

Curvas características de una bomba centrífuga

Objetivos de la práctica

- Estudiar el comportamiento de uno de los dispositivos de impulsión más utilizados para transportar fluidos: la bomba centrífuga.
- Analizar las variables que influyen en el funcionamiento de una bomba centrífuga.
- Representar las características de una bomba (altura efectiva, potencia de accionamiento y rendimiento global) cuando varían el caudal del fluido y la velocidad de giro del motor.

Fundamento teórico

Una bomba es un dispositivo utilizado para transferir energía a un líquido con el fin de superar las pérdidas por rozamiento que se producen normalmente durante el transporte de fluidos cuando tienen lugar variaciones de velocidad, altura o presión, o bien para aumentar el valor de cualquiera de estas tres magnitudes. Uno de los tipos de bombas más utilizadas es el de las “rotodinámicas” (movimiento rotatorio que influye en la dinámica de la corriente), que simplemente añaden cantidad de movimiento al fluido mediante un impulsor que gira a gran velocidad, transformándola en un incremento de presión. Dentro de esta clase de bombas se encuentran la **bombas centrífugas**, en las que el líquido entra cerca del eje de rotación del impulsor (**rodete**) provisto de unas nervaduras o álabes, que giran a gran velocidad (1.500 - 3.000 rpm) dentro de una carcasa metálica, y es proyectado radialmente hacia la periferia de la carcasa (**voluta** o **difusor**), adonde llega con parte de la energía cinética adquirida en forma de presión, y de aquí es descargado al sistema.

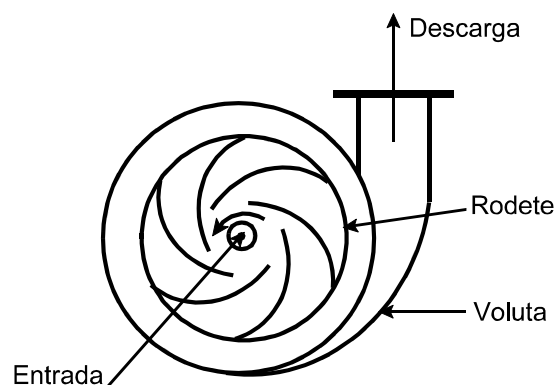


Figura 1

Las bombas centrífugas operan casi siempre a velocidad constante, por lo que el caudal suministrado (“capacidad” de la bomba) depende solamente de las presiones de aspiración y descarga. Ahora bien, para la adecuada utilización de una bomba centrífuga resulta necesario conocer la variación de determinadas magnitudes, como la presión de descarga, la potencia consumida y el rendimiento obtenido, para cada valor del caudal.

Estas variaciones suelen representarse de forma gráfica para cada tipo de bomba, lo que constituyen las denominadas **curvas características** de la bomba centrífuga considerada (**Figura 2**):

- Curva **H - Q**: Variación de la carga total o altura efectiva (“head”), en metros de líquido, con el caudal.
- Curva **N_a - Q**: Variación de la potencia aplicada por el motor al eje (potencia de accionamiento), en vatios, con el caudal.
- Curva **η_t - Q**: Variación del rendimiento global (relación entre la potencia comunicada al fluido y la potencia de accionamiento), adimensional, con el caudal.

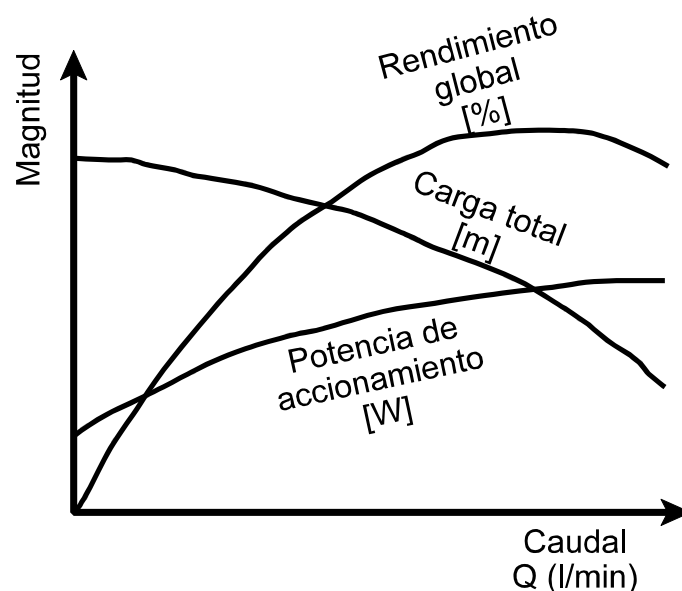


Figura 2

Además de las curvas características citadas, existen curvas similares que expresan la variación de las magnitudes H , N_a , η_t y Q con la velocidad de giro.

Cálculo de la carga total

Si se aplica la ecuación de Bernuilli entre la salida (**S**) y la entrada (**E**) de la bomba, puede llegarse a:

$$H [m] = \frac{v_S^2 - v_E^2}{2g} + (z_S - z_E) + \frac{P_S - P_E}{\rho g}$$

en la que se han dividido todos los términos por el factor ρg para obtener alturas a partir de los términos de energía por unidad de volumen. Generalmente se pueden considerar despreciables los términos cinético (si las conducciones de entrada y salida tienen el mismo diámetro, las velocidades serán iguales) y potencial (la entrada y la salida están a la misma altura), por lo que la carga total puede obtenerse directamente a partir de las medidas de presión en la entrada y la salida de la bomba:

$$H [m] = \frac{P_S - P_E}{\rho g}$$

Cálculo de la potencia de accionamiento

La potencia de accionamiento, potencia al freno o potencia en el eje, no es la potencia absorbida de la red eléctrica, sino la potencia que absorbe la bomba desde el motor eléctrico. Se calcula como el producto del momento de giro (par mecánico o “torque”) por la velocidad angular:

$$P_a [W] = M \omega$$

o bien, expresando la velocidad angular (radianes por segundo) como revoluciones por minuto (rpm):

$$P_a [W] = M \frac{2\pi}{60} n$$

Midiendo adecuadamente el par mecánico y la velocidad de giro, se obtendrá este valor de la potencia.

Cálculo del rendimiento global

El cálculo del rendimiento global implica la obtención de la potencia de accionamiento (ya obtenida) y la potencia comunicada al fluido, o potencia efectiva, es decir, la potencia necesaria para impulsar el caudal Q a la altura efectiva, H , es decir:

$$P_{[W]} = Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \rho g H \left[\frac{J}{m^3} \right]$$

Obtenido este valor de la potencia efectiva, el rendimiento global se calculará como:

$$\eta_t = \frac{P}{P_a}$$

Dispositivo experimental

La bomba centrífuga en estudio está conectada a un circuito cerrado de prueba, formado por un tanque de 500 litros de capacidad, desde el que toma agua mediante una tubería de **50 mm** de diámetro situada al mismo nivel de la bomba y sobre el que descarga de nuevo, una vez realizada la impulsión. La conducción dispone de sendos manómetros a la entrada y a la salida de la bomba e inmediatamente antes de una válvula que permite regular el caudal y que se encuentra aproximadamente **1 m** aguas abajo. Dicho caudal puede medirse con un rotámetro.

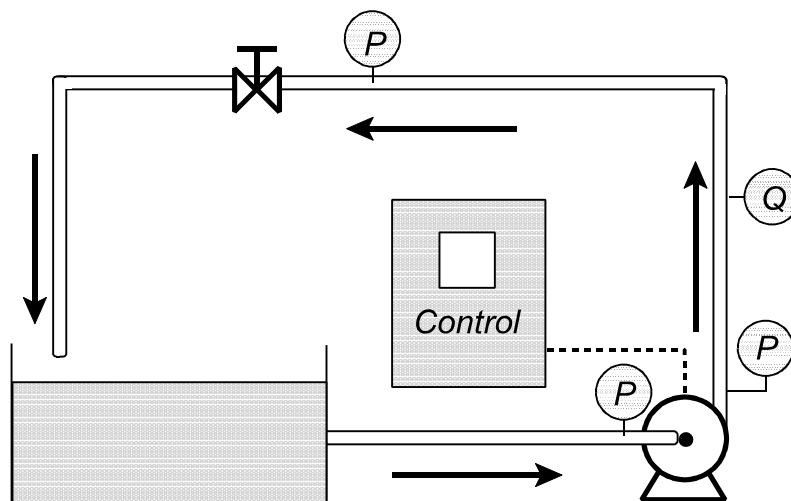


Figura 3

Sobre una estructura montada a **1 m** de altura sobre el sistema de impulsión se encuentra la caja de control de la bomba, que funciona accionada por un motor eléctrico asíncrono trifásico, conectado a la red de **220 V**.

La velocidad de giro del grupo motor-bomba puede variarse mediante un convertidor de frecuencia que, mediante los circuitos electrónicos adecuados, permite modificar la frecuencia de la corriente eléctrica alterna que llega al motor, variando proporcionalmente su velocidad de giro. Para conseguir mantener constante esta velocidad, el convertidor utiliza una corriente continua como freno dinámico, cuyo potencial será proporcional al par mecánico del motor.

De esta manera, aplicando un valor de frecuencia como punto de consigna se conseguirá que la bomba gire a la velocidad deseada y proporcione el valor del par mecánico. Como se ha indicado anteriormente, el producto de la velocidad de giro y el par mecánico proporciona la potencia de accionamiento en las condiciones de funcionamiento del sistema (valor del caudal).

Realización práctica

Encender el dispositivo de control de la bomba. Mediante el mando giratorio central, establecer una velocidad de giro de consigna de **2.900 rpm**, que se leerá en el panel digital superior (la cifra indicada representa **rpm**), cuidando de que la válvula de regulación del caudal esté totalmente abierta. Arrancar la bomba (**MARCHA/PARO**), actuar sobre la válvula hasta obtener el caudal deseado (medido con el rotámetro) y medir la presión en los manómetros y el correspondiente par mecánico del motor en el panel digital inferior (la cifra indicada representa **N·m**). Repetir el procedimiento para todo el rango de caudales de la bomba, en intervalos de **5 l/min**, hasta llegar a **20 l/min**. Disminuir la velocidad de consigna a **2.500**, **2.100** y **1.700 rpm** y realizar análogo barrido de caudales para obtener las medidas indicadas.

Datos complementarios

$$1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ atm} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm Hg} = 1,02 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Presentación de los resultados

1. A partir de los datos obtenidos, calcular las cargas totales correspondientes. Calcular la potencia de accionamiento del motor, la potencia comunicada al fluido y el rendimiento global.
2. Representar las curvas características de carga total para las velocidades de giro estudiadas.
3. Representar las curvas características de potencia de accionamiento para las velocidades de giro estudiadas.
4. Representar las curvas características de rendimiento global para las velocidades de giro estudiadas.
5. Representar las curvas de carga para velocidad de giro constante y rendimiento constante (30, 35 y 40%) en una misma gráfica.

Bibliografía

- Costa, E. y otros; "Ingeniería Química. 3. Flujo de fluidos", Ed. Alhambra, Madrid (1985).
- Mataix, C.; "Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas", 2ª ed., Ediciones del Castillo, Madrid (1997).
- Streeter, V.L., Wylie, E.B. y Bedford, V.W.; "Mecánica de fluidos", 9ª ed., McGraw-Hill Interamericana, Santafé de Bogotá (2000).

