

Estimados amigos:

Una vez más con Uds, les presentamos nuestro segundo boletín informativo correspondiente al mes de Setiembre.

En esta oportunidad les presentamos un análisis del fenómeno llamado cavitación. La importancia de este fenómeno requiere de un amplio análisis por lo que presentamos a ustedes nuestro aporte para aclarar algunas posibles dudas al respecto.

Agradeceremos a ustedes enviarnos por esta misma vía sus comentarios, consultas, sugerencias y aportes para nuestro boletín.

Aprovechamos el espacio para comunicarles que ALJOP tiene un programa de capacitación sobre equipos de bombeo GRINDEX y GRUNDFOS. Contáctese con nosotros para recibir mayor información. ■

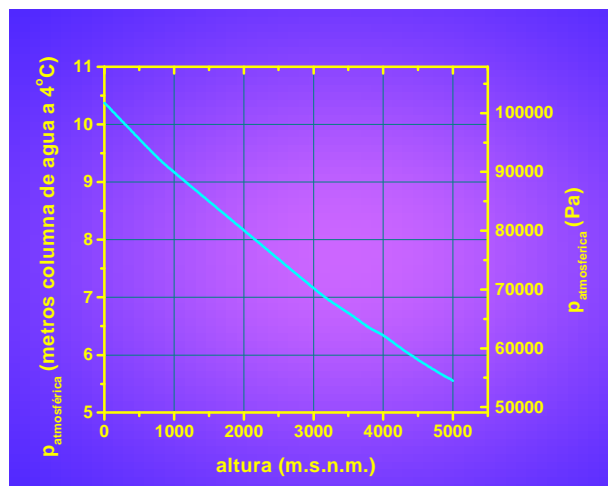
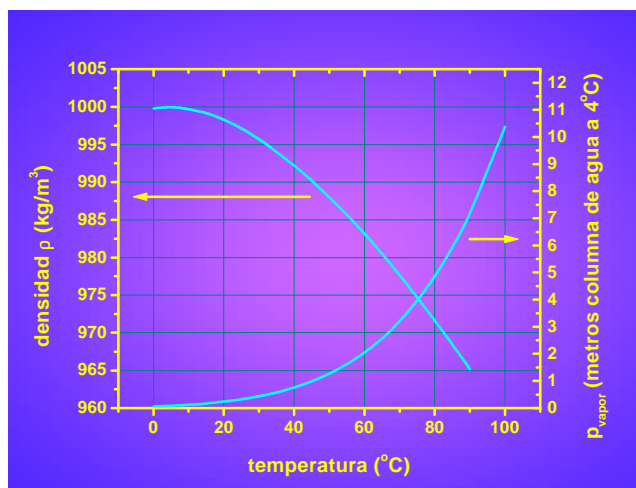
Gracias. ¡Hasta el próximo boletín!

Cavitación

En el área de bombeo de líquidos cavitación es el fenómeno tal vez más temido. La cavitación ocurre en sistemas de bombeo diseñados inadecuadamente. En esta edición le explicaremos que es cavitación y como se puede comprobar el diseño del sistema para evitar cavitación.

Presión de vapor

El agua hierve cuando la presión de vapor de agua alcanza la presión atmosférica. La presión de vapor de agua aumenta con la temperatura, hasta igualar 1 bar a 100° C a nivel del mar. Por lo tanto hay dos maneras para hacer hervir el agua. Primero, la más común, se puede aumentar la temperatura del agua hasta 100° C. Segundo, más exótica, se puede poner el agua en una cámara de vacío y luego evacuar el aire con una bomba de vacío. Indudablemente llegará el momento que la presión atmosférica en la cámara llega a ser igual a la presión de vapor de agua a 25° C 0,03 bar (ver gráfico 0,03 bar \leftrightarrow 0,3 metros de columna de agua), el agua hervirá. De igual manera, a 5000 metros sobre el nivel del mar el agua hierve a una temperatura de 85° C.



Presión hidrostática

Un nadador, experimenta una presión (más notable en los oídos), que corresponde con el peso del agua sobre su cuerpo y que aumenta con la profundidad: $p_{hidrostatica} = \rho gh$ donde ρ representa la densidad de agua, g la aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$) y h la profundidad debajo la superficie del agua. Por ejemplo, si desde una cañita de 10 cm de longitud absorbemos un cocktail y tapamos la salida con nuestra lengua, la presión total en los 3 puntos A, B y C será (para agua 4° C y $\rho g = 9810 \text{ Pa/m} = 0,0981 \text{ bar/m}$):

$$A : p_{total} = p_{atmosferica} = 1,00 \text{ bar}$$

$$B : p_{total} = p_{atmosferica} + \rho gh = 1,00 + 0,0981 \cdot 0,10 = 1,0098 \text{ bar}$$

$$C : p_{total} = p_{atmosferica} + \rho gh = 1,00 + 0,0981 \cdot (-0,10) = 0,9902 \text{ bar}$$

Ahora imagínese que tenemos una cañita de más de 10 metros de longitud, esta permitiría que la presión en el punto más alto llegaría ser 0,03 bar que es la presión de vapor de agua con la cual hierve a los 25° C cuando llega a nuestra boca. Este situación es justo lo que tenemos ▶



“Si quieres disfrutar el arco iris, tendrás que soportar la lluvia.”

Dolly Parton

que evitar cuando diseñamos nuestro sistema de bombeo.

Cavitación

Cavitación ahora, es el fenómeno por el cual la presión total en la entrada de la bomba (lugar de la más baja presión en todo el sistema) alcanza la presión de vapor del líquido bombeado. El agua hierve y se formarán burbujas de vapor. Luego el agua y las burbujas son impulsadas hacia afuera por el impulsor a la parte de mayor presión de la bomba donde las burbujas colapsan e implotan originando desprendimiento de materiales. Este colapso es incontrolado y violento y causa daños graves a todo el equipo.

Para evitar la cavitación podemos definir la condición que tiene que cumplir la presión del sistema en la entrada: $p_{\text{entrada}} > p_{\text{vapor}}$. O sea, teniendo en cuenta las presiones:

$p_{\text{atmosférica}} \pm p_{\text{succión}} - p_{\text{fricción}} - p_{\text{bomba}} > p_{\text{vapor}}$, donde $p_{\text{succión}}$ es la presión hidrostática pgh (- para succión, + para succión sobre la bomba), $p_{\text{fricción}}$ expresa la fricción en la tubería de succión y p_{bomba} la baja de presión generado por la bomba.

NPSH

Net Positive Suction Head (NPSH en buen Castellano) viene en dos sabores, el NPSH-requerido y el NPSH-disponible. Son dos expresiones de presión en el sistema, distinguidos por su origen. El NPSH-disponible (o NPSH-d) es la parte independiente de la bomba definida por las condiciones del medio donde va a operar la bomba, $\text{NPSH-disponible} = p_{\text{atmosférica}} \pm p_{\text{succión}} - p_{\text{fricción}} - p_{\text{vapor}}$.

Finalmente convertimos todas las presiones en su equivalente a metros de columna de agua, m.c.a. por la relación: $p = pgh$ (tomando en cuenta que la densidad también depende de la temperatura). El NPSH-requerido (o NPSH-r) es la parte que depende tan sólo de la bomba, o sea, p_{bomba} en metros columna de agua. Este dato es proporcionado por el fabricante de la bomba.

Ese truco permite expresar nuestra condición para evitar cavitación como:

$$\boxed{\text{NPSH-d} > \text{NPSH-r}}$$

Ejemplo práctico del cálculo de NPSH-disponible.

Vemos ahora el caso de una bomba que succiona de un reservorio de agua a una temperatura de

50°C, por un tubo de succión de 3 metros de longitud a una altura de 3000 metros sobre el nivel del mar. Calculamos el NPSH-disponible para este sistema:

$p_{\text{atmosférica}} = 7,1$ m.c.a. (ver gráfico)

$p_{\text{vapor}} = 1,1$ m.c.a. (ver gráfico)

$p_{\text{fricción}} = 0,50$ m.c.a. en este ejemplo, dato empírico tabulado para varios materiales, caudales, diámetros etc. Para mayor información comuníquese con ALJOP S.A.

$p_{\text{succión}} = 3,00 * (988/1000) = 2,96$ m.c.a.

factor de corrección para la diferencia en densidad de agua de 50° y agua de 4°
= (densidad de agua a 50° / densidad de agua a 4°) = la gravedad específica

Por lo tanto, NPSH-disponible = 2,54 metros columna de agua.

Al momento de seleccionar la bomba tenemos que tener en la mente que el NPSH-r de la bomba debe ser menor que 2,00 metros columna de agua (normalmente tomar un margen de seguridad de 0,50 m.c.a. es suficiente).

A veces podemos influir en el NPSH-d. Por ejemplo para reducir la contribución de la fricción, podemos escoger una tubería de succión de diámetro mayor y así aumentar el NPSH-d. Otro factor que siempre hay que tomar en cuenta es que el NPSH-r puede superar los valores dados por el fabricante, por ejemplo cuando trabajamos la bomba a una cabeza menor que un cierto mínimo definido por el fabricante de la bomba. En la ingeniería del bombeo, sobre-dimensionar una bomba equivale pedir problemas. ■

ALJOP S.A. dispone de un equipo de ingenieros con amplia experiencia en el área de diseño de sistemas de bombeo. Al momento de seleccionar una bomba, usted puede contar con todo el apoyo de ALJOP S.A. Para mayor información, comuníquese con:

ALJOP S.A.
Av. Nestor Gambeta 4745
Callao – Lima
Telf. +51 (0)1 577-0291 / 577-0314
Fax +51 (0)1 577-0609
E-mail: aljop@terra.com.pe