

8. CEBADO DE BOMBAS ROTODINÁMICAS EN ASPIRACIÓN

Este epígrafe se refiere al condicionamiento previo al arranque de bombas rotodinámicas, en relación con el contenido de materia que presentan la tubería de aspiración de una bomba y su cuerpo interior. En efecto, la tubería de succión y el interior de una bomba, antes de ponerse en marcha, están llenos de aire. Ello ocurre en la primera puesta en marcha de la instalación de bombeo, o después de una operación de mantenimiento o de reparación, o, bien, en una parada normal, en la que se ha vaciado parcial o totalmente la tubería de aspiración.

El cebado de una bomba consiste, pues, en la creación de unas condiciones de carga previas al arranque de la misma, tras lo cual la tubería de aspiración y el interior de la carcasa quedan completamente llenos del líquido que se desea impulsar, a fin de que, en el momento del arranque, la bomba succione directamente y funcione adecuadamente. Como puede colegirse fácilmente, las bombas que operan en carga (succión negativa) no precisan de cebado.

A continuación, y con ayuda de la Figura 8.1, se explica analíticamente el por qué la bomba no puede aspirar un determinado líquido, cuando no está debidamente cebado.

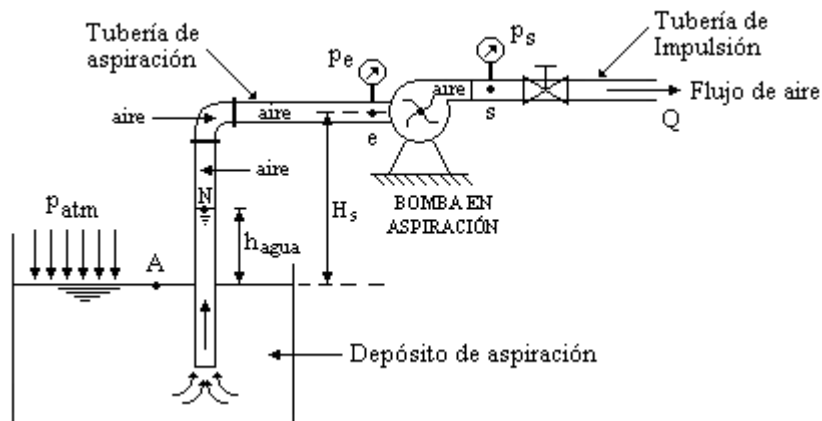


Figura No. 8.1 Esquema ilustrativo del funcionamiento de una bomba rotodinámica, operando con succión positiva y sin previo cebado

Cuando la bomba es puesta en marcha, sin estar cebada, funciona como un ventilador, puesto que su rodete se encuentra lleno de aire, tal como se indica en la Figura 8.1. En consecuencia, el agua sólo alcanza a elevarse una pequeña altura, h_{agua} , dentro del tubo de aspiración.

Por otra parte, recuérdese que la energía, en forma de altura (altura teórica), suministrada por la bomba es:

$$H_{t,\infty} = \frac{u_2 \cdot C_{2u} - u_1 \cdot C_{1u}}{g} \quad (8.1)$$

por lo cual es independiente del tipo de fluido que impulse. Ello significa que, si se ignora la influencia de la naturaleza del fluido sobre la eficiencia de la máquina, la altura teórica y, por consiguiente, la altura manométrica, útil o efectiva de la bomba son, también, independientes del fluido bombeado.

Lo anterior significa que, para una determinada apertura de la válvula de impulsión, la bomba impulsa un determinado caudal de aire, Q_B , con una altura manométrica,

$$H_B = H_m = \frac{P_s - P_e}{\gamma_{\text{aire}}} \quad (8.2)$$

De otro lado, dadas las condiciones hidrostáticas en que queda el agua en el depósito de aspiración y en el tubo de succión, es posible plantear la siguiente relación hidrostática:

$$p_N + \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}} = p_A = p_{\text{atm}} \quad (8.3)$$

$$y \quad p_N \cong p_e \quad (8.4)$$

Remplazando (8.4) en (8.3), se tiene:

$$p_e + \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}} = p_{\text{atm}} \quad (8.5)$$

$$\therefore p_e = p_{\text{atm}} - \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}} \quad (8.6)$$

obsérvese que $p_e < p_{\text{atm}}$, como es habitual en bombas en aspiración.

Llevando (8.6) a (8.2), se tiene:

$$H_B = \frac{p_s - (p_{\text{atm}} - \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}})}{\gamma_{\text{aire}}}$$

$$H_B = \frac{(p_s - p_{\text{atm}})}{\gamma_{\text{aire}}} + \frac{\gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}}}{\gamma_{\text{aire}}} \quad (8.7)$$

A la salida de la bomba, la presión $p_s = p_{\text{atm}}$, si la tubería de impulsión está vacía y la válvula de descarga, abierta. También, se dan casos en que $p_s > p_{\text{atm}}$. Ello ocurre cuando la tubería de impulsión está llena de agua impulsada en una operación de bombeo antecedente, y las válvulas de retención están cerradas. Todo ello se traduce en que

$$p_s \geq p_{\text{atm}}, \quad (8.8)$$

Llevando la desigualdad (8.8) a la ecuación (8.7), es evidente concluir que:

$$H_B \geq \frac{\gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}}}{\gamma_{\text{aire}}} \quad (8.9)$$

de donde se deduce que:

$$h_{\text{agua}} \leq \left(\frac{\gamma_{\text{aire}}}{\gamma_{\text{agua}}} \right) \cdot H_B \quad (8.10)$$

Ahora, si la bomba se arranca con la válvula de descarga cerrada ($Q_B = 0$), a efectos de suministrar la máxima altura H_B , y fijando los valores siguientes:

$$\gamma_{\text{agua}} = 1000 \text{ kgf/m}^3; \quad \gamma_{\text{aire}} = 1.25 \text{ kgf/m}^3; \quad H_B|_{Q_B=0} = 100 \text{ m}$$

se tiene:

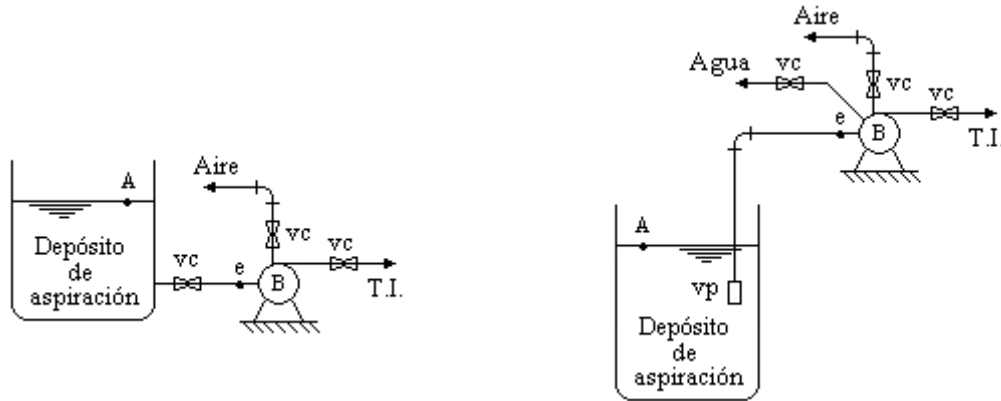
$$h_{\text{agua}} \leq \left(\frac{1.25 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}} \right) \cdot 100 \text{ m} = 0.125 \text{ m}$$

$$h_{\text{agua}} \leq 12.5 \text{ cm}$$

Finalmente, dado que la altura de aspiración de una bomba, H_s , es de algunos metros, se colige que las bombas rotodinámicas (centrífugas), en condiciones de succión positiva y descebado, son incapaces de succionar agua y establecer un régimen normal de impulsión.

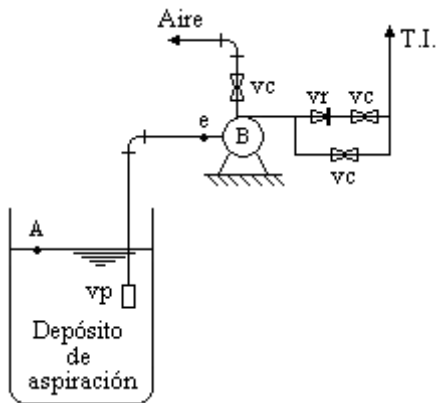
Por esta razón, este tipo de bombas, precisan de ser cebadas, es decir, requieren de llenar de agua su cuerpo interior y la tubería de aspiración, antes de su puesta en marcha, para lo cual se debe permitir el escape al exterior de la bomba, y el agua de llenado debe ser retirada en el interior de dicha tubería de succión.

A continuación, se muestran y explican cinco esquemas de cebado de bombas rotodinámicas (bombas centrífugas).

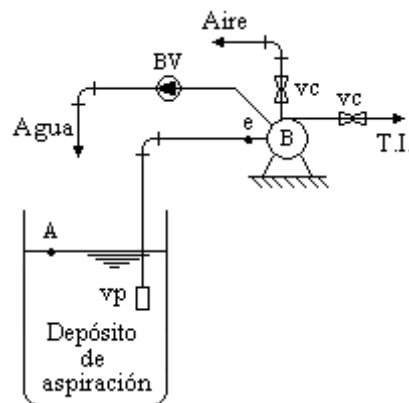


1. Cebado automático por gravedad de bomba en carga desde el tanque de aspiración (succión negativa). $H_s = (z_e - z_A) < 0$

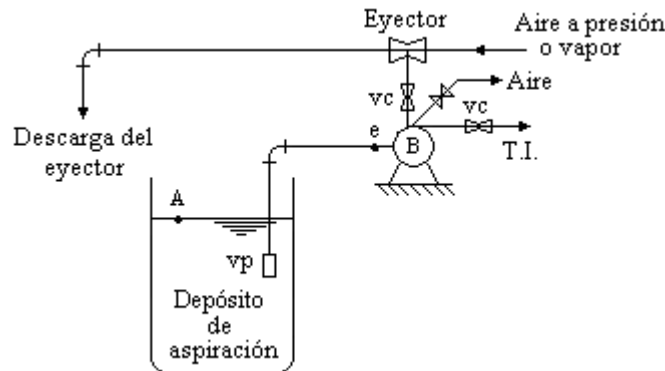
2. Cebado de bomba en aspiración por medio de llenado manual o automático de agua (succión positiva). $H_s = (z_e - z_A) > 0$



3. Cebado de bomba en carga por medio de retorno de agua desde la tubería de impulsión (succión positiva)



4. Cebado de bomba en carga a través de una bomba de vacío auxiliar. No requiere de válvula de pie (succión positiva)



5. Cebado de bomba en carga a través de un eyector tipo venturi. No requiere de válvula de pie (succión positiva)

Figura No. 8.2 Diversos esquemas de cebado de una bomba rotodinámica

El esquema 1 muestra una bomba rotodinámica instalada por debajo del nivel de agua en el tanque de aspiración (succión negativa: $H_s = (z_e - z_A) < 0$).

El cebado es automático, puesto que el agua fluye por gravedad desde el tanque de succión, llenando la tubería de aspiración y el interior de la bomba, se requiere colocar una salida y una válvula de purga de aire en la parte más alta de la carcasa de la bomba, a efectos de eliminar el aire que haya quedado atrapado, tras una operación de instalación nueva, de reparación o de mantenimiento.

Por medio del esquema 2, se muestra la manera manual de cebar una bomba rotodinámica, inyectándole agua a presión a través de una apertura roscada, bien con ayuda de una manguera, bien por medio de una bomba auxiliar, o bien por medio de un tanque elevado. También, aquí se requiere de un sistema de eliminación de aire, y de una válvula de pie.

El esquema 3, indica la manera de cebar una bomba rotodinámica, por medio de un sistema by-pass en paralelo con la línea de impulsión, el cual permite el retorno del agua retenida en la tubería de impulsión, y el llenado del cuerpo interior de la bomba y la tubería de succión.

En este proceso se requiere cerrar la válvula de descarga de la impulsión que se encuentra inmediatamente después de la válvula de retención. También, se precisa de una válvula de pie y de un sistema de salida de aire.

Cuando se dispone de una bomba auxiliar de vacío, el esquema 4 es el más indicado para cebar una bomba rotodinámica, pues se conecta en la parte más alta de la carcasa de la bomba, extrayéndole el aire y permitiendo su llenado de agua. Cuando todo el aire se haya extraído, saldrá el agua de exceso del cebado por la impulsión de dicha bomba de vacío, y por el sistema de purga de aire que también debe estar conectado a la carcasa de la bomba principal.

Situación similar al del esquema 4, se muestra en el esquema 5, en el cual se ha sustituido la bomba de vacío por un eyector tipo venturi.

Efectivamente, se conecta el venturi a la parte más alta de la carcasa de la bomba por medio de un tubo con su respectiva válvula de control. Al inyectar agua a presión, aire comprimido o vapor a la línea de alimentación del eyector, éste produce en su garganta un vacío, aspirando el aire que contienen la bomba y la tubería de aspiración, y saliendo por el sistema auxiliar de purga de aire conectado también en la parte alta de la bomba. Cuando salga agua por la descarga del eyector, se abrirá, entonces, la válvula de descarga de la tubería de impulsión. Este esquema tampoco precisa de una válvula de pie.