

*En la ficha técnica de una bomba sumergida múltiple con tres rodetes se nos facilitan los siguientes puntos de funcionamiento:*

<i>Caudal</i>	<i>Altura manométrica</i>	<i>Rendimiento</i>
<i>1250 l/min</i>	<i>59 m.c.a.</i>	<i>70 %</i>
<i>1750 l/min</i>	<i>51 m.c.a.</i>	<i>72 %</i>

*La bomba alimenta a una conducción de fibrocemento de diámetro 175 mm y 1 km de longitud, que salva un desnivel de 49 m. Se pretende transportar un caudal de 1500 l/min.*

*Se pide:*

- Determinar la ecuación de la curva característica Caudal – Presión del grupo de bombeo, y la de un solo rodete.*
- Calcular la curva característica de la conducción.*
- Determinar el punto de funcionamiento de la instalación y de cada rodete.*
- Calcular el punto de funcionamiento cuando limitamos, mediante una válvula, el caudal a 1000 l/min. Indicar la pérdida de carga que debe proporcionar dicha válvula.*
- Se nos plantea la posibilidad de instalar el mismo grupo de bombeo en otra impulsión. Determinar el recorte de rodete necesario para vencer, a válvula abierta, una altura manométrica de 45 m con un caudal de 1500 l/min.*

### a) Curva característica H-Q de la bomba con 3 rodetes

Podemos calcular las ecuaciones en distintas unidades (l/min, l/s, m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s, etc.), pero hay que respetar las unidades elegidas durante todo el ejercicio.

$$1250 \text{ l/min} = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1750 \text{ l/min} = 105 \text{ m}^3/\text{h}$$

Planteamos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas con los datos dados de H y Q, que corresponden a la bomba con tres rodetes.

$$H = a + b \cdot Q^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 59 = a + b \cdot 75^2 \\ 51 = a + b \cdot 105^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = 67.33 \\ b = -1.48 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

Luego la curva característica H-Q de la bomba multicelular será:

$$\boxed{H = 67.33 - 1.48 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Ecuación H-Q para un solo rodete:

La ecuación de la curva característica correspondiente a un solo rodete se obtiene dividiendo la ecuación de la bomba multicelular entre el número de rodetes. En este caso, n=3.

$$H_{n \text{ rodetes}} = n \cdot H_1 \text{ rodete}$$

$$H_1 = \frac{H_n}{n} = \frac{67.33 - 1.48 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2}{3}$$

$$\boxed{H_1 = 22.44 - 4.93 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

## b) Curva resistente

$$H = H_g + \underbrace{K \cdot Q^2}_{h_T}$$

$$H_g = 49 \text{ m}$$

Calculamos la pérdida de carga que se produce en la instalación con los datos que se facilitan en el enunciado del ejercicio:

Fibrocemento,  $\phi$  175

$$Q = 1500 \text{ l/min} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

Utilizando la fórmula de Scimemi ( $Q = 48.3 \cdot D^{2.68} \cdot J^{0.56}$ ) o mirando en el Prontuario, se obtiene  $J = 5.69 \text{ ‰}$

$$h_T = a \cdot J \cdot L = 1 \cdot 5.69 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 5.69 \text{ mca}$$

Se toma  $a = 1$  por no considerarse las pérdidas de carga localizadas en este ejercicio

$$h_T = K \cdot Q^2 \Rightarrow K = \frac{h_T}{Q^2} = \frac{5.69}{90^2} = 7.02 \cdot 10^{-4}$$

$$\boxed{H = 49 + 7.02 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

## c) Punto de funcionamiento

El punto de funcionamiento corresponde a la intersección entre la curva característica de la bomba y la curva resistente, por lo que de forma analítica se determina resolviendo el sistema que plantean sus respectivas ecuaciones.

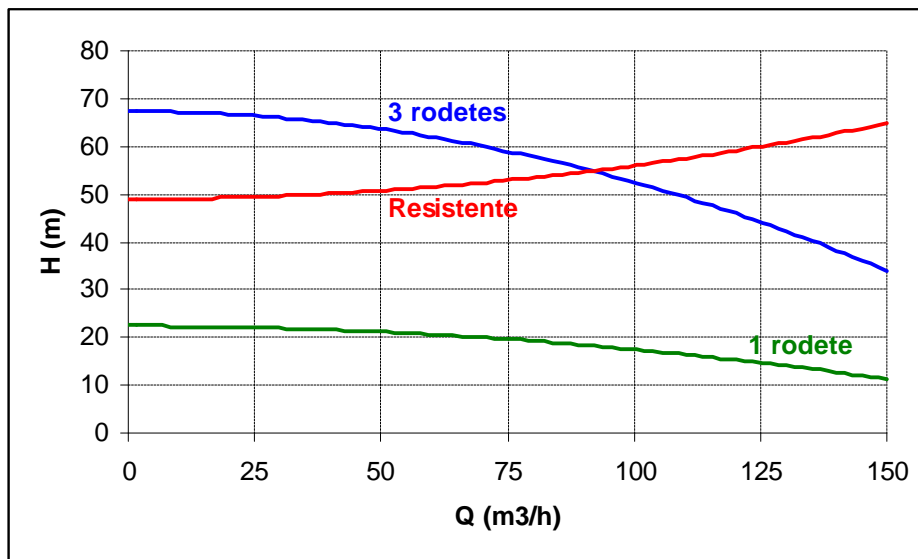
- Bomba multicelular

$$\left. \begin{array}{l} H = 67.33 - 1.48 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 \\ H = 49 + 7.02 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q = 91.65 \text{ m}^3/\text{h} \\ H = 54.90 \text{ mca} \end{array}$$

- 1 rodete

$$\left. \begin{array}{l} H = 22.44 - 4.93 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \\ H = 49 + 7.02 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \end{array} \right\} \text{Sistema incompatible}$$

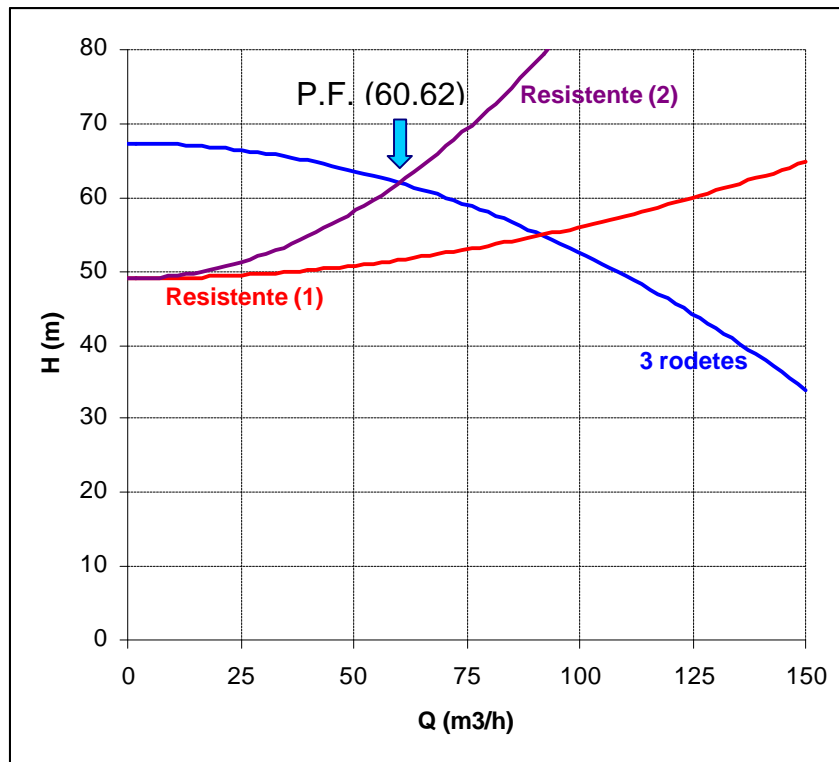
Al resolver se obtiene  $Q^2 = \sqrt{-2.22}$ , es decir, se trata de un sistema de ecuaciones incompatible. Significa que la curva característica H-Q de 1 rodete y la curva resistente no se cortan, o lo que es lo mismo, que la instalación dada no puede ser abastecida por una bomba con uno solo de estos rodetes.



d) Punto de funcionamiento con la válvula

(1) es la curva resistente inicial, con la válvula totalmente abierta. Al limitar el caudal actuando sobre una válvula situada a la salida del grupo de bombeo, no afectamos al funcionamiento de éste, por lo que su curva característica no varía, pero ahora la curva resistente sí va a ser diferente al introducir la válvula una pérdida de carga

adicional. En la figura, la nueva curva resistente es (2), y se sabe que el nuevo punto de funcionamiento debe ser  $(60 \text{ m}^3/\text{h}, H)$ , y que por definición deberá pertenecer también a la curva H-Q, por lo que tiene que satisfacer su ecuación.



$$H = 67.33 - 1.48 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

$$H = 67.33 - 1.48 \cdot 10^{-3} \cdot 60^2 = 62 \text{ mca}$$

⇒ Punto de funcionamiento  $(60 \text{ m}^3/\text{h}, 62 \text{ m})$

La curva resistente (2) tendrá la ecuación:

$$H = H_g + K \cdot Q^2$$

$$62 = 49 + K \cdot 60^2 \Rightarrow K = 3.6 \cdot 10^{-3}$$

Ya que el P.F. ∈ (2) y debe satisfacer su ecuación.

$$H = 49 + 3.6 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

