provocando averías mecánicas en la propia ventosa, aumentos de presión en la conducción, atrapamiento de bolsas de aire, etc.

7. Conclusiones

Cuando se diseña una conducción se suele prestar mucha atención a la forma de tender la tubería, pendientes que ha de salvar, profundidad de la excavación, proceso de relleno y compactación de la zanja, protección sobre la tubería, protección de la misma contra corrientes vagabundas, diámetro más económico, pérdidas de carga admisibles, golpes de ariete, empujes en los cambios de dirección, anclajes en pendientes ascendentes o descendentes, paso de puntos singulares como vías de ferrocarril, canales o carreteras, pero se suele obviar el cálculo de las válvulas que controlan esa conducción.

Se ha indicado que el tipo, el diámetro, la forma de cierre y la relación entre las válvulas auxiliares, es una característica que puede mejorar sustancialmente la explotación de una impulsión, sea ésta forzada o de gravedad.

Las válvulas auxiliares no son imprescindibles para el funciona-

miento de la impulsión, pero previenen averías, facilitan su puesta en marcha y su mantenimiento y permiten su explotación continua durante más tiempo, minimizando las paradas de mantenimiento y aumentando la tasa de disponibilidad.

La instrumentación y control halla al final de la obra y sujeta, por tanto, a un mayor riesgo de recorridos presupuestarios. Debe prevenir siempre su implantación con independencia de su ejecución inmediata o no, puesto que el futuro pasará a forma imprescindible por la automatización de las instalaciones de impulsión y el ahorro energético, aunque éste es ya otro tema distinto de las válvulas.

8. Bibliografía

- [1] Mateos de Vicente, M. 'Válvulas para abastecimientos de agua'. Bellisco Ediciones Técnicas.
- [2] Curso de ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua. Cátedra de Mecánica de Fluidos de la Universidad Politécnica de Valencia (UPC).
- [3] Boletines técnicos de Comeval en www.comeval.es.
- [4] Manuales de Vamex, en www.vamex.com.mx/manuales.htm.