

RESPUESTA DEL AUTOR

Agradezco sinceramente a nuestro compañero Antonio Ruiz Requena sus comentarios sobre mi artículo y sus matizaciones sobre el mismo. No veo, sin embargo, discrepancias fundamentales entre lo que decimos ambos; algunos de sus comentarios quedaron reflejados, implícita o explícitamente, en él.

En primer lugar debo aclarar que este trabajo fue escrito hace un año y estuvo, por tanto, varios meses en la "lista de espera" para su publicación, si no me equivoco desde el mes de febrero. Ha sido, por tanto, pura casualidad que la aparición del mismo haya coincidido con "el problema candente de la desprivatización del Metro", no habiendo tenido, por tanto, ninguna influencia sobre la generalidad con que el tema ha sido estudiado.

De todos modos he procurado tratar en él un problema, que a mi entender no es de empresa privada más que si acaso como excepción, ya que como en él digo, ésta ha desaparecido prácticamente como tal del transporte urbano en todo el mundo, al menos en lo que a grandes Compañías se refiere.

En lo esencial estoy de acuerdo con nuestro compañero, en que el transporte público debe ser pagado por el que se beneficia de dicho servicio, y el beneficiario es no sólo el viajero, sino también la comunidad urbana en general.

Por tanto, las autoridades municipales o regionales deberían sufragar la parte de los costes del transporte que no paga el público. Pero ¿pueden hacerlo hoy día? La precaria situación económica de los municipios soporta difícilmente esta carga, y no sólo en España, sino en la mayoría de los países occidentales. ¿Quién paga, pues? He aquí el problema.

No tengo prejuicios sobre los precios políticos en el transporte urbano; éstos no son más que una decisión política que los gobernantes deben tomar "con todas sus consecuencias", es decir, no basta con implantarlos, sino que hace falta atribuir los recursos necesarios para hacerlos posibles. El modelo de la RATP de París, creo que es un ejemplo, como ya dije, en cuanto a manera de actuar de forma que no queden relegados los intereses del usuario, ni disminuidos los recursos de la empresa, indispensables para un buen servicio. Con soluciones así podría llegarse, al menos teóricamente, al transporte gratuito, contra el que tampoco tengo prejuicios, aunque lo crea sinceramente inviable, al menos en un próximo futuro.

No he tratado tampoco de calibrar las ventajas y desventajas de la empresa pública y la empresa privada. Un trato inadecuado en cuanto a tarifas y subvenciones las afecta a ambas de forma paralela. Le ruego a nuestro compañero pase revista a las Compañías de Transporte Urbano municipales, y compruebe la incidencia de los precios políticos no compensados en su economía.

Por lo demás, si en aras de una "Política" (con P mayúscula) se decide que son necesarios los precios políticos, se deberá no solamente decretarlos, sino atribuir de alguna manera los recursos necesarios para mantenerlos. Desgraciadamente existen también otras políticas (con p minúscula), que decretan precios políticos sin buscar como contrapartida los recursos necesarios para sostenerlos.

No he dicho, por otra parte, que los problemas que tiene el transporte urbano se deban solucionar con una subida de tarifas a ultranza, pero deberá siempre ser tenido en cuenta, que económicamente una congelación de éstas en valor nominal representa, a causa de la inflación, una constante disminución de la misma en su valor real. La decisión en todo caso deberá ser Política (con P mayúscula).

Comentarios al artículo "Método simplificado para el predimensionamiento de recipientes de aire comprimido como protección antiariete", de José María Hernández Krahe, publicado en mayo de 1976.

Por ENRIQUE MENDILUCE ROSICH, Ingeniero Industrial.

Preparo estos comentarios al artículo que con el precedente título apareció en el número de mayo de 1976, de esta Revista, para su publicación en la sección que corresponda, contando con la benevolencia del Comité de Redacción en cuanto al dilatado plazo en que se presenta debido a no haber tenido noticias de él, hasta hace poco tiempo.

Su autor se refiere en su trabajo a mi artículo de diciembre de 1974, publicado también en esta Revista, presentando objeciones a mi fórmula abreviada para cálculo del volumen del amortiguador y de forma más general a la "aproximación Mendiluce-Corbellini".

Hubiera sido preferible que tal trabajo se hubiese dividido en unos comentarios concretos sobre mi trabajo y en la justificación y deducción de su fórmula simplificada, con lo cual la Revista me hubiera informado de los primeros y hubiese enviado mis comentarios a tiempo.

Voy a tratar de referirme a lo que me afecta más directamente de la forma más breve posible, manifestando previamente que el trabajo en cuestión es confuso, comete serios errores y es poco prudente.

Es confuso porque si el reparo que encuentra en mi fórmula es debido a que desprecia la energía de la pérdida de carga, no tiene justificación que la empareje con el método de Corbellini, que no la desprecia.

El balance de energías que realiza Corbellini es sustancialmente igual que el que se utiliza para el cálculo de los tradicionales calderines de aire, cuya aproximación a los resultados reales está fuera de discusión.

En el caso de los amortiguadores de aire comprimido, en los que la expansión del aire es muy limitada, puesto que la presión de hinchado en taller es del 0,9 de la presión manométrica, la energía absorbida por el rozamiento del agua, después del corte de corriente eléctrica.

a velocidad decreciente que se anula al final de la primera oscilación, es muy pequeña, del orden del 0,5 por 100 de la absorbida en la compresión del aire, por lo que no hay imprudencia al despreciarla, sino todo lo contrario, puesto que de esta forma el volumen teórico obtenido será ligeramente superior al necesario, y la presión máxima lograda será algo inferior a la de cálculo.

Comete serios errores.—Se me reprocha que en el ejemplo de cálculo de mi artículo antes citado no realice la valoración previa del golpe de ariete, lo cual es explicable cuando se trata de exponer la justificación de la fórmula abreviada del volumen de un amortiguador y no se desea alargar inútilmente un trabajo.

Su alusión a esta omisión pudiera interpretarse como el deseo de hacerme una demostración de la forma de calcularlo y utilizando conceptos y la fórmula del tiempo de parada, establecidos por mí, obtiene un valor de la caída de presión, que luego caprichosamente lo aumenta. Pero lo sorprendente es que después de valorar en 34 metros la caída de presión, bajo la presión geométrica de 44 metros, deduce que la sobrepresión será de 99,39 metros, es decir, que la presión máxima total se elevaría a 143,39 metros, cuando en tales condiciones, nunca podrá pasar de 78 metros.

Refiriéndose al mismo ejemplo, en los cálculos comparados que realiza por otro sistema, deduce que el volumen de líquido que sale del amortiguador será de 132,74 litros cuando el máximo líquido que puede salir de un volumen nominal de 400 litros es de 40 litros, ya que como decimos la presión de hinchado es de 0,9 la presión manométrica.

No creo necesario extenderme en otras objeciones, considerando que las expuestas son suficientes para desautorizar el resto del trabajo que comentamos.

Es poco prudente.—Porque antes de emitir juicios subjetivos desfavorables, no solamente para una fórmula de cálculo, sino también para la efectividad de unos dispositivos, cuyo uso está ya muy extendido, resulta imprescindible un conocimiento más profundo de ambos que el que demuestra el autor del trabajo.

Un profesor adjunto de Mecánica de Fluidos ante cuyos conocimientos teóricos generales, me inclino respetuosamente, no ha de sentir la menor responsabilidad respecto a la eficacia de ningún dispositivo de esta clase, como consecuencia de las ideas expuestas en su trabajo, mientras que un error de bulto del cálculo de Corbellini o de mi fórmula abreviada, acabarían por retirar de la circulación a los aparatos que pretenden dimensionar.

Afortunadamente todos los amortiguadores de aire que han sido dimensionados con mi fórmula desde hace más de tres años, limitan la presión a valores muy próximos a los de cálculo, lo que en cada caso se comprueba en la recepción de la protección, sin que se haya producido la más mínima reclamación en centenares de amortiguadores actualmente en servicio.

En demostración práctica de lo que acabo de manifestar creo interesante presentar los cálculos previos y los resultados reales de algunas protecciones que están funcionando a plena satisfacción de los usuarios.

A petición del ingeniero encargado del abastecimiento de agua de Ceuta se estudió la protección de la siguiente impulsión:

$$\begin{aligned} L &= 1.810 \text{ m} & H_g &= 89 \text{ m} \\ Q &= 100 \text{ l/s} & j &= 9 \text{ m} \\ \varnothing &= 300 \text{ mm} & a &= 974 \end{aligned}$$

Cálculo del golpe de ariete.

Siendo:

$$C = 1 \text{ y } K = 1, \quad T = 1 + \frac{Lv}{gH_m} = 3,6 \text{ s};$$

$$I_c = \frac{aT}{2} = 1.750$$

la impulsión es "larga" y el golpe de ariete es el de Allievi:

$$\Delta H = \frac{aV}{g} = 140 \text{ m y } H_m = 229 \text{ m}$$

Cálculo del volumen de la protección.

Considerando aceptable la presión total máxima de 12 atm, que representa una reducción de la máxima previsible sin protección de más de 10 atm.

$$\alpha = \frac{13}{10,8} = 1,20; \quad W = 52 \text{ y } V_n = \frac{W L Q^2}{P_m D^2} = 968 \text{ l}$$

adoptándose una protección de 1.000 litros, garantizando una presión máxima no superior a 12 atm.

Las pruebas oficiales de recepción permitieron comprobar que la sobrepresión quedó limitada a 2 atm, extendiéndose el correspondiente certificado.

La Sociedad General de Aguas de Barcelona solicitó la instalación de una protección para reducir la oscilación de presión, por parada de motores, en una elevación de aproximadamente 10 atm. Realizado el cálculo resultó un volumen de 100 litros para elevar la presión mínima a 6 atm y reducir la máxima a 10 atm. Las pruebas de recepción anotaron las presiones extremas de 5,3 y 9,4 atm, según se recoge en el correspondiente certificado.

Es oportuno indicar que los amortiguadores del modelo que tengo estudiado pueden utilizarse a voluntad para corregir también la caída de presión, con lo cual se evita la posibilidad, tan temida por algunos teorizantes, de que algún tramo de las impulsiones pueda registrar presiones inferiores a la atmosférica.

Mi intención fue completar mi trabajo de diciembre de 1974 con la fórmula modificada para conseguir ambos objetivos simultáneamente, pero como no la tenía experimentada preferí incluirla en posterior publicación de junio de 1976 en esta revista, siendo la instalación que acabamos de citar una magnífica referencia de la aproximación que con ella se consigue.

En la elevación de Echevarri, del Consorcio para el Abastecimiento del Gran Bilbao, se venía registrando pre-

siones máximas de 22 atm, provocadas por los cortes de energía, siendo las características de la impulsión de tubería de fundición las siguientes: 931 metros de longitud, 300 milímetros de diámetro, 71,25 litros por segundo de caudal y 123 metros de altura manométrica.

Considerando conveniente el Consorcio reducir esta elevada presión solicitó el correspondiente estudio, que exponemos a continuación y que iniciamos con el cálculo del golpe de ariete, que como ya lo conocemos nos servirá de demostración de la aproximación en el cálculo, proporcionada por otra fórmula, también discutida *soto voce* por algunos.

Se trata de mi expresión empírica del tiempo de parada, que aplicada en este caso nos da el siguiente resultado

$$t = C + \frac{K L V}{g H_m} = 1 + \frac{1,28 \times 931 \times 1}{9,81 \times 123} = 1,98 \text{ s}$$

$$I_c = \frac{a t}{2} = \frac{1.100 \times 1,9}{2} = 1.089 \text{ m}$$

La impulsión es corta, pero próxima a la longitud crítica, por lo que la fórmula de Michaud nos ha de dar gran aproximación por exceso

$$\Delta H = \frac{2 L V}{g t} = 95,8 \text{ m}$$

La pérdida de carga total en la impulsión pueda valorarse en $0,003 \times 931 \approx 3$ metros con lo que la altura geométrica será de 120 metros, y por consiguiente:

$$H_{\text{t}} = 120 + 95,8 = 215,8 \text{ m}$$

Considerada aceptable una elevación de la presión en 1,5 atm sobre la presión manométrica se realizó el siguiente cálculo del volumen de aire:

$$\alpha = \frac{14,8}{13,3} = 1,11 \quad W = 88 \quad V_{\text{ii}} = 345 \text{ l}$$

Se propuso y fue aceptada la instalación de dos amortiguadores de 200 litros, garantizando una presión menor de 13,9 atm, y las pruebas de recepción realizadas registraron una presión máxima de 13,5 atm. Este satisfactorio resultado está igualmente reflejado en el certificado que, juntamente con los otros dos mencionados, pongo a disposición de los que deseen conocerlos.

Para mayor facilidad en la comparación presento el cuadro con los resultados garantizados como consecuencia de los cálculos teóricos de la protección y los registrados en las pruebas de recepción en los casos citados:

Instalación	Presiones	
	Garantizadas	Comprobadas
Ceuta	12	10,9
Echevarri	13,9	13,5
Barcelona	10	9,4
Barcelona	6	5,3

Invito a mi censor a que demuestre que con su expresión del volumen de aire, muy similar a la mía, se obtiene tanta aproximación como la que acabo de acreditar de forma tan fehaciente.

RESPUESTA DEL AUTOR

En primer lugar, todo método simplificado de predimensionamiento se obtiene a partir de un método general al que se le van imponiendo sucesivas hipótesis de simplificación. La aproximación de parámetros concentrados (oscilación en masa) ya es una simplificación de cálculo no válida en la mayoría de los casos prácticos requiriéndose en su lugar el empleo de la solución exacta de parámetros distribuidos (golpe de ariete de onda). Dentro de la solución de parámetros concentrados pueden imponerse más simplificaciones como la no consideración de la pérdida de carga, el desprecio de la variación del nivel del líquido en la cámara, elección del proceso de compresión, estudio termodinámico, etc. Pues bien, no creo que sea confuso el estudiar comparativamente las desviaciones obtenidas entre las distintas soluciones aproximadas y la solución exacta. Siento mucho el que el señor Mendiluce no entienda el proceso de cálculo seguido donde obtengo valores no reales, pero sí necesarios para entrar en las fórmulas y tablas expuestas hasta determinar finalmente los valores reales aproximados definitivos. (En el ejemplo en cuestión presión máxima de 65,82 m y sobrepresión máxima de 11,47 m con el volumen de aire predimensionado.)

En segundo lugar, quiero recordar al señor Mendiluce que todo procedimiento de cálculo simplificado debe tener unas limitaciones para su uso práctico en un determinado sistema hidráulico, ya que no todos son iguales ni en las características físicas que presentan ni en los inconvenientes que motivan la necesidad de protección antiarriete. La ausencia de estas limitaciones (técnicas y económicas) puede originar en algunas Confederaciones Hidrográficas el empleo de estas aproximaciones como única solución viable siendo el resultado final la utilización injustificada de protecciones completamente antieconómicas. No creo que esto sea emitir un juicio subjetivo poco prudente sino poner de manifiesto una realidad.

Finalmente, parece evidente que cualquier persona que exponga un método simplificado ha debido obtener buenos resultados en determinados casos prácticos. Lo cual le ha ocurrido al señor Mendiluce, al señor Corbellini, a mí y a muchos otros. Sin embargo, esto no indica de forma absoluta la validez de un procedimiento, ya que por experiencia personal en muchas de las impulsiones verificadas (nacionales y extranjeras) y aun siendo mi aproximación más conservadora que la de Mendiluce he obtenido desviaciones importantes con la solución exacta, lo que me obligó a definir para la aplicación de la solución de parámetros concentrados las limitaciones expuestas anteriormente.