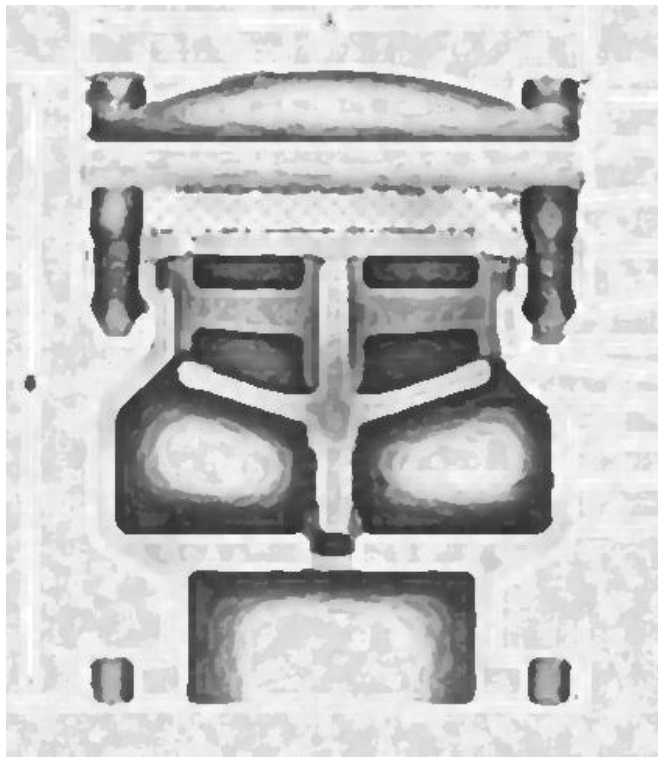


VENTOSAS



Autor:

Pedro Gea

rao Estudios y proyectos S.L.

INDICE

1. Ventosas, su relación con la velocidad de llenado de una tubería

Purgadores o válvulas ventosa de efecto automático.

Ventosa de efecto cinético.

Ventosa de doble efecto.

Cantidad de aire que pasa por un orificio.

Cálculo del caudal con el que debe llenarse una tubería

Caudal de vaciado de una tubería, dependiente del diámetro y de la pendiente.

2. Un problema: *El aire*; una solución: *Las ventosas*.

Conclusión.

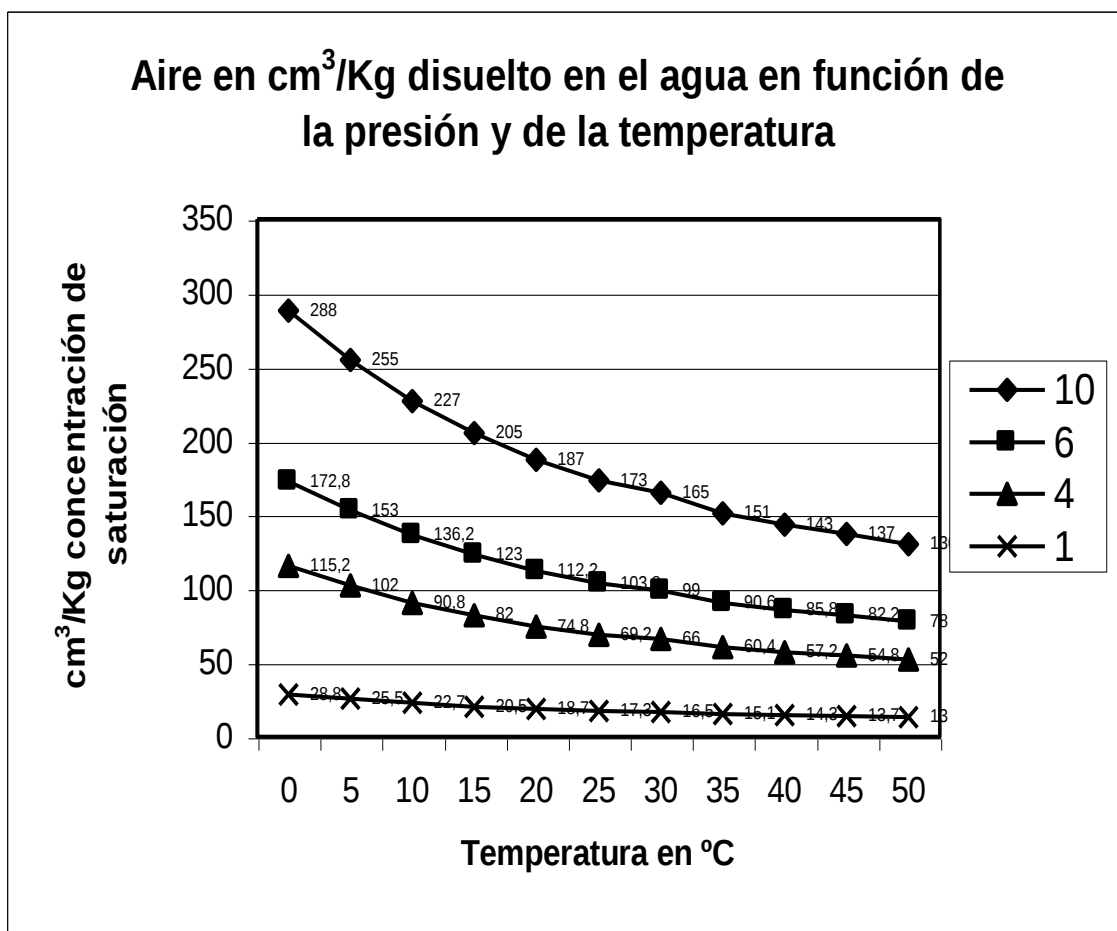
Profundización en el tema

3. Cálculo de colapso en tuberías

VENTOSAS, su relación con la velocidad de llenado de una tubería.

Teoría:

- El aire siempre existe en una tubería y, por bajada de la presión o por aumento de la temperatura, se libera del agua.
- Para que el agua entre en una tubería se tiene que sacar primero el aire y a la inversa.



Ejemplos prácticos: VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Práctica:

Hay una consecuencia cuando nuestro contador mide aire, multiplica por mucho la medición de lo que sería medir agua. Naturalmente cada contador y tubería con presiones distintas varían. Pero por ejemplo 1 m³ de agua puede equivaler a 27 m³ de aire a efectos de medida del contador y por lo que mide el contador pagamos.

Recordatorio de la charla de válvulas de Fernando Gea

El funcionamiento de una ventosa se basa en que un objeto flota en el agua si el volumen de líquido que desaloja es superior a su peso. Flota la madera, una boya y un barco de hierro. Arquímedes.

Las funciones que pueden efectuar las ventosas son dos:

1. Como purgadores, con agujero de salida pequeño, capaces de desalojar pequeñas cantidades de aire, estando la instalación con presión.
2. Evacuar o admitir cantidades importantes de aire (agujero grande) con poca presión cuando la tubería se está llenando o vaciando voluntaria o accidentalmente.

Los distintos tipos de válvulas ventosa que se pueden establecer son:

- a) **Purgadores o válvulas ventosa de efecto automático.**
- b) **Ventosas de efecto cinético.**
- c) **Ventosa de doble efecto.**

a) PURGADORES O VÁLVULAS VENTOSA DE EFECTO AUTOMÁTICO

Tienen para evacuar el aire un agujero muy pequeño por lo que evacuan pequeñas cantidades de aire con mucha presión.

b) VENTOSAS DE EFECTO CINÉTICO O DE BAJA PRESIÓN

Es una ventosa de orificio grande para evacuaciones o admisión de grandes caudales y es la que verdaderamente tiene relación directa con el título de nuestro artículo, su relación con el llenado y vaciado de una tubería. Llevan determinados sistemas para que el aire no las cierre.

Esta ventosa debe diseñarse para el material en el que se debe instalar, no es lo mismo instalar una ventosa en tubería de PVC de 4 atmósferas con una pared muy fina, que en una tubería de PVC con 16 atmósferas donde, la pared es más gruesa. La primera con una depresión pequeña se aplastaría o colapsaría, y la segunda no.

Para plantarnos qué ventosa elegir, hay que tener en cuenta los caudales, que en el caso de una impulsión estarán en función de la bomba generalmente y, en el caso de una conducción, estarán en función de la pendiente que tenga la tubería sobre todo en roturas.

Los riesgos que se corren en la entrada es que, si el aire sale a mucha velocidad el golpe del agua contra cualquier obstáculo puede provocar una fuerte sobrepresión. Cuando en una tubería se abre una válvula o se produce una rotura en una parte baja de la instalación el agua sale con toda la fuerza que le da el desnivel y si no entra suficiente aire, se puede colapsar la tubería.

Algunos montadores, para calcular la ventosa cinética, dividen por 4 el diámetro de la tubería. Yo he visto dividir hasta por 12 y es que es un tema que se presta a muchas interpretaciones porque, en el fondo depende, no de nombre y la nacionalidad del fabricante, ni de los gráficos y justificaciones técnicas, sino de los resultados que dé una vez incorporadas al sistema.

En caso de abrir una válvula o romperse la tubería en un punto bajo cuanto agua circularía por ella (la máxima para ese diámetro sería la que le permitiese el desnivel), si no disponemos de datos tomamos el caudal. y en función de la pendiente del terreno le damos un 11% más para pendientes de un 5‰, para pendientes de 10‰ metr/Km, le daríamos un 22%.

c) LAS VENTOSAS DE DOBLE EFECTO

Como ya podéis suponer son una combinación de las anteriores.

Cantidad de aire que pasa por un orificio.

Supuesto que la presión es igual a 760 mm de mercurio ó 1 atmósfera ó 10.33 metros de columna de agua y que su temperatura es de 25 grados, y su densidad es de $d=1.2 \text{ Kg/m}^3$. Que la presión no debe ser superior a 3 m.c.a., que el coeficiente del orificio es de 0'7, pues en estas condiciones, el caudal que pasa por un orificio es:

$Q = 563.489 * S$; suponiendo un agujero de 50 milímetros su sección en m^2 será =

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 3.14 * 0.05 * 0.05 / 4 = 0.0019625 \text{ m}^2.$$

$$Q = 563.489'13 \times 0.0019625 = 1.106 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Q es caudal en m^3/hora

563.489 es un número gordo que contempla las constantes de todo lo que he supuesto.

S = sección en m^2

Si ahora quisiéramos saber a qué velocidad pasa el aire por nuestra ventosa, tendríamos:

$$Q = \text{Sección} \times \text{Velocidad}; V = Q / S = 1.106 \text{ m}^3 / \text{h} / 0.0019625 = 563.489,13 \text{ m/h}$$

en m/seg sería = $563489.13 / 3600 = 156'52 \text{ m/seg}$.

Esta velocidad está dentro de unos límites muy razonables partiendo de que la velocidad crítica puede estar sobre los 314 m/s. En la orientación damos una

velocidad del aire de 200 m/seg. La velocidad crítica para este mismo orificio se alcanzaría para una presión de 8'9 m.c.a. A esta presión, la tubería se colapsaría y en caso de resistir, el problema estaría en las uniones.

Cálculo del caudal con el que debe llenarse una tubería. Como hemos dicho, la diferencia de presión entre el interior por efecto de golpe de ariete no queremos que exceda de 3 m.c.a.

Para ello empleamos la fórmula de Allievi y la relacionamos con el caudal y tenemos que:

$$Q = \frac{S \cdot \Delta h \cdot g}{a} = m^3/h$$

En donde: Q = caudal, S = superficie agujero, Δh = presión de colapso, g = gravedad, a = Celeridad del material

$$\text{Para } Q = 0.0019625 \times 0.3 \times 9.81 / 224 = 0.000025784 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Velocidad de llenado de la tubería para que se cumplan estas condiciones = Q / S

V = 0.000025784 / 0.0019625 = 0.0131 m/seg lo que equivale a decir que la velocidad de llenado de la tubería debe de ser 1.31 cm/seg. Aquí no existe el problema de colapso si el de presión interior por esto hay que limitar la velocidad de la entrada de agua.

Caudal de vaciado de una tubería, depende del diámetro y de la pendiente.

Como ya se intuye, el caudal de desagüe está en función de la pendiente de ésta y se puede calcular por la expresión: En el caso de una tubería de diámetro 300 m. con pendiente de 5.10 m/km tendremos un caudal de:

$$Q \text{ m}^3/\text{seg} = \star \text{ Jm/km} \cdot D^5 \text{ en m} = \star 5.10 \times 0'3 \times 0,3 \times 0,3 \times 0,3 \times 0,3 = 0'111 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Que equivale a 111 litros por segundo y este sería el caudal que debe aportar la ventosa en aire.

2. Un problema: EL AIRE, una solución: LAS VENTOSAS

ILUSTRACIÓN.- IMAGINAOS UN TREN QUE PESA 350 TONELADAS Y SE DESLIZA POR UNA VÍA ÑMUERTA A UNA VELOCIDAD DE 1.41 METRO POR SEGUNDO CONTRA UN PARACHOQUES EN EL QUE HAY UNA PELOTA DE GOMA CON 400 LITROS DE AIRE... COMPADECED AL AIRE Y A LA PELOTA...

Escribo este artículo, con la ilusión de que “alguien” lo desarrolle, lo piense o le sea de utilidad.

Es una experiencia vivida en obra. Se refiere a una rotura provocada en una tubería y que “alguien” me comentaba, que no se explicaba como, si el agua en ese tubo estaba a 5 atmósferas, el aire podía tener tanta presión como para hacerlo volar.

El secreto está en la transformación de la energía cinética del agua, que “choca” contra la bolsa de aire y la comprime. Recordar que el agua se puede comprimir muy poco, el aire mucho y ese fenómeno se transforma en energía que actúa contra las paredes del tubo.

Caso real: Tubería de diámetro 300 milímetros, con una presión de 5 atmósferas, que tiene una bolsa de 400 litros de aire a 5000 metros de la balsa, (este volumen de 400 litros ha sido estimado por la presión registrada en manómetro de aguja de arrastre situado en zona próxima a la rotura) y en la que el agua circula con una velocidad de 1.41 metros por segundo.

El peso del agua que actúa contra la bolsa de aire es el volumen de agua que le cabe a la tubería 353.250 litros. Si un litro equivale a un kilo, será de 353.250 Kg y que son 353.2 toneladas. Esto provoca una presión en el aire y éste, sobre las paredes del tubo de 28.33 atmósferas; si la bolsa fuese la mitad de grande en iguales circunstancias la presión sería superior.

CONCLUSIÓN:

Si las bolsas de **aire son más pequeñas, es peor** porque el valor de la energía de compresión, que es el que divide, disminuye. Por ejemplo 200 litros como burbuja, dan un resultado con las mismas operaciones de una presión de 164.8 atmósferas, que empeora las condiciones del tubo.

Existen varios programas informáticos para calcular los efectos del aire, pero el mejor cálculo ya sabéis nuestra filosofía, es **eliminarlo**. Buscad una buena ventosa y no pongáis “cualquiera” por si os pasa como al del anuncio del aceite.

PARA PROFUNDIZAR EN EL TEMA

Peso del agua = $\rho \cdot D^2 / 4 \times L = 3.14 \times 0.3^2 \text{ m} / 4 \times 5.000 \text{ m} = 353.25 \text{ m}^3$. Si admitimos que un metro cúbico pesa una tonelada, esta cantidad equivale a 353.250 Kg, que provoca una sobrepresión de 28.33 atmósferas, que puede romper el tubo. Si la bolsa fuese de 200 litros la presión sería de 164.8.

Calculamos su energía de movimiento o cinética y dividimos por 9.81 para que el resultado sea en Kgm.

$$E. \text{ cinética} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = 353.250 \times 1.41^2 / 2 \times 9.81 = 35.794 \text{ Kgm.}$$

Energía de compresión en la bolsa de aire.

$$E. \text{ compresión} = 2.3 \cdot V_0 \cdot P_0 \cdot 10.33 \cdot \lg P_1 / P_0 = 2.3 \times 400 \times 5 \times 10.33 \times \lg P_1 / 5 = 47.518 \lg P_1 / 5$$

Energía cinética = Energía de compresión; $35.794 = 47.518 \lg P_1 / 5$ de donde:

$$\lg P_1 / 5 = 35.794 / 47.518 = 0.7533, \text{ resolviendo tenemos que } 10^{0.7533} = 5.66$$

De donde $P_1 / 5 = 5.66$; por lo que $P_1 = 5.66 \times 5 = 28.33 \text{ Kg/cm}^2$ o 28.33 atmósferas y, claro el tubo se rompe por la presión del aire.

3. Cálculo de colapso en tuberías

A través de los distintos temas sobre ventosas hemos ido viendo que era importante el que entrase y saliese bastante aire para evitar que las tuberías se rompiesen por sobrepresión o por colapso. No es cuestión de decir que tubería hay o no que montar lo que hay que hacer es prever con cada una lo que puede pasar.

Para prever el colapso lo que hay que hacer es calcularlo, porque alguien puede caer en la tentación de sabiendo que tiene una tubería muy gruesa pensar que no le puede pasar nada, pero siempre queda por evaluar lo que va a pasar con las gomas de las uniones y juntas elásticas. No vale rechazar por razonamientos “cómodos”.

Para el cálculo de las presiones de colapso existe una fórmula que nos permite con datos muy sencillos (de tarifa casi) hacer nuestro estudio. Por la misma fórmula podéis comprender que a mayor espesor hace falta más presión para colapsar la tubería y que a igualdad de espesor en cualquier material a mayor diámetro menor presión hace falta para colapsarla.

Presión de colapso = $\frac{K}{4} (e/D)^3$; K es una constante que depende del tipo de material, e es el espesor y D es el diámetro de la tubería, 4 para FC. Como coeficiente de seguridad variable en función del material, tomando 0 para PVC y PE.

Valores de **K** para los distintos materiales de tuberías;

Fundición = 11.5×10^6

Acero = 4.5×10^6

Aluminio = 1.1×10^6

Fibrocemento = $4.05 \times 10^{5.7}$

PVC = 4.8×10^4

$$PE = 1'9 * 10^4$$

Los cálculos y gráficos ilustrativos los hacemos sólo para PVC y PE que son los más susceptibles de colapsarse. Ya que lo hacemos habría que matizarlo para PVC existen ya las tuberías orientadas y para PE habría que ver las distintas densidades nosotros hemos tomado PVC normal y PE $\sigma = 80$.

Como se puede ver en las gráficas para tuberías de 4 atmósferas los valores de colapso son bajos, PVC = 0'102 atmósferas ó 1.02 m.c.a.