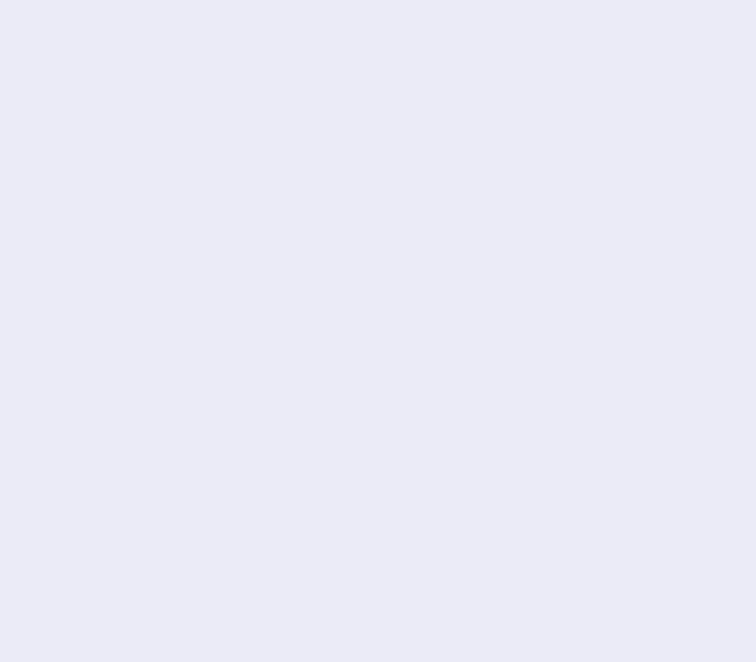


Trinomio de Bernoulli

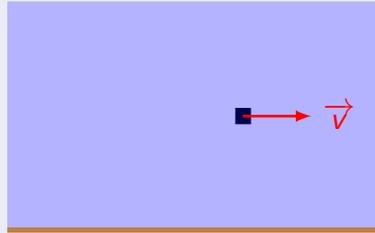


Trinomio de Bernoulli

- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



línea de referencia

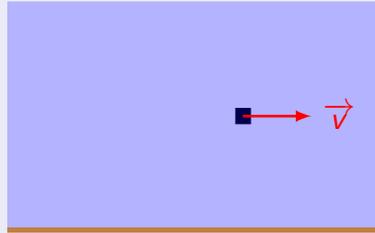
Trinomio de Bernoulli

- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H =$$

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



línea de referencia

Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

Trinomio de Bernoulli

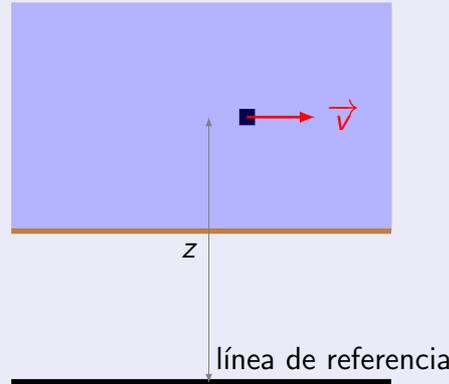
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z +$$

- Energía potencial

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

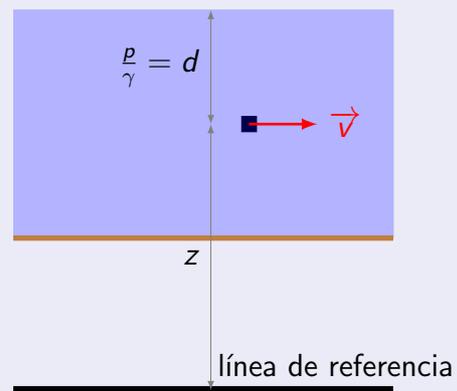
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} +$$

- Energía potencial
- Energía de presión

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

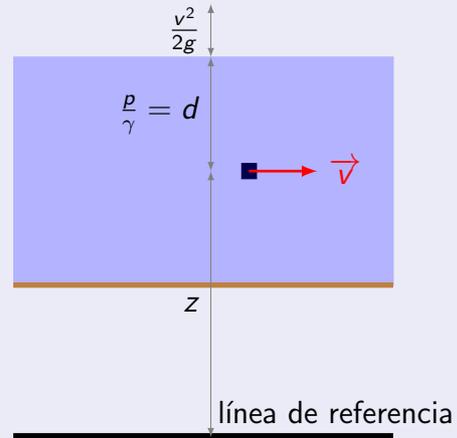
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- **Energía cinética**

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

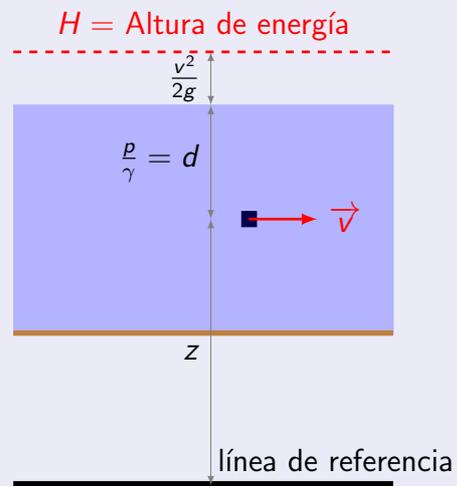
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

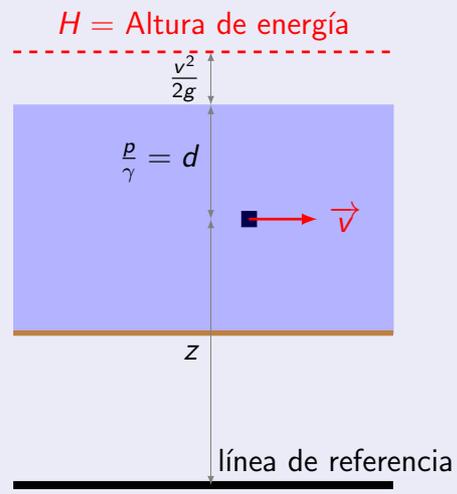
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

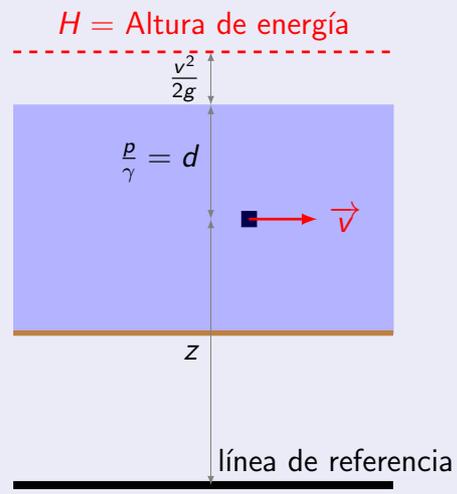
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

- 1. Altura de energía potencial

$$E_{pot} = \quad m$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

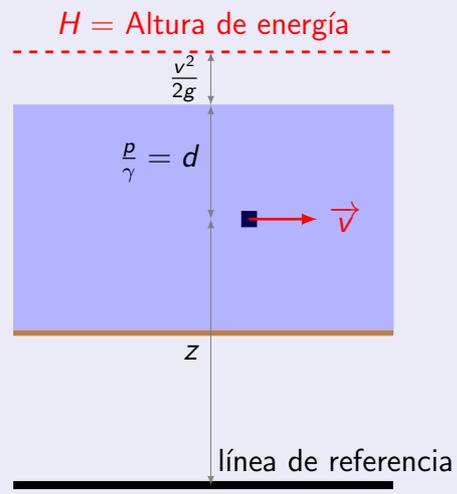
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

1. Altura de energía potencial
2. Altura de energía de presión:

$$E_{pot} = \quad m$$

$$E_p = \quad m$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

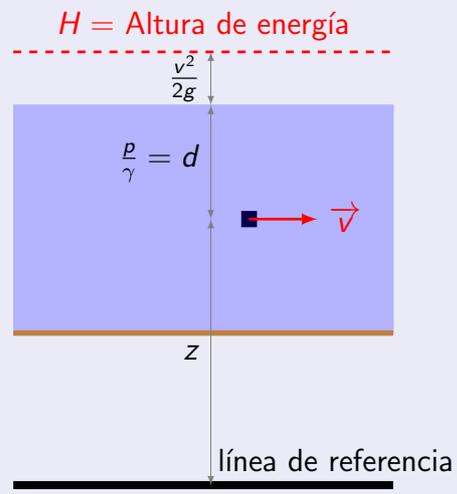
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

1. Altura de energía potencial
2. Altura de energía de presión:
3. Altura de energía cinética:

$$E_{pot} = \quad m$$

$$E_p = \quad m$$

$$E_c = \quad m$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

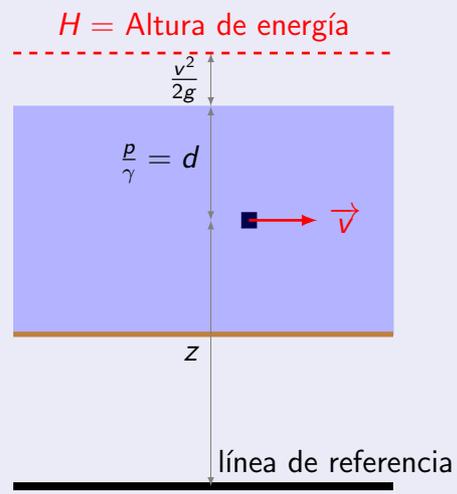
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

1. Altura de energía potencial
2. Altura de energía de presión:
3. Altura de energía cinética:
4. Altura de energía total:

$$E_{pot} = \quad m$$

$$E_p = \quad m$$

$$E_c = \quad m$$

$$H = \quad m$$

Trinomio de Bernoulli

Trinomio de Bernoulli

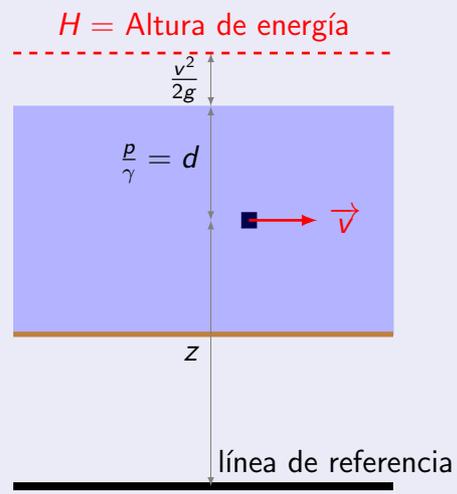
- 1 El trinomio de Bernoulli es una expresión simplificada de la **Ecuación de la energía**, muy utilizada en la hidráulica, en la que ésta se expresa en metros. El valor en metros es debido a que cada uno de los términos energéticos se ha dividido por el peso de volumen de la partícula afectada.
- 2 La altura de energía (H) se expresa como:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

- Energía potencial
- Energía de presión
- Energía cinética

Energía de la partícula

- Supongamos una partícula en movimiento con una velocidad v . Determinar su energía respecto de la línea de referencia



Términos de energía

Una partícula diferencial de masa m cuya expresión en un fluido es $m = \rho \cdot dV$, con ρ la densidad y dV su volumen. Tiene:

- 1 Una energía potencial dada por:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot z = \rho \cdot g \cdot V \cdot z$$

siendo z la altura respecto de la línea de referencia elegida.

Dividiendo por el peso P de la partícula diferencial $P = \gamma \cdot V = \rho \cdot g \cdot V$. Se tiene:

$$E_{pot} = z$$

- 2 Una energía de presión dada por:

$$E_p = p \cdot S \cdot x = p \cdot V$$

siendo p la presión aplicada sobre la superficie S que se desplaza una distancia x por efecto de la fuerza $F = p \cdot S$. La presión se puede expresar en función de la profundidad d como: $p = \gamma \cdot d$. Dividiendo por el peso del volumen comprimido ($V = S \cdot x$), se tiene:

$$E_p = \frac{p}{\gamma} = d$$

- 3 Una energía cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

sustituyendo la masa y dividiendo el peso de la partícula, se tiene:

$$E_c = \frac{v^2}{2g}$$

Ejercicio: Calcular la energía de una partícula

Test. Suponiendo que la partícula de agua de la figura tiene una velocidad de 1.5 m/s en una canal cuya solera esta a la cota 2.0 m . El calado es de 3.0 m y la partícula se encuentra a una distancia de 1.4 sobre el fondo. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

1. Altura de energía potencial
2. Altura de energía de presión:
3. Altura de energía cinética:
4. Altura de energía total:

$$E_{pot} = \quad m$$

$$E_p = \quad m$$

$$E_c = \quad m$$

$$H = \quad m$$

Consideraciones al Trinomio de Bernoulli

Debe tenerse en cuenta que, si bien esta es una formulación habitualmente utilizada, hay limitaciones que hacen que haya casos en los que no es adecuada para el cálculo

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación

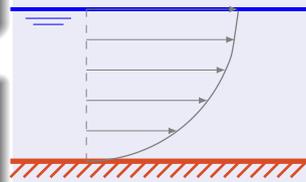
- Velocidad única (media) para toda la sección

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación

- Velocidad única (media) para toda la sección



Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como:

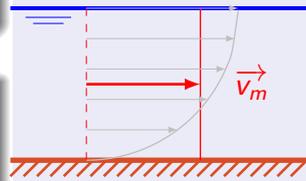
$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación

• Velocidad única (media) para toda la sección



Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como:

Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por:

Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

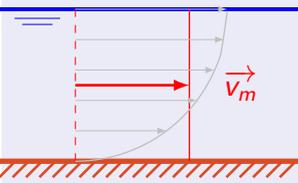
Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud

- Velocidad única (media) para toda la sección



Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



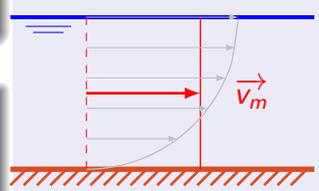
Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - 3 Las líneas de corriente en una misma sección han de ser cuasi paralelas

- Velocidad única (media) para toda la sección



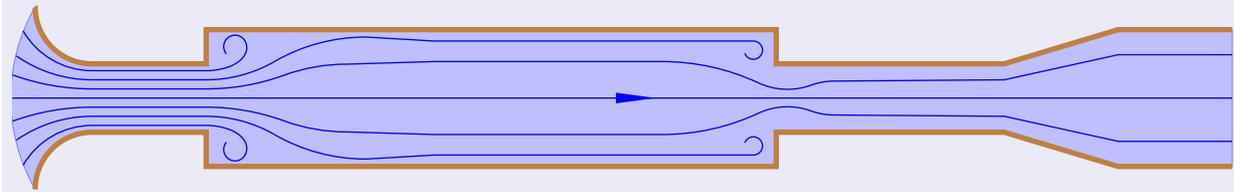
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como:
 Esta velocidad se considera constante en toda la sección
 Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por:
 Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son cuasi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

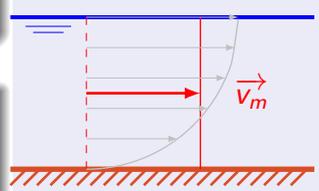
Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - 3 Las líneas de corriente en una misma sección han de ser cuasi paralelas

- Velocidad única (media) para toda la sección



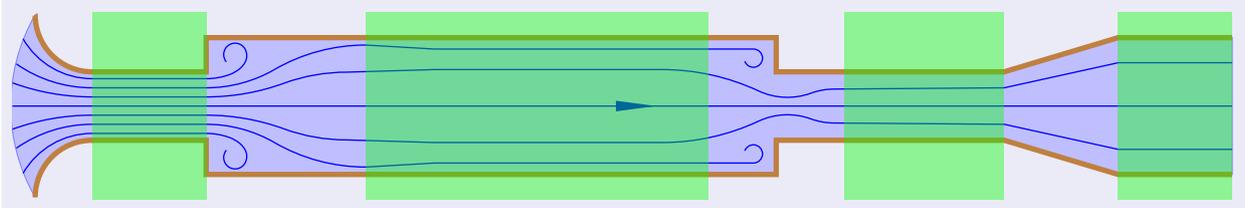
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son cuasi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena

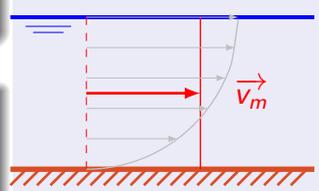
Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - 3 Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas

- Velocidad única (media) para toda la sección



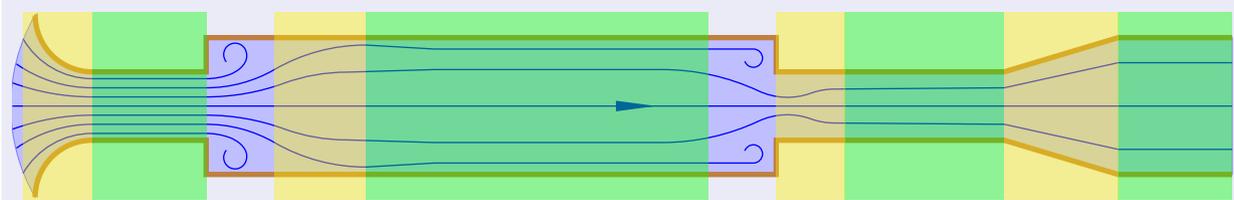
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como:
 Esta velocidad se considera constante en toda la sección
 Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por:
 Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena

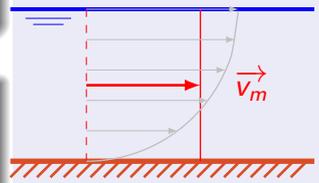
Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - 3 Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas

- Velocidad única (media) para toda la sección



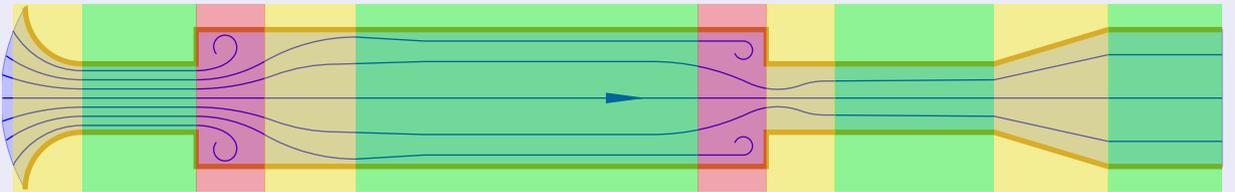
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como:
 Esta velocidad se considera constante en toda la sección
 Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por:
 Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

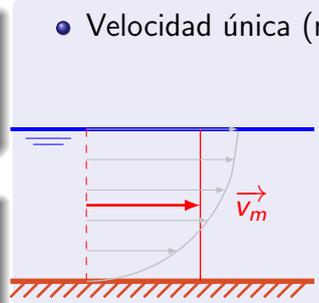
- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- 1 El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- 2 Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- 3 En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - 1 La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - 2 La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - 3 Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas



- Velocidad única (media) para toda la sección

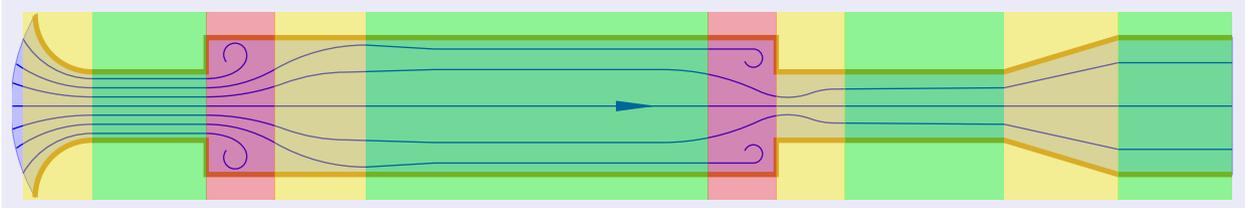
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

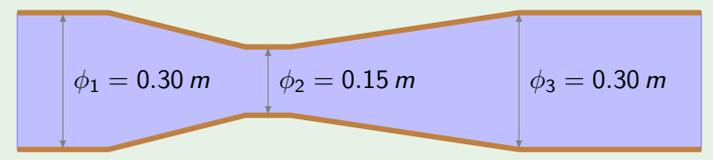
- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

En transiciones bruscas es bueno separarse al menos 5 diámetros de la transición para aplicar Bernoulli y mas si la transición es muy brusca o la velocidad de circulación elevada.

Evaluación de la energía

En la tubería circular de la figura por la que circula un caudal $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ existe una transición suave sin pérdida de carga. La energía en la sección 1 respecto del eje horizontal es $H_1 = 15 \text{ m}$. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Test.

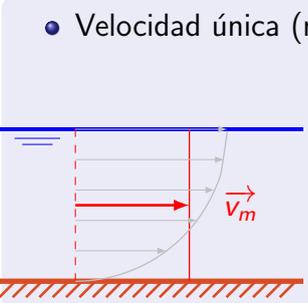


Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas



- Velocidad única (media) para toda la sección

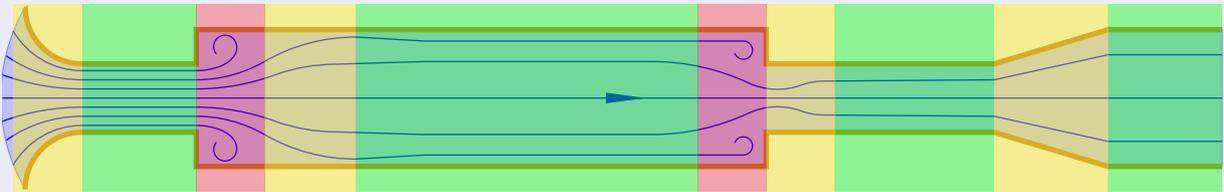
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

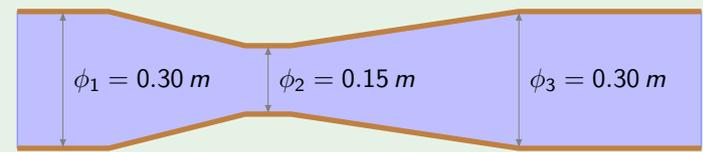
En transiciones bruscas es bueno separarse al menos 5 diámetros de la transición para aplicar Bernoulli y mas si la transición es muy brusca o la velocidad de circulación elevada.

Evaluación de la energía

En la tubería circular de la figura por la que circula un caudal $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ existe una transición suave sin pérdida de carga. La energía en la sección 1 respecto del eje horizontal es $H_1 = 15 \text{ m}$. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Test.

1. Altura de energía: Sección 3: $H_3 =$ m; Sección 2: $H_2 =$ m

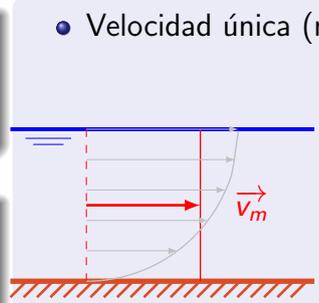


Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas



- Velocidad única (media) para toda la sección

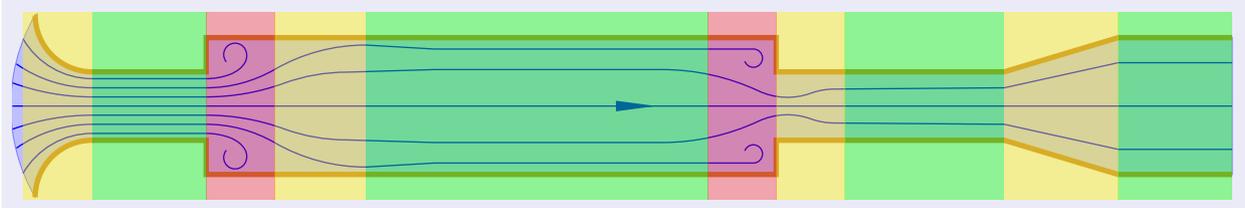
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

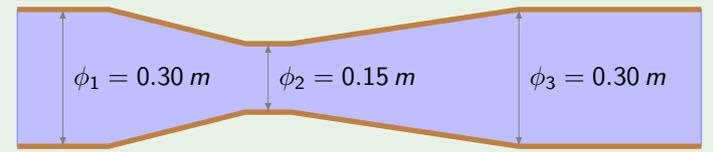
En transiciones bruscas es bueno separarse al menos 5 diámetros de la transición para aplicar Bernoulli y mas si la transición es muy brusca o la velocidad de circulación elevada.

Evaluación de la energía

En la tubería circular de la figura por la que circula un caudal $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ existe una transición suave sin pérdida de carga. La energía en la sección 1 respecto del eje horizontal es $H_1 = 15 \text{ m}$. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Test.

- Altura de energía: Sección 3: $H_3 =$ m; Sección 2: $H_2 =$ m
- Término de energía cinética: Sección 1: $\frac{v_1^2}{2g} =$ m; Sección 2: $\frac{v_2^2}{2g} =$ m

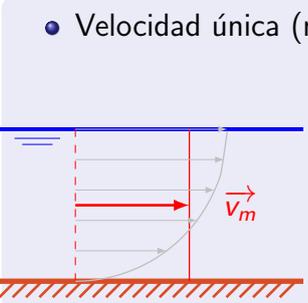


Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - Las líneas de corriente en una misma sección han de ser casi paralelas



- Velocidad única (media) para toda la sección

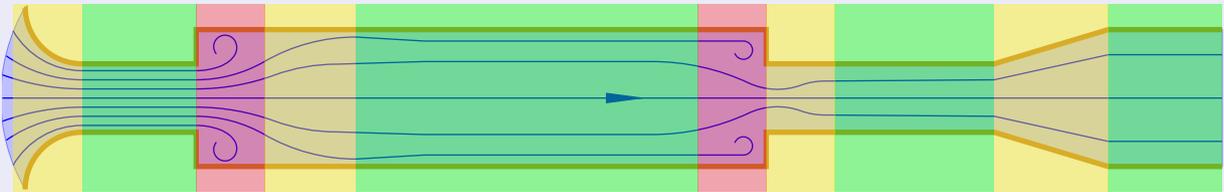
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son casi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas casi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

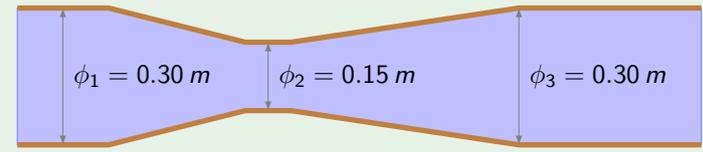
En transiciones bruscas es bueno separarse al menos 5 diámetros de la transición para aplicar Bernoulli y mas si la transición es muy brusca o la velocidad de circulación elevada.

Evaluación de la energía

En la tubería circular de la figura por la que circula un caudal $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ existe una transición suave sin pérdida de carga. La energía en la sección 1 respecto del eje horizontal es $H_1 = 15 \text{ m}$. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Test.

- Altura de energía: Sección 3: $H_3 =$ m; Sección 2: $H_2 =$ m
- Término de energía cinética: Sección 1: $\frac{v_1^2}{2g} =$ m; Sección 2: $\frac{v_2^2}{2g} =$ m
- Término de energía de presión: Sección 1: $\frac{p_1}{\gamma} =$ m; Sección 2: $\frac{p_2}{\gamma} =$ m

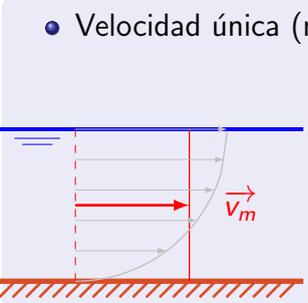


Trinomio de Bernoulli: Aplicaciones y limitaciones

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Aplicaciones y limitaciones

- El trinomio de Bernoulli evalúa la altura de energía en un sistema unidimensional. Es decir, a lo largo de la línea donde se produce la circulación.
- Por tanto, es muy adecuado para el estudio de circulaciones lineales, tanto en lámina libre (canales y ríos) como en presión (tuberías)
- En cada punto de la línea (o sección) el valor de la energía considerada es único. Ello implica:
 - La velocidad \bar{v} que se asocia es la misma para toda la sección y se considera paralela al eje que marca la dirección de circulación
 - La variación de velocidad entre secciones contiguas ha de ser suave, tanto en dirección como magnitud
 - Las líneas de corriente en una misma sección han de ser cuasi paralelas



- Velocidad única (media) para toda la sección

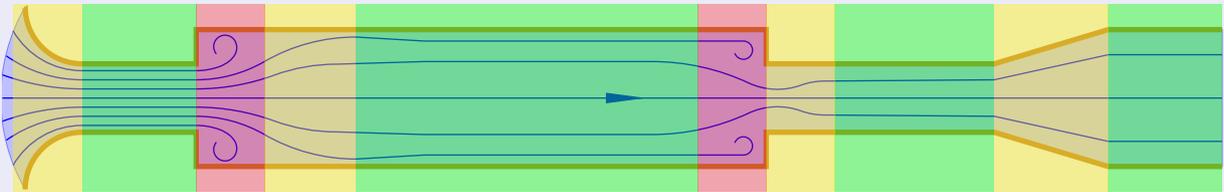
Dada una distribución real de velocidades en la sección, se define la velocidad media representativa como: Esta velocidad se considera constante en toda la sección. Una expresión más exacta del término de energía cinética de la ecuación de Bernoulli cuando se conoce la distribución de velocidades viene dado por: Valor siempre > 1 pero cercano a 1 cuando las líneas de corriente son cuasi paralelas y alejado de las transiciones

$$\vec{v}_m = \frac{\int_S \vec{v} \cdot ds}{S}$$

$$\alpha \frac{v^2}{2g} \quad \text{con:}$$

$$\alpha = \frac{\int_S v^3 \cdot ds}{v_m^3 S}$$

- Ejemplo de zonas de aplicación del trinomio de Bernoulli aplicado a la sección de tubo mostrada



Al dibujar las líneas de corriente se tiene una idea de las zonas más adecuadas para poder aplicar el trinomio de Bernoulli

- Zona de líneas paralelas y $\alpha \simeq 1$. Buena
- Zona de líneas cuasi paralelas y $\alpha \gg 1$. No demasiado buena
- Zona de pérdidas de carga localizadas. Mala

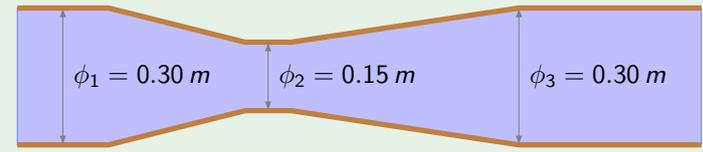
En transiciones bruscas es bueno separarse al menos 5 diámetros de la transición para aplicar Bernoulli y mas si la transición es muy brusca o la velocidad de circulación elevada.

Evaluación de la energía

En la tubería circular de la figura por la que circula un caudal $Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ existe una transición suave sin pérdida de carga. La energía en la sección 1 respecto del eje horizontal es $H_1 = 15 \text{ m}$. Tomando $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, determinar:

Test.

- Altura de energía: Sección 3: $H_3 =$ m; Sección 2: $H_2 =$ m
- Término de energía cinética: Sección 1: $\frac{v_1^2}{2g} =$ m; Sección 2: $\frac{v_2^2}{2g} =$ m
- Término de energía de presión: Sección 1: $\frac{p_1}{\gamma} =$ m; Sección 2: $\frac{p_2}{\gamma} =$ m



Curva de la conducción

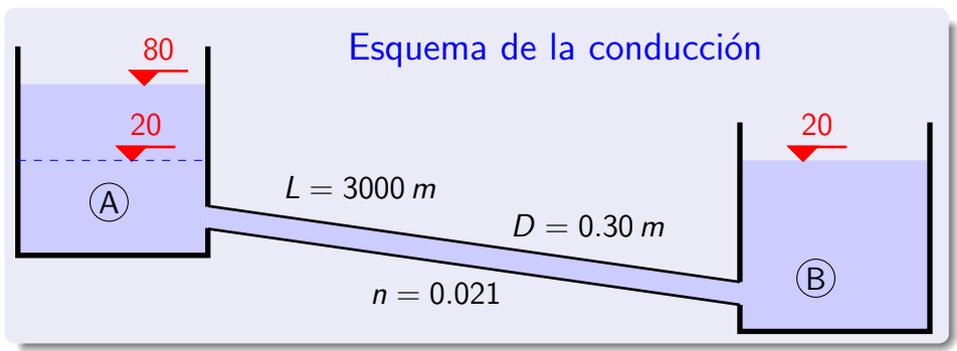
Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000\text{ m}$, diámetro $D = 0.30\text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20\text{ m}$ y $z_A = 80\text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20\text{ m}$. Tómese $g = 9.81\text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

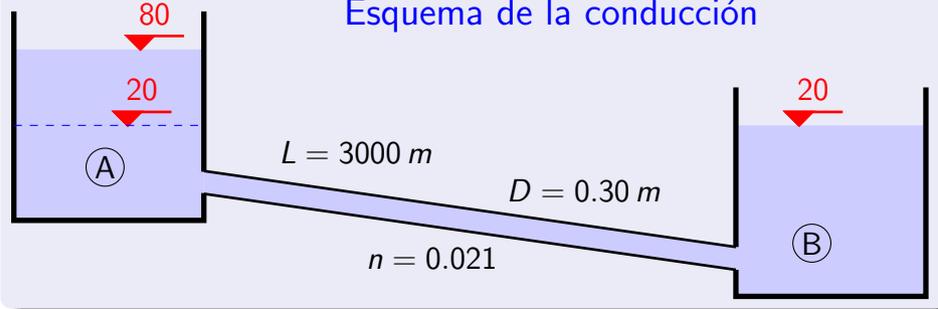
Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

Esquema de la conducción



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

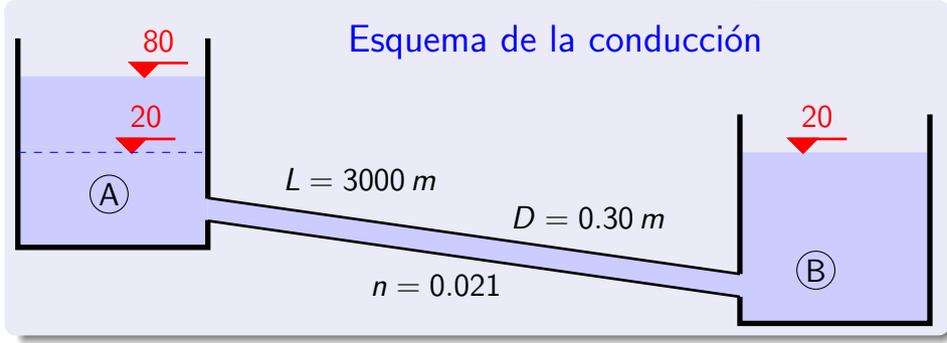
Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

1 En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

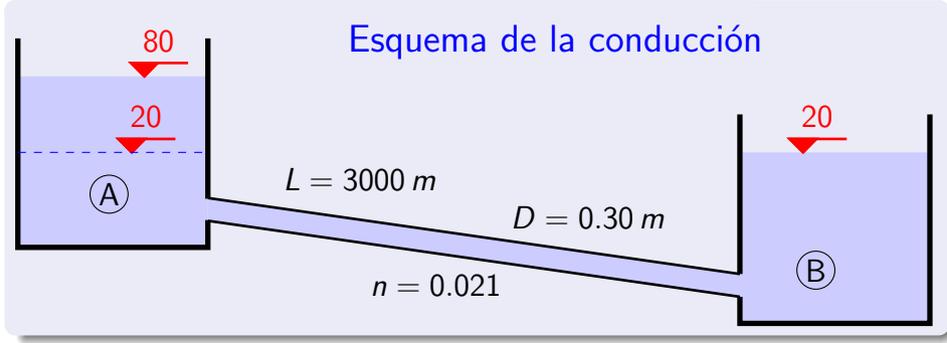
Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómesese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$


Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

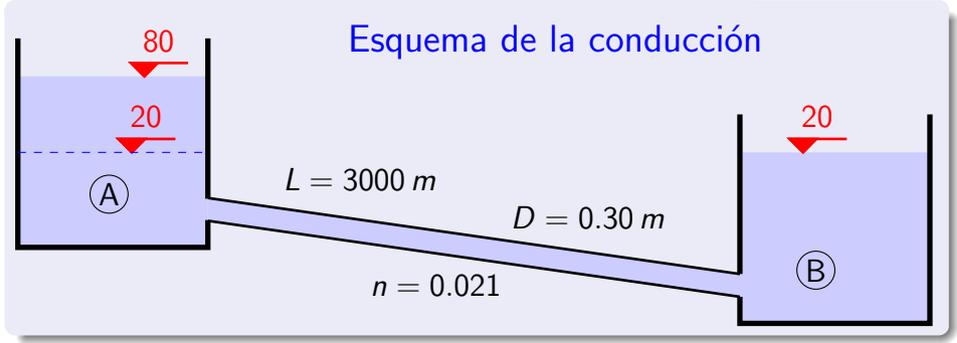
$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

- 1 En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- 2 Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$

- 3 Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4}\right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

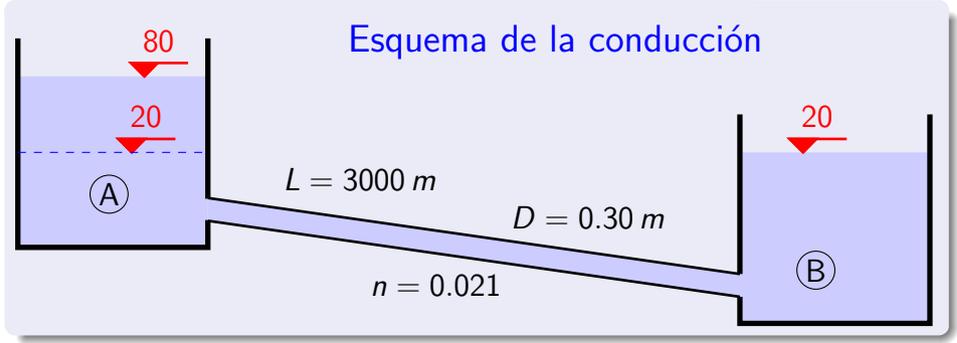
- 1 En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- 2 Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$

- 3 Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$

- 4 Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

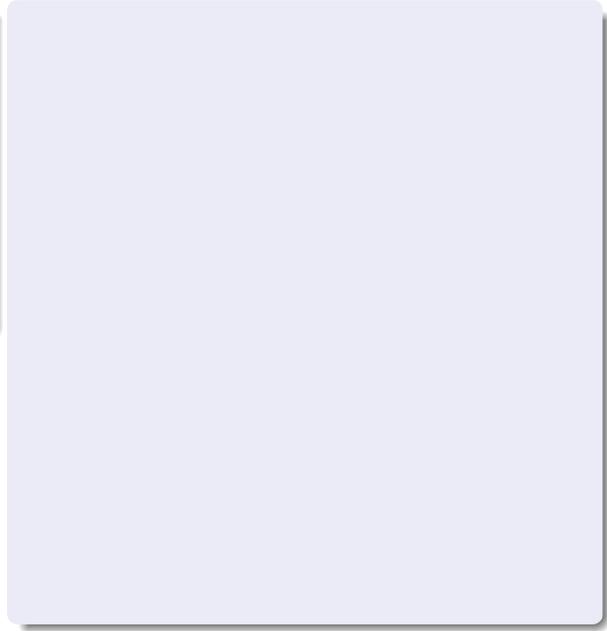
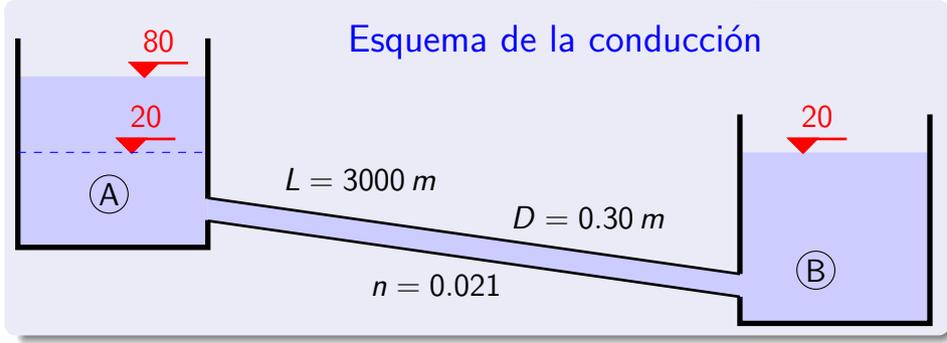
$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

$\Delta H = z_A - 20 = 8389.04 Q^2$ (parábola)

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$
- Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$
- Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

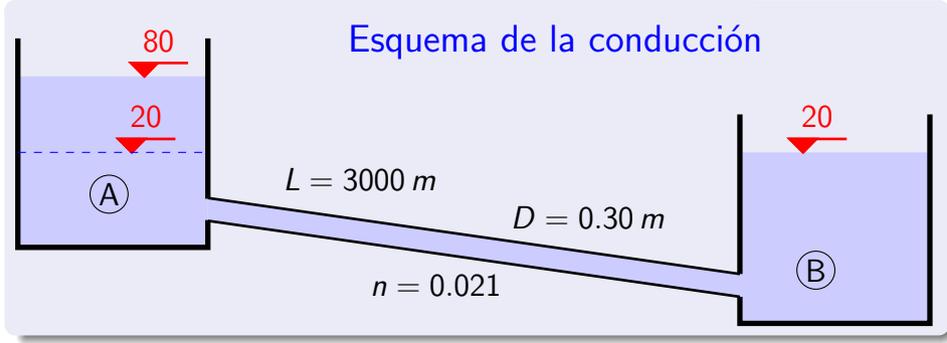
$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

$\Delta H = z_A - 20 = 8389.04 Q^2$ (parábola)

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$
- Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$
- Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



Pregúntate:

- ¿Que ocurre cuando la cota de A es menor de 20 m?
- ¿Importa el recorrido de la tubería?
- ¿Como cambia el resultado si se desprecia la pérdida de carga localizada?
- ¿Como cambia el resultado si el desagüe se produce a la atmósfera a la cota del depósito B?
- ¿Que ocurre si se conoce la rugosidad en vez del N° de Manning?

Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

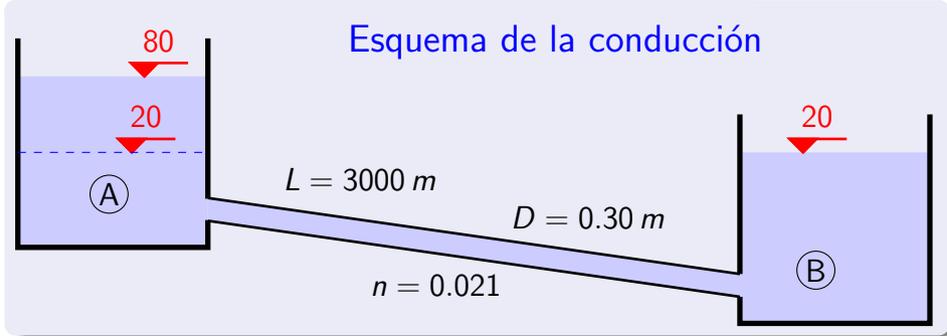
$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

$\Delta H = z_A - 20 = 8389.04 Q^2$ (parábola)

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$
- Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$
- Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



- Pregúntate:**
- ¿Que ocurre cuando la cota de A es menor de 20 m?
 - ¿Importa el recorrido de la tubería?
 - ¿Como cambia el resultado si se desprecia la pérdida de carga localizada?
 - ¿Como cambia el resultado si el desagüe se produce a la atmósfera a la cota del depósito B?
 - ¿Que ocurre si se conoce la rugosidad en vez del N° de Manning?

Test.

1. Caudal para $z_A = 52 \text{ m}$: $Q =$ m^3/s

Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

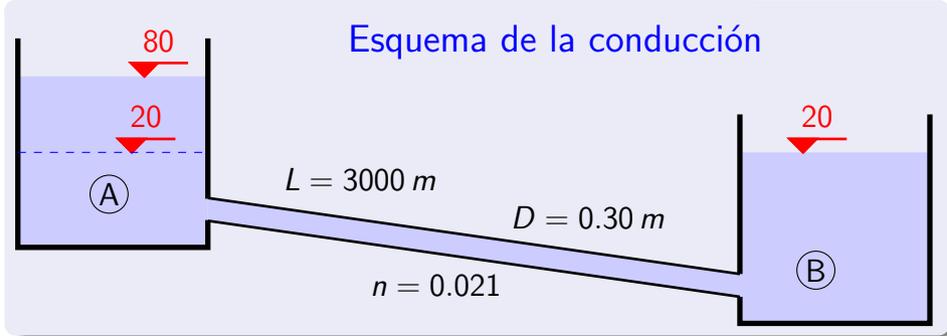
$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

$\Delta H = z_A - 20 = 8389.04 Q^2$ (parábola)

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$
- Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$
- Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



Pregúntate:

- ¿Que ocurre cuando la cota de A es menor de 20 m?
- ¿Importa el recorrido de la tubería?
- ¿Como cambia el resultado si se desprecia la pérdida de carga localizada?
- ¿Como cambia el resultado si el desagüe se produce a la atmósfera a la cota del depósito B?
- ¿Que ocurre si se conoce la rugosidad en vez del N° de Manning?

Test.

- Caudal para $z_A = 52 \text{ m}$: $Q = \quad \text{m}^3/\text{s}$
- Velocidad para $z_A = 52 \text{ m}$: $v = \quad \text{m}$

Curva de la conducción

Expresa la capacidad que tiene una conducción existente para transportar un determinado caudal en función de la diferencia de energía entre sus extremos

Ejemplo: Determinar el caudal circulante entre dos depósitos

Supuesta la conducción de la figura de longitud $L = 3000 \text{ m}$, diámetro $D = 0.30 \text{ m}$ y número de Manning $n = 0.021$, determinar y representar el caudal circulante para distintos niveles del depósito A entre $z_A = 20 \text{ m}$ y $z_A = 80 \text{ m}$ estando fijo el depósito B en el nivel $z_B = 20 \text{ m}$. Tómese $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y un coeficiente de pérdida de carga localizada de $\varphi_A = 0.70$ a la salida del depósito A.

Solución:

- Planteando Bernoulli entre A y B:

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

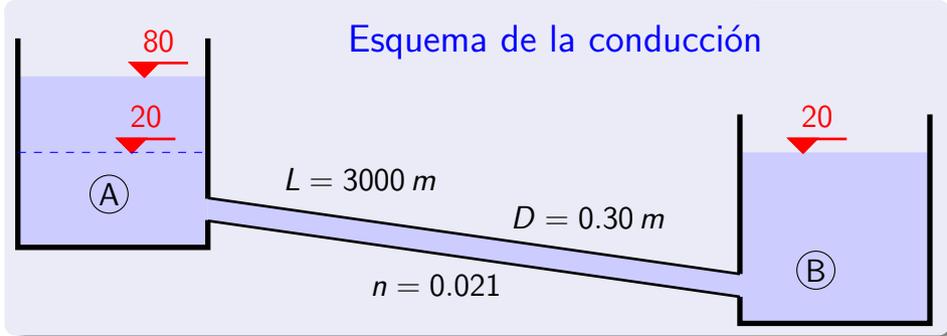
$$\Delta H = z_A - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2g} \right]$$

$\Delta H = z_A - 20 = 8389.04 Q^2$ (parábola)

- En la superficie de ambos depósitos la presión relativa y la velocidad son nulas
- Conocido el N° de Manning, las pérdidas de carga continua se determinan mediante:

$$\Delta H_c = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 R_H^{4/3}} L = \frac{n^2 Q^2}{S^2 \left(\frac{D}{4} \right)^{4/3}} L = \frac{4^{10/3} n^2 Q^2}{\pi^2 D^{16/3}} L = \frac{4^{10/3} 0.021^2}{\pi^2 0.30^{16/3}} 3000 Q^2 = 8371.695 Q^2$$
- Las pérdidas de carga localizadas se dan a la salida del depósito A con $\varphi_A = 0.70$, y en la entrada al depósito B con $\varphi_B = 1.0$. Por tanto:

$$\Delta H_l = (\varphi_A + \varphi_B) \frac{Q^2}{2gS^2} = \frac{0.70 + 1.00}{2 \cdot 9.81 \left(\pi \frac{0.30^2}{4} \right)^2} Q^2 = 17.341 Q^2$$
- Despejando la diferencia de niveles a un lado, los términos de caudal al otro y sustituyendo



Pregúntate:

- ¿Que ocurre cuando la cota de A es menor de 20 m?
- ¿Importa el recorrido de la tubería?
- ¿Como cambia el resultado si se desprecia la pérdida de carga localizada?
- ¿Como cambia el resultado si el desagüe se produce a la atmósfera a la cota del depósito B?
- ¿Que ocurre si se conoce la rugosidad en vez del N° de Manning?

Test.

- Caudal para $z_A = 52 \text{ m}$: $Q = \quad \text{m}^3/\text{s}$
- Velocidad para $z_A = 52 \text{ m}$: $v = \quad \text{m}$
- Manteniendo el resto de datos, calcular el diámetro necesario para que circulen 50 l/s para $z_A = 52 \text{ m}$: $D = \quad \text{m}$

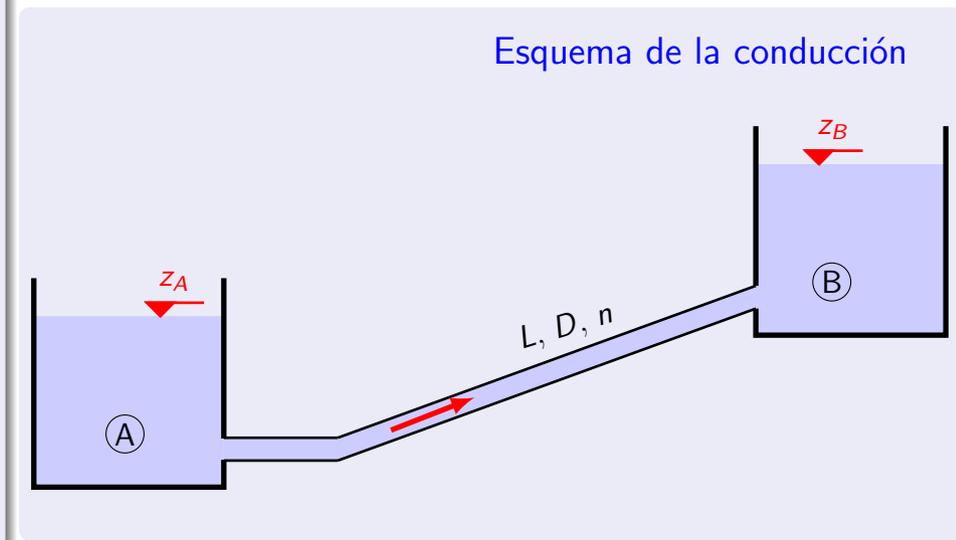
¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

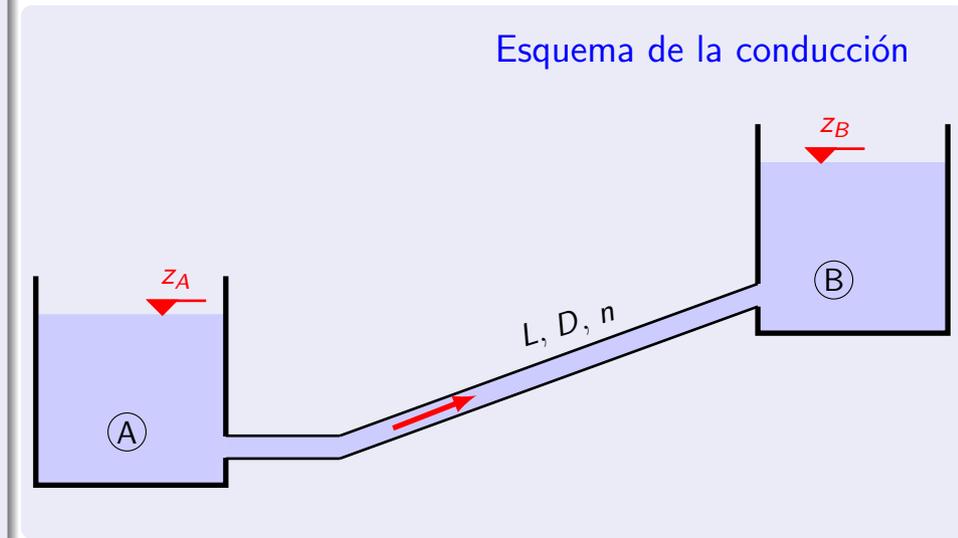


¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)

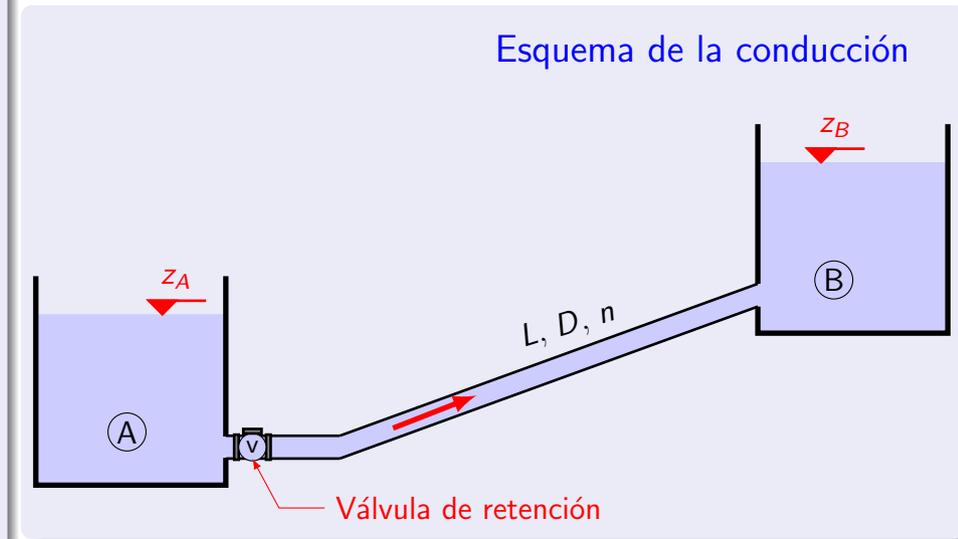


¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.

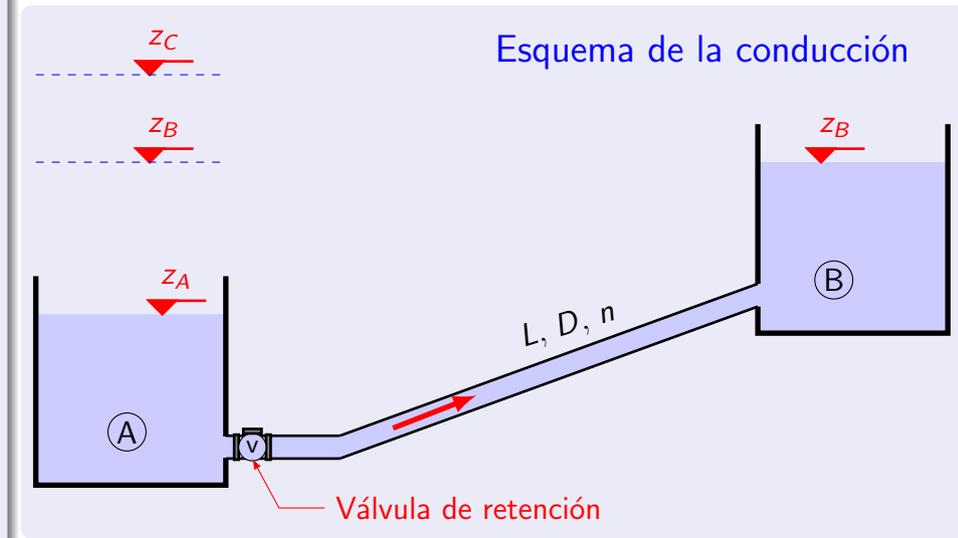


¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .



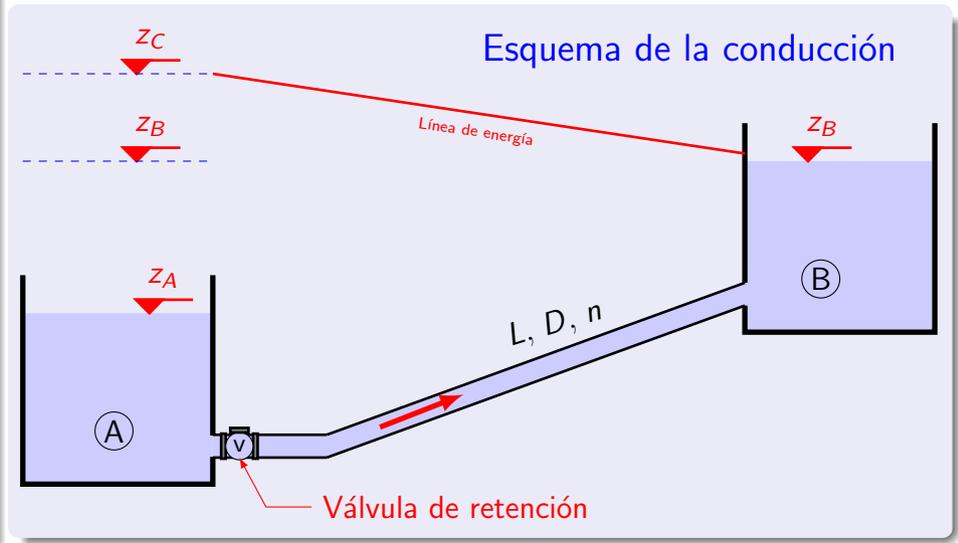
¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :



¿Qué es y para que vale una bomba?

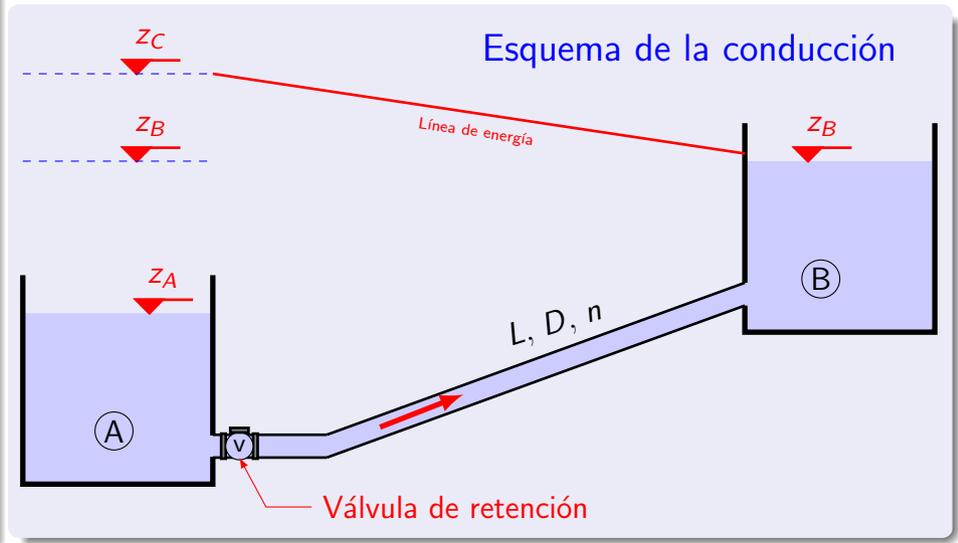
¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

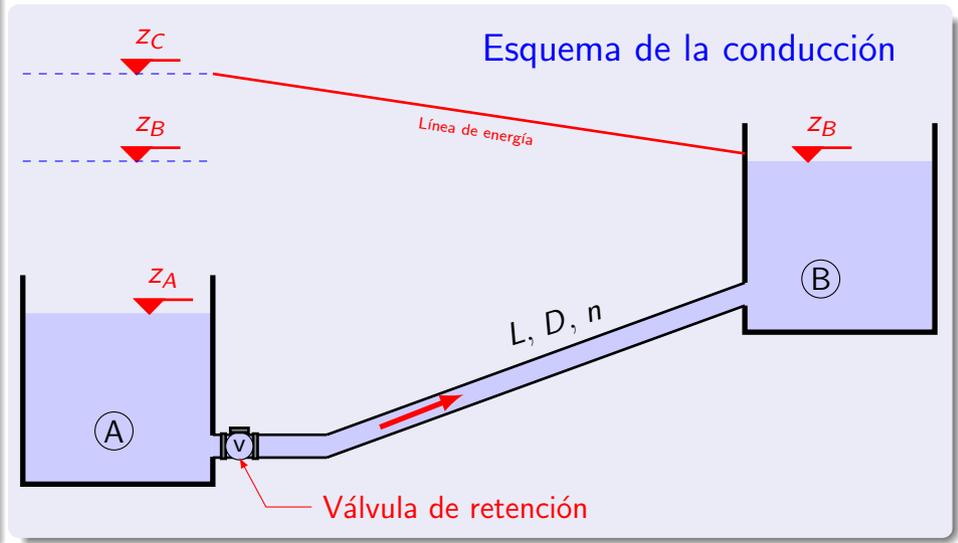
¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

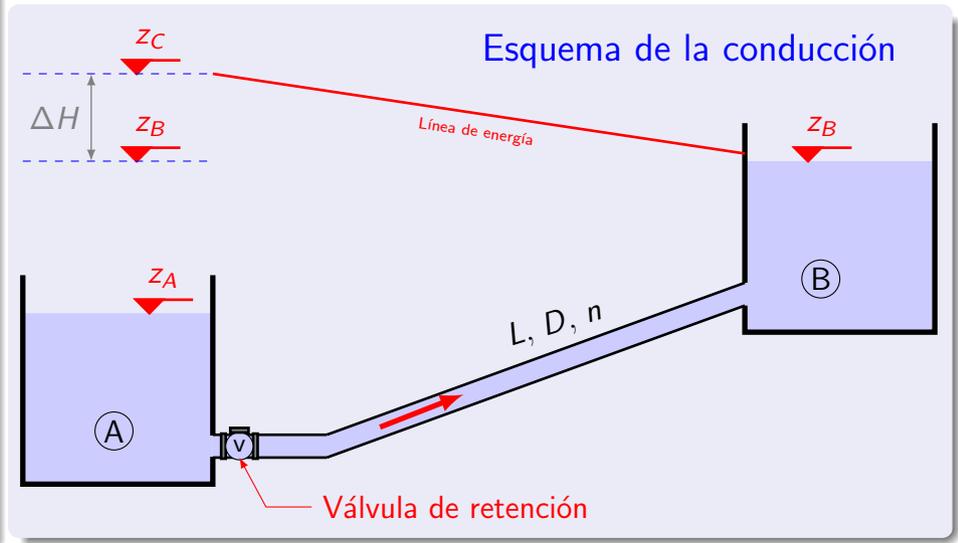
Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

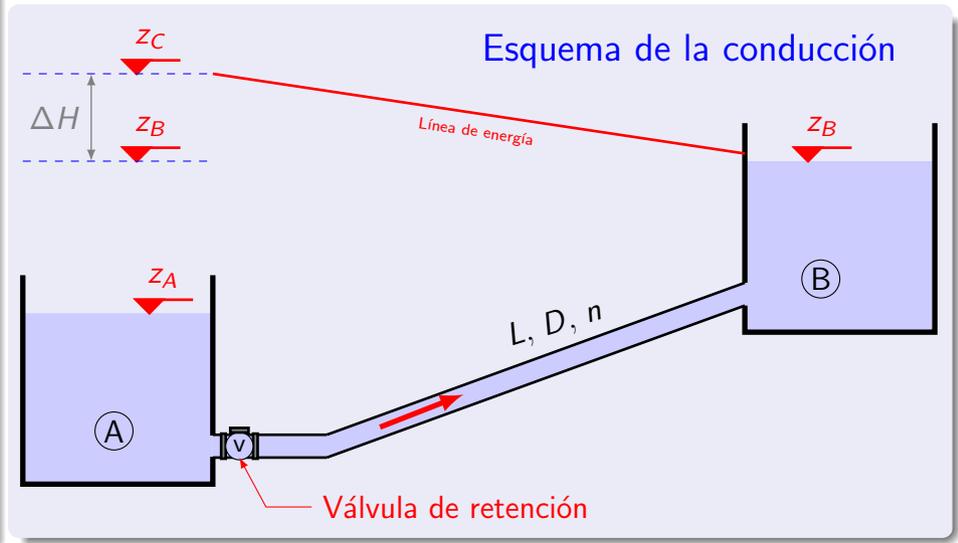
Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- **Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.**

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

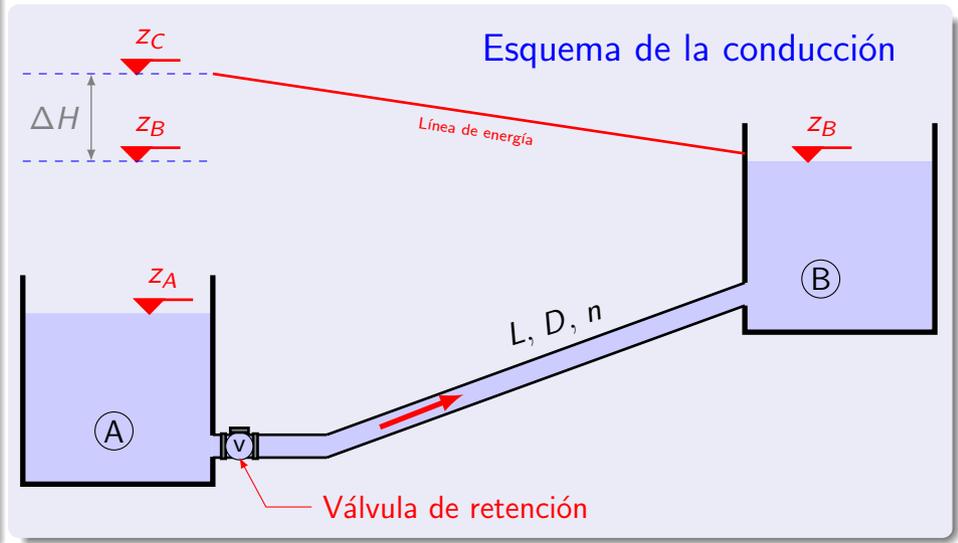
Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_i$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

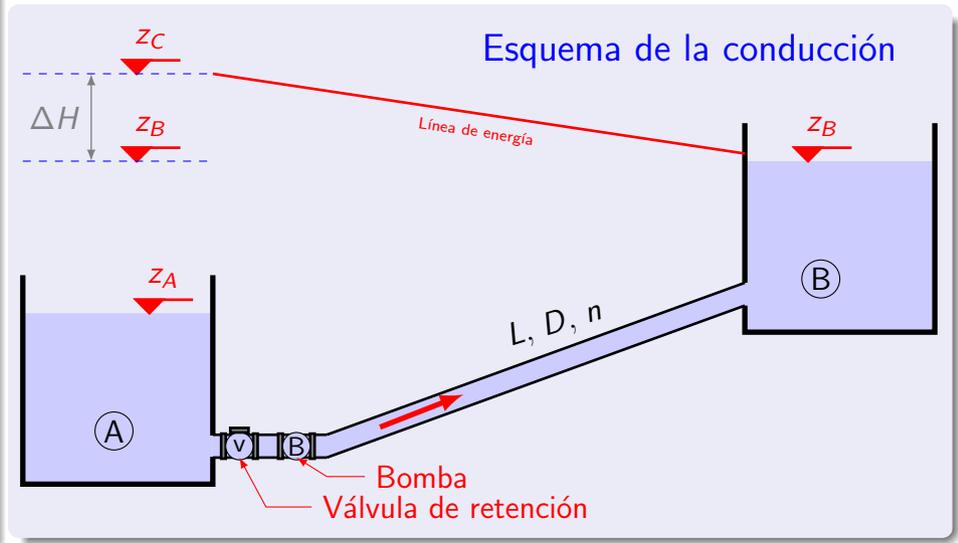
Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

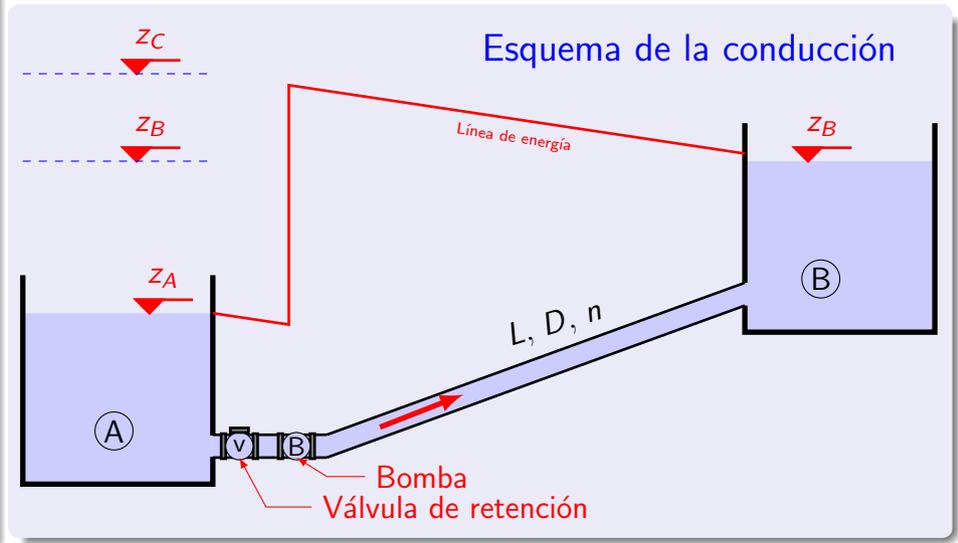
Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{\rho g}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{\rho g}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

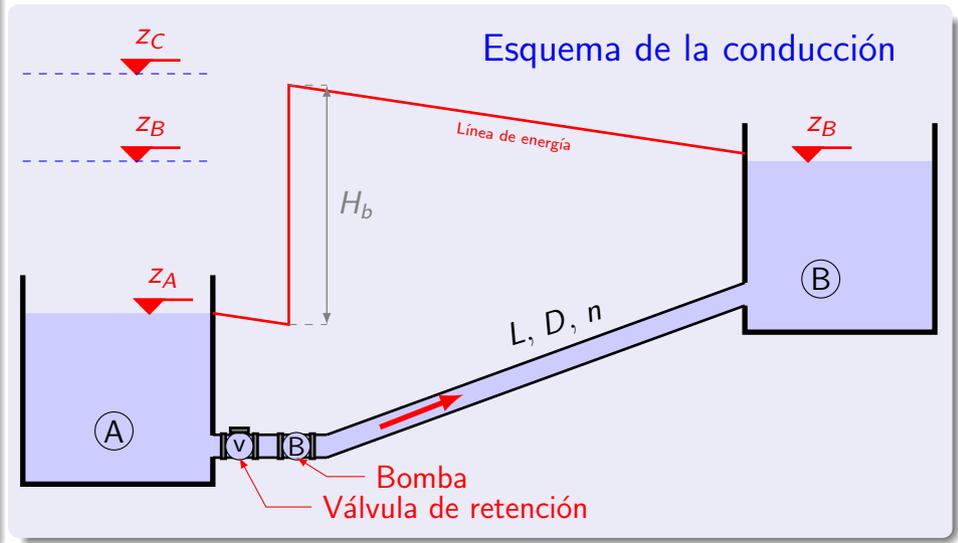
- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{\rho g}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{\rho g}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.
- El incremento de altura de energía hidráulica proporcionado por la bomba puede agregarse en la ecuación de Bernoulli como un valor positivo en la parte izquierda o negativo en la derecha. En ambos casos puede interpretarse como una ganancia localizada de energía.

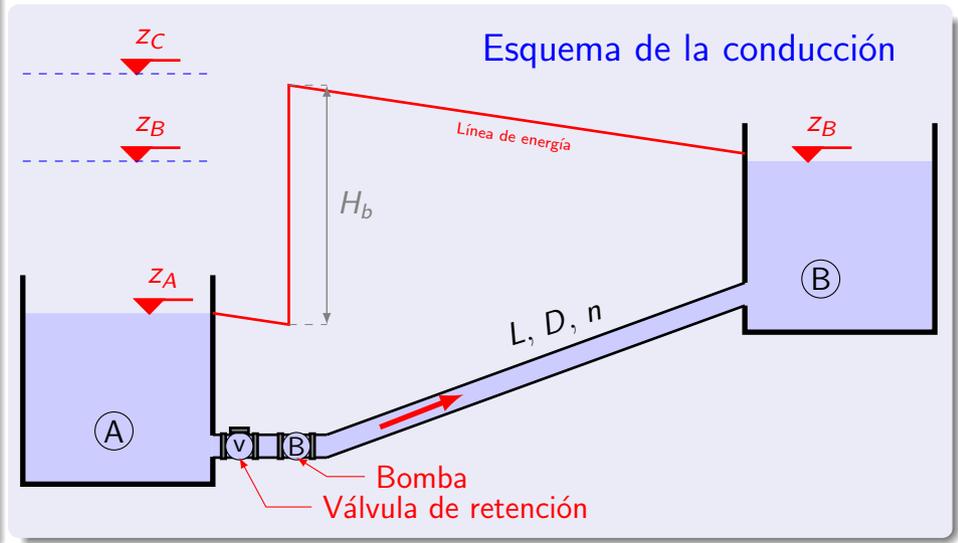
Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_b = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.
- El incremento de altura de energía hidráulica proporcionado por la bomba puede agregarse en la ecuación de Bernoulli como un valor positivo en la parte izquierda o negativo en la derecha. En ambos casos puede interpretarse como una ganancia localizada de energía.

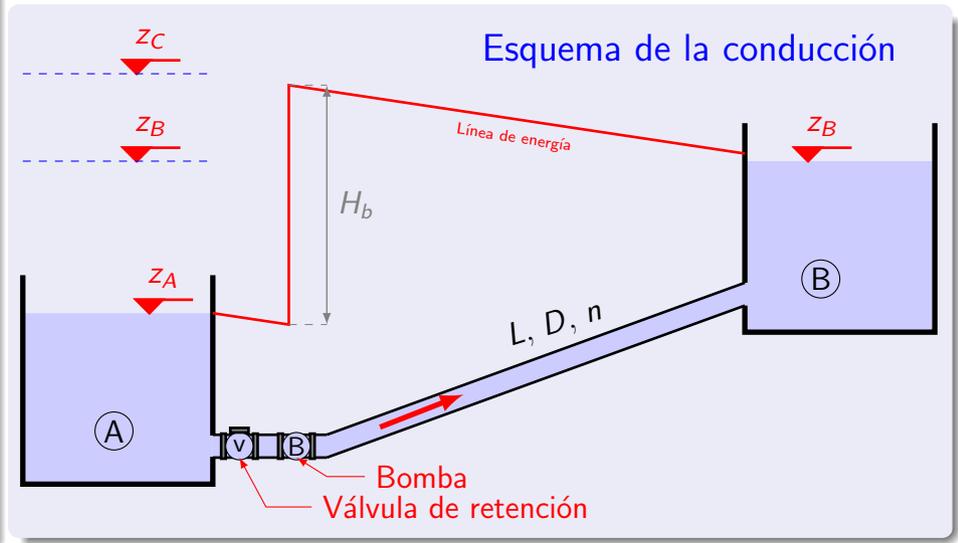
Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_b = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.
- El incremento de altura de energía hidráulica proporcionado por la bomba puede agregarse en la ecuación de Bernoulli como un valor positivo en la parte izquierda o negativo en la derecha. En ambos casos puede interpretarse como una ganancia localizada de energía.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

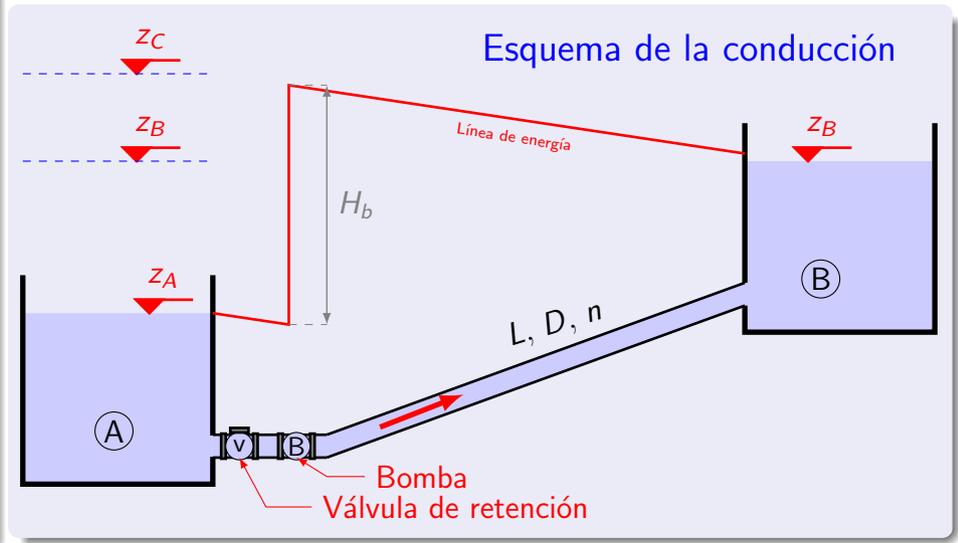
$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_b = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_A - z_B + H_b = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

El caudal será el mismo en ambos casos si $H_b = z_C - z_A$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.
- El incremento de altura de energía hidráulica proporcionado por la bomba puede agregarse en la ecuación de Bernoulli como un valor positivo en la parte izquierda o negativo en la derecha. En ambos casos puede interpretarse como una ganancia localizada de energía.
- En ambos supuestos, la tubería debe ser capaz de resistir la presión obtenida como la diferencia entre la cota de la línea piezométrica y la cota de la tubería en cada punto (término p/γ). La sección circular es ideal para este propósito.

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

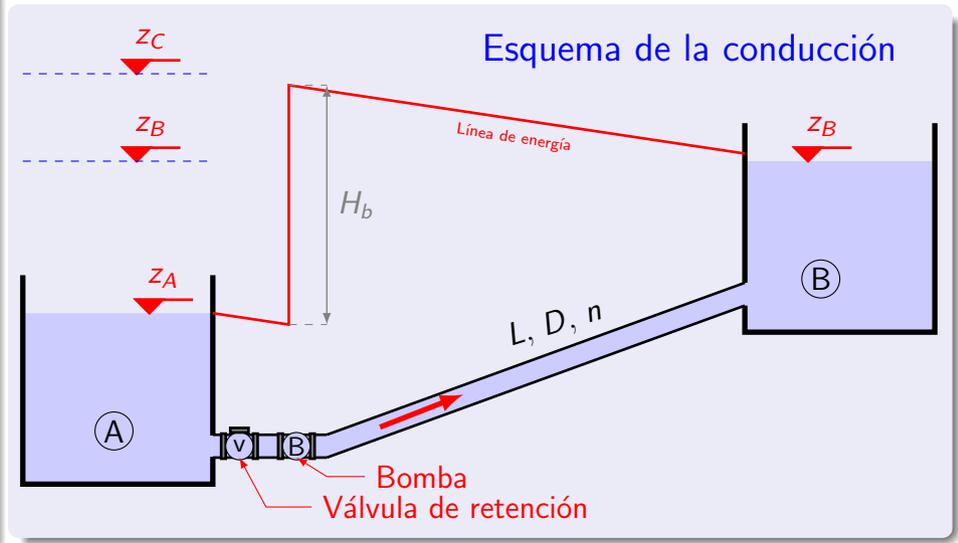
$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_b = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_A - z_B + H_b = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

El caudal será el mismo en ambos casos si $H_b = z_C - z_A$



¿Qué es y para que vale una bomba?

¿Que es?: Dispositivo mecánico que transforma la energía externa aportada al sistema en energía hidráulica

Ejemplo: Se quiere llevar agua del depósito A al B

- Problema: Si el depósito A tiene un nivel inferior al B la circulación será de B a A. (La circulación es siempre desde la zona de mayor energía a la de menor)
- Se puede impedir esta circulación mediante la colocación de una válvula de retención. Generalmente se colocará en la zona inferior de la tubería, junto al depósito A. ¿Conoces el motivo de esta posición?.
- Si queremos que el caudal circule de A a B necesitaremos aumentar el nivel del depósito A por encima del de B. Por ejemplo a z_C .
- Cuanto mayor sea la diferencia entre A y C mayor será el caudal circulante.
- Un depósito con mucha altura es muy caro y puede no ser realizable.
- La solución es un dispositivo colocado en la conducción (bomba) que convierte la energía exterior al sistema (generalmente eléctrica), en energía hidráulica.
- Si la bomba esta intercalada en una conducción de diámetro fijo (D), y se admite la hipótesis de incompresibilidad del fluido ($\rho = cte$), el caudal (Q) permanecerá constante y la velocidad (v) a ambos lados de la bomba también. Ello implica que la energía hidráulica introducida en el sistema lo hace en forma de incremento de presión.
- El incremento de altura de energía hidráulica proporcionado por la bomba puede agregarse en la ecuación de Bernoulli como un valor positivo en la parte izquierda o negativo en la derecha. En ambos casos puede interpretarse como una ganancia localizada de energía.
- En ambos supuestos, la tubería debe ser capaz de resistir la presión obtenida como la diferencia entre la cota de la línea piezométrica y la cota de la tubería en cada punto (término p/γ). La sección circular es ideal para este propósito.
- La transformación de energía externa a hidráulica se realiza con una pérdida que se expresa a través del rendimiento η .

$$\text{Pot. externa} = \frac{\text{Pot. hidráulica}}{\text{rendimiento}} = w_b = \frac{\gamma QH}{\eta}$$

Supuesto el nivel en C: Bernoulli de z_C a z_B :

$$z_C + \frac{p_C}{\gamma} + \frac{v_C^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

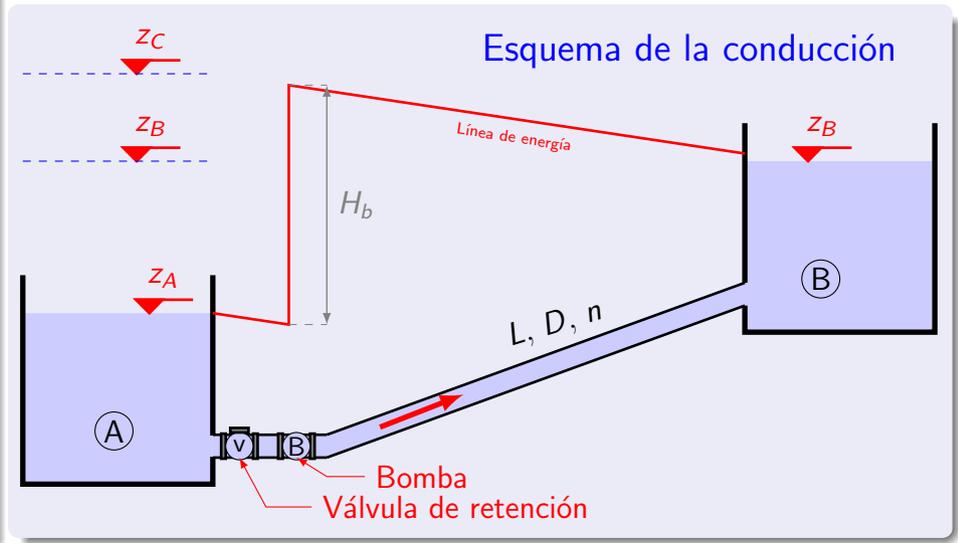
$$\Delta H = z_C - z_B = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

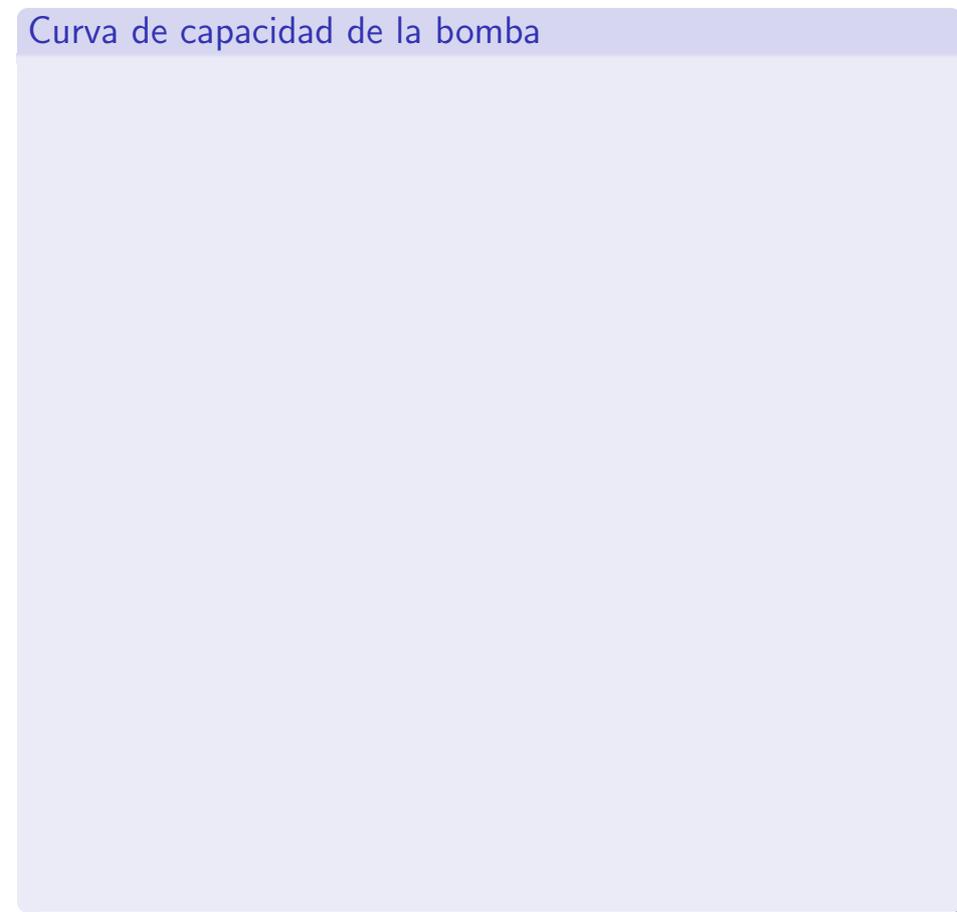
Supuesto el nivel en A más una bomba con altura de elevación para el caudal circulante de H_b : Bernoulli de z_A a z_B :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_b = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H = z_A - z_B + H_b = \frac{Q^2}{S^2} \left[\left(\frac{4}{D} \right)^{4/3} n^2 L + \frac{1}{2g} \right]$$

El caudal será el mismo en ambos casos si $H_b = z_C - z_A$





Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante

Q

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira

Q
 N

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura

Q
N
ν

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante Q
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira N
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura ν
 - ▶ El rendimiento, que depende de los factores anteriores, mas la tipología de la bomba y la fabricación de la misma. η

- 1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

- 2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante Q
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira N
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura ν
 - ▶ El rendimiento, que depende de los factores anteriores, mas la tipología de la bomba y la fabricación de la misma. η
- 4 Para cada bomba y fluido circulante para el que esta realizada, el fabricante determina de forma experimental su curva de comportamiento.

1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma QH_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma QH_b}{\eta}$$

Curva de capacidad de la bomba

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante Q
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira N
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura ν
 - ▶ El rendimiento, que depende de los factores anteriores, mas la tipología de la bomba y la fabricación de la misma. η
- 4 Para cada bomba y fluido circulante para el que esta realizada, el fabricante determina de forma experimental su curva de comportamiento.
- 5 Esta tiene una forma como la mostrada en la figura y permite obtener la altura manométrica en función del caudal circulante.

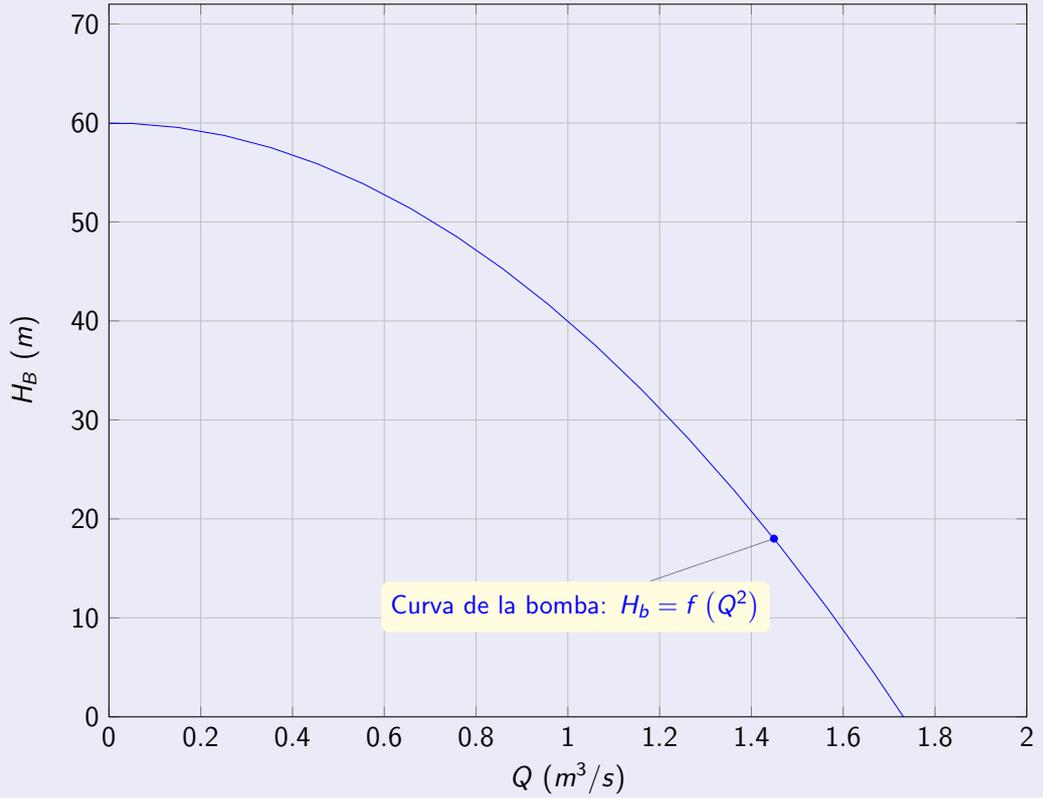
1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$



Curva de capacidad de la bomba

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante Q
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira N
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura ν
 - ▶ El rendimiento, que depende de los factores anteriores, mas la tipología de la bomba y la fabricación de la misma. η
- 4 Para cada bomba y fluido circulante para el que esta realizada, el fabricante determina de forma experimental su curva de comportamiento.
- 5 Esta tiene una forma como la mostrada en la figura y permite obtener la altura manométrica en función del caudal circulante.
- 6 Esta es la **Curva de capacidad de la bomba** que permite, en función del caudal que circula en cada momento por la conducción, determinar la altura manométrica de elevación.

Ejercicio: Curva de capacidad de la bomba

Test. Supuesta la curva de la bomba mostrada, determinar:

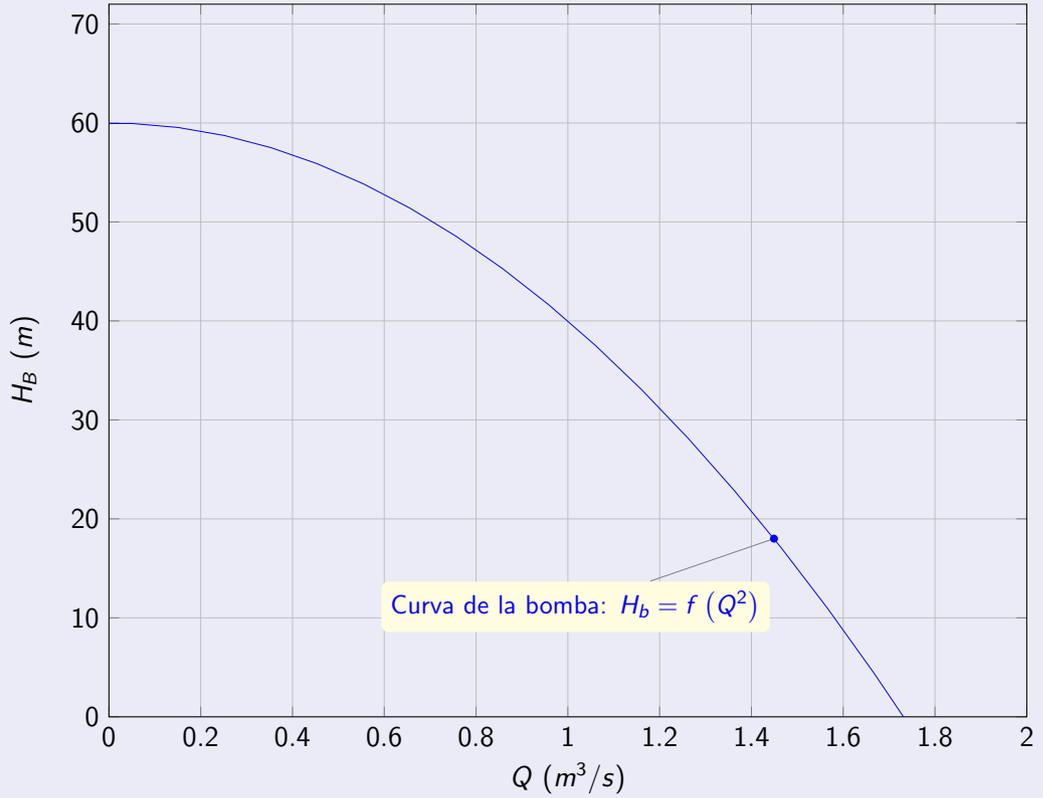
1 La energía hidráulica viene dada por:

$$E_H = \gamma Q H_b$$

siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$



Curva de capacidad de la bomba

Curva de capacidad de la bomba

- 1 La bomba es un aparato mecánico que transforma la energía externa en energía hidráulica suministrando al sistema un incremento de presión entre los extremos de la misma.
- 2 Ese incremento de presión equivale a la altura de elevación H_b o **Altura manométrica** aplicable al caudal que circula por la conducción:
- 3 Para una misma bomba, la altura manométrica es función de
 - ▶ Caudal circulante Q
 - ▶ El número de revoluciones a las que gira N
 - ▶ La viscosidad del fluido en circulación, que puede ser a su vez variable con la temperatura ν
 - ▶ El rendimiento, que depende de los factores anteriores, mas la tipología de la bomba y la fabricación de la misma. η
- 4 Para cada bomba y fluido circulante para el que esta realizada, el fabricante determina de forma experimental su curva de comportamiento.
- 5 Esta tiene una forma como la mostrada en la figura y permite obtener la altura manométrica en función del caudal circulante.
- 6 Esta es la **Curva de capacidad de la bomba** que permite, en función del caudal que circula en cada momento por la conducción, determinar la altura manométrica de elevación.

Ejercicio: Curva de capacidad de la bomba

- Test.** Supuesta la curva de la bomba mostrada, determinar:
- 1. Caudal máximo posible para elevar una altura de 20.5 m

$$Q_{H_{20.5}} = \quad m^3/s$$
 - 2. Altura máxima de elevación cuando el caudal es 100 l/s

$$H_{Q_{100}} = \quad m$$

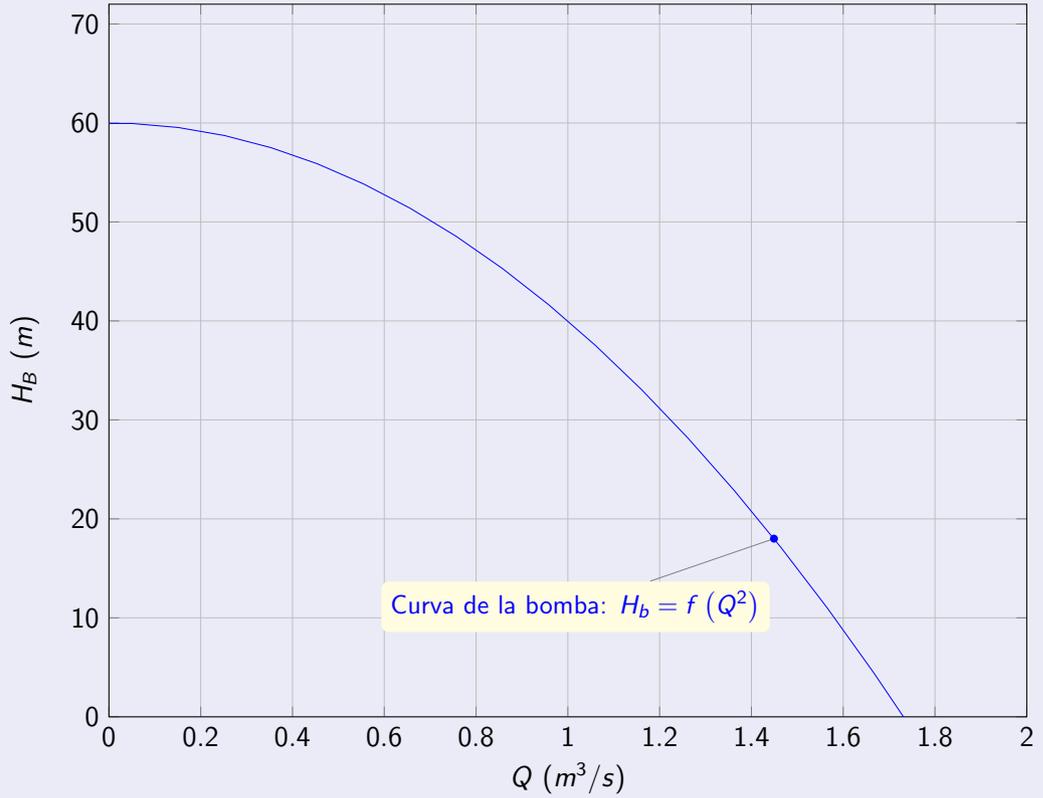
1 La energía hidráulica viene dada por:

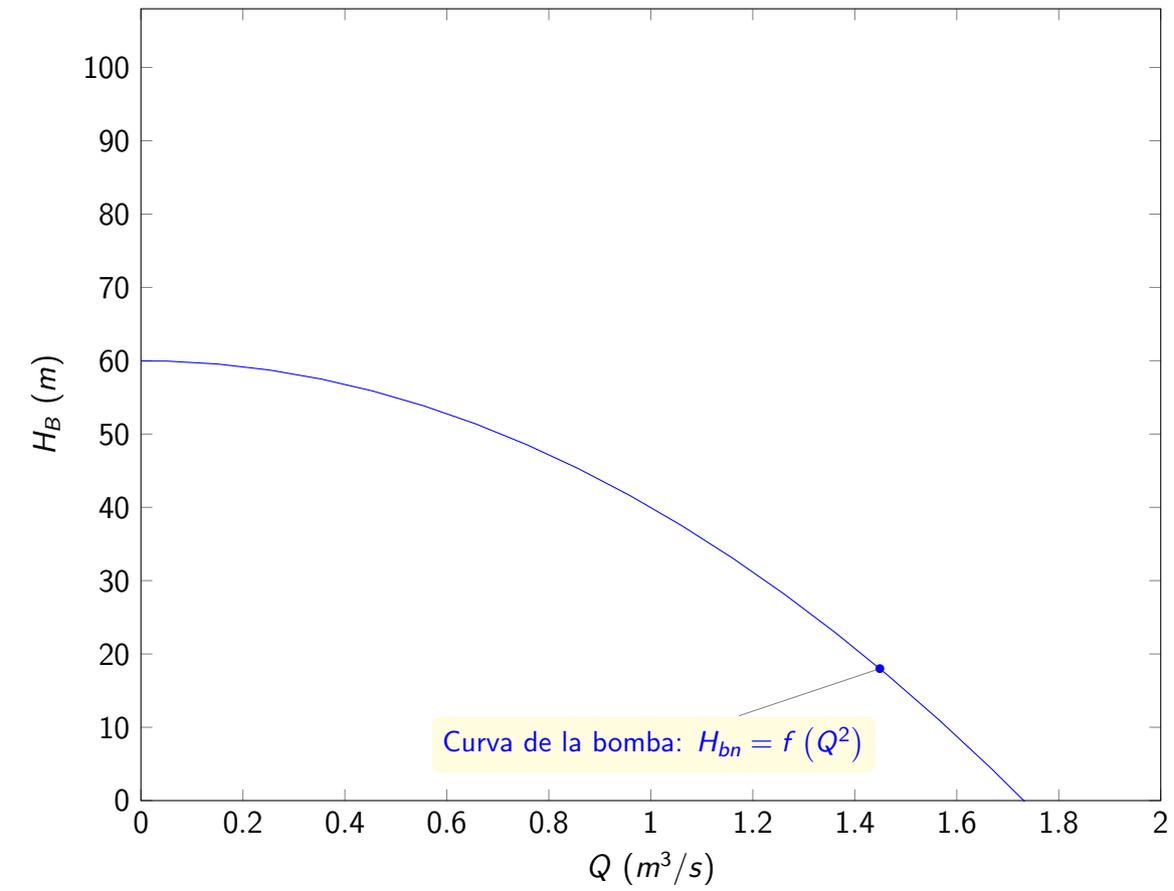
$$E_H = \gamma Q H_b$$

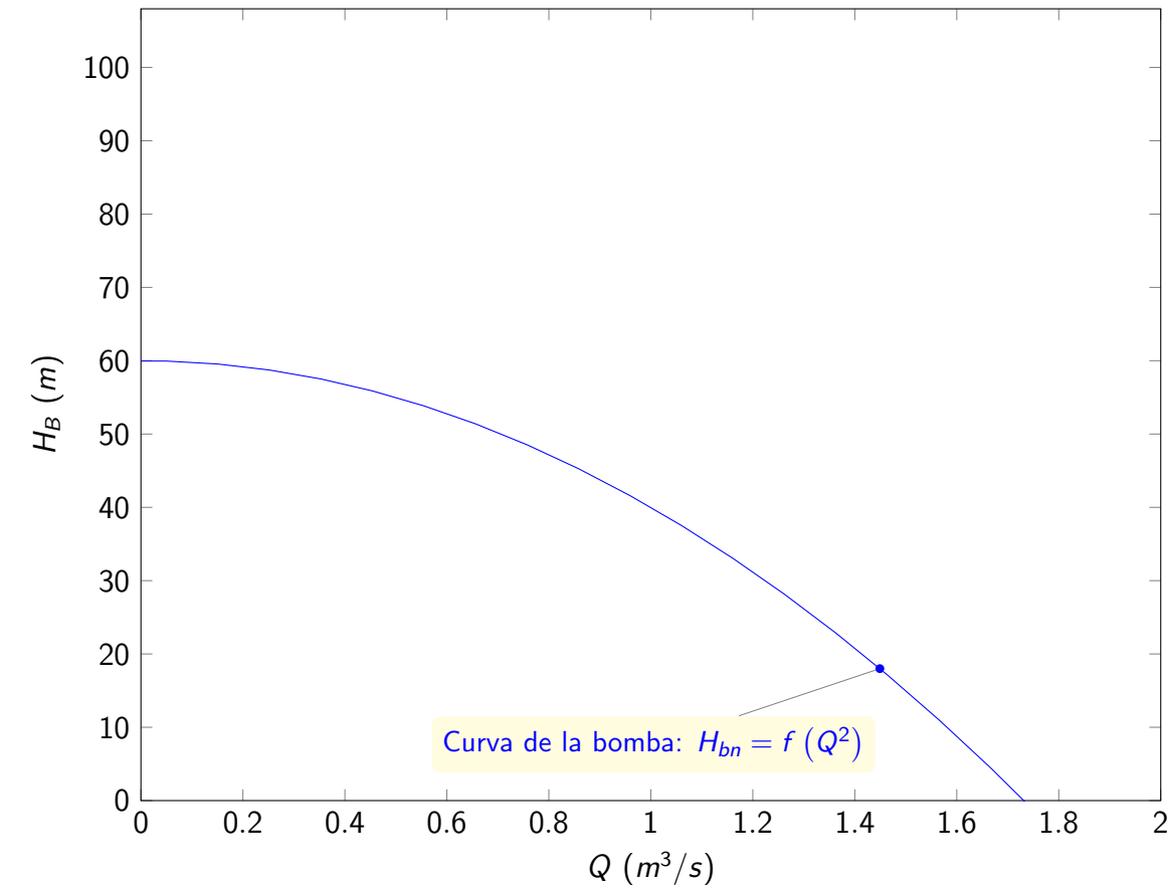
siendo, γ el peso específico del fluido en circulación, Q el caudal circulante y H_b el incremento de presión aportado por la bomba entre sus extremos

2 Como la bomba es un aparato mecánico con rozamientos, no toda la energía que se le aporta la transforma en hidráulica, habiendo una pérdida que se expresa a través del rendimiento η , resultando la energía de la bomba:

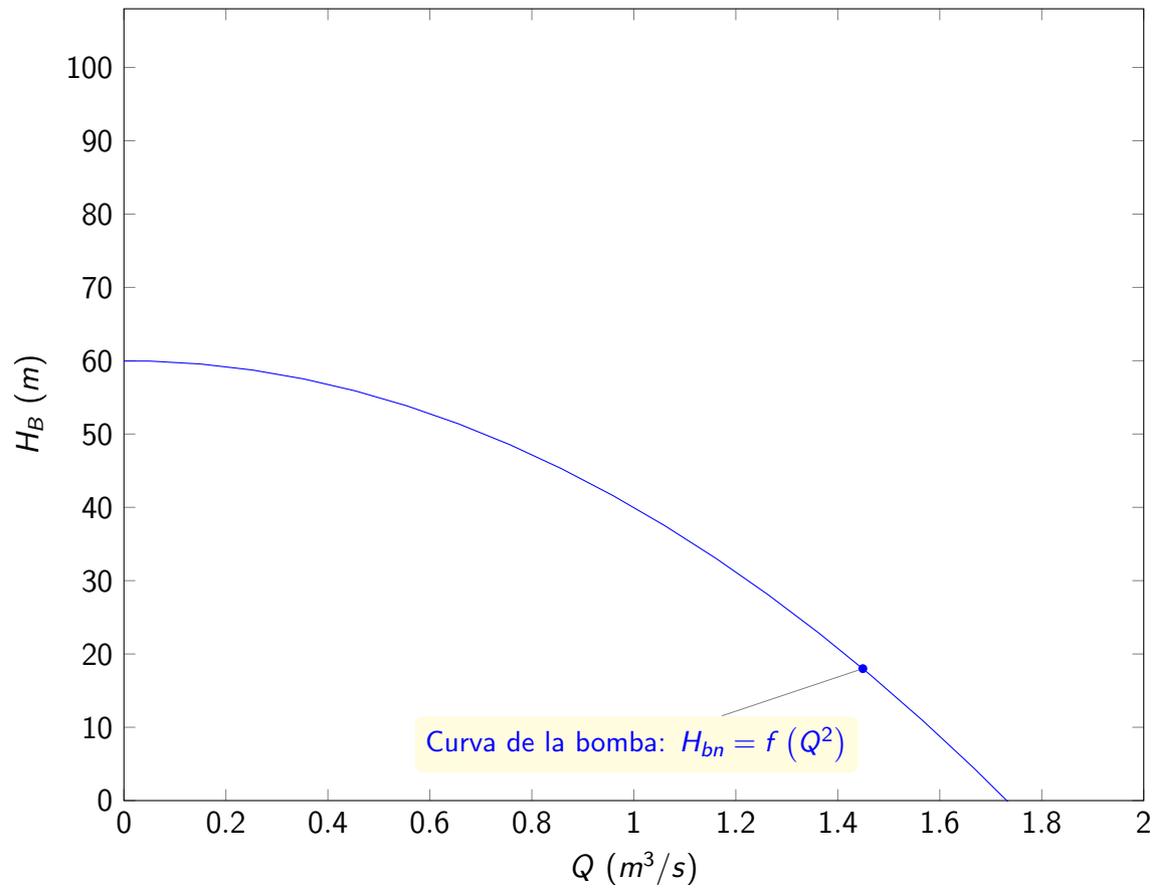
$$E_b = \frac{E_H}{\eta} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta}$$





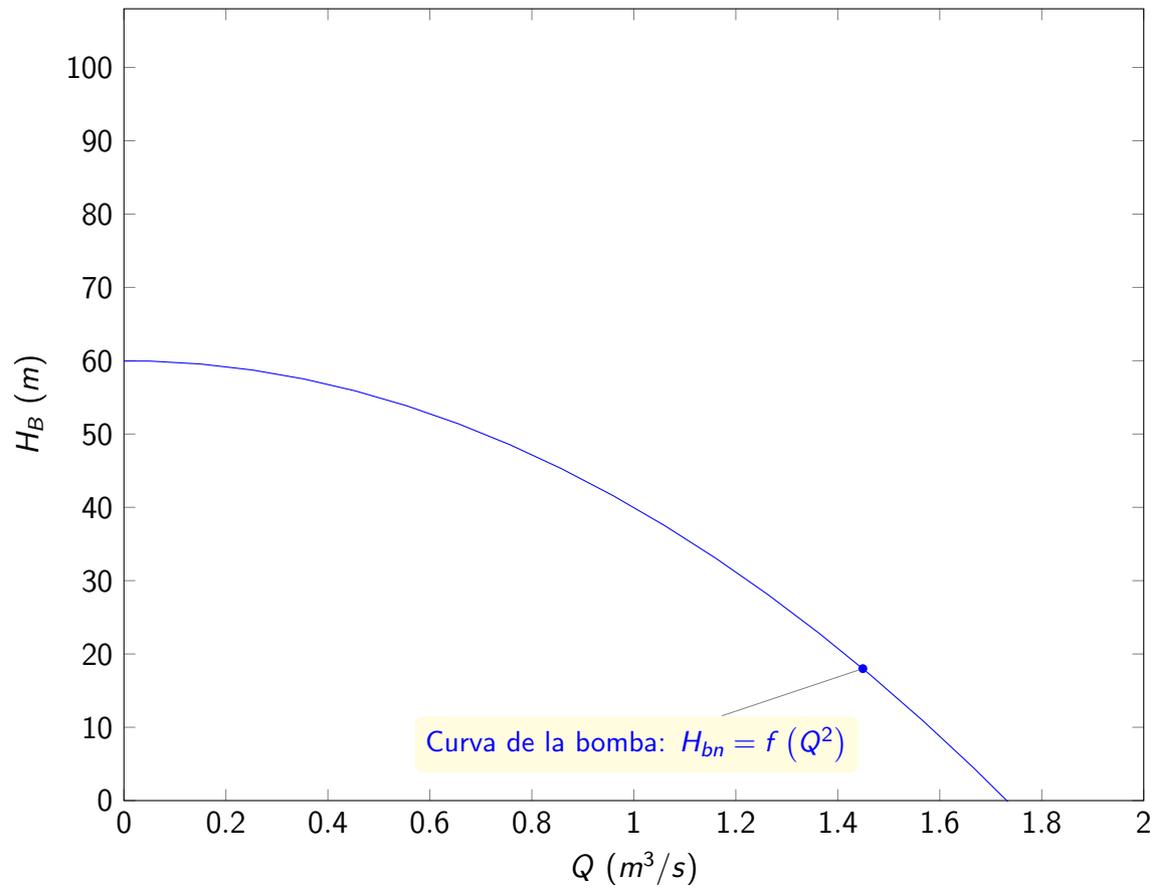


Resolución del problema



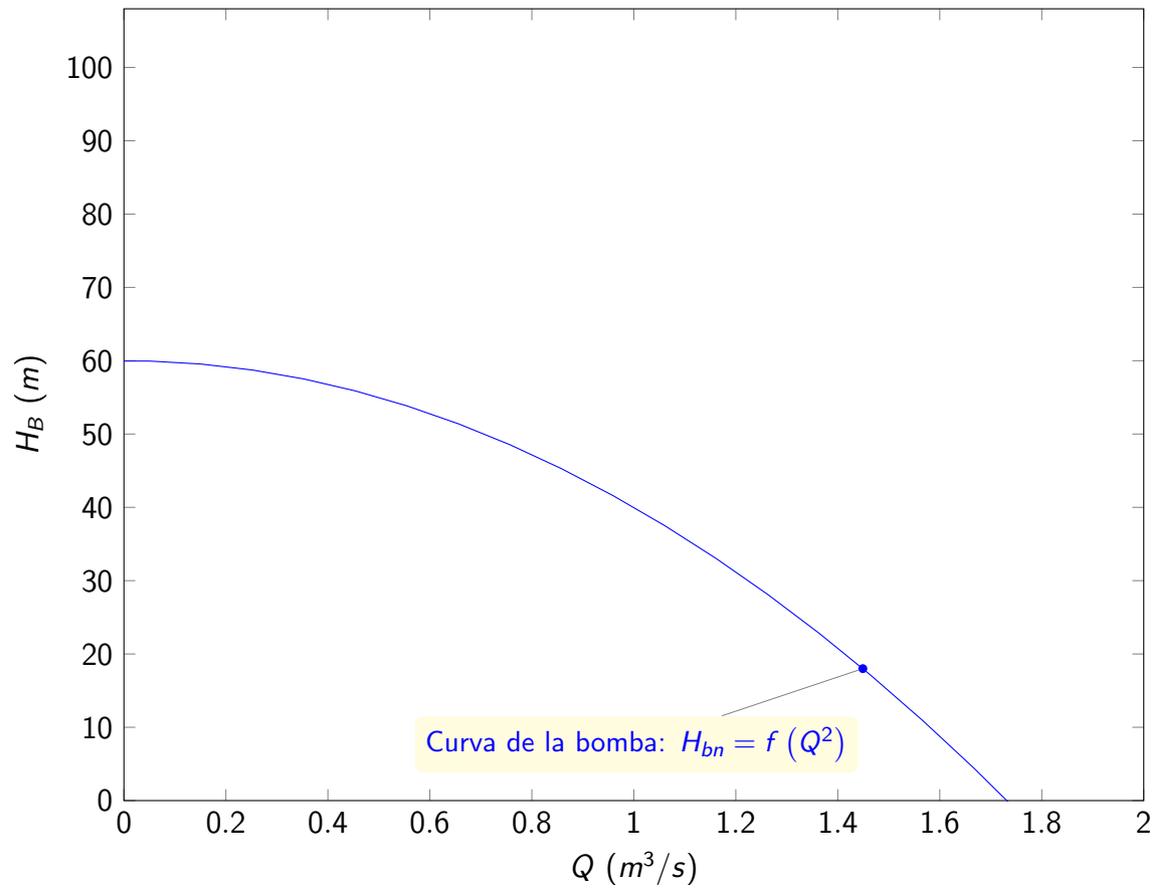
Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro



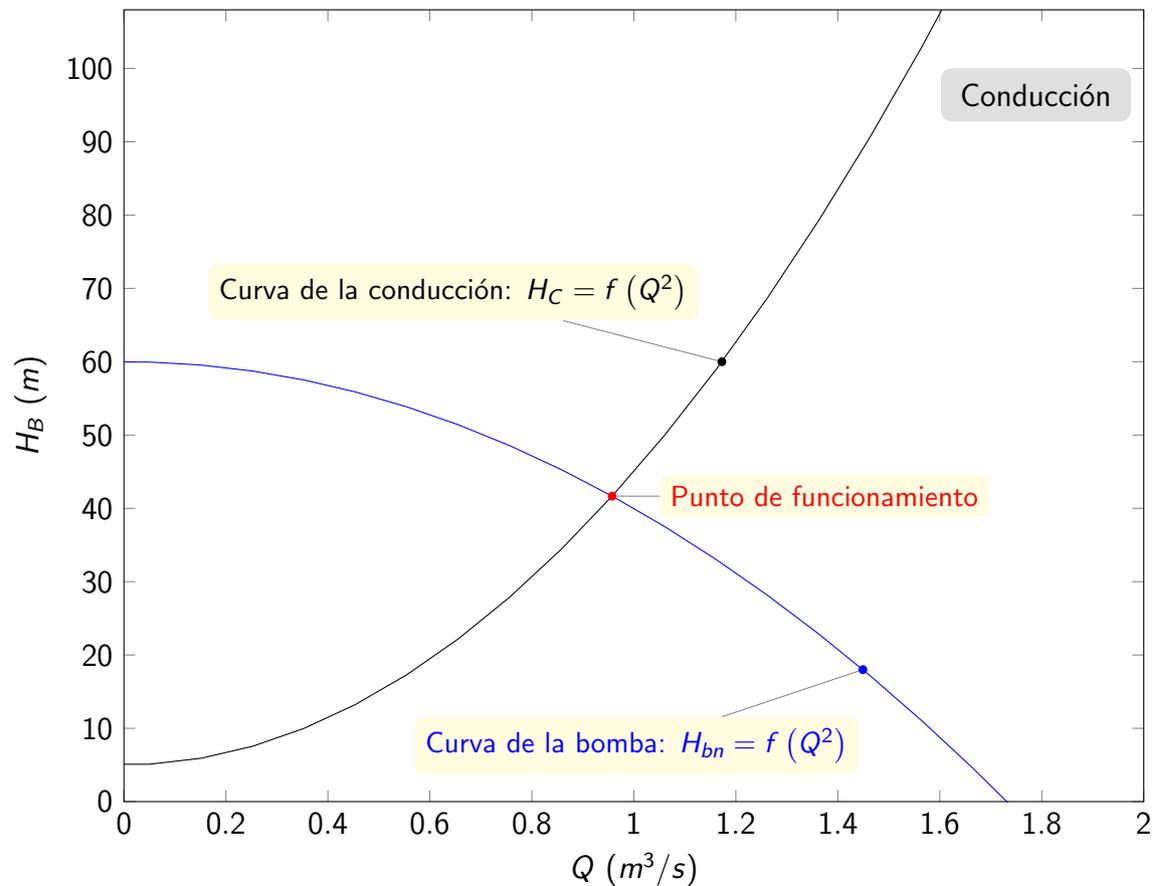
Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$



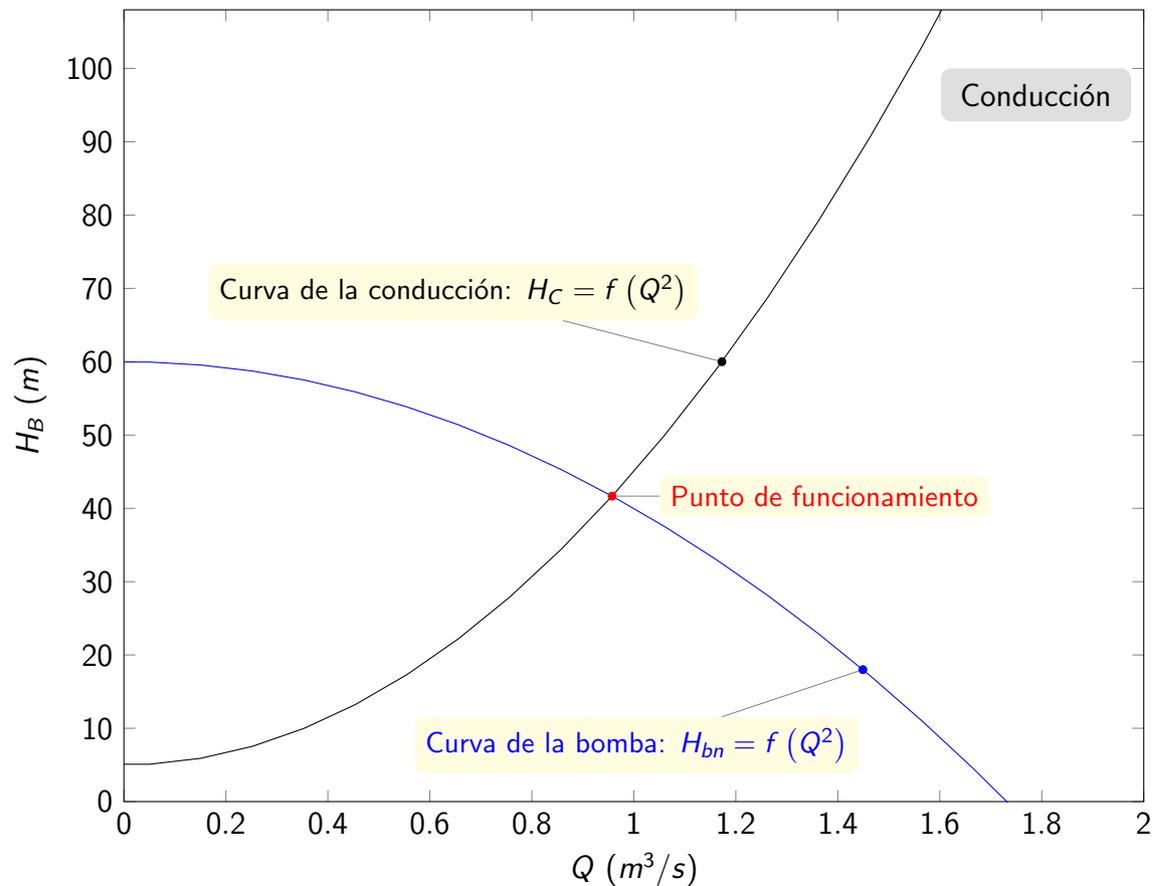
Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas



Resolución del problema

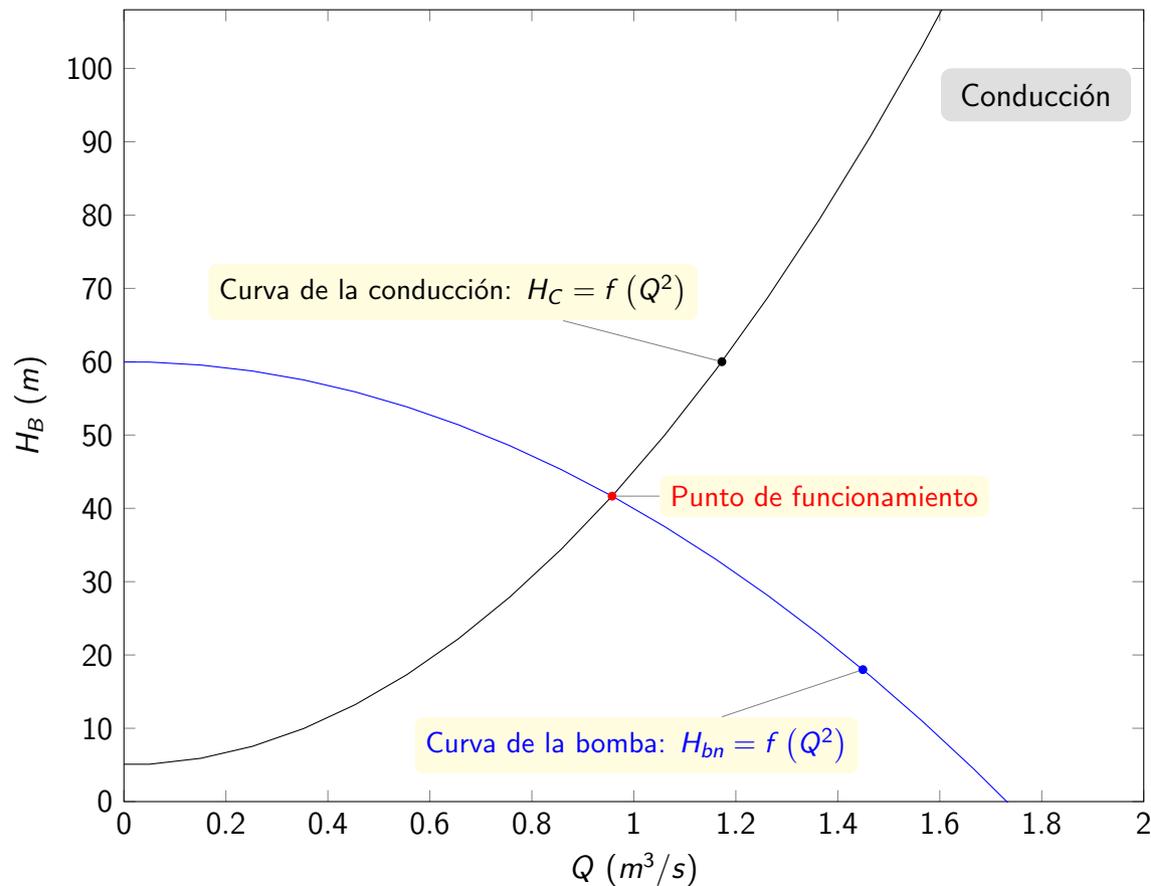
- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas



Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

Punto de funcionamiento



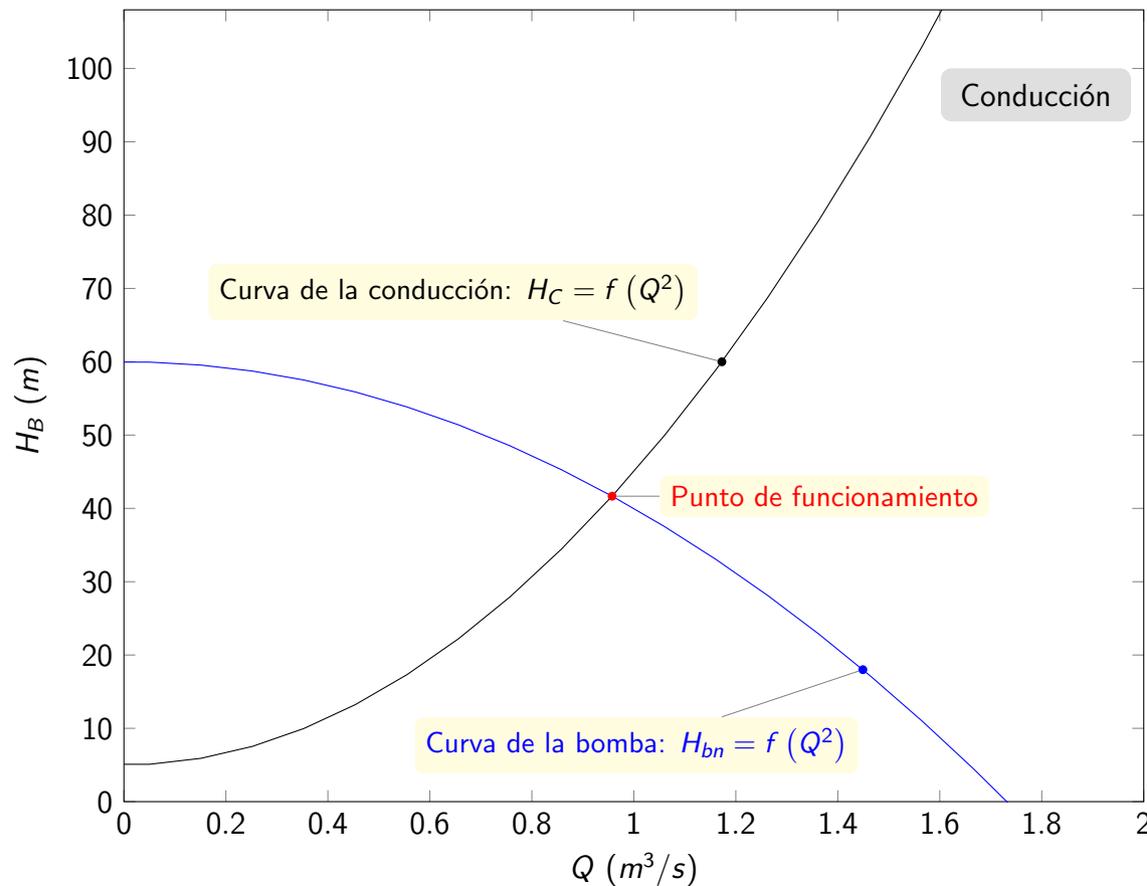
Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

Ejercicio: Punto de funcionamiento

Test. Supuesta la curva de la bomba dada por la ecuación $H_B = 60 - 20Q^2$ y la curva de la conducción obtenida como $H_C = 5 + 40Q^2$. Si todas las unidades están el SI, determinar:

Punto de funcionamiento



Resolución del problema

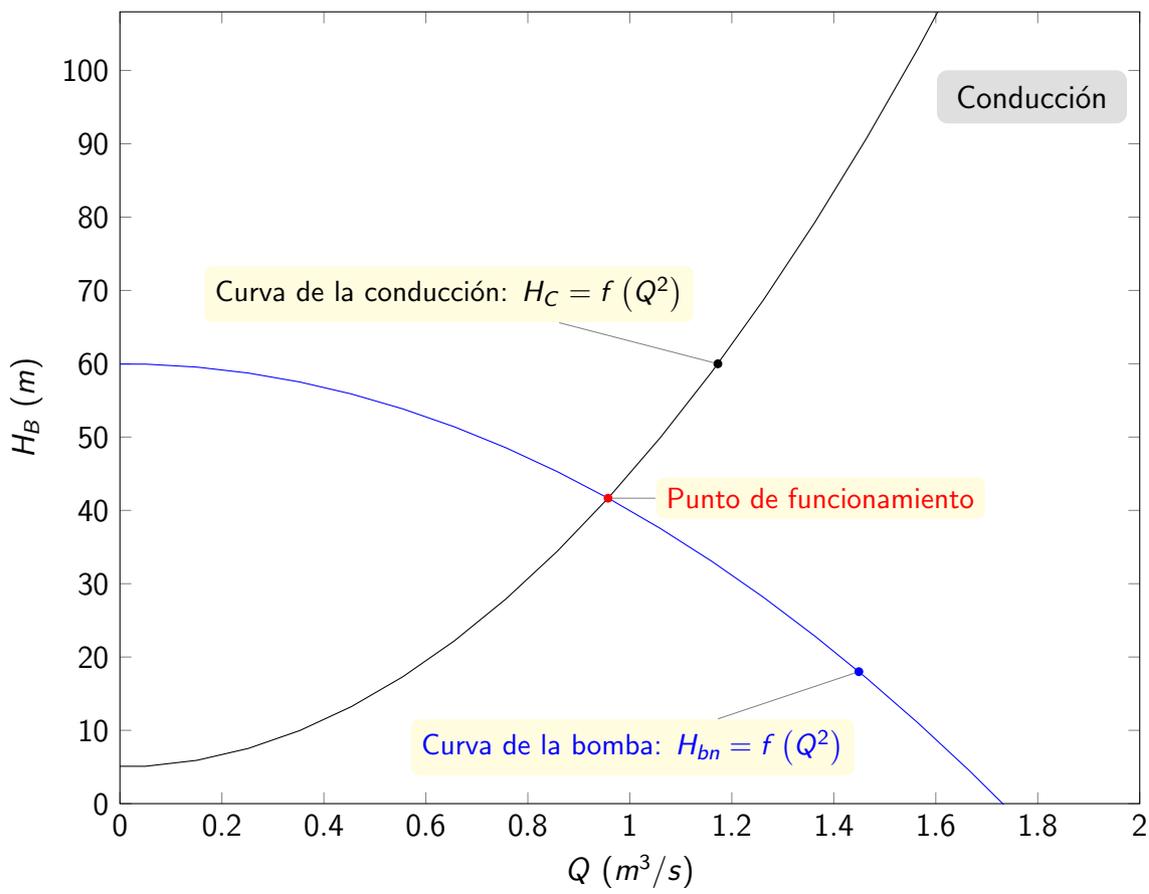
- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

Ejercicio: Punto de funcionamiento

Test. Supuesta la curva de la bomba dada por la ecuación $H_B = 60 - 20Q^2$ y la curva de la conducción obtenida como $H_C = 5 + 40Q^2$. Si todas las unidades están en el SI, determinar:

1. Coordenadas del punto de funcionamiento: $H_p =$ m y $Q_p =$ m^3/s

Punto de funcionamiento



Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

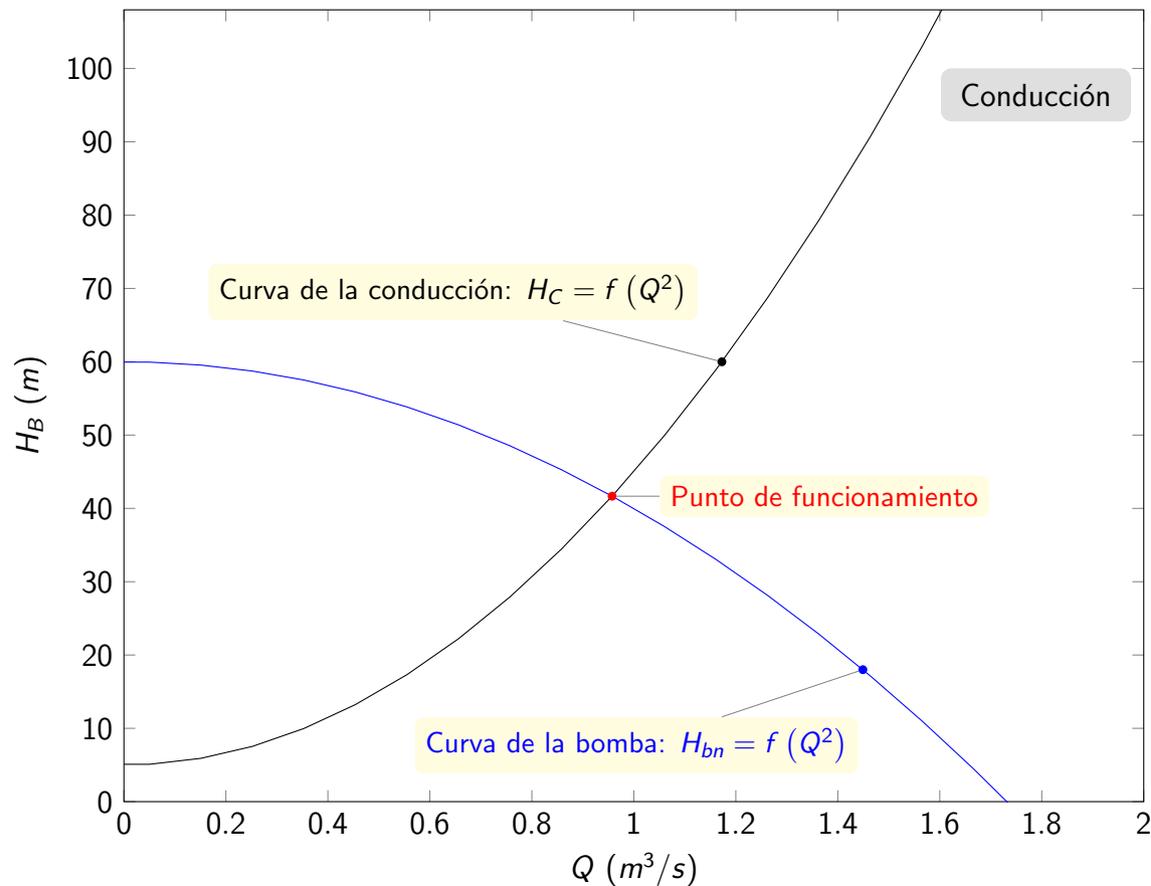
Ejercicio: Punto de funcionamiento

Test. Supuesta la curva de la bomba dada por la ecuación $H_B = 60 - 20Q^2$ y la curva de la conducción obtenida como $H_C = 5 + 40Q^2$. Si todas las unidades están el SI, determinar:

1. Coordenadas del punto de funcionamiento: $H_p =$ _____ m y $Q_p =$ _____ m^3/s

Consideraciones

Punto de funcionamiento



Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

Ejercicio: Punto de funcionamiento

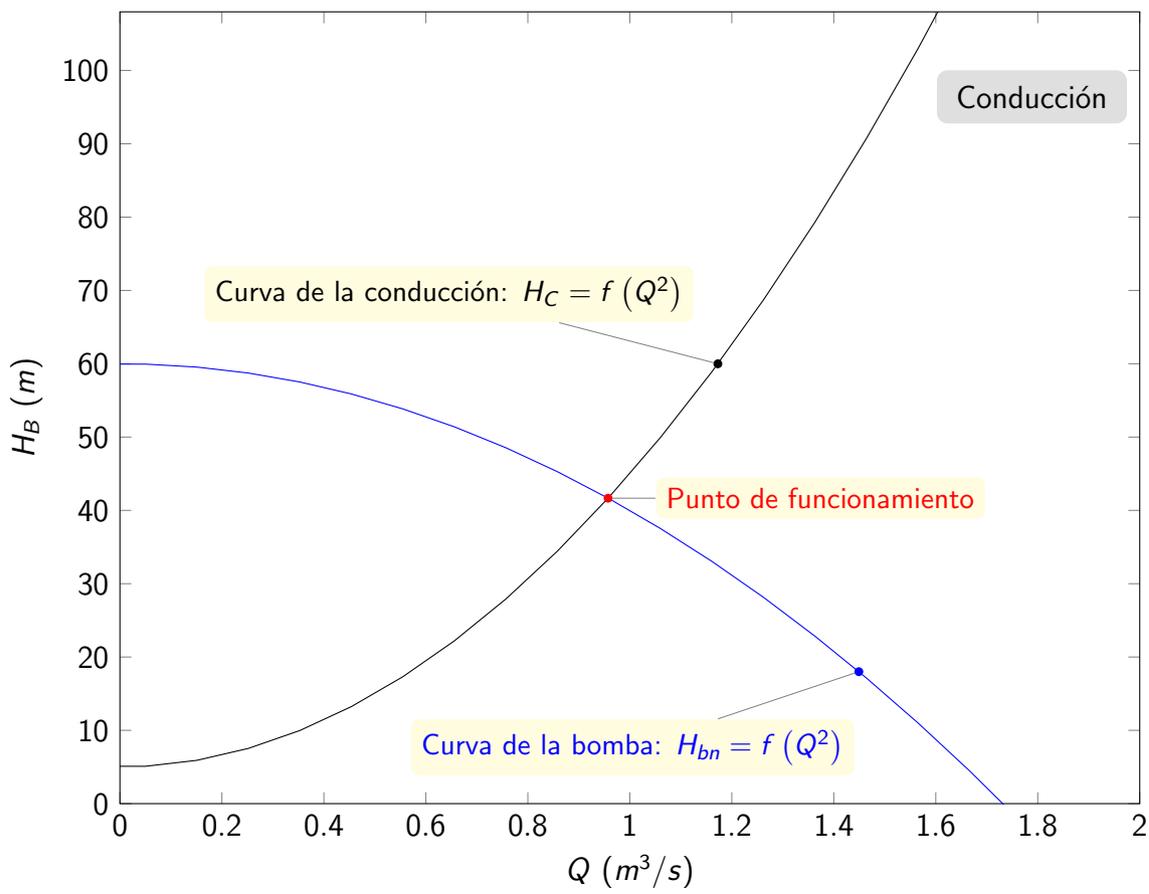
Test. Supuesta la curva de la bomba dada por la ecuación $H_B = 60 - 20Q^2$ y la curva de la conducción obtenida como $H_C = 5 + 40Q^2$. Si todas las unidades están en el SI, determinar:

1. Coordenadas del punto de funcionamiento: $H_p =$ m y $Q_p =$ m^3/s

Consideraciones

- 1 Cualquier variación en la conducción (ej, cierre parcial de una válvula) o en la bomba (ej, variación de la frecuencia de rotación) dará lugar a un nuevo sistema con un punto de funcionamiento distinto

Punto de funcionamiento



Resolución del problema

- 1 El sistema puede resolverse separando la altura de la bomba $H_b = f(Q^2)$ por un lado, y el resto por el otro
- 2 El resto representa la **curva resistente o de la conducción** y expresa el caudal transportado por una tubería de características geométricas conocidas (diámetro, longitud y rugosidad) y con pérdidas de carga evaluables, en función de la diferencia de niveles de energía entre sus extremos: $\Delta H = \Delta H_l(Q^2) + \Delta H_c(Q^2)$
- 3 El sistema cumplirá ambas ecuaciones, es decir, el mismo caudal que pasa por la bomba circulará por la tubería para cumplir la ecuación de continuidad. En este caso también deben coincidir las alturas
- 4 La representación de la curva de la conducción sobre la gráfica con la curva de la bomba permite obtener la solución del sistema como el corte de ambas curvas
- 5 El punto de corte se le conoce como **punto de funcionamiento**

Ejercicio: Punto de funcionamiento

Test. Supuesta la curva de la bomba dada por la ecuación $H_B = 60 - 20Q^2$ y la curva de la conducción obtenida como $H_C = 5 + 40Q^2$. Si todas las unidades están el SI, determinar:

1. Coordenadas del punto de funcionamiento: $H_p =$ _____ m y $Q_p =$ _____ m³/s

Consideraciones

- 1 Cualquier variación en la conducción (ej, cierre parcial de una válvula) o en la bomba (ej, variación de la frecuencia de rotación) dará lugar a un nuevo sistema con un punto de funcionamiento distinto
- 2 Si la curva de la bomba la facilita el fabricante de forma gráfica, la solución se obtendrá igualmente de forma gráfica

Planteamiento del problema

Planteamiento del problema

- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.

Planteamiento del problema

- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.

Planteamiento del problema

- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño

Planteamiento del problema

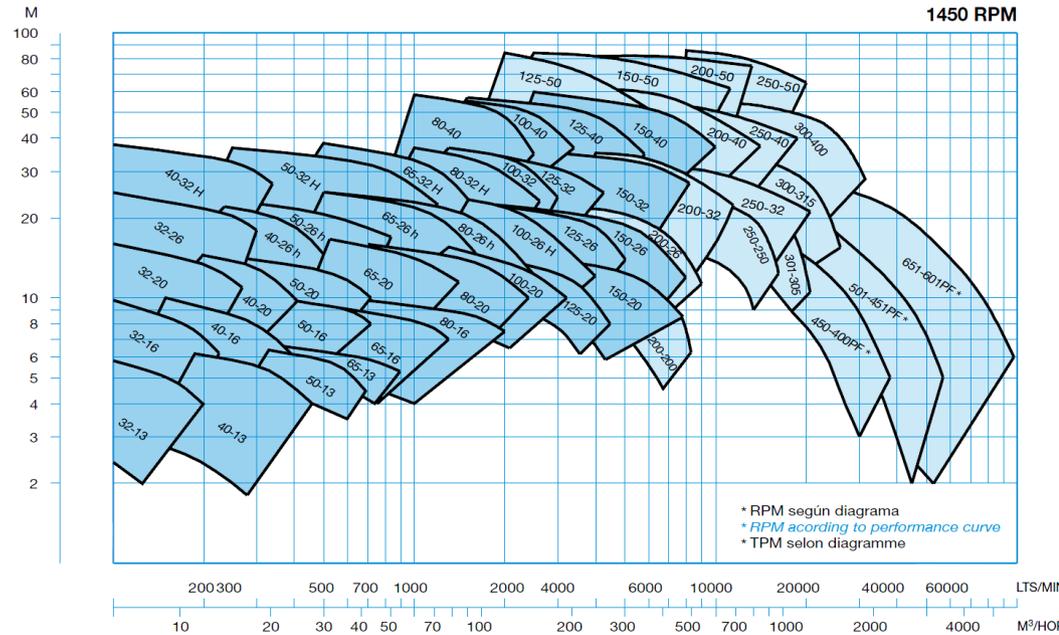
- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.

Planteamiento del problema

- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.
- 5 La elección de la tipología queda fuera del alcance de este curso. Se supondrá que se ha elegido la tipología más adecuada a nuestro diseño y queda por elegir la bomba que mejor se ajusta dentro de ese conjunto.

Planteamiento del problema

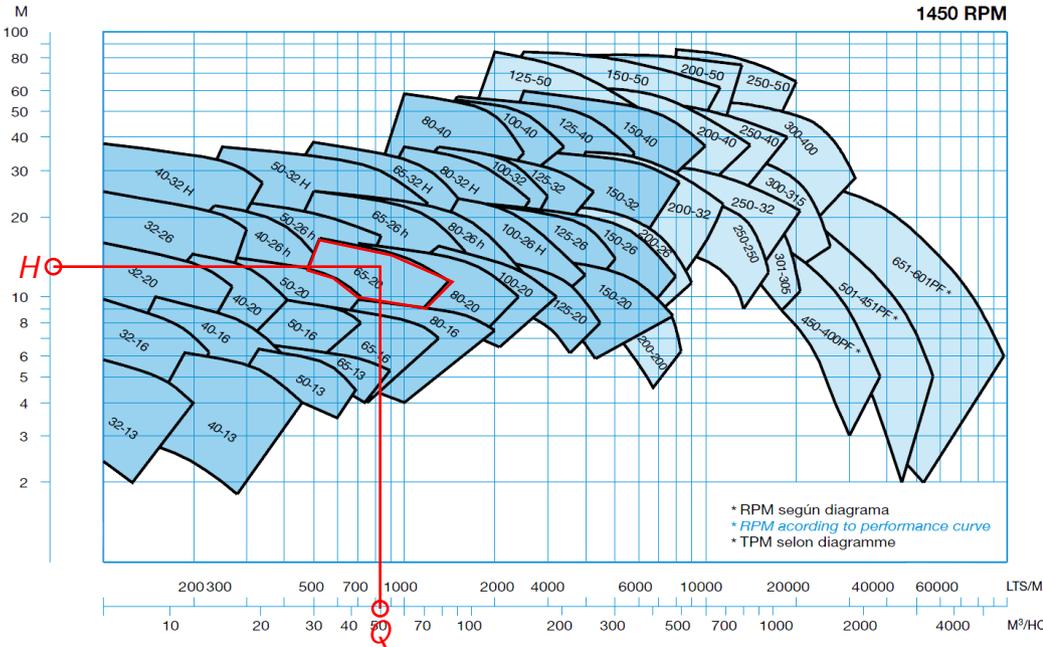
- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.
- 5 La elección de la tipología queda fuera del alcance de este curso. Se supondrá que se ha elegido la tipología más adecuada a nuestro diseño y queda por elegir la bomba que mejor se ajusta dentro de ese conjunto.
- 6 Para ello el fabricante suele facilitar un gráfico como el mostrado en la figura donde cada una de las áreas marcadas muestra el campo de funcionamiento de cada una de las bombas, de una misma tipología, en función de la altura elevada (H) y el caudal circulante (Q)



Elección de la bomba

Planteamiento del problema

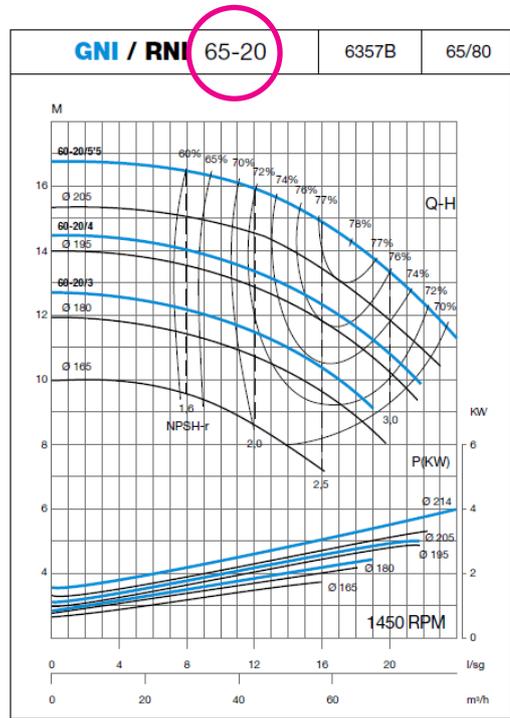
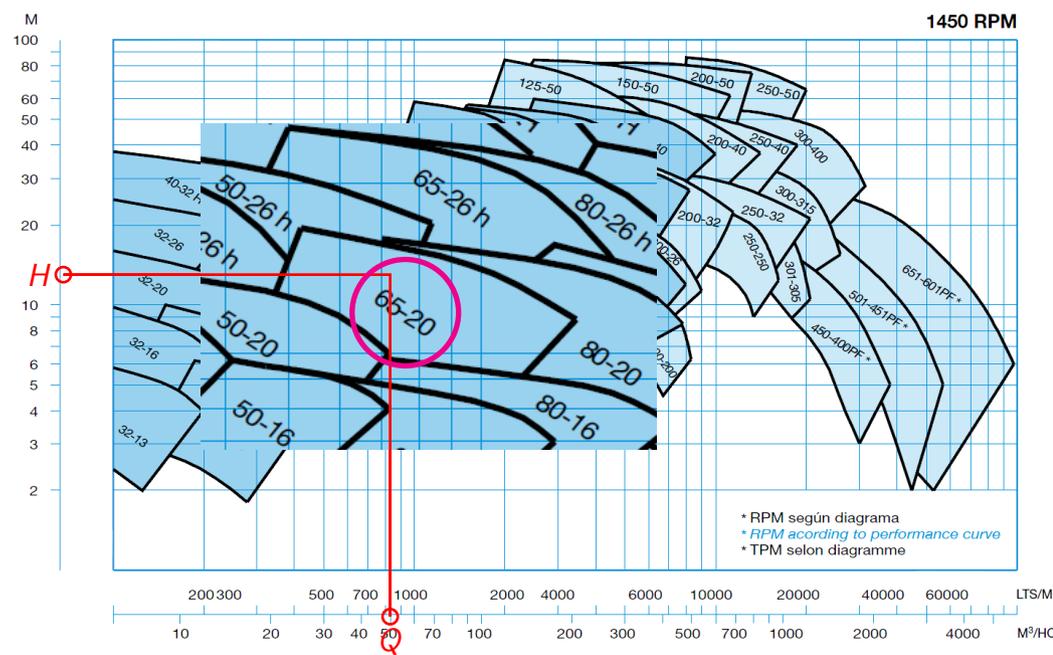
- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.
- 5 La elección de la tipología queda fuera del alcance de este curso. Se supondrá que se ha elegido la tipología más adecuada a nuestro diseño y queda por elegir la bomba que mejor se ajusta dentro de ese conjunto.
- 6 Para ello el fabricante suele facilitar un gráfico como el mostrado en la figura donde cada una de las áreas marcadas muestra el campo de funcionamiento de cada una de las bombas, de una misma tipología, en función de la altura elevada (H) y el caudal circulante (Q)



Elección de la bomba

Planteamiento del problema

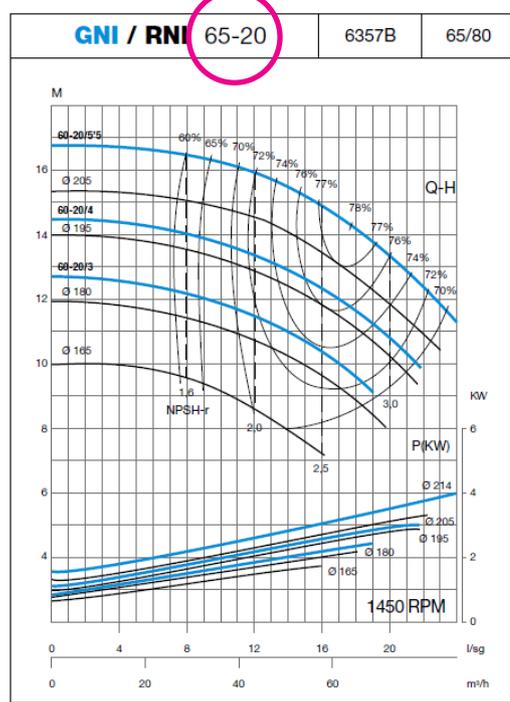
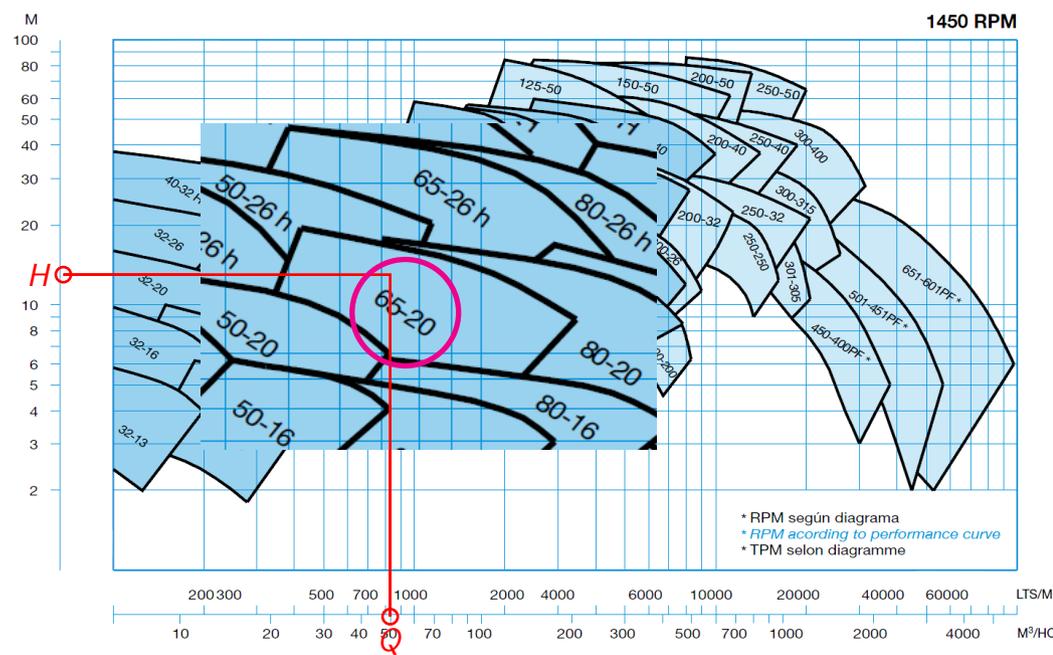
- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.
- 5 La elección de la tipología queda fuera del alcance de este curso. Se supondrá que se ha elegido la tipología más adecuada a nuestro diseño y queda por elegir la bomba que mejor se ajusta dentro de ese conjunto.
- 6 Para ello el fabricante suele facilitar un gráfico como el mostrado en la figura donde cada una de las áreas marcadas muestra el campo de funcionamiento de cada una de las bombas, de una misma tipología, en función de la altura elevada (H) y el caudal circulante (Q)
- 7 Finalmente, se buscará la curva de comportamiento de la bomba elegida. En este caso la **65-20**, obteniéndose un gráfico como el de la figura.



Elección de la bomba

Planteamiento del problema

- 1 La instalación, formada por depósitos, conducciones y bombas se dimensiona para responder a una demanda de caudales, actual y futura, en un determinado punto de la red.
- 2 La bomba, o grupo de bombas, que se quiera situar en una determinada conducción debe elegirse teniendo en cuenta diferentes criterios, por ejemplo:
 - ▶ Coste del equipo y su consumo durante la vida de funcionamiento.
 - ▶ Repercusión económica y/o social que pueda producirse ante una avería.
 - ▶ Las variaciones futuras de la demanda.
- 3 Pueden plantearse distintas configuraciones de diseño capaces de responder a la demanda. Cada una de ellas, una vez fijados el resto de parámetros de la red, (diámetro, longitud y tipo de tubo para las conducciones, tamaños de los depósitos, válvulas de control y tiempos de funcionamiento entre otros), requerirá de una, o varias bombas que deberán cumplir los requisitos de caudal y altura de bombeo condicionados por el resto del diseño
- 4 Cada fabricante de equipos de bombeo suele tener una gran variedad de tipologías de bombas. En general, el fabricante, o su propia página web puede orientar en la tipología más adecuada para el tipo de diseño requerido. Por ejemplo pueden encontrarse bombas para aguas limpias o residuales, de eje vertical u horizontal, sumergidas o no, para equipos de gran presión, contraincendios, uso doméstico, etc.
- 5 La elección de la tipología queda fuera del alcance de este curso. Se supondrá que se ha elegido la tipología más adecuada a nuestro diseño y queda por elegir la bomba que mejor se ajusta dentro de ese conjunto.
- 6 Para ello el fabricante suele facilitar un gráfico como el mostrado en la figura donde cada una de las áreas marcadas muestra el campo de funcionamiento de cada una de las bombas, de una misma tipología, en función de la altura elevada (H) y el caudal circulante (Q)
- 7 Finalmente, se buscará la curva de comportamiento de la bomba elegida. En este caso la **65-20**, obteniéndose un gráfico como el de la figura.



Ejercicio: Elección de bomba

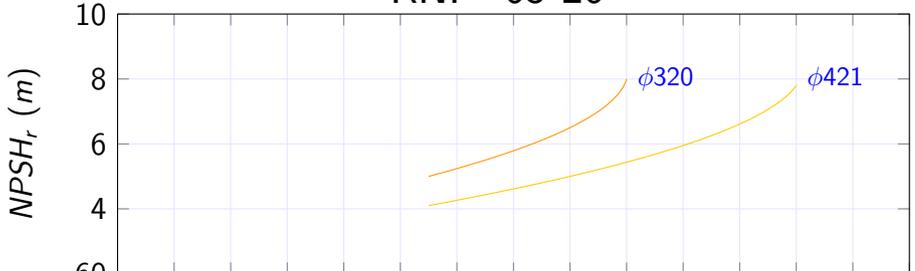
Test. Buscar la bomba de eje horizontal de la serie RNI del catálogo de [bombas ideal](#) que gira a 2900 rpm y que sirve para elevar 30 m un caudal de $0.050 \text{ m}^3/\text{s}$

1. Términos de la denominación [xx-xx]: -

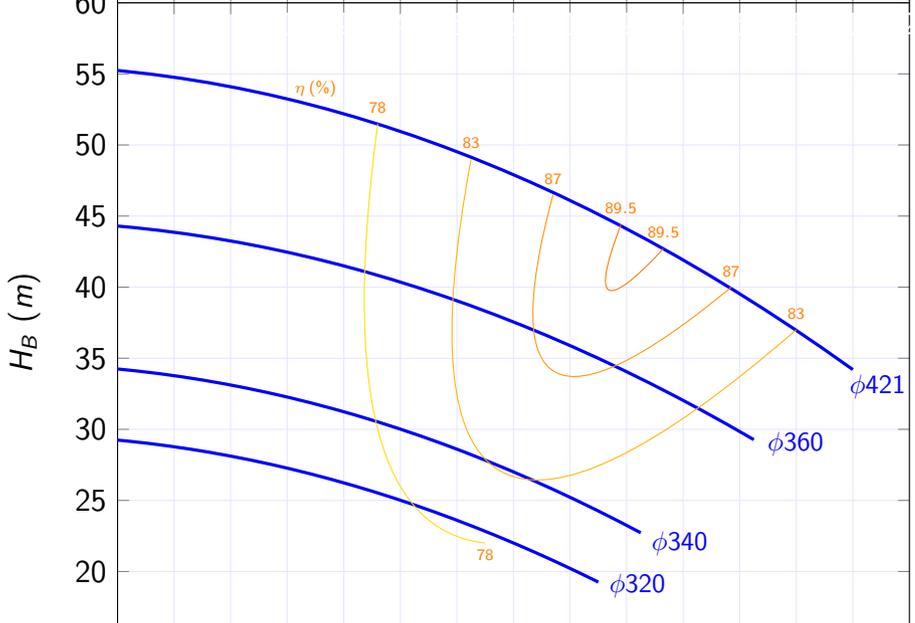
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20

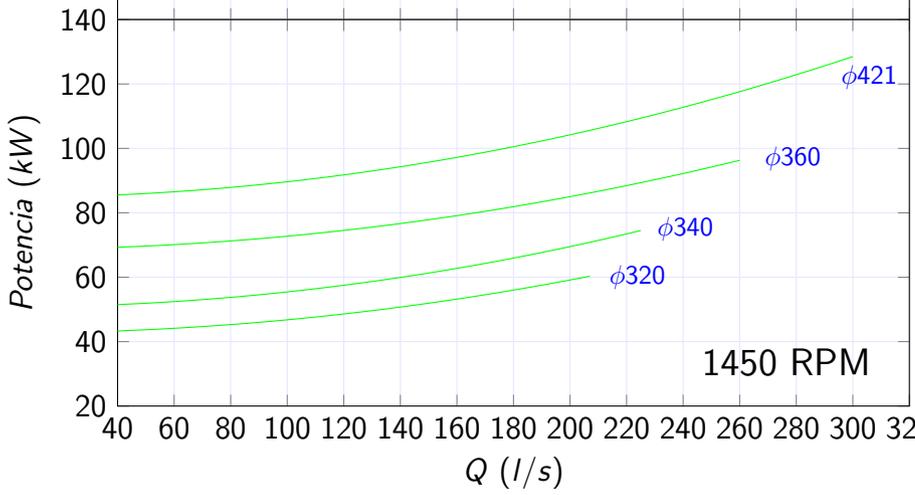
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



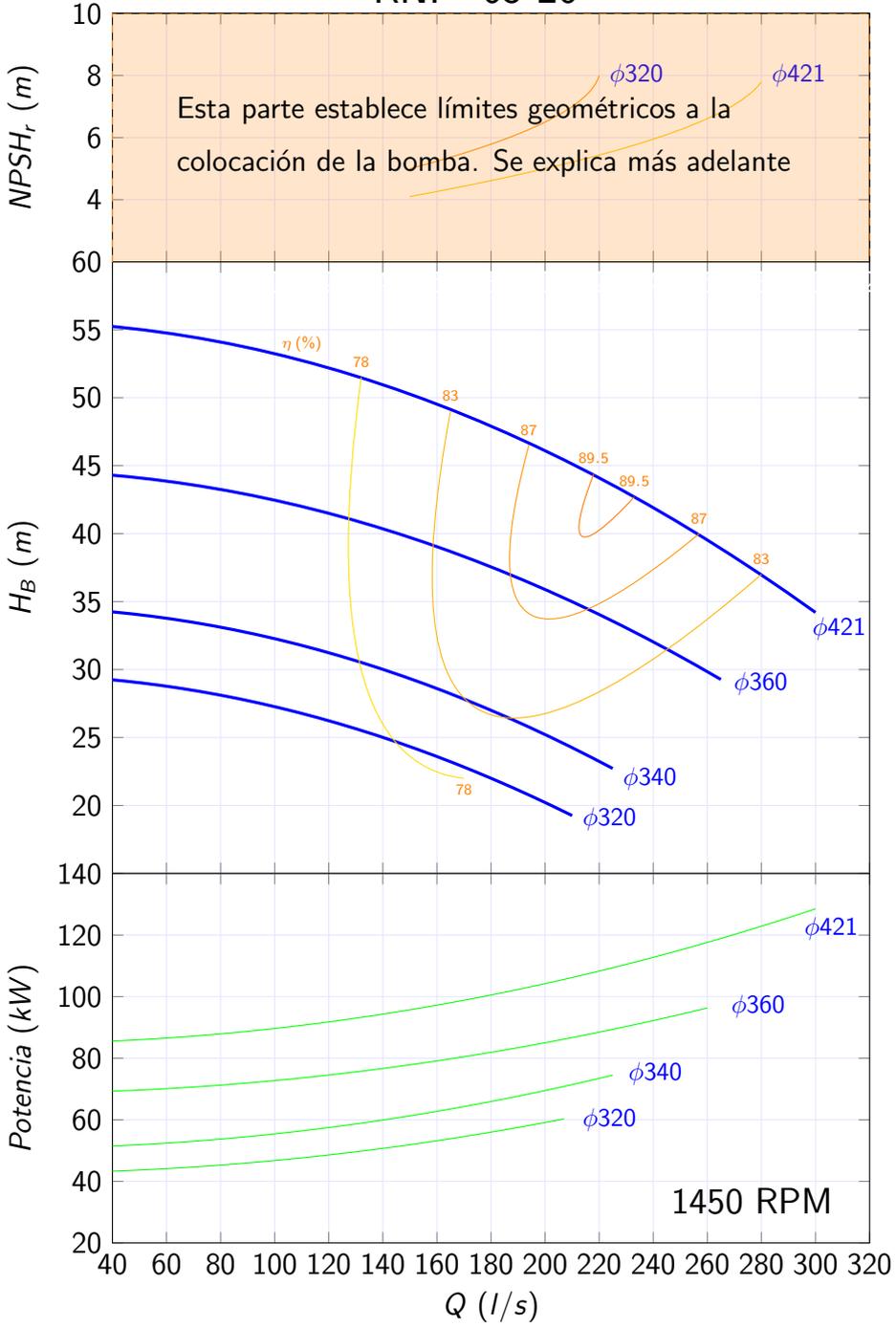
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20

Límite a cavitación

Curvas de capacidad para distintos rodetes

Potencia de cada rodete



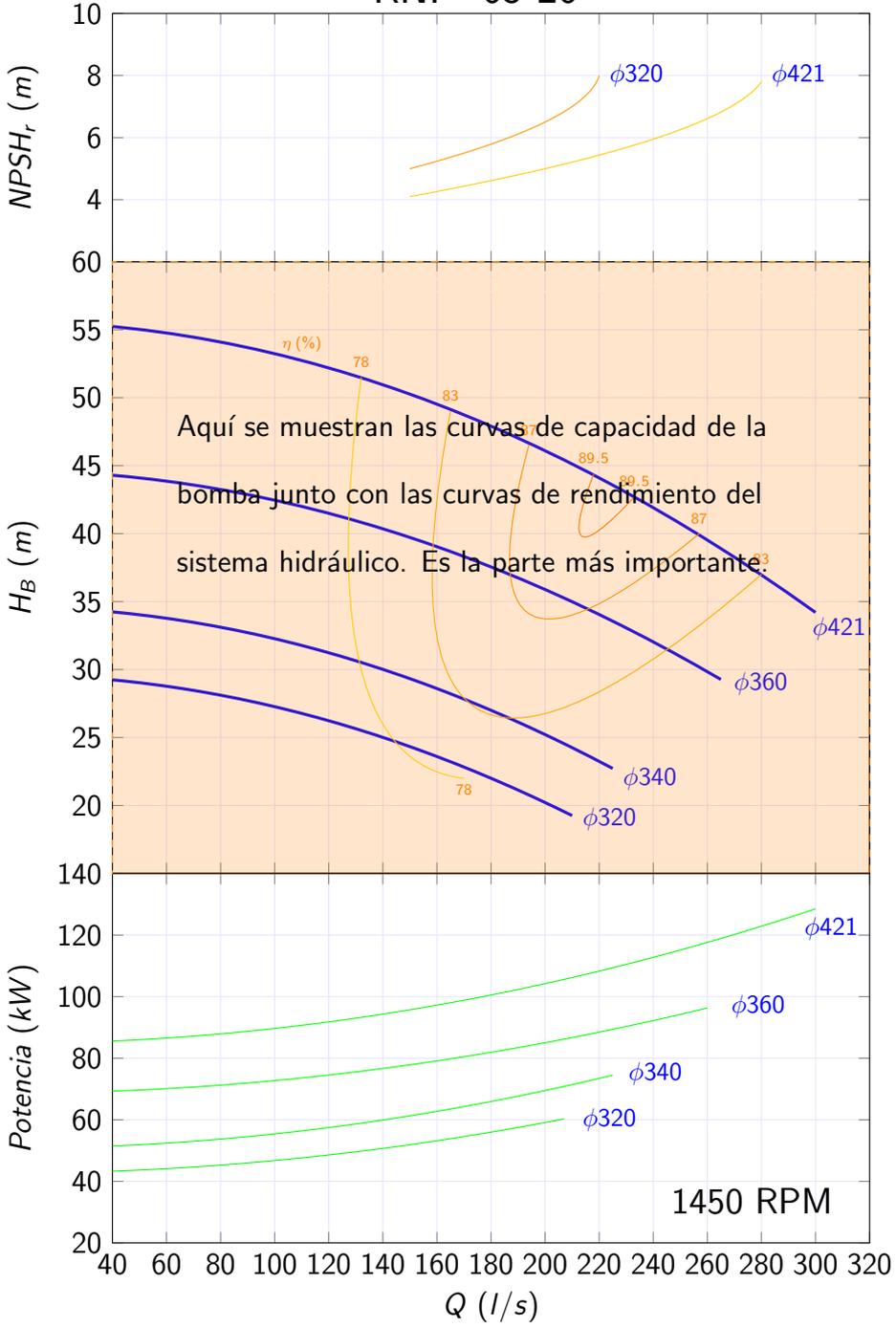
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20

Límite a cavitación

Curvas de capacidad para distintos rodetes

Potencia de cada rodete



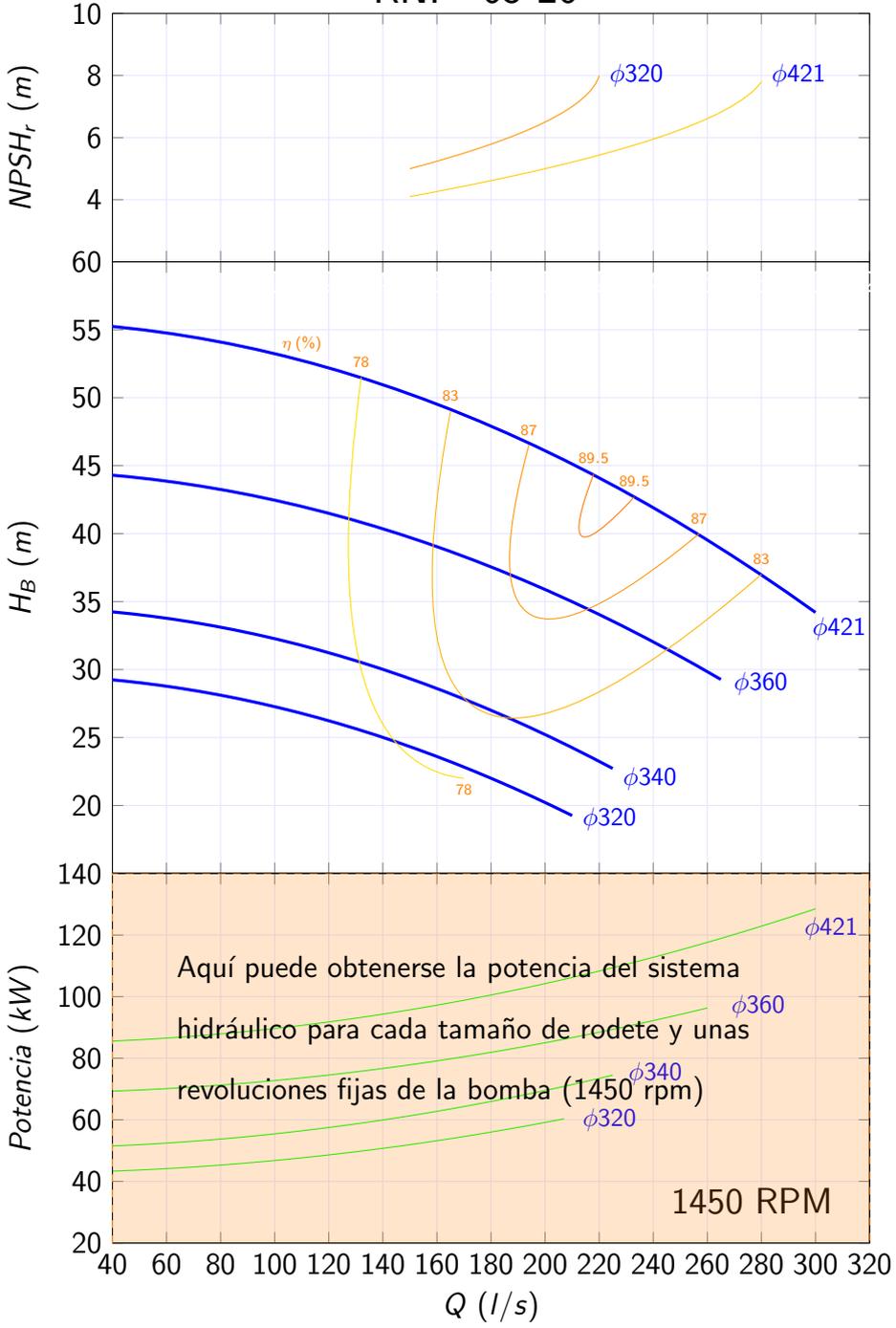
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20

Límite a cavitación

Curvas de capacidad para distintos rodetes

Potencia de cada rodete



Entendiendo la curva de la bomba

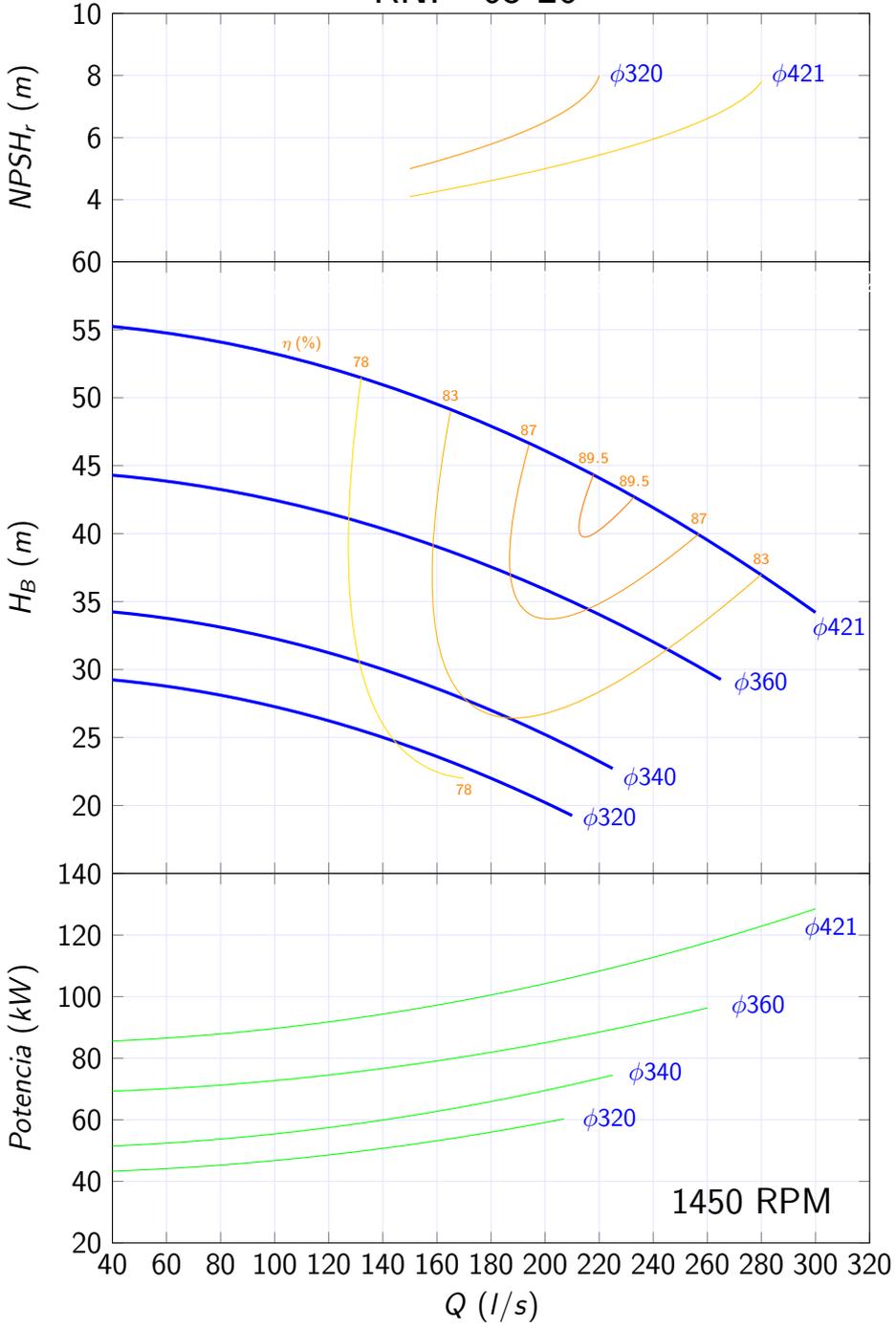
RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba



Límite a cavitación

Curvas de capacidad para distintos rodetes

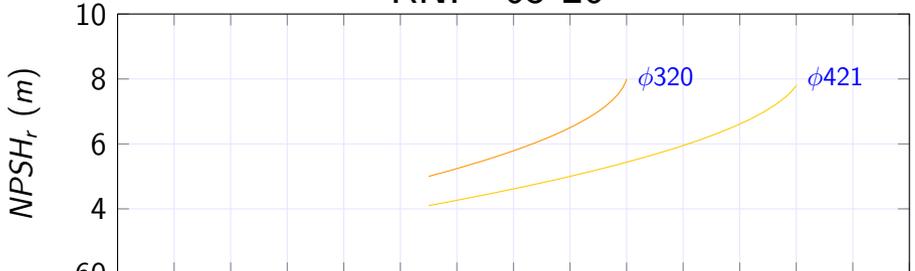
Potencia de cada rodete



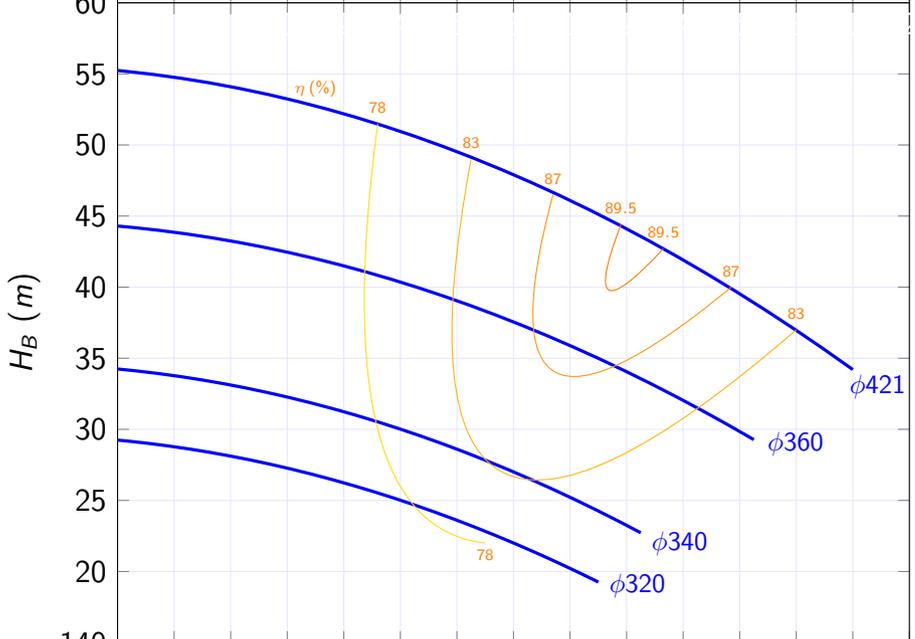
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

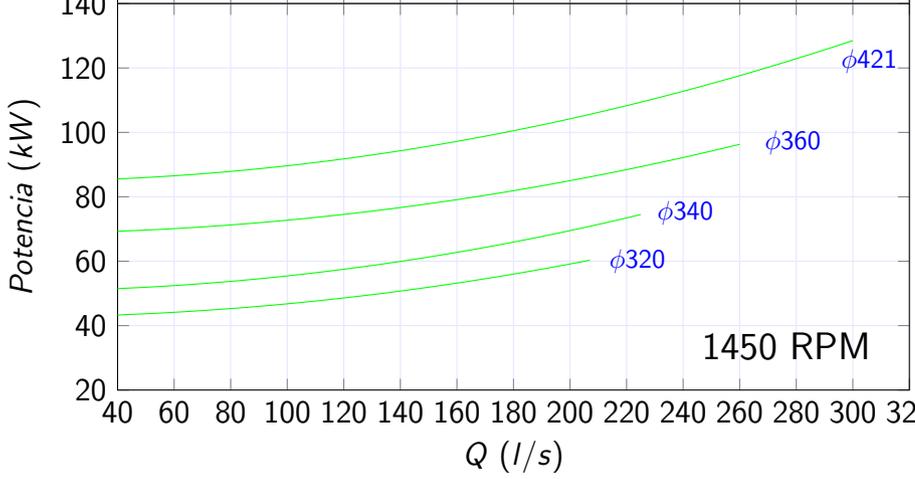
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje

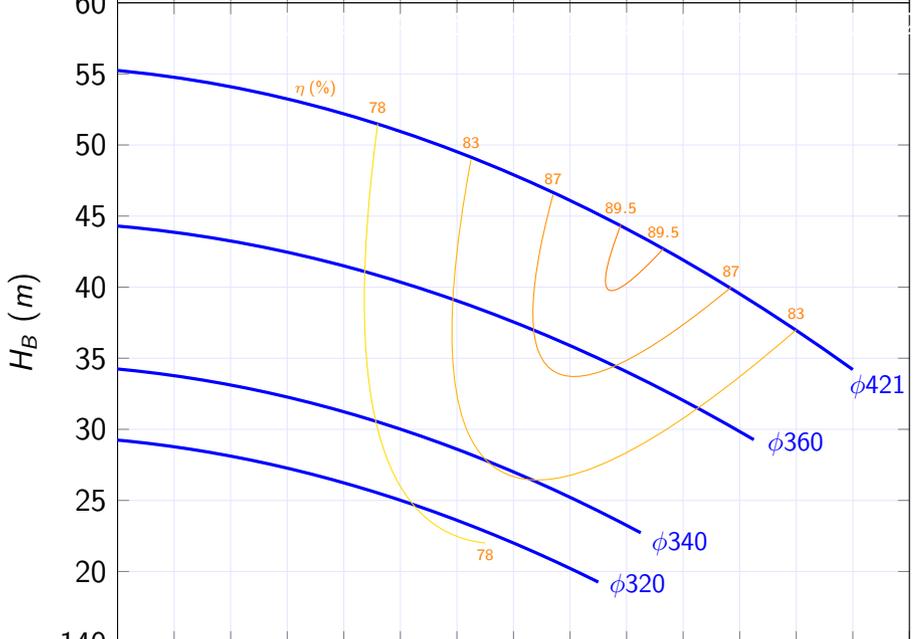
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

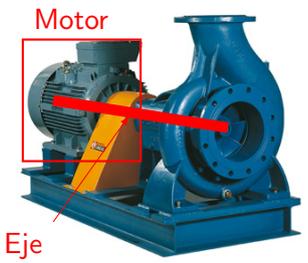
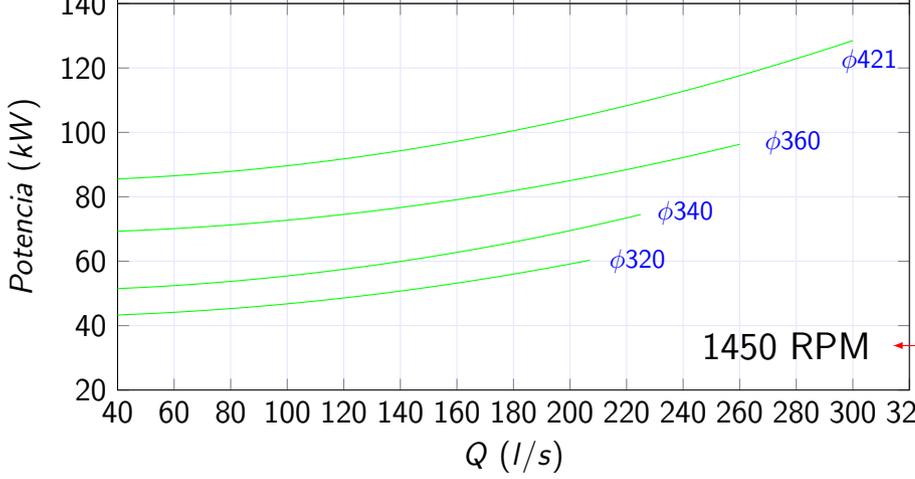
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

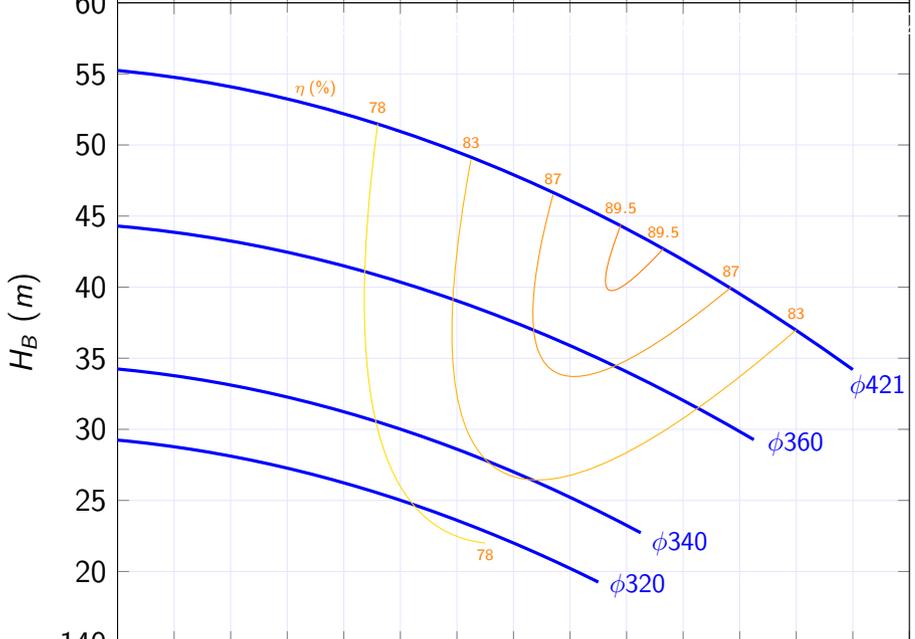
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

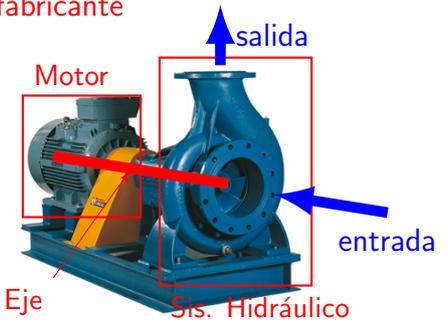
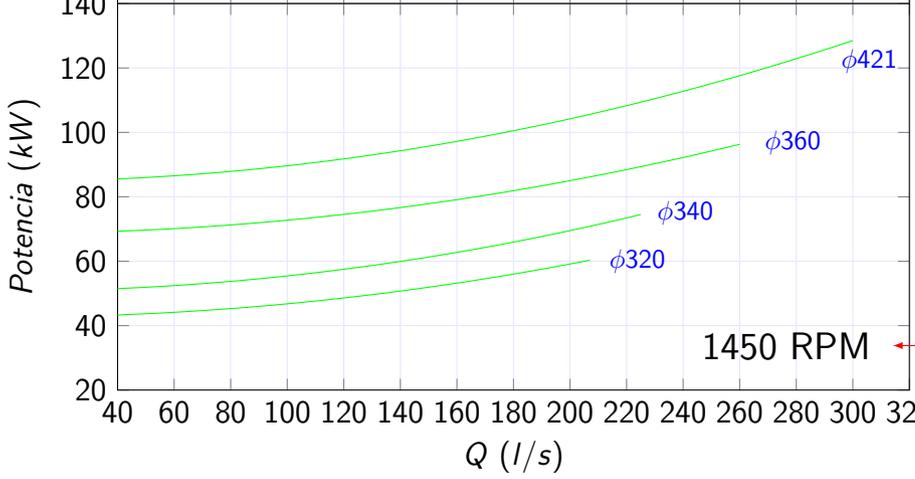
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



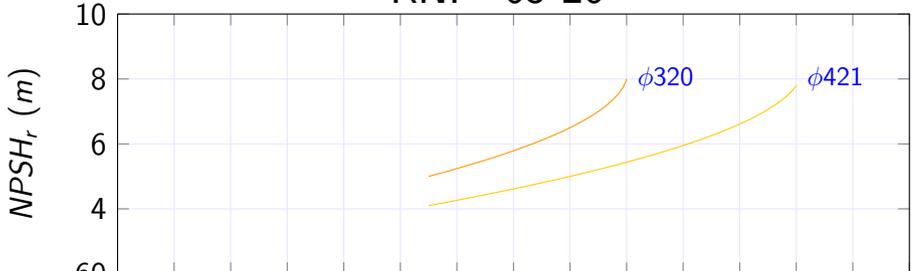
- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

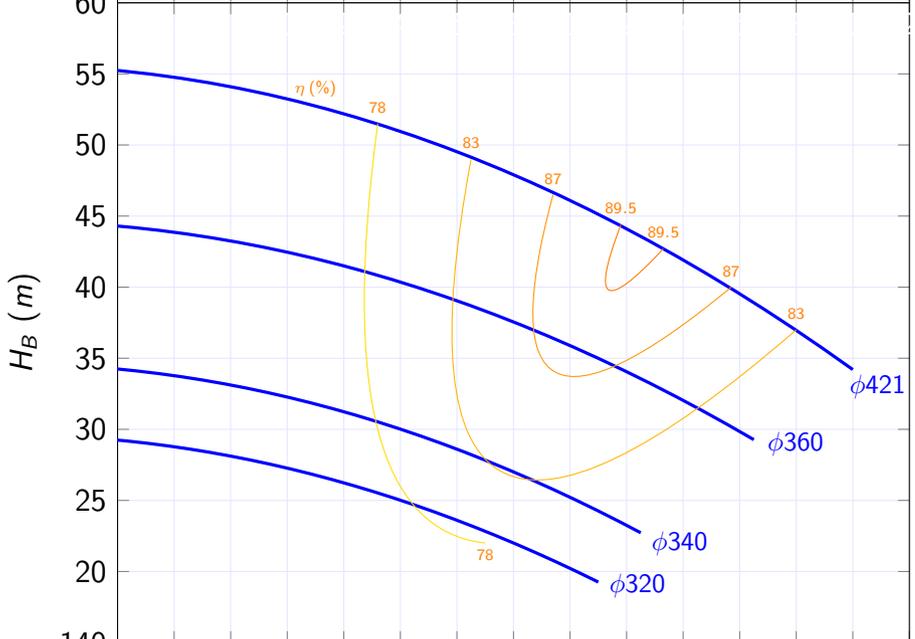
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

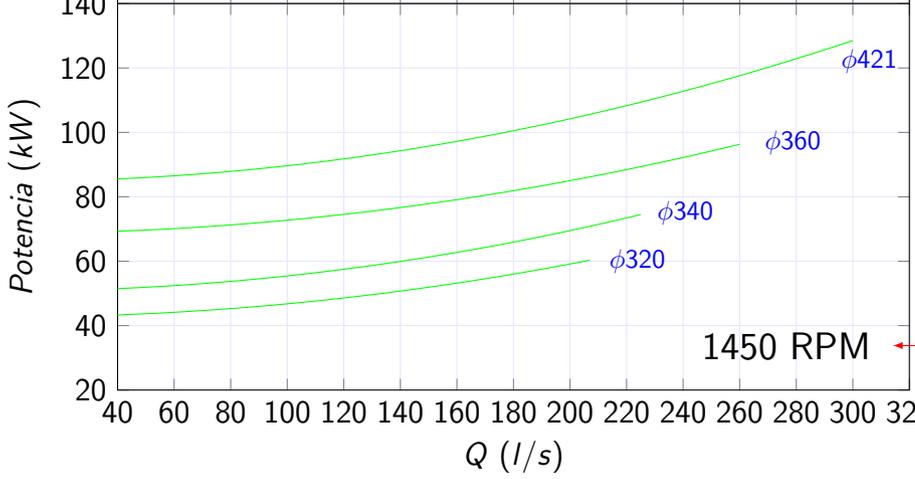
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- **Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva**

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

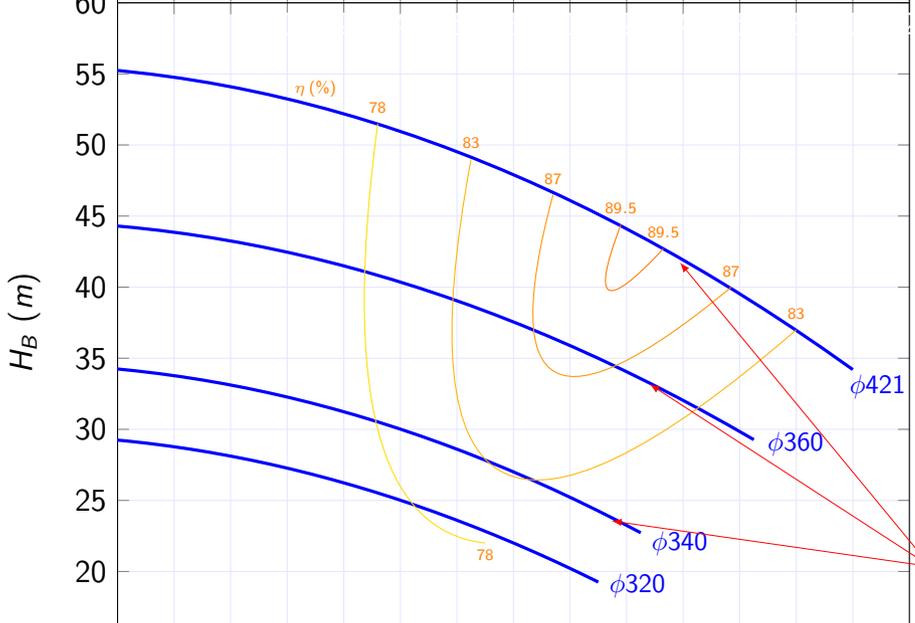
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

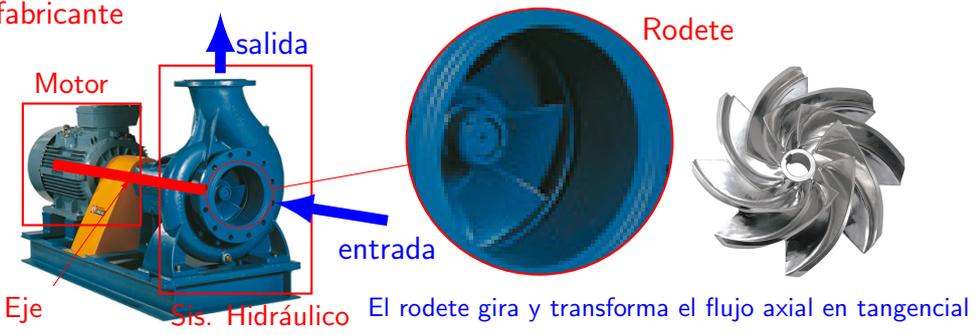
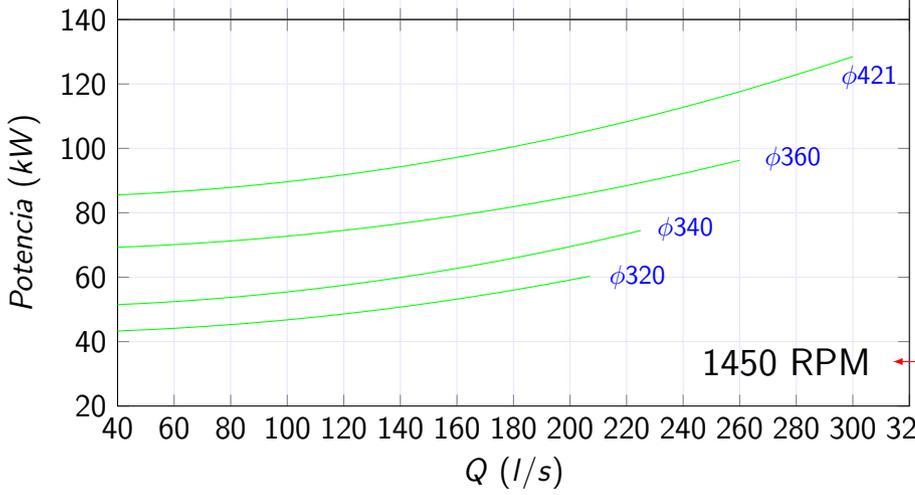
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodete



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva

← Curvas de capacidad para diferentes tamaños de rodete

← 1450 RPM Revoluciones del eje facilitadas por el motor

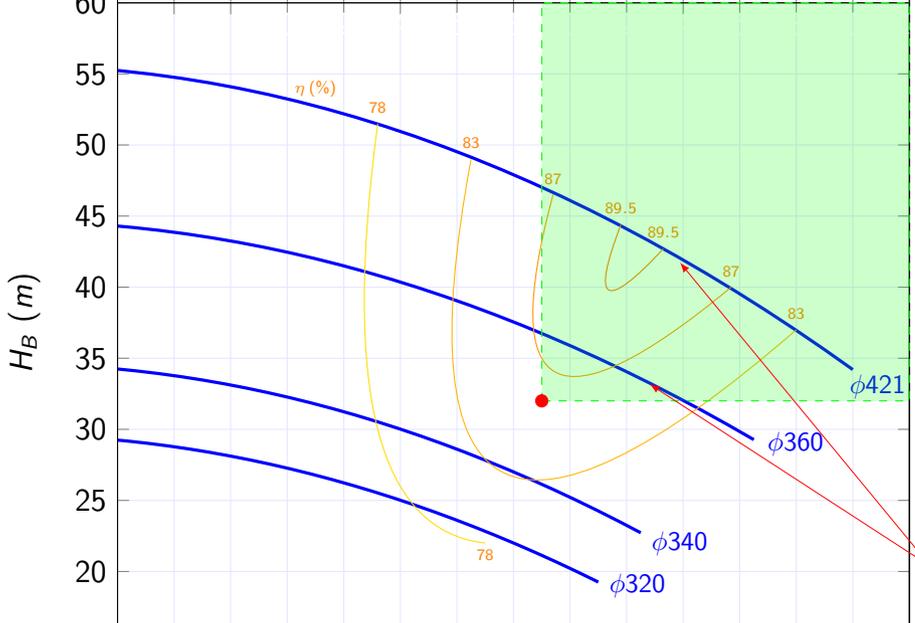
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

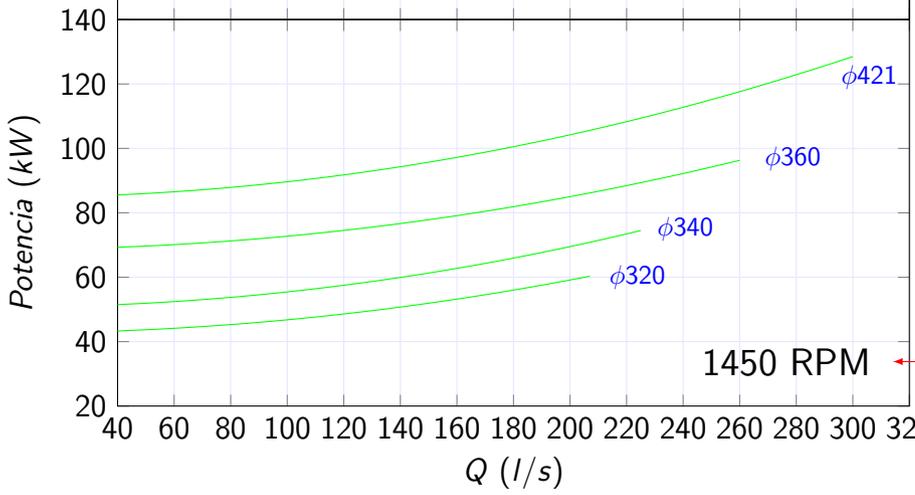
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodete



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)

En principio solo son válidos los rodete en la zona verde $\Phi = 360$ y 420

← 1450 RPM Revoluciones del eje facilitadas por el motor

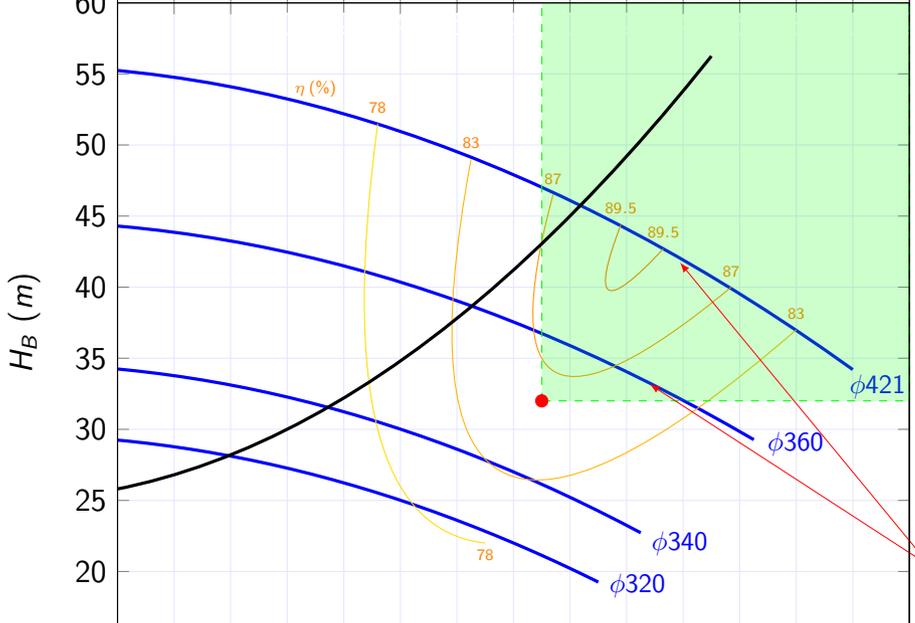
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

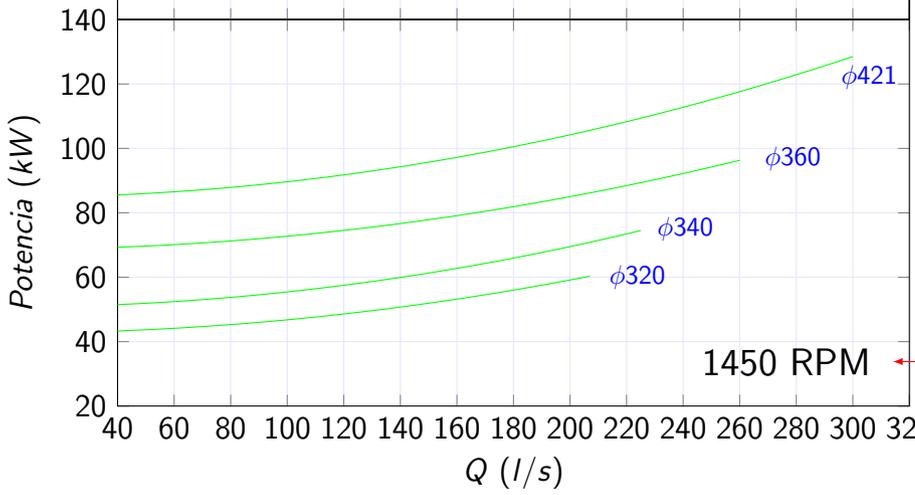
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción

En principio solo son válidos los rodetes en la zona verde $\Phi = 360$ y 420

← 1450 RPM Revoluciones del eje facilitadas por el motor

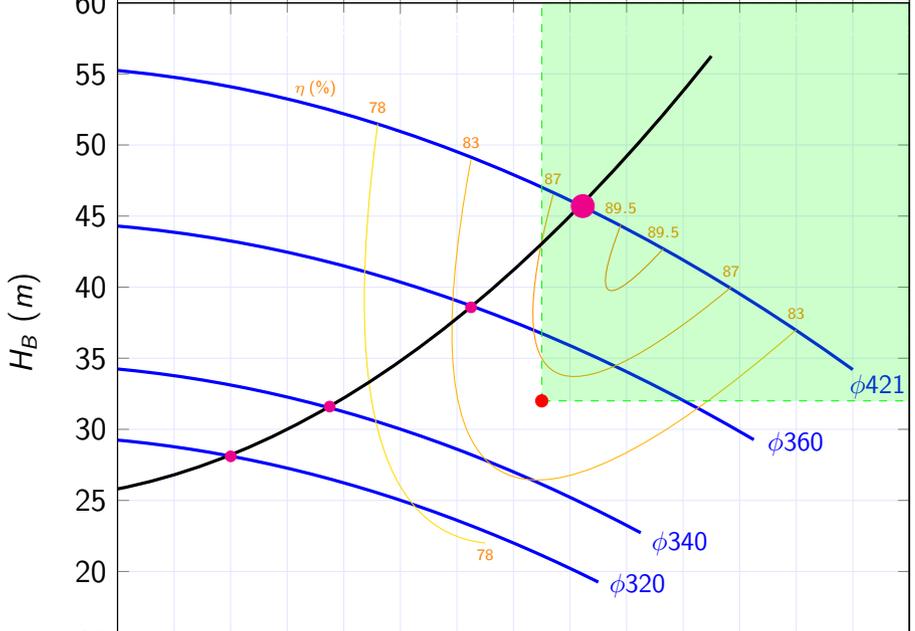
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

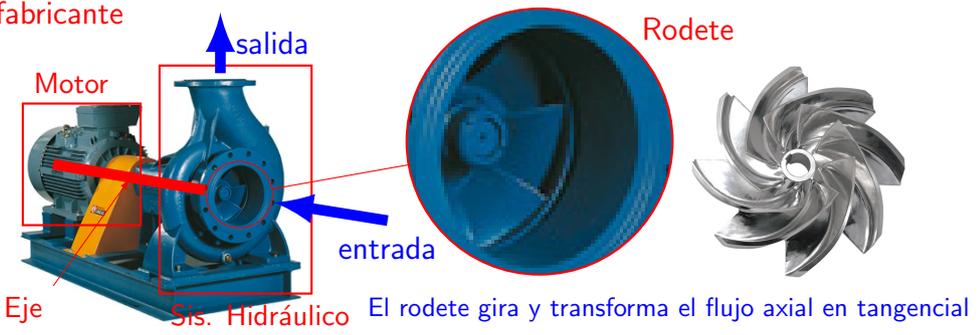
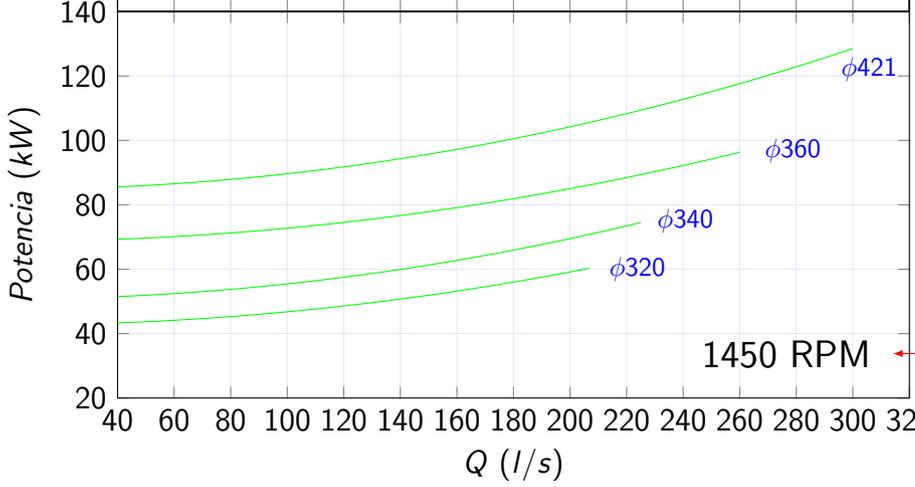
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

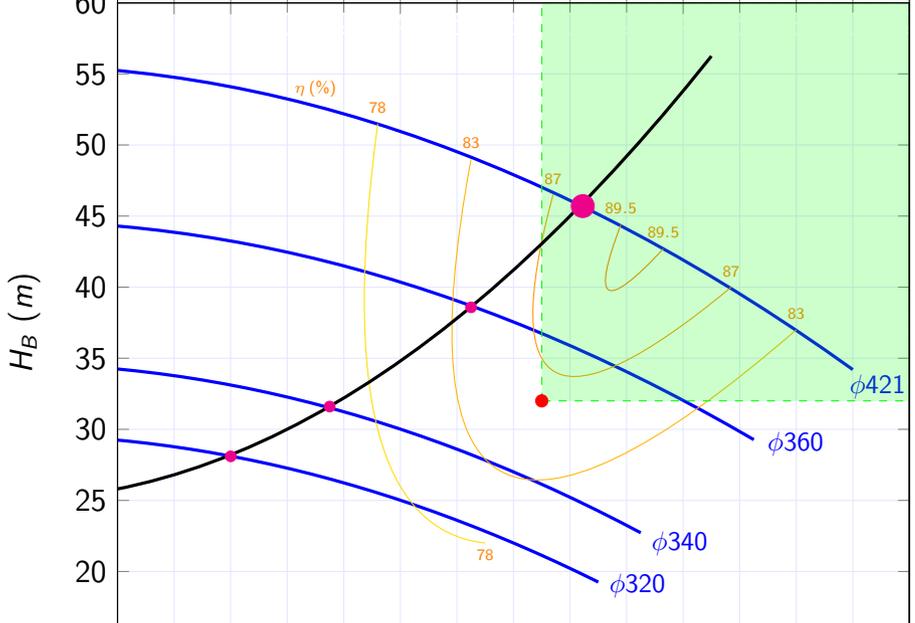
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

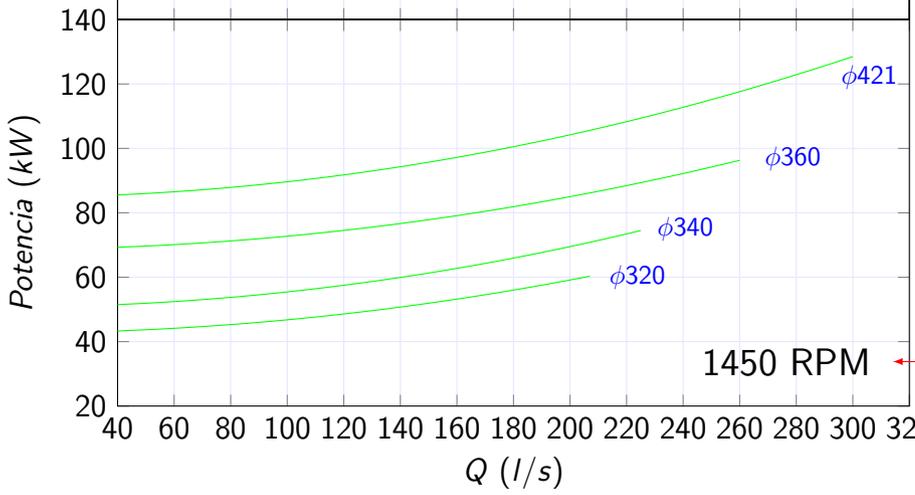
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- **Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico**

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

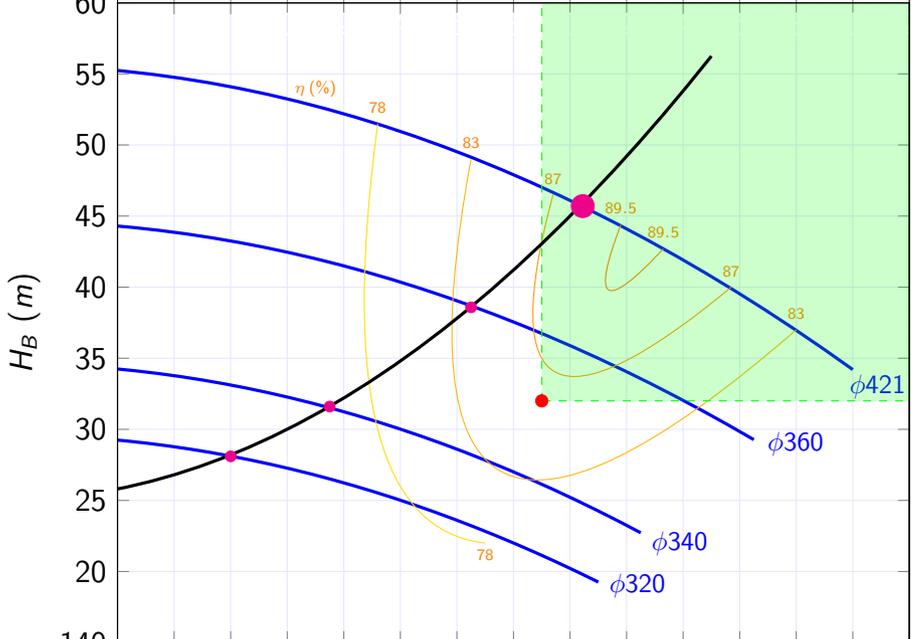
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

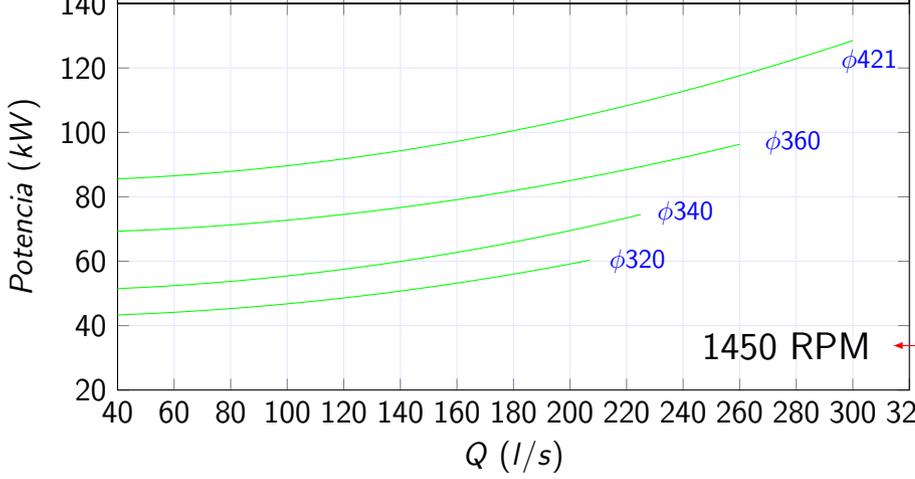
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico

$$P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 \text{ kW}$$

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

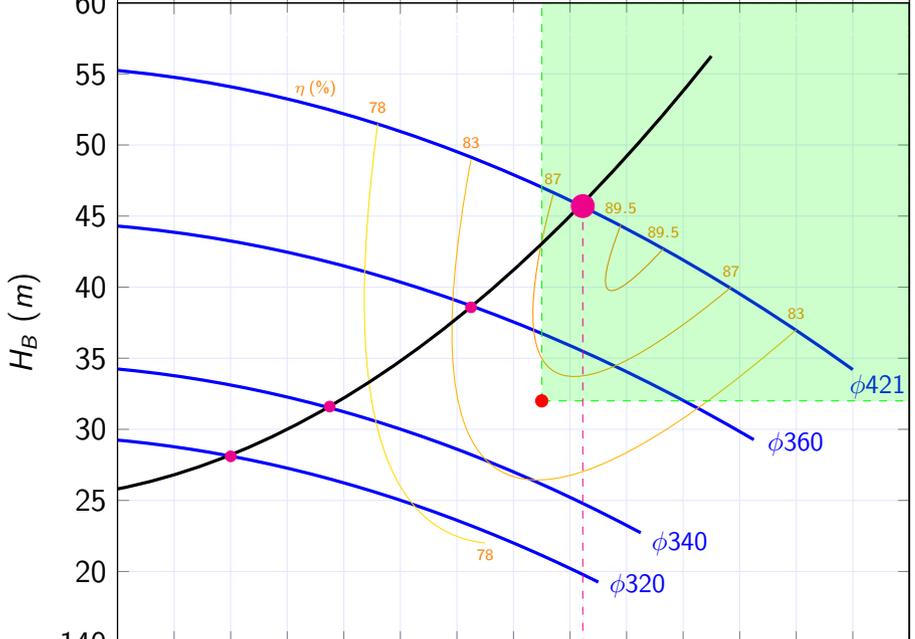
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

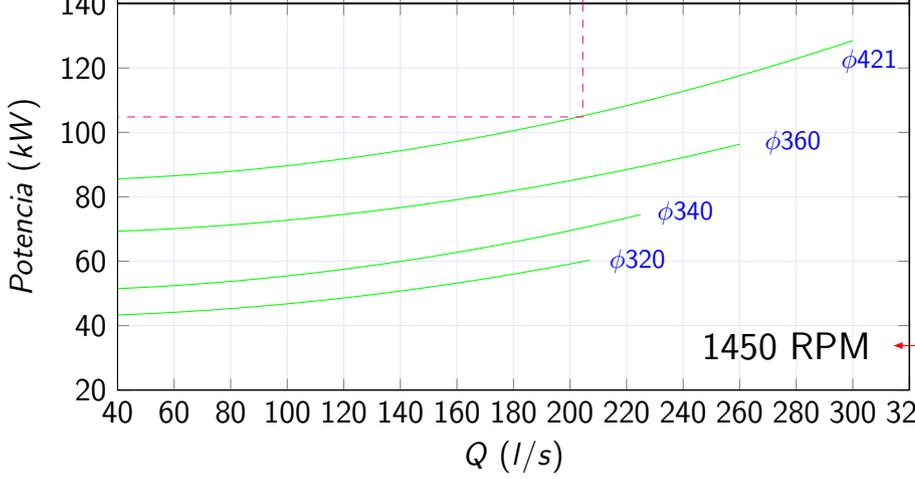
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

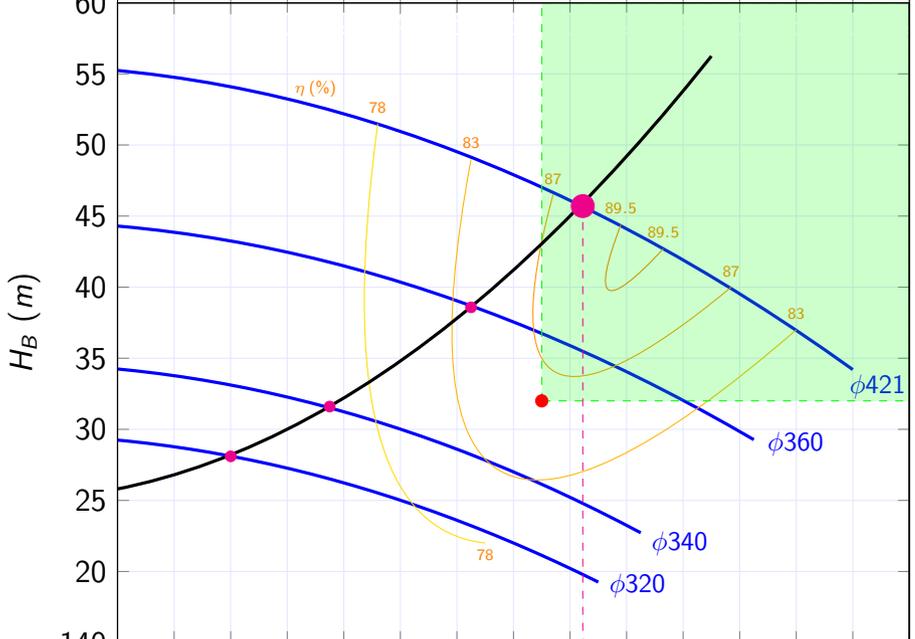
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

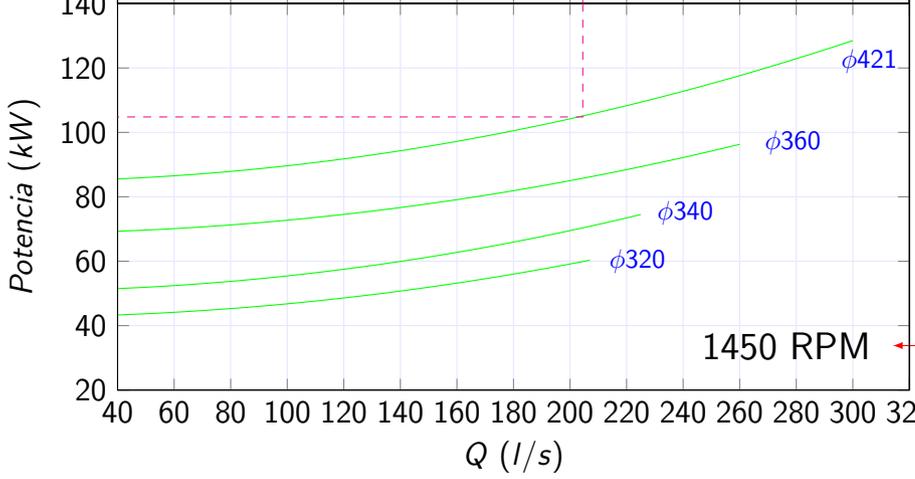
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \cdot \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

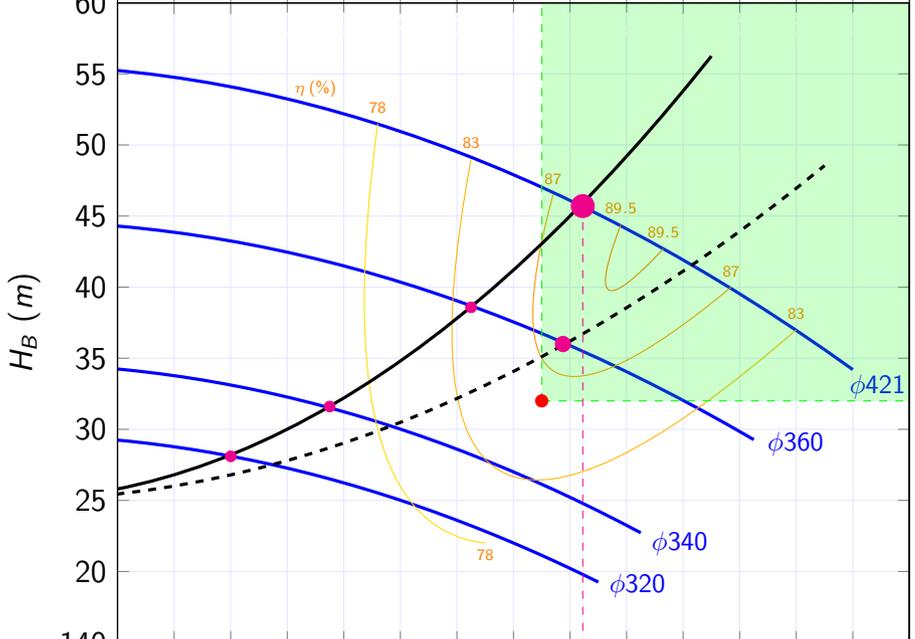
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

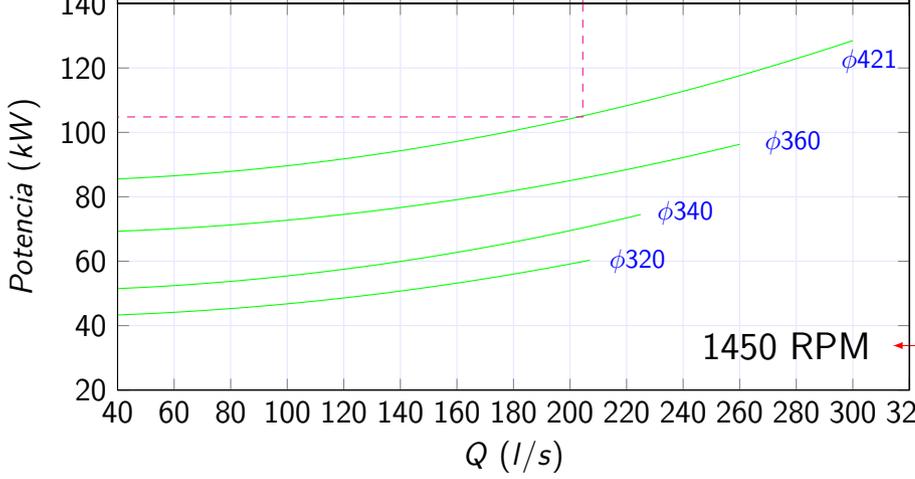
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \cdot \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$
- **Ni bomba, ni rodetes del fabricante, son modificables. Podría tratar de conseguirse una curva de la conducción con punto de funcionamiento en el rodete $\Phi = 360 mm$ dentro de la zona verde, lo más cercana al punto rojo**

1450 RPM ← Revoluciones del eje facilitadas por el motor

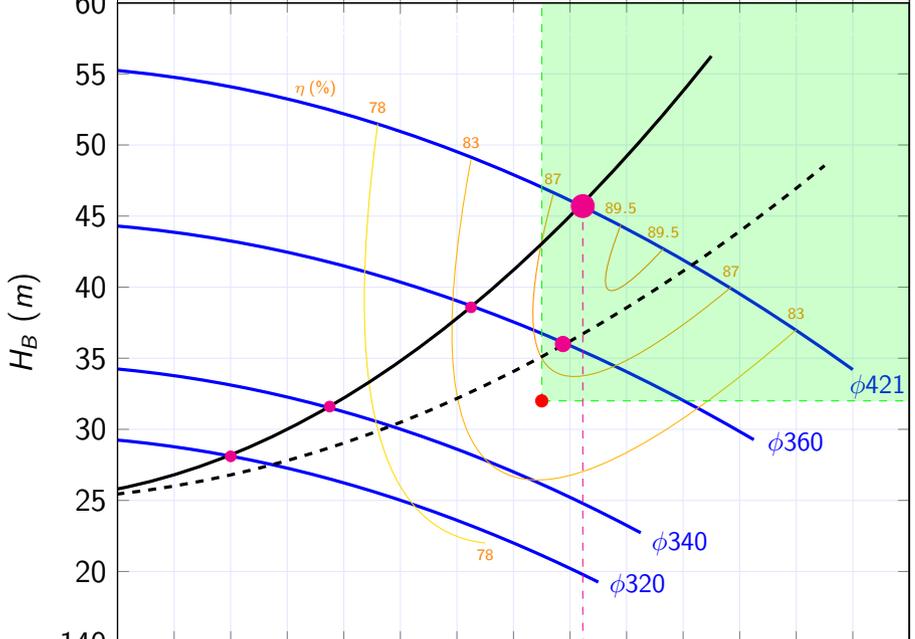
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

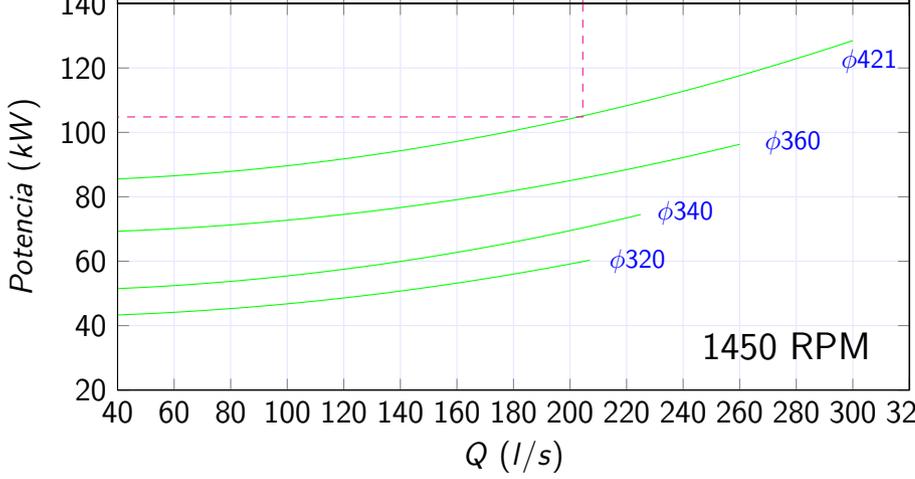
Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \cdot \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$
- Ni bomba, ni rodetes del fabricante, son modificables. Podría tratar de conseguirse una curva de la conducción con punto de funcionamiento en el rodete $\Phi = 360 mm$ dentro de la zona verde, lo más cercana al punto rojo

- Test.** Se desea una curva de la conducción como la de puntos, para ello
1. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la longitud
 2. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la rugosidad
 3. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] el diámetro

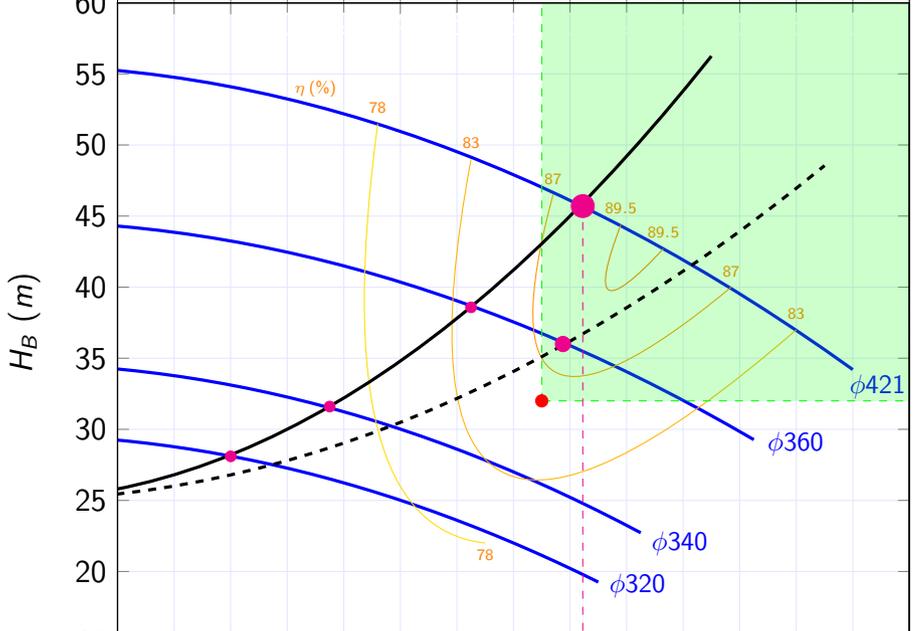
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes

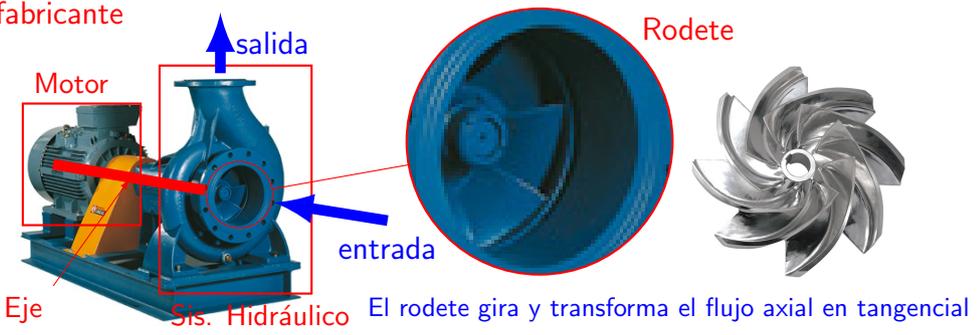


Potencia de cada rodete



Consideraciones

- 1 La longitud debería ser casi la mínima en el diseño inicial



- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma HQ}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \cdot \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$
- Ni bomba, ni rodetes del fabricante, son modificables. Podría tratar de conseguirse una curva de la conducción con punto de funcionamiento en el rodete $\Phi = 360 mm$ dentro de la zona verde, lo más cercana al punto rojo

Test. Se desea una curva de la conducción como la de puntos, para ello

1. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la longitud
2. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la rugosidad
3. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] el diámetro

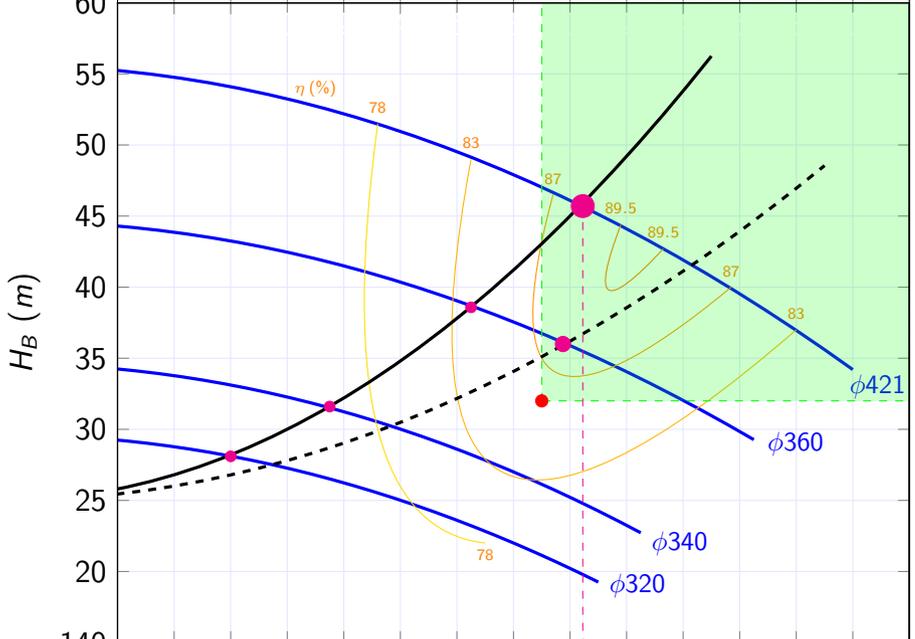
Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba

Límite a cavitación



Curvas de capacidad para distintos rodetes



Potencia de cada rodete



Consideraciones

- 1 La longitud debería ser casi la mínima en el diseño inicial
- 2 Es difícil cambiar de material con rugosidad mucho menor para que sea apreciable en la variación de la curva



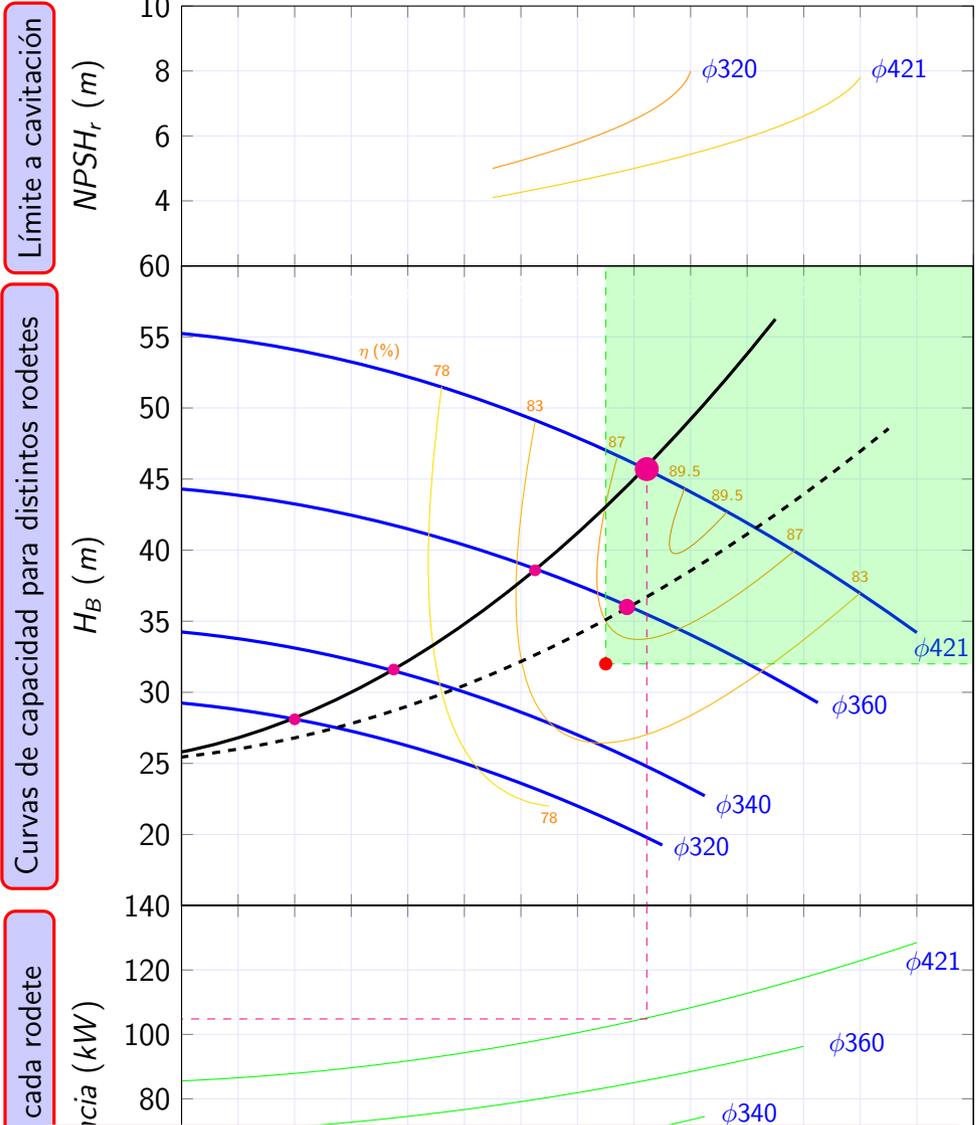
- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma HQ}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$
- Ni bomba, ni rodetes del fabricante, son modificables. Podría tratar de conseguirse una curva de la conducción con punto de funcionamiento en el rodete $\Phi = 360 mm$ dentro de la zona verde, lo más cercana al punto rojo

Test. Se desea una curva de la conducción como la de puntos, para ello

1. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la longitud
2. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la rugosidad
3. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] el diámetro

Entendiendo la curva de la bomba

RNI - 65-20 ← Denominación del fabricante para esta bomba



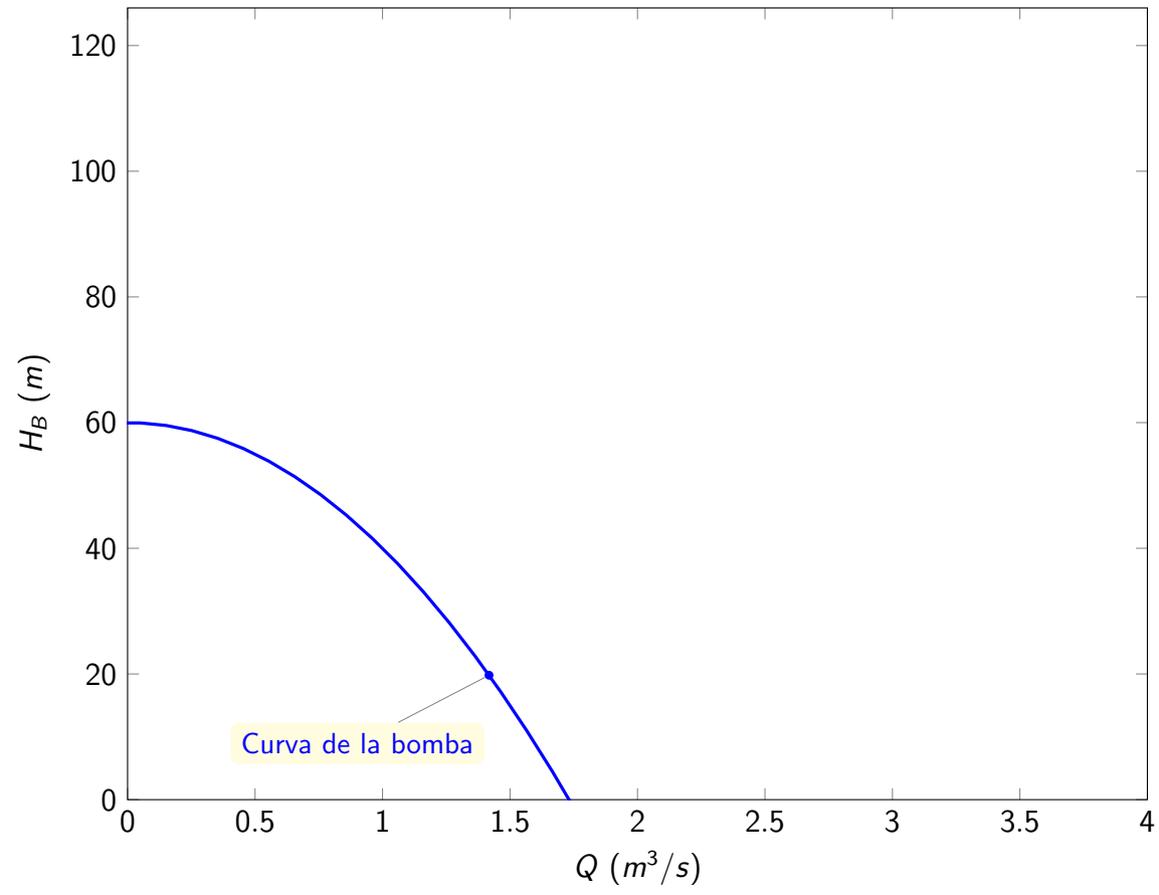
- El motor convierte la energía eléctrica en rotación del eje
- El eje comunica el motor con el sistema hidráulico a revoluciones fijas
- El sistema hidráulico bombea el agua por la acción de giro del rodete
- Manteniendo el motor y el sistema hidráulico el fabricante oferta distintos tamaños de rodete. Cada uno se corresponde con una curva
- Para saber que rodete elegimos, se marca el punto con los criterios requeridos en nuestro sistema (ej: $H_{min} = 32 m$ y $Q_{min} = 190 l/s$)
- Sin embargo, H y Q dependen también de la curva de la conducción
- Por tanto, dada la bomba con distintos rodetes, y la curva de la conducción las posibles combinaciones se corresponden con los puntos magenta
- Únicamente el rodete mayor cumple los requisitos del sistema hidráulico
- Interpolando el punto de funcionamiento en las curvas de rendimiento, se llega a $\eta \approx 88\%$, resultando la potencia requerida por el sistema hidráulico $P = \frac{\gamma H Q}{\eta} = \frac{9810 \cdot 45.7 \cdot \frac{204.5}{1000}}{0.88} = 104.18 kW$
- El valor debe coincidir con la curva de potencia de ese rodete. En la práctica se utiliza el valor calculado por tener mayor precisión
- El sistema solo hubiera requerido una potencia $P = \frac{9810 \cdot 32 \cdot \frac{190}{1000}}{0.85} = 70.17 kW$
- Ni bomba, ni rodetes del fabricante, son modificables. Podría tratar de conseguirse una curva de la conducción con punto de funcionamiento en el rodete $\Phi = 360 mm$ dentro de la zona verde, lo más cercana al punto rojo

Consideraciones

- 1 La longitud debería ser casi la mínima en el diseño inicial
- 2 Es difícil cambiar de material con rugosidad mucho menor para que sea apreciable en la variación de la curva
- 3 Se puede cambiar parte o el total de la conducción por un diámetro mayor. Ello disminuirá también la f de Darcy

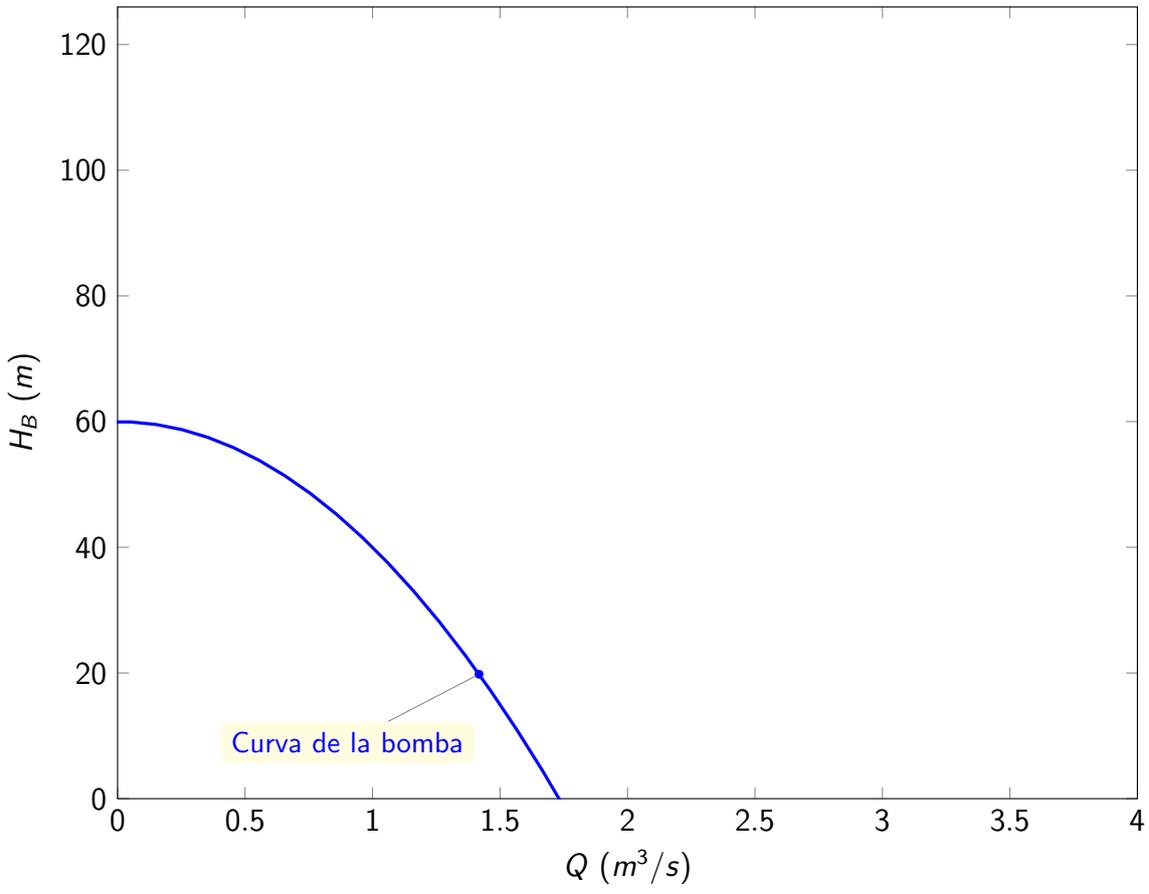
- Test.** Se desea una curva de la conducción como la de puntos, para ello
1. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la longitud
 2. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] la rugosidad
 3. Aumentaremos [1] o disminuirémos [-1] el diámetro

Curvas en serie y paralelo



Curvas en serie y paralelo

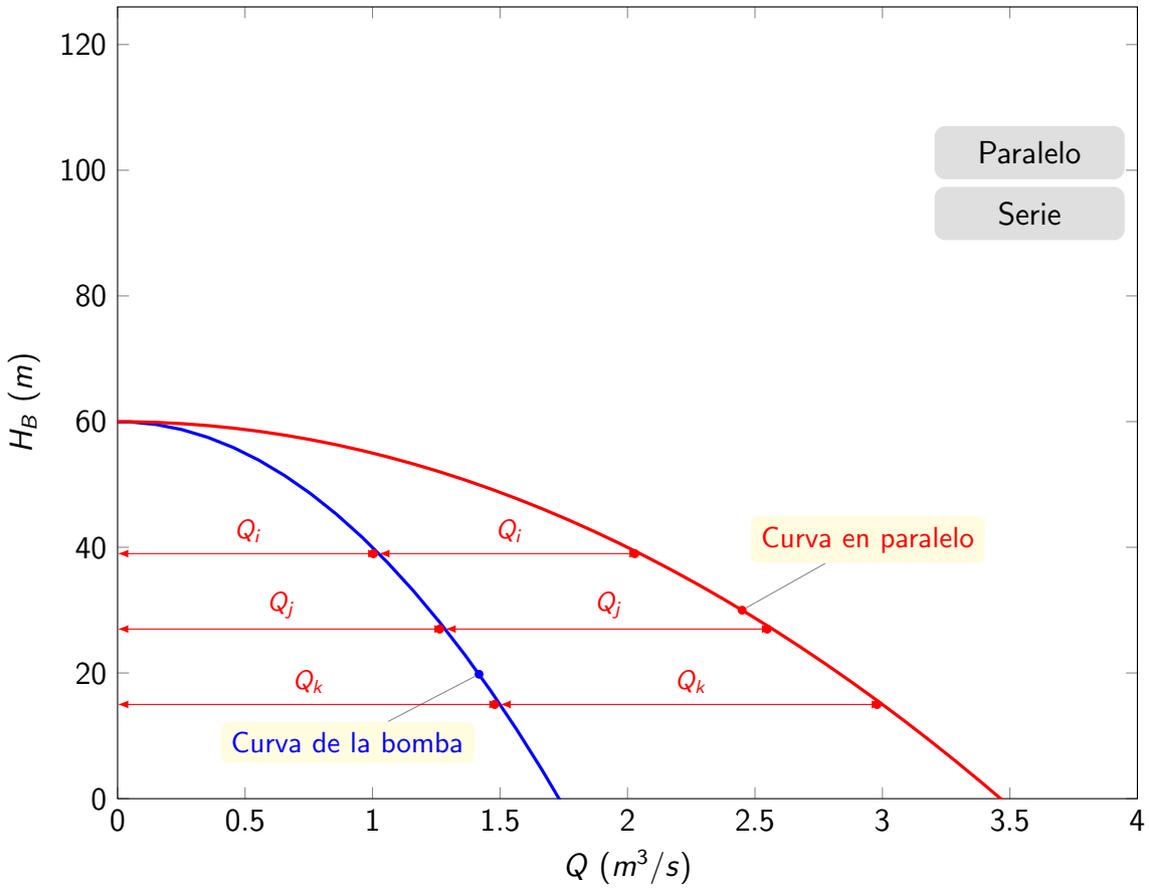
Dada la curva de funcionamiento de la bomba



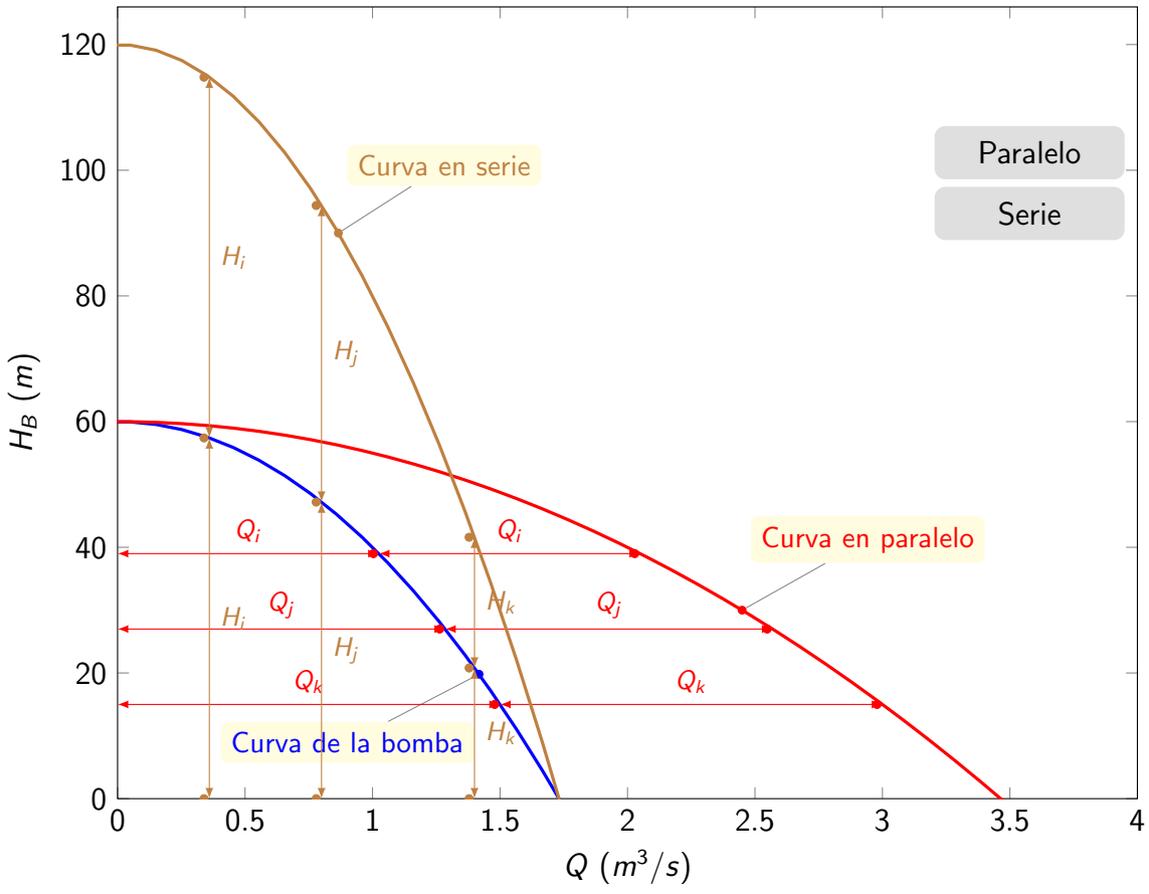
Curvas en serie y paralelo

Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abscisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)



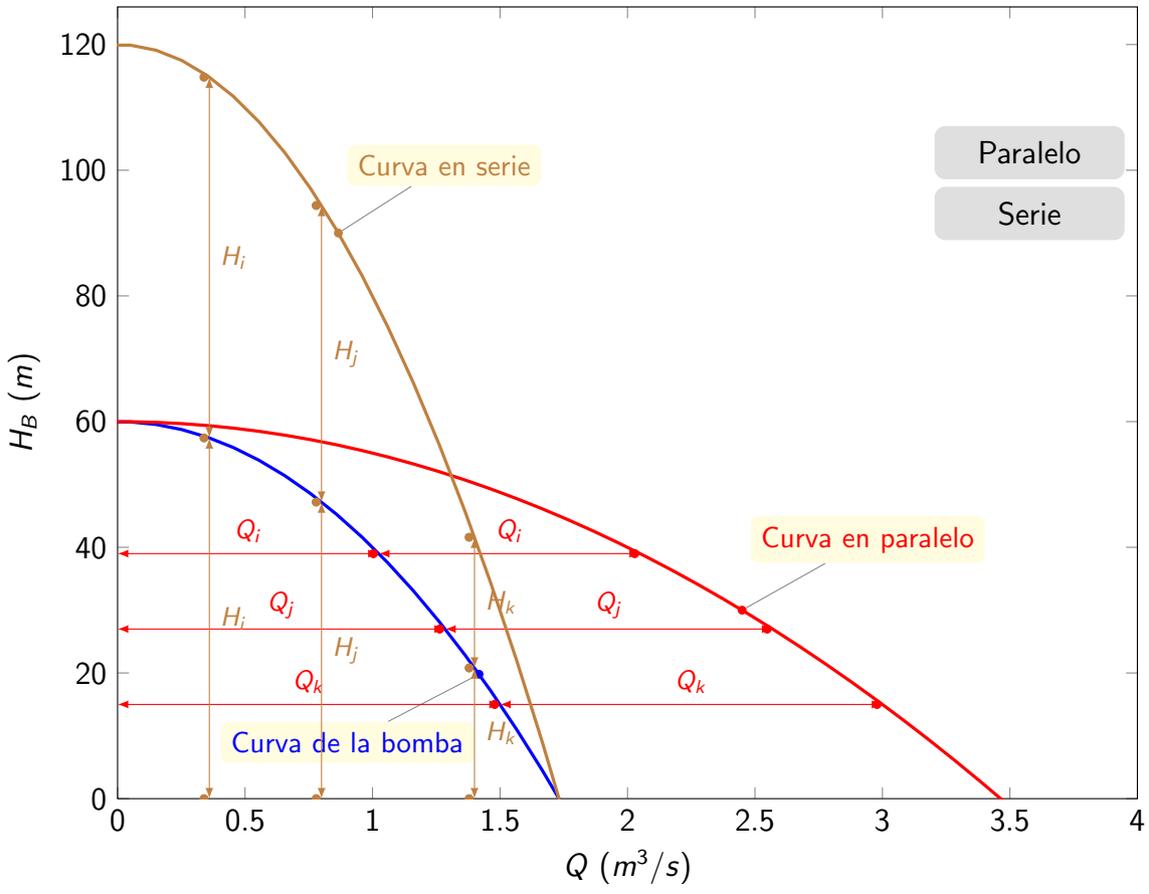
Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abscisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

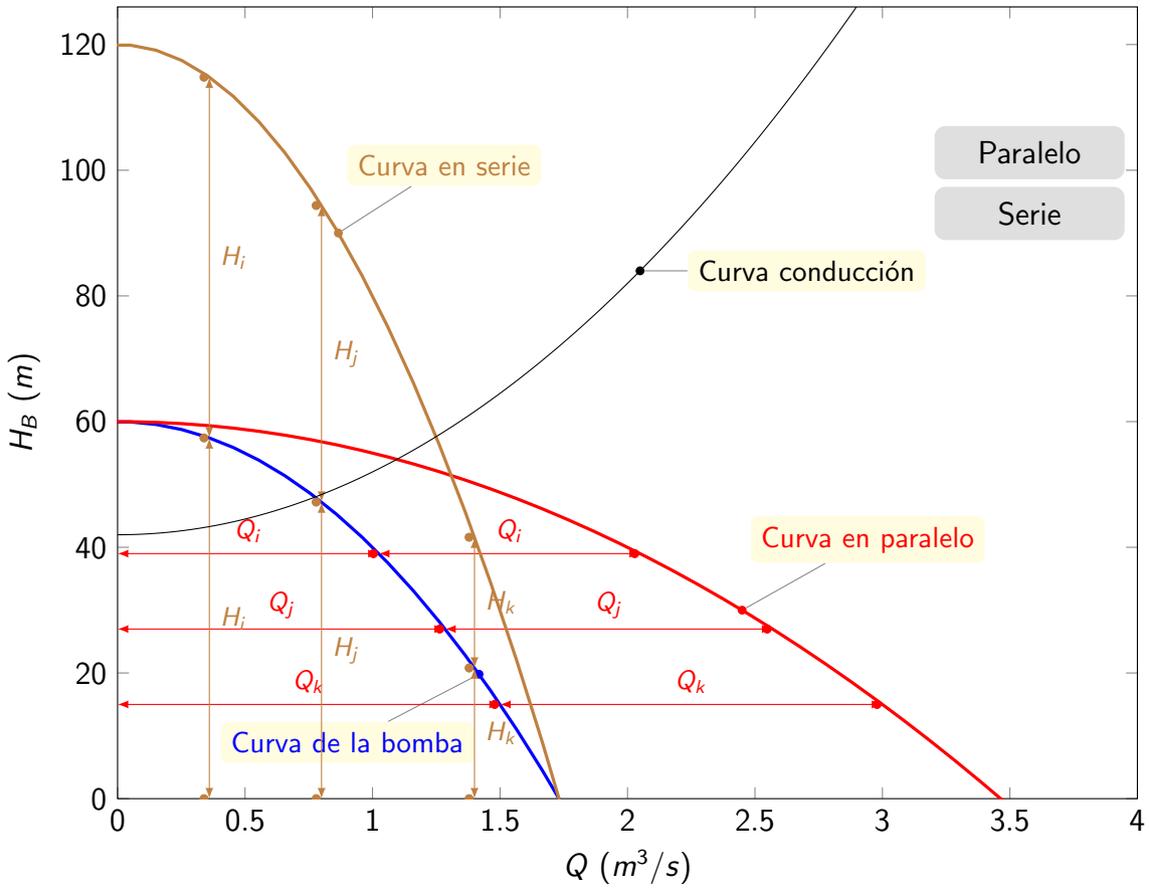
Curvas en serie y paralelo



- Dada la curva de funcionamiento de la bomba
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

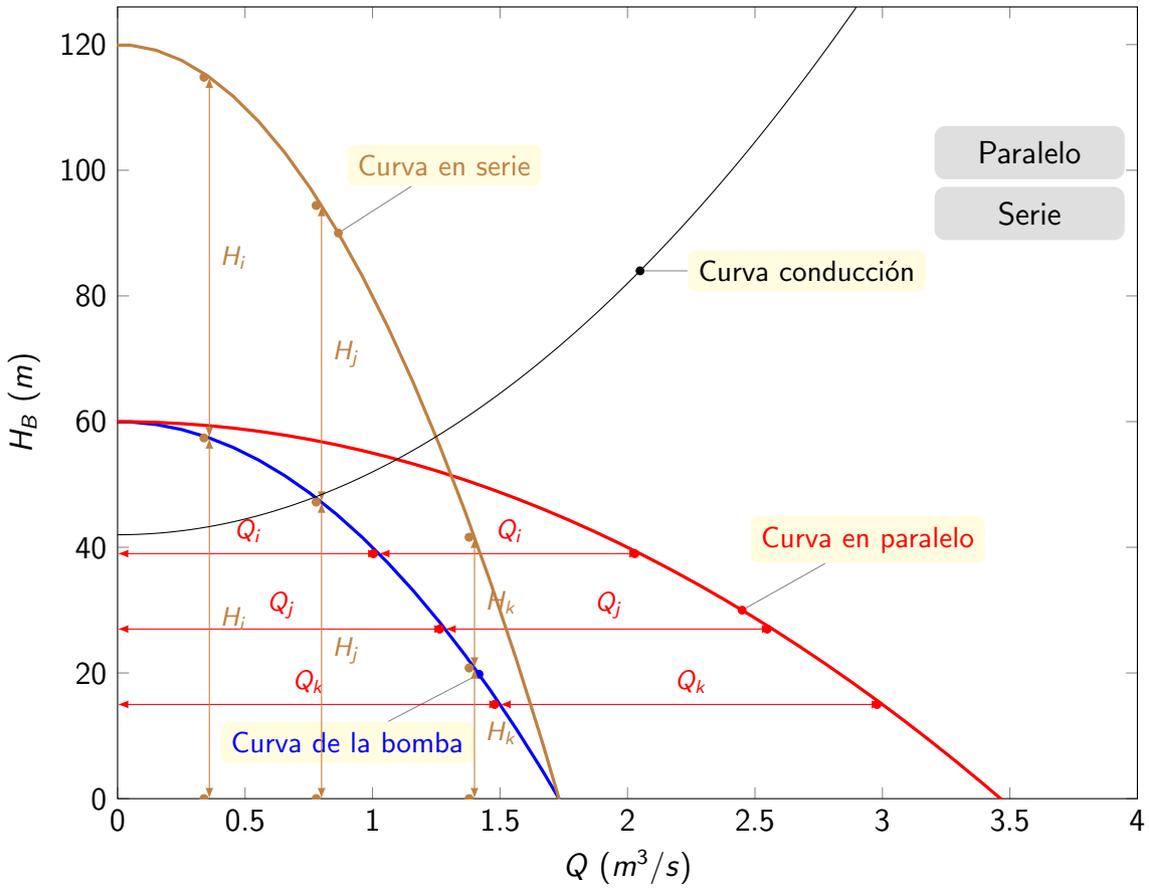
Curvas en serie y paralelo



- Dada la curva de funcionamiento de la bomba**
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

- Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$**
- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Curvas en serie y paralelo



- Dada la curva de funcionamiento de la bomba**
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

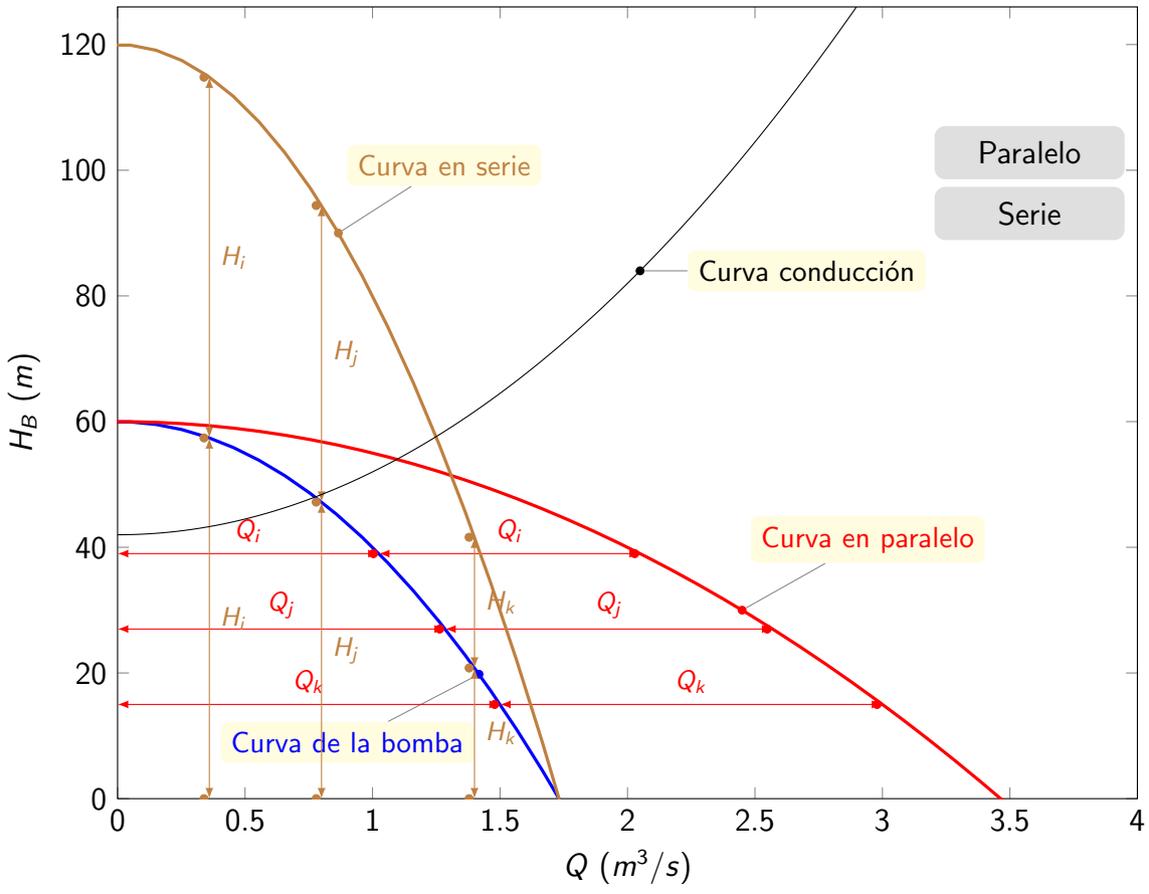
Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

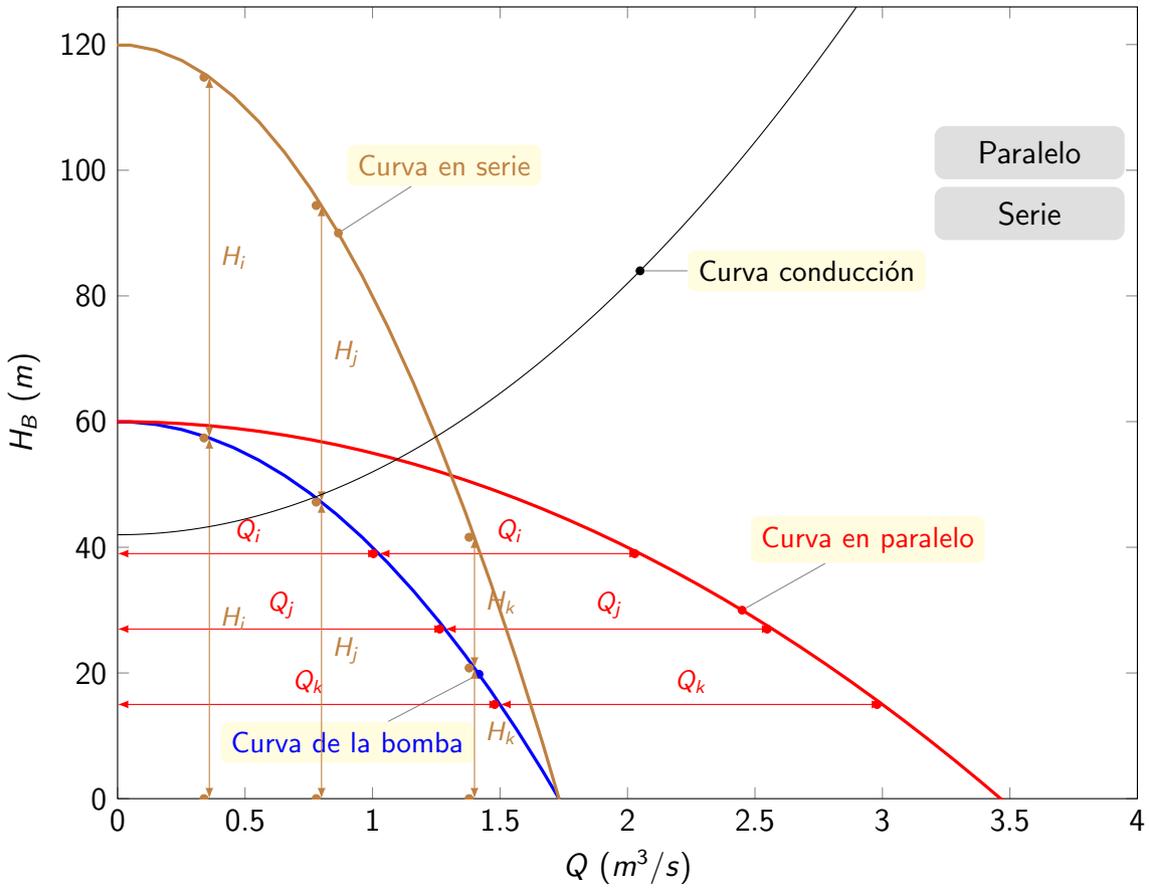
- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

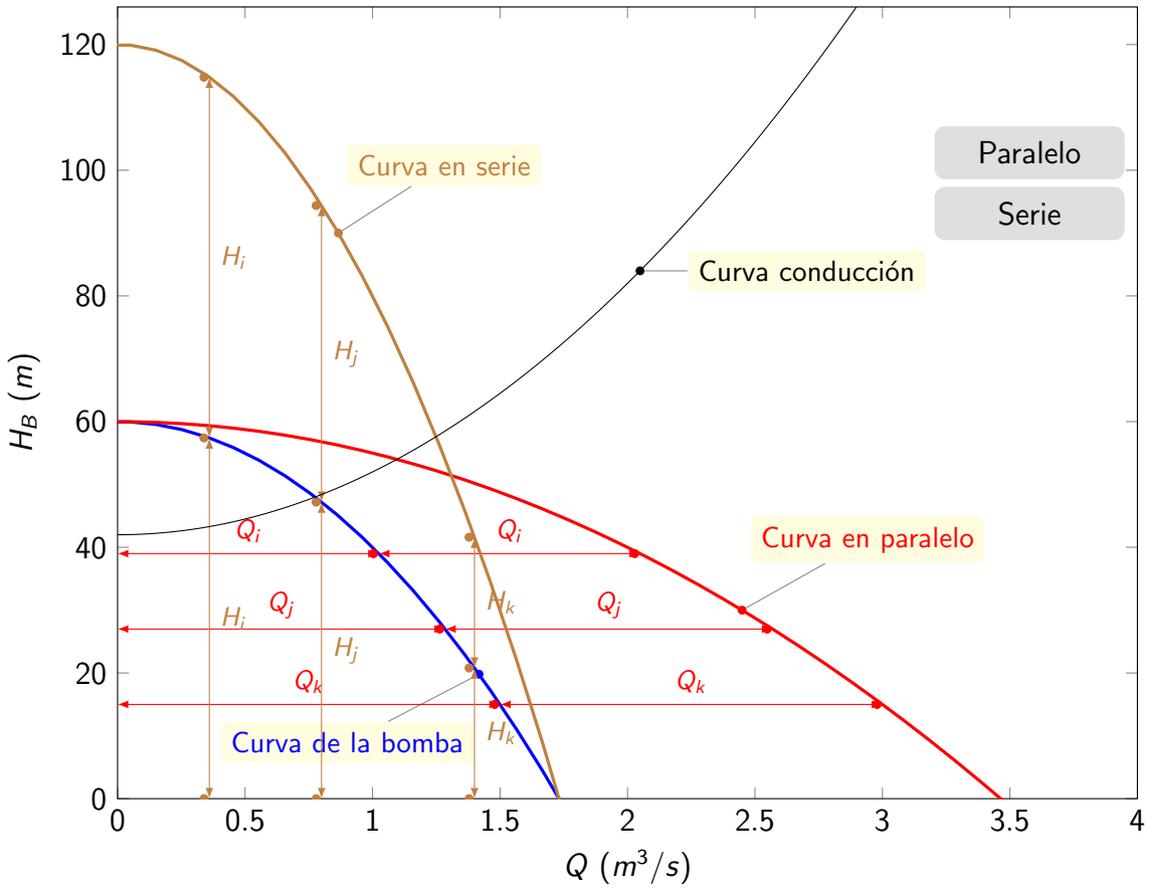
- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} =$ — Q^2
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} =$ — Q^2

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

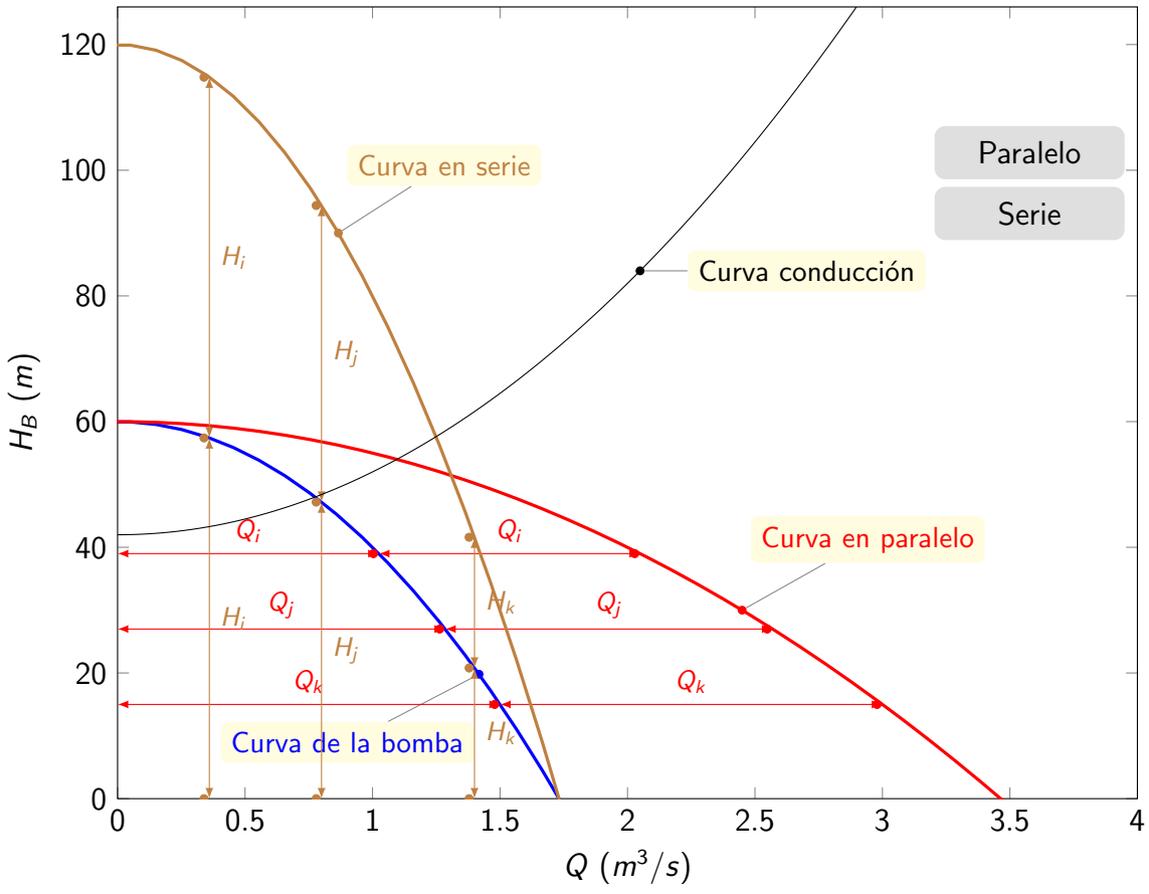
- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} =$ — Q^2
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} =$ — Q^2
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} =$ — Q^2

Curvas en serie y paralelo



- ### Dada la curva de funcionamiento de la bomba
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abscisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

- ### Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$
- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

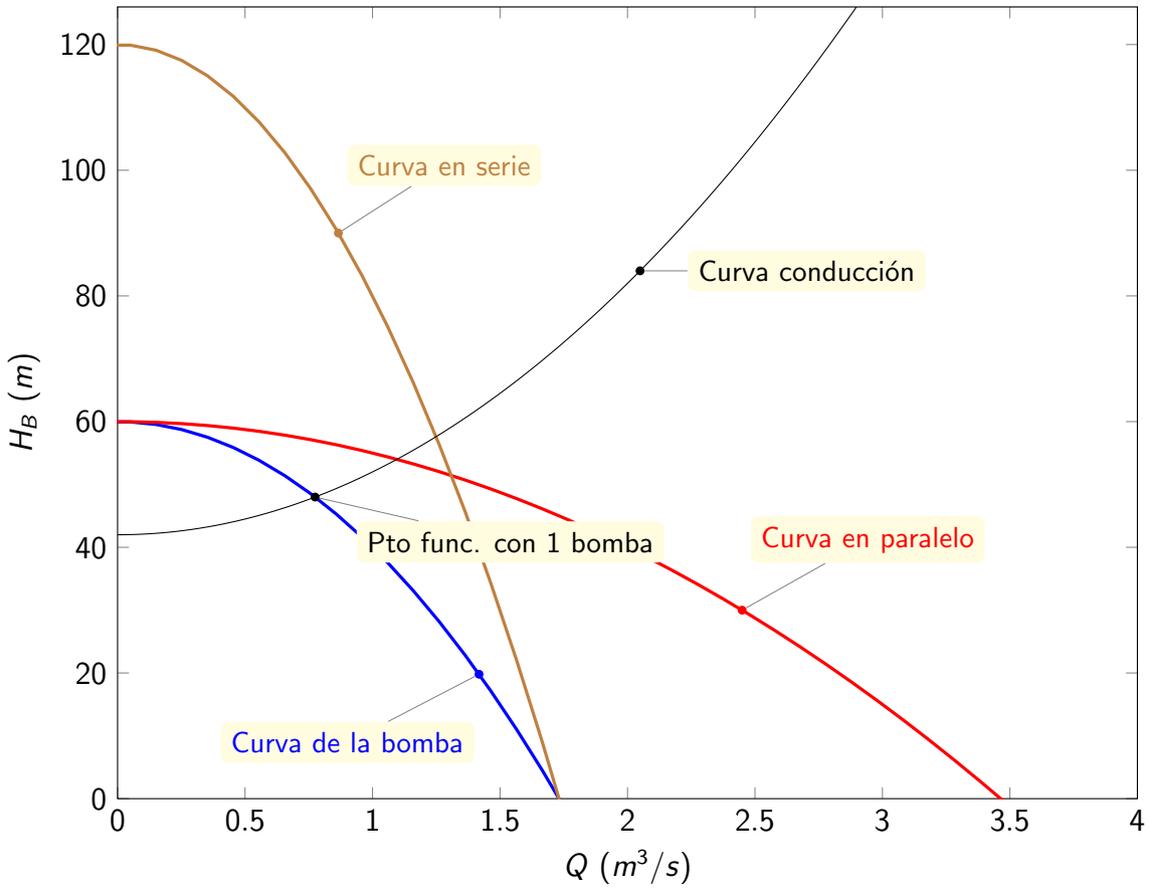
Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} = \quad - \quad Q^2$
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} = \quad - \quad Q^2$

Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Curvas en serie y paralelo



- ### Dada la curva de funcionamiento de la bomba
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

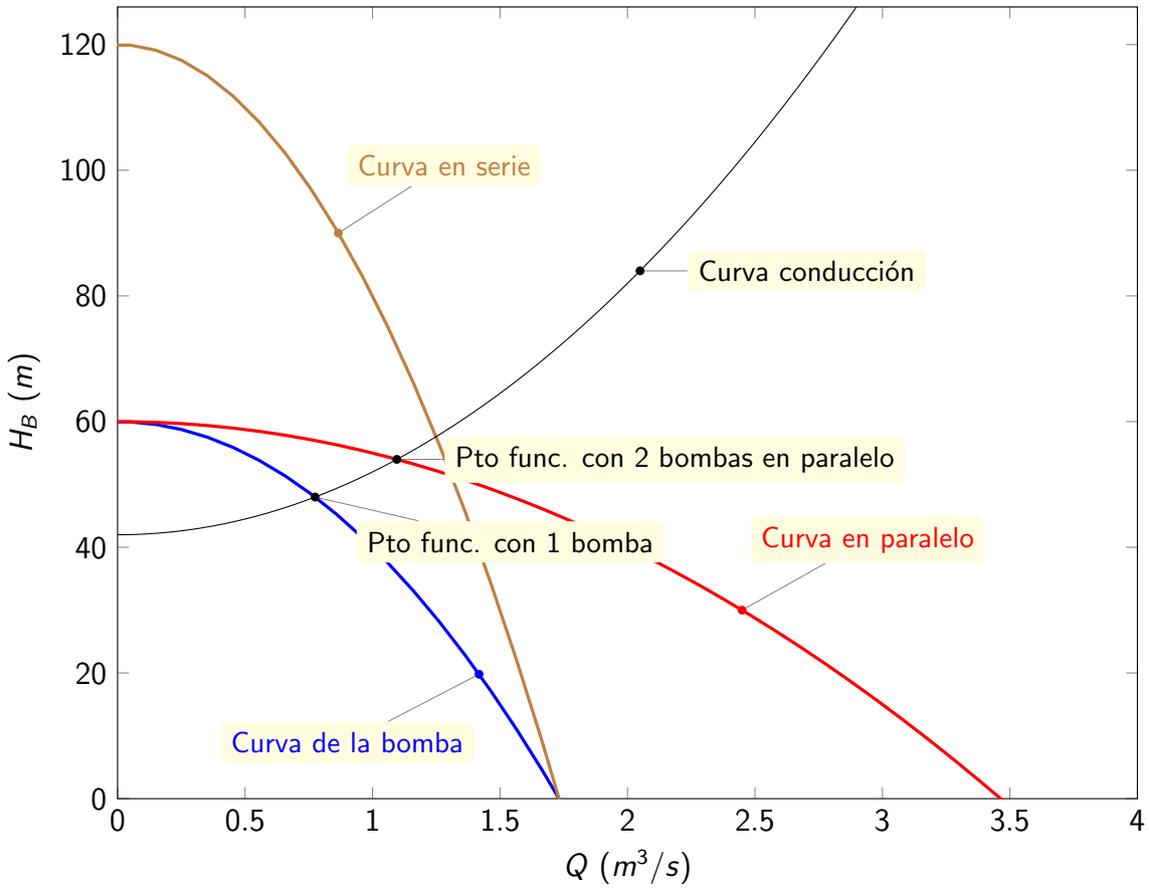
Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

- 1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$
- 2. 2 bombas en serie: $H_{2s} = \quad - \quad Q^2$
- 3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} = \quad - \quad Q^2$

Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Curvas en serie y paralelo



- Dada la curva de funcionamiento de la bomba**
- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
 - 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

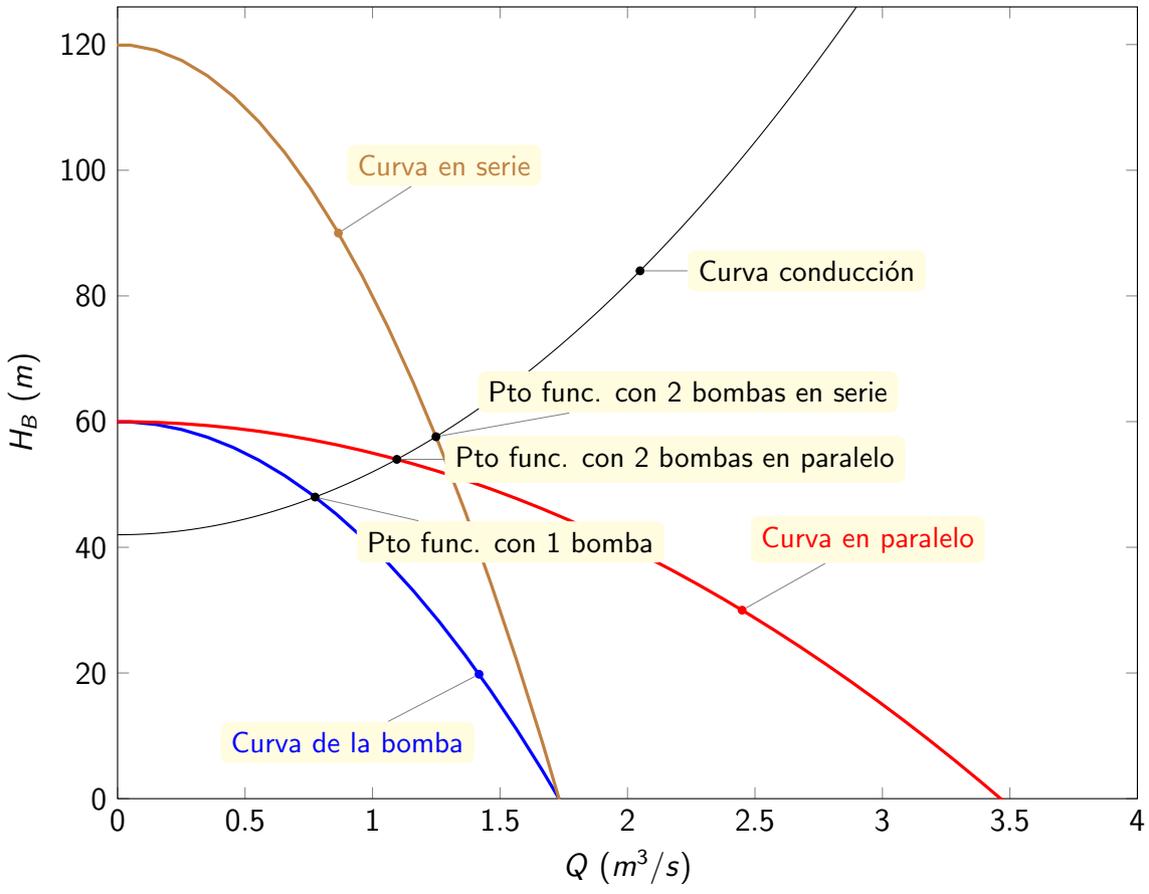
Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} = \quad - \quad Q^2$
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} = \quad - \quad Q^2$

Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abscisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

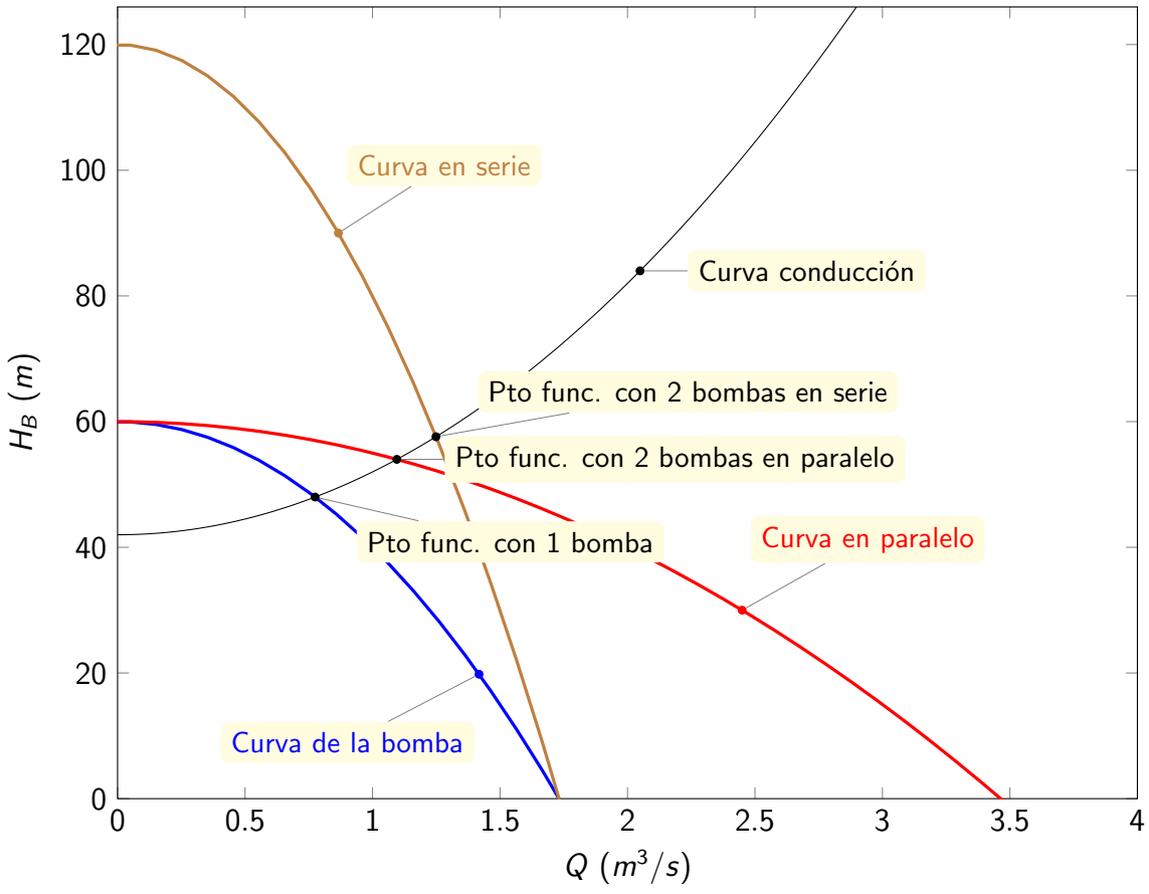
1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} = \quad - \quad Q^2$
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} = \quad - \quad Q^2$

Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Notas sobre el punto de funcionamiento

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo:	$H_{2p} =$	—	Q^2
2. 2 bombas en serie:	$H_{2s} =$	—	Q^2
3. 5 bombas en paralelo:	$H_{5p} =$	—	Q^2

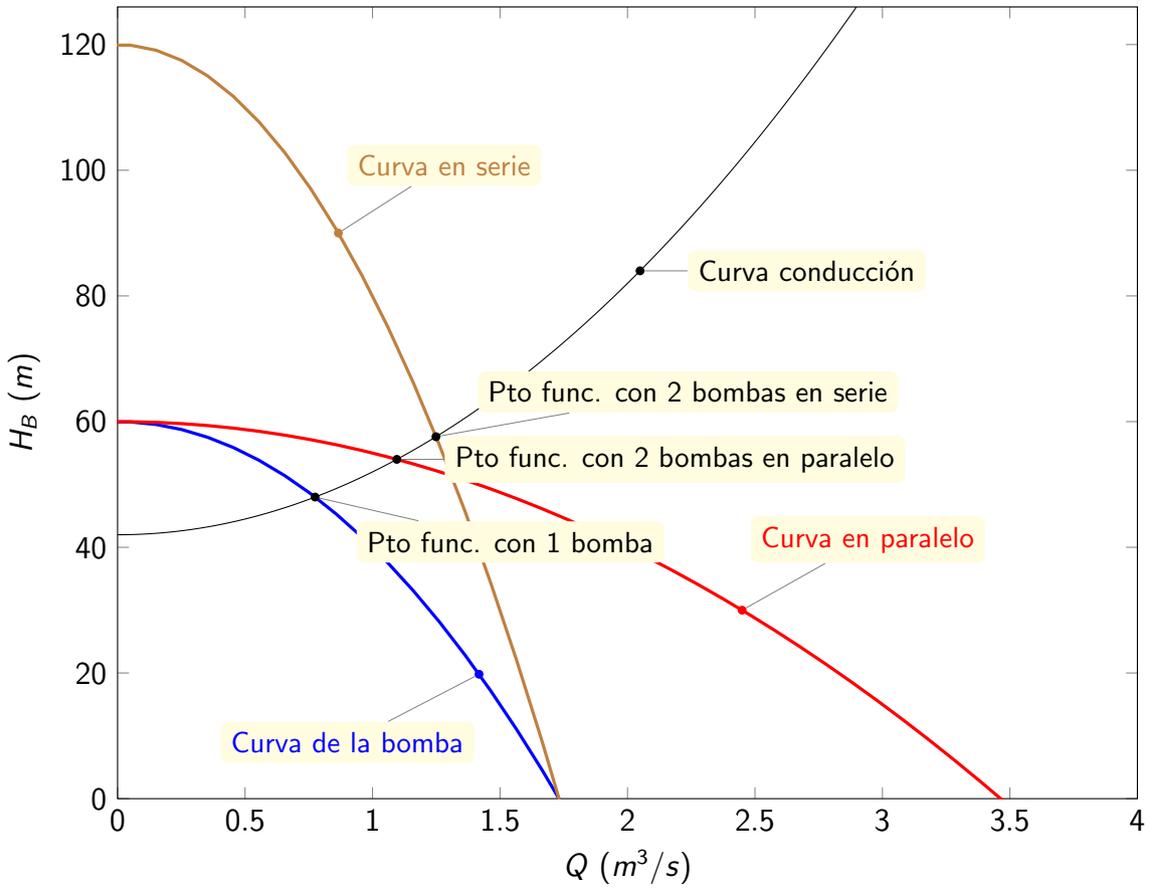
Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Notas sobre el punto de funcionamiento

Colocar dos bombas en paralelo no duplica el caudal, ni 2 bombas en serie duplican la altura de elevación. Hay que moverse por la curva de la conducción.

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} = \quad - \quad Q^2$
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} = \quad - \quad Q^2$
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} = \quad - \quad Q^2$

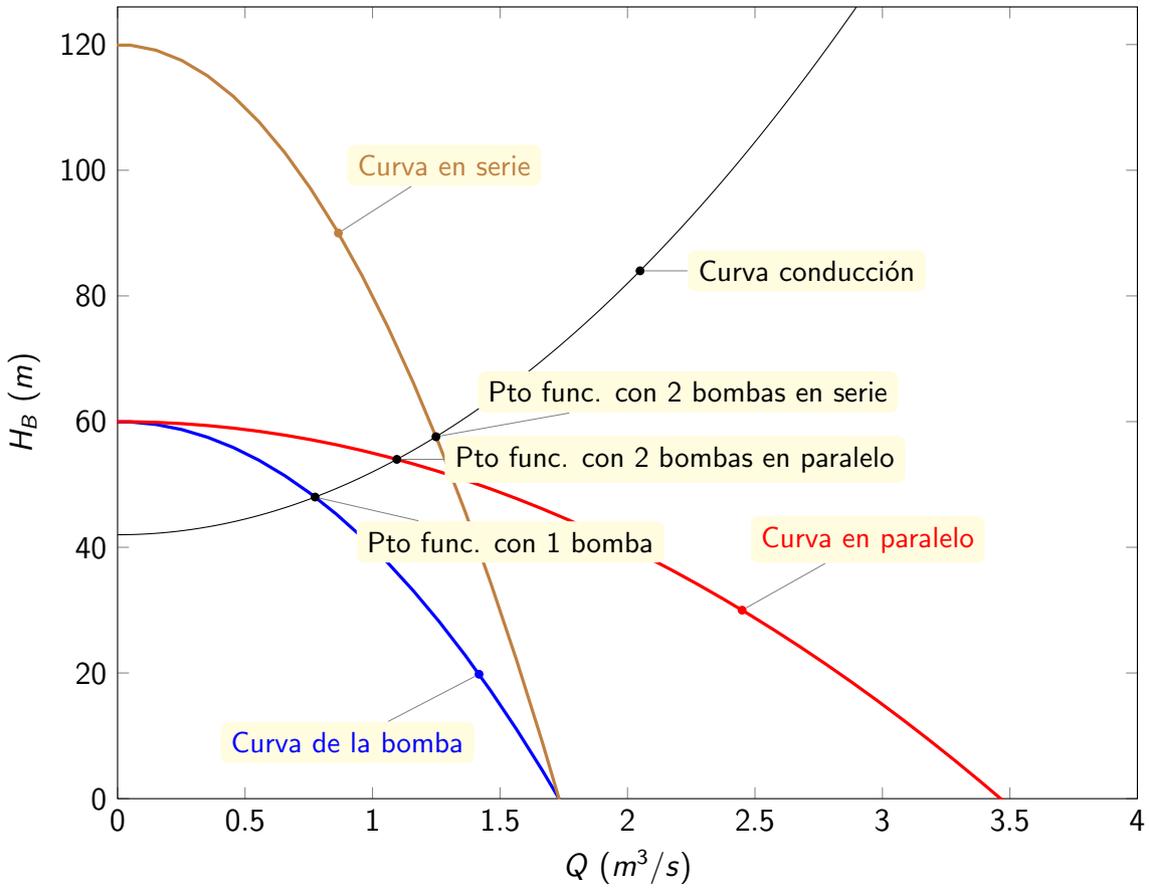
Puntos de funcionamiento

Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Notas sobre el punto de funcionamiento

- 1 Colocar dos bombas en paralelo no duplica el caudal, ni 2 bombas en serie duplican la altura de elevación. Hay que moverse por la curva de la conducción.
- 2 Dependiendo de la forma de la curva de la conducción, si se colocan dos bombas, puede ser más favorable la solución en serie o paralelo. La evaluación de la solución óptima suele realizarse en función de la mínima energía (potencia) requerida que satisfaga la demanda de caudal.

Curvas en serie y paralelo



Dada la curva de funcionamiento de la bomba

- 1 La curva equivalente de n bombas en paralelo se construye proyectando el valor de la abcisa asociado a cada altura n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)
- 2 La curva equivalente de n bombas en serie se construye proyectando el valor de la ordenada asociado a cada caudal n veces. (Ver el ejemplo para $n = 2$)

Si la curva de la bomba responde a $H_b = a - b \cdot Q^2$

- 1 Las curvas equivalentes tendrán una expresión similar donde los coeficientes a y b pueden determinarse al sustituir en los puntos de máxima altura y caudal

Ejercicio: Expresión matemática curvas equivalentes

Test. Determinar los coeficientes de la curva equivalente a $H_b = 60 - 20Q^2$ cuando se colocan:

1. 2 bombas en paralelo: $H_{2p} =$ $-$ Q^2
2. 2 bombas en serie: $H_{2s} =$ $-$ Q^2
3. 5 bombas en paralelo: $H_{5p} =$ $-$ Q^2

Puntos de funcionamiento

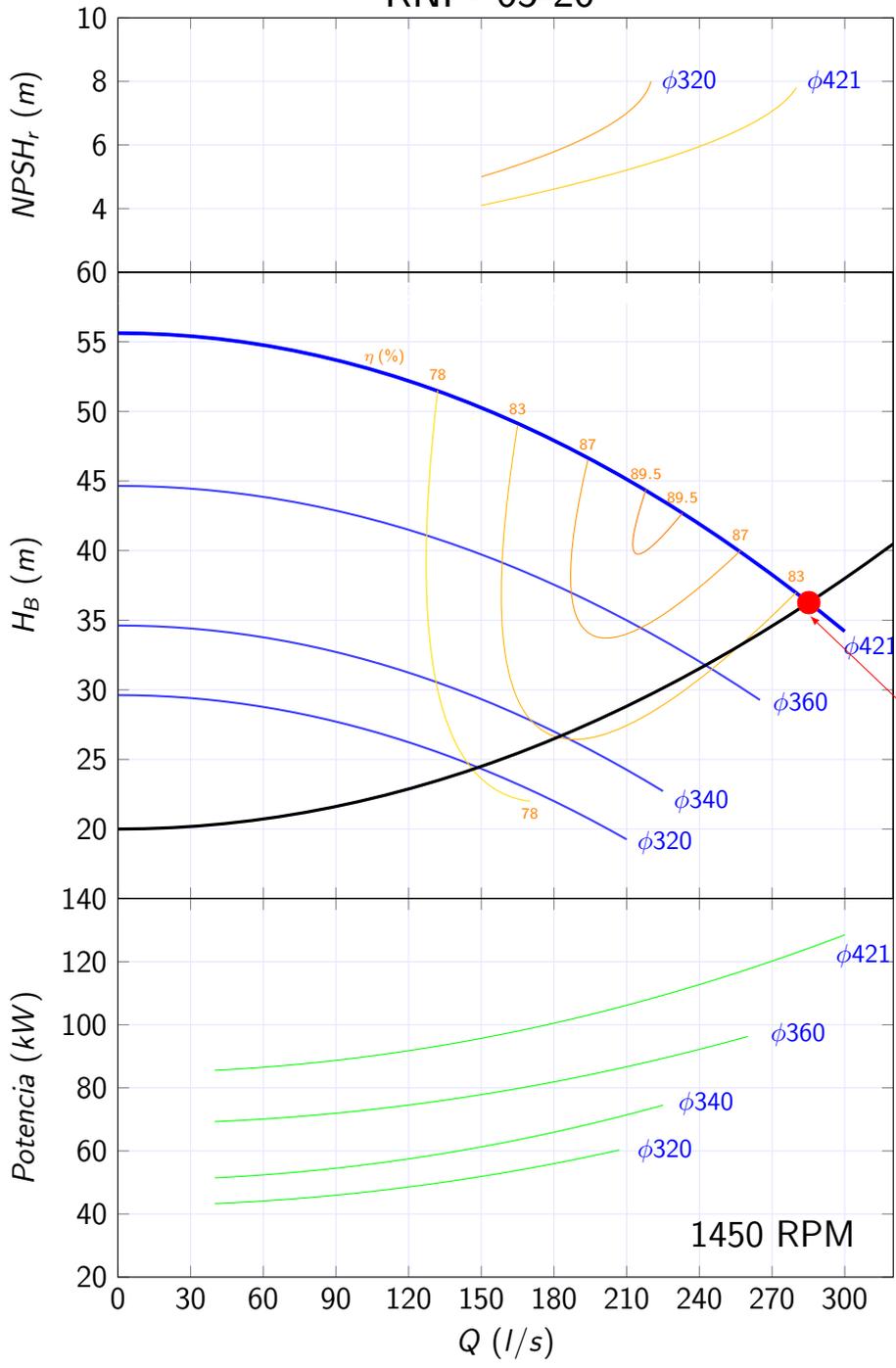
Si la curva de la conducción no varía (lo que puede ocurrir al cambiar las pérdidas de carga localizadas en los desdoblamientos o al acoplar las bombas pero ésta suele ser relativamente pequeña si la longitud de la tubería es larga), en función de la disposición de las bombas obtendremos distintos puntos de funcionamiento.

Notas sobre el punto de funcionamiento

- 1 Colocar dos bombas en paralelo no duplica el caudal, ni 2 bombas en serie duplican la altura de elevación. Hay que moverse por la curva de la conducción.
- 2 Dependiendo de la forma de la curva de la conducción, si se colocan dos bombas, puede ser más favorable la solución en serie o paralelo. La evaluación de la solución óptima suele realizarse en función de la mínima energía (potencia) requerida que satisfaga la demanda de caudal.
- 3 Cuando hay bombas en serie y paralelo que se pueden combinar de varias formas, se suele hablar de la **estación** refiriéndose a estación de bombeo

Bombas en paralelo: Forma alternativa

RNI - 65-20



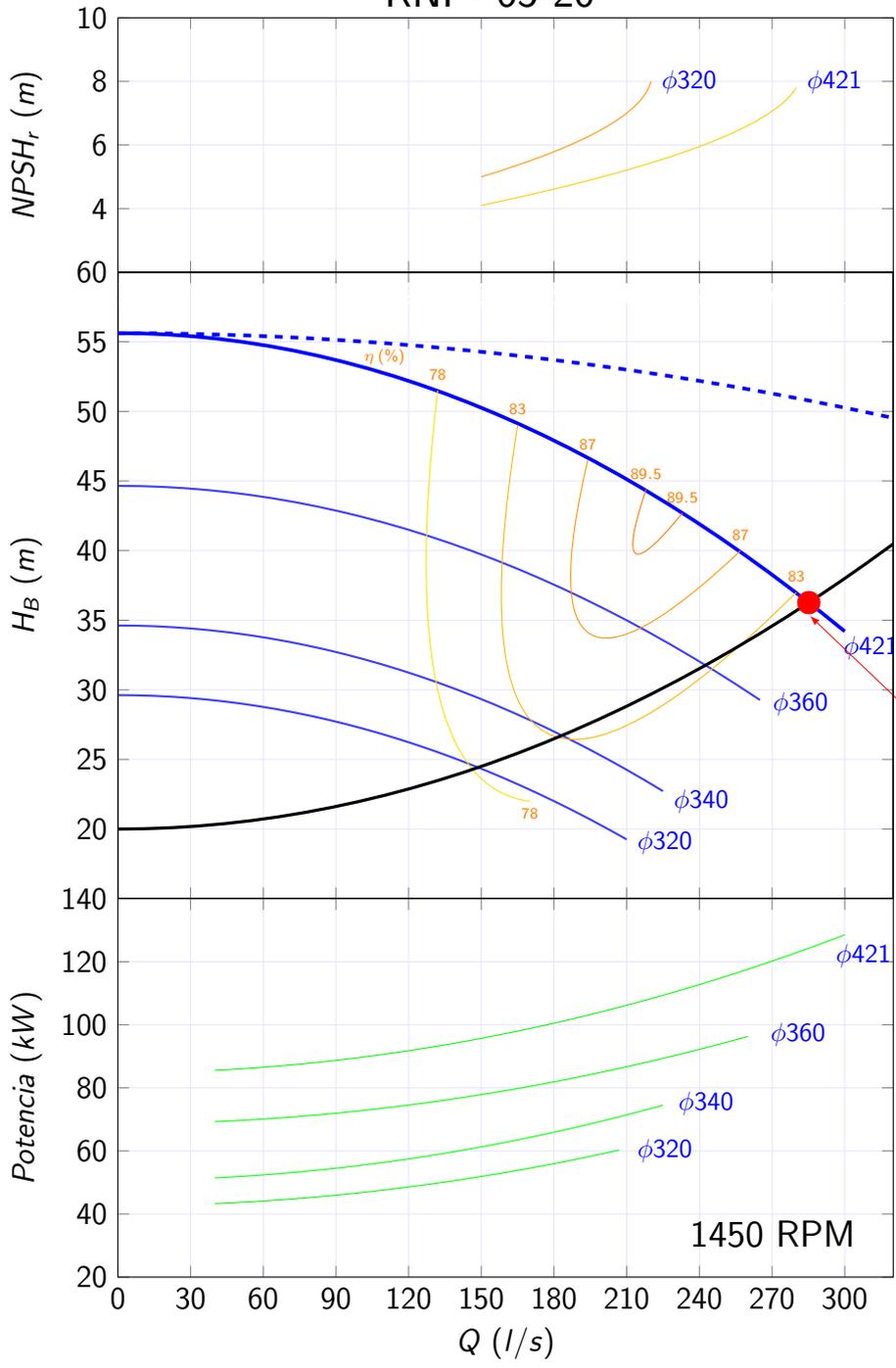
Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26$, $Q = 285.2$)

Bombas en paralelo: Forma alternativa

RNI - 65-20



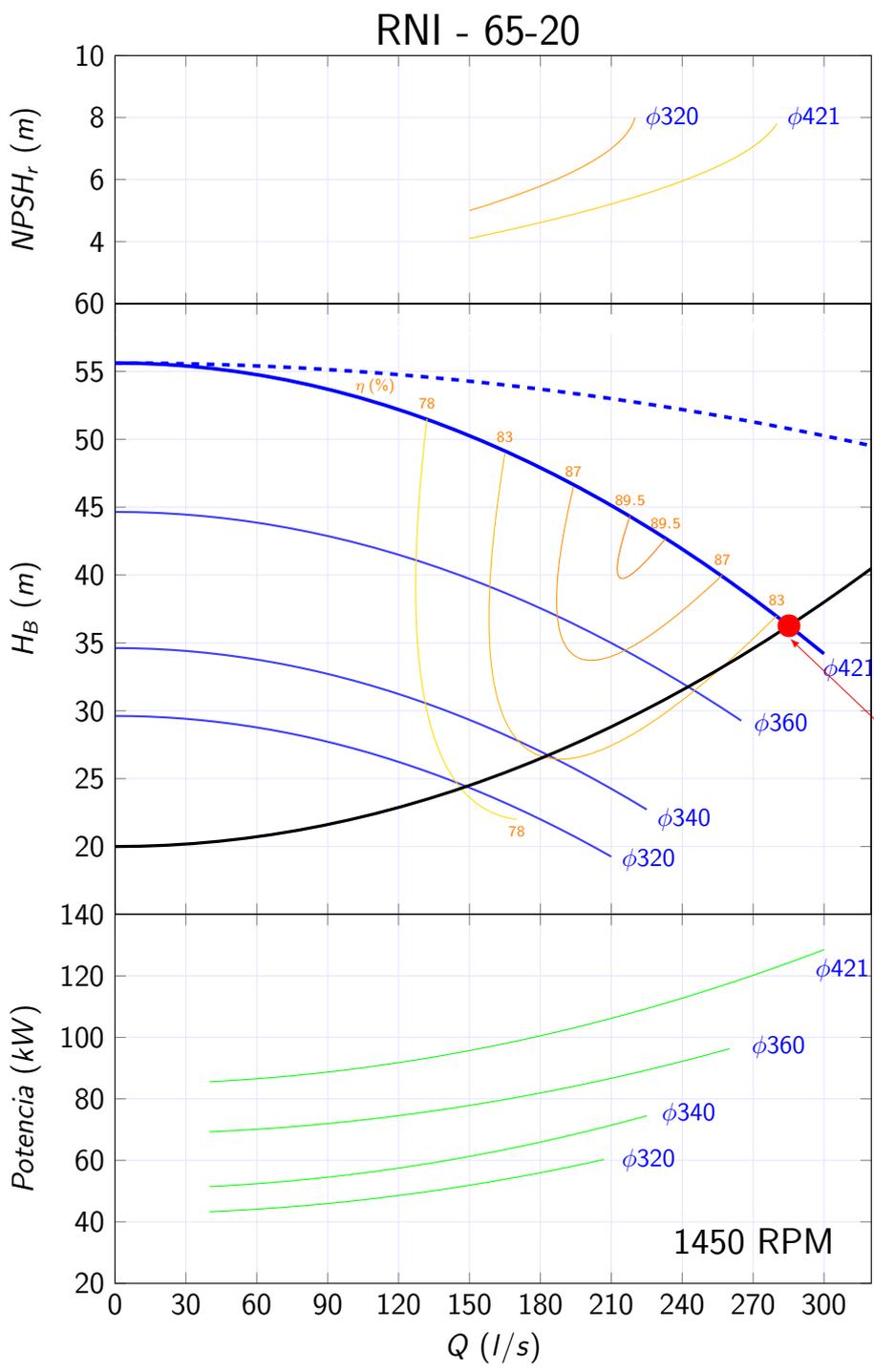
Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26, Q = 285.2$)

Bombas en paralelo: Forma alternativa



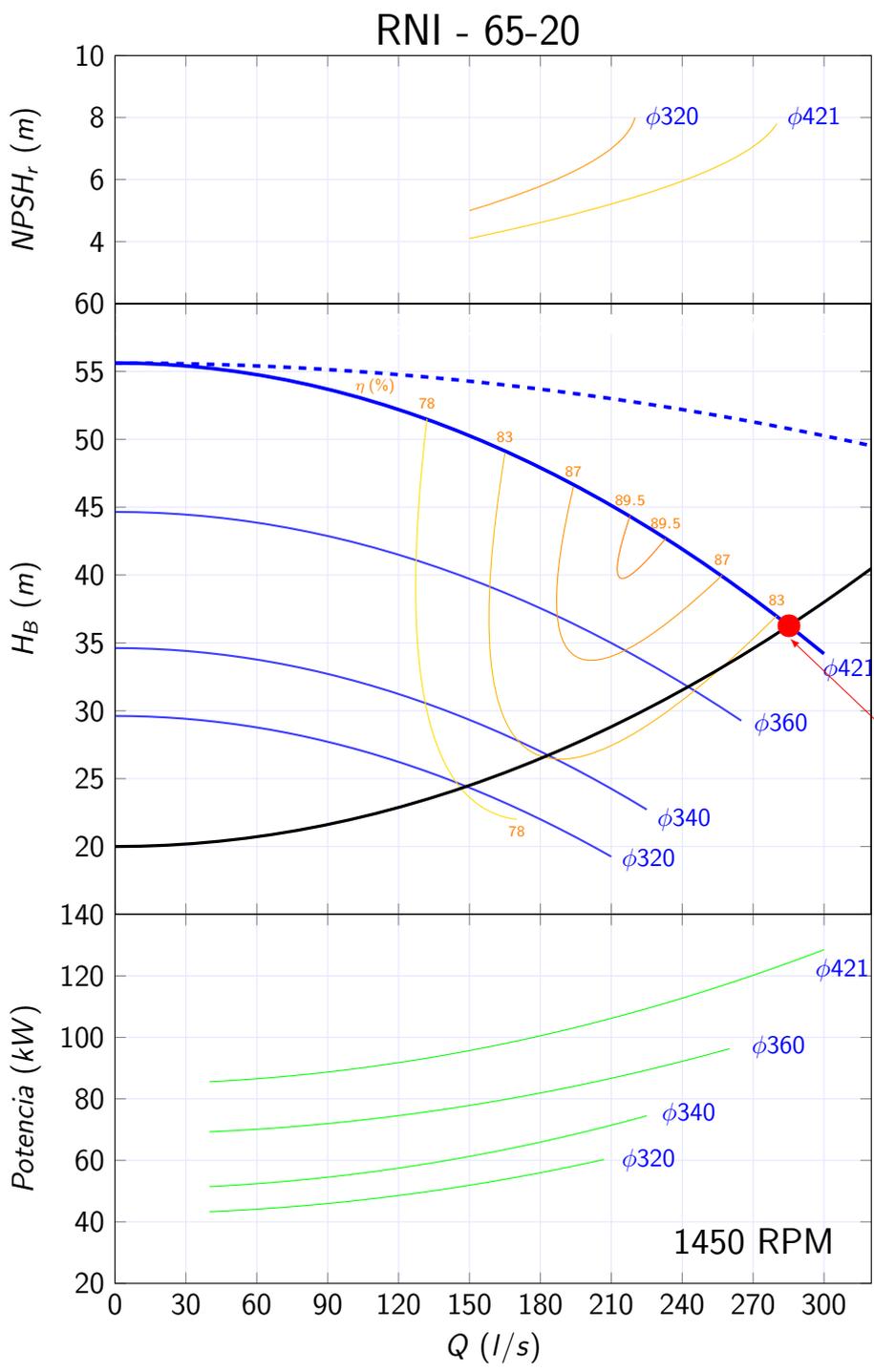
Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26$, $Q = 285.2$)

Bombas en paralelo: Forma alternativa



Bombas en paralelo: forma alternativa

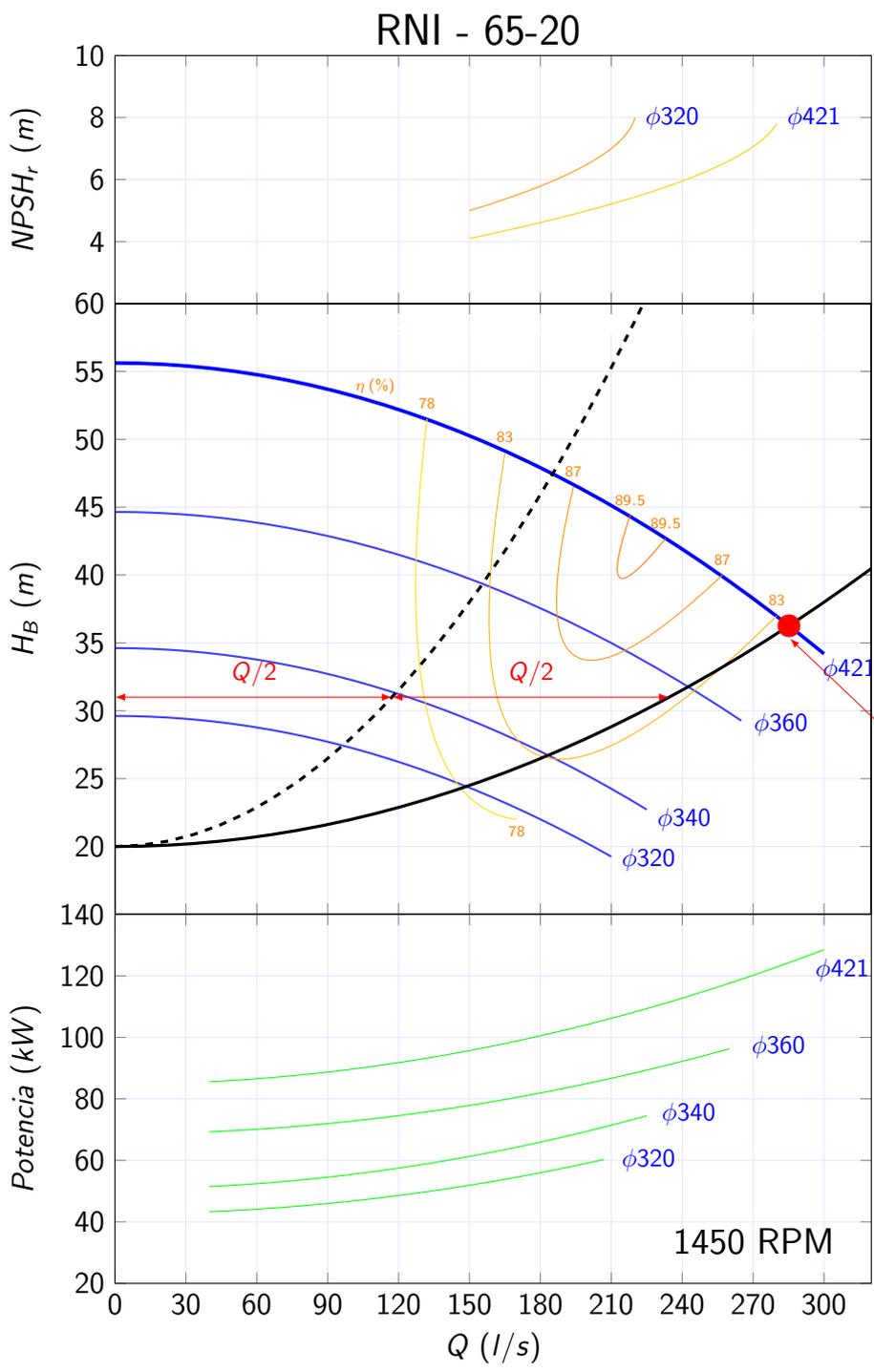
Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26$, $Q = 285.2$)

Bombas en paralelo: Forma alternativa



Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

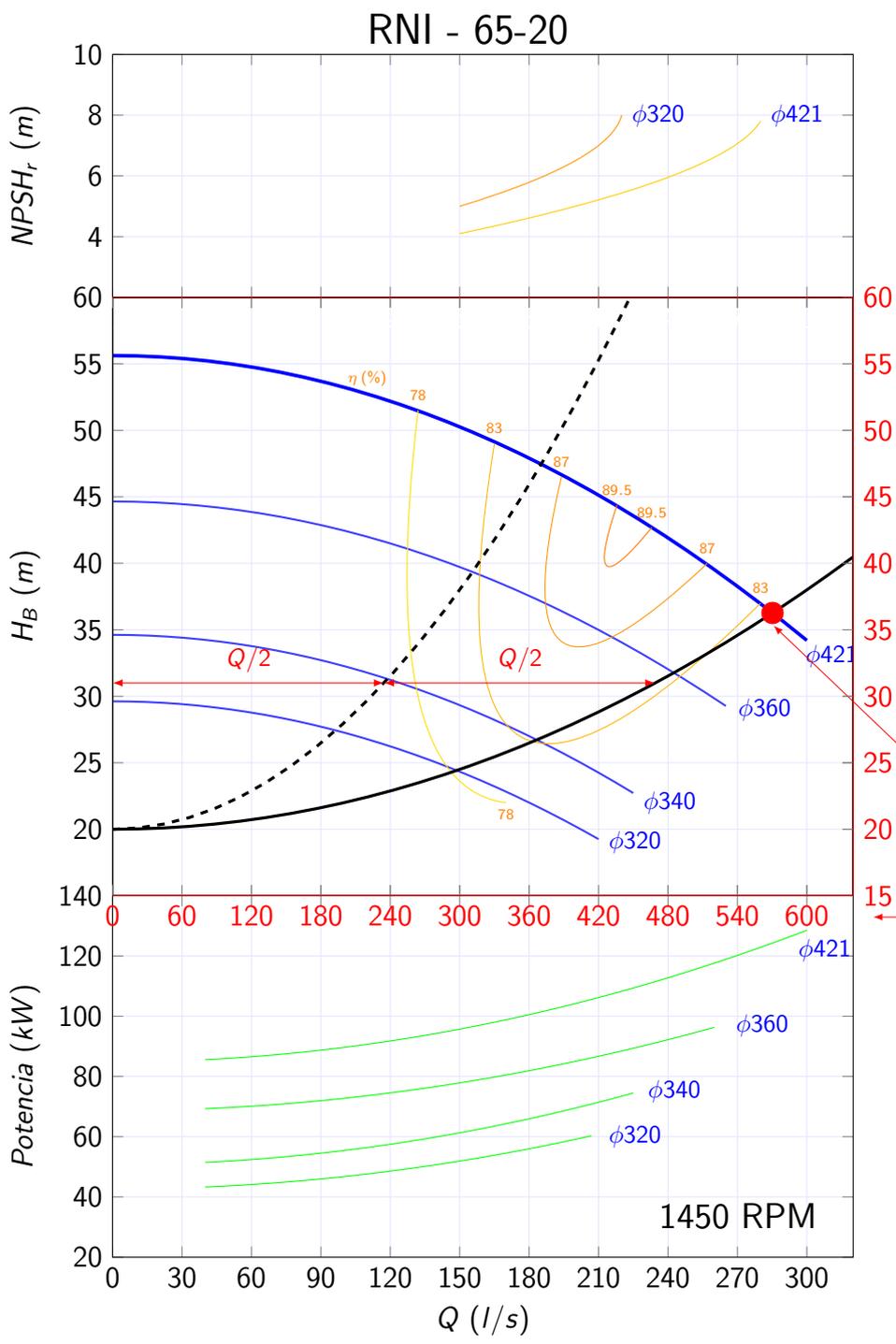
- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la abscisa, para cada altura, en el número de bombas en paralelo que se consideren. Suponiendo 2 bombas

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26$, $Q = 285.2$)

Bombas en paralelo: Forma alternativa



Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

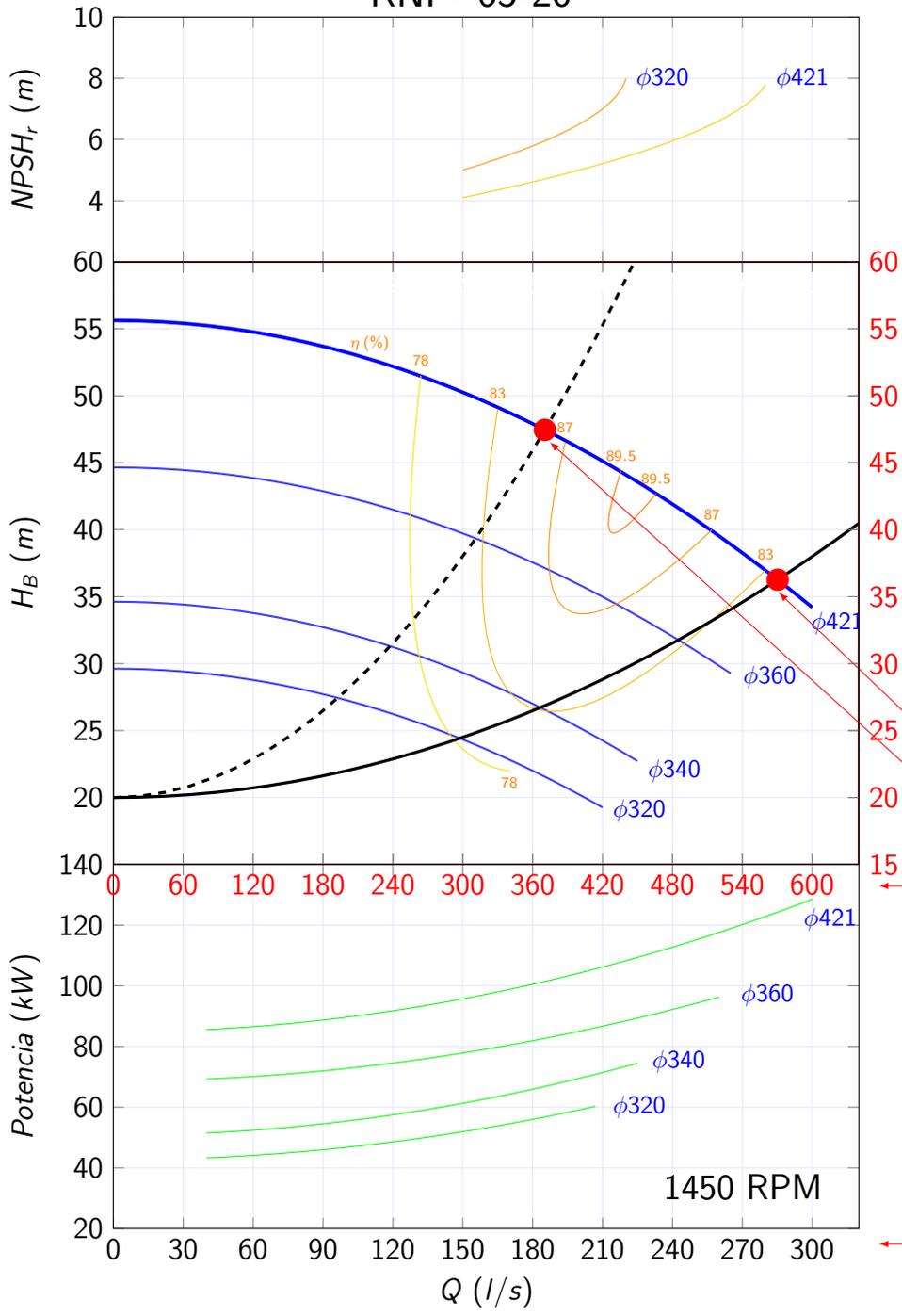
- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la abscisa, para cada altura, en el número de bombas en paralelo que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de abscisas multiplicando su escala por el número de bombas en paralelo y se mantiene el de ordenadas

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26$, $Q = 285.2$)

Nuevo eje de caudales para la conducción con 2 bombas (l/s)

Bombas en paralelo: Forma alternativa

RNI - 65-20



Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

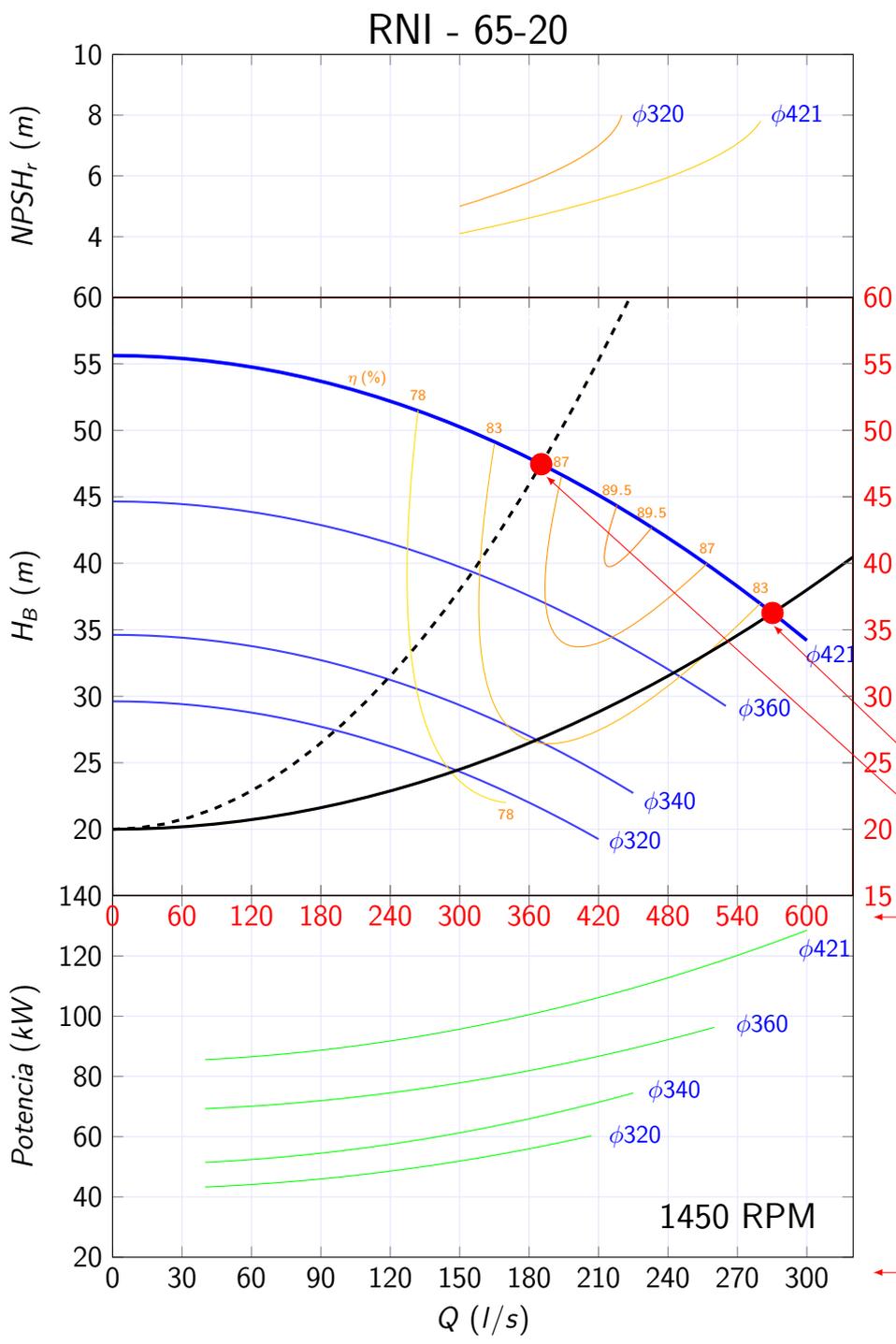
- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la abcisa, para cada altura, en el número de bombas en paralelo que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de abcisas multiplicando su escala por el número de bombas en paralelo y se mantiene el de ordenadas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. El caudal en la conducción se obtiene en el nuevo eje de abcisas, y el de cada bomba en el antiguo

- ← 25 Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26, Q = 285.2$)
- ← 20 Punto de funcionamiento de dos bombas ($H = 47.45, Q = 370.5, Q_b = 185.2$)
- ← 15 Nuevo eje de caudales para la conducción con 2 bombas (l/s)
- ← Eje de caudales válido para cada bomba por separado (l/s)

Bombas en paralelo: Forma alternativa



Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la abscisa, para cada altura, en el número de bombas en paralelo que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de abscisas multiplicando su escala por el número de bombas en paralelo y se mantiene el de ordenadas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. El caudal en la conducción se obtiene en el nuevo eje de abscisas, y el de cada bomba en el antiguo

60

55

50

45

40

35

30

25

20

15

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 36.26, Q = 285.2$)

Punto de funcionamiento de dos bombas ($H = 47.45, Q = 370.5, Q_b = 185.2$)

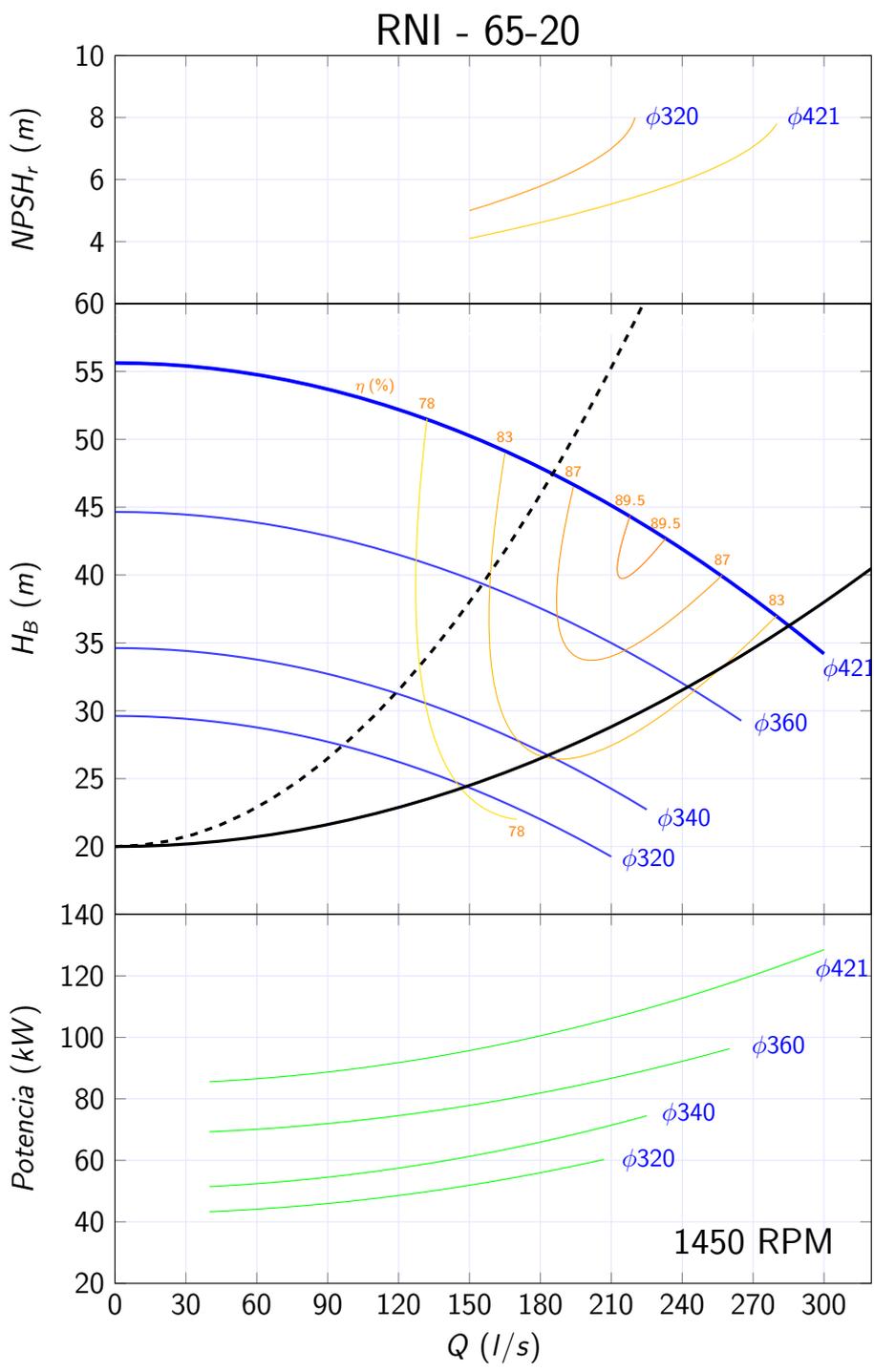
Nuevo eje de caudales para la conducción con 2 bombas (l/s)

Ejemplo: Determinar las potencias requeridas

Test. Determinar las potencias requeridas, considerando los rendimientos, de

1. Una bomba cuando solo funciona ella P_{1b} kW
2. Cada bomba cuando funcionan dos en paralelo P_{1p} kW
3. Ambas bombas cuando funcionan las dos en paralelo P_{2p} kW

Bombas en paralelo: Forma alternativa



Bombas en paralelo: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en paralelo y rodete mayor

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en paralelo
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la abscisa, para cada altura, en el número de bombas en paralelo que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de abscisas multiplicando su escala por el número de bombas en paralelo y se mantiene el de ordenadas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. El caudal en la conducción se obtiene en el nuevo eje de abscisas, y el de cada bomba en el antiguo

Consideraciones

La curva de la conducción para n bombas tendrá una ecuación de la forma

$$H = \Delta z + b \left(\frac{Q}{n} \right)^2$$

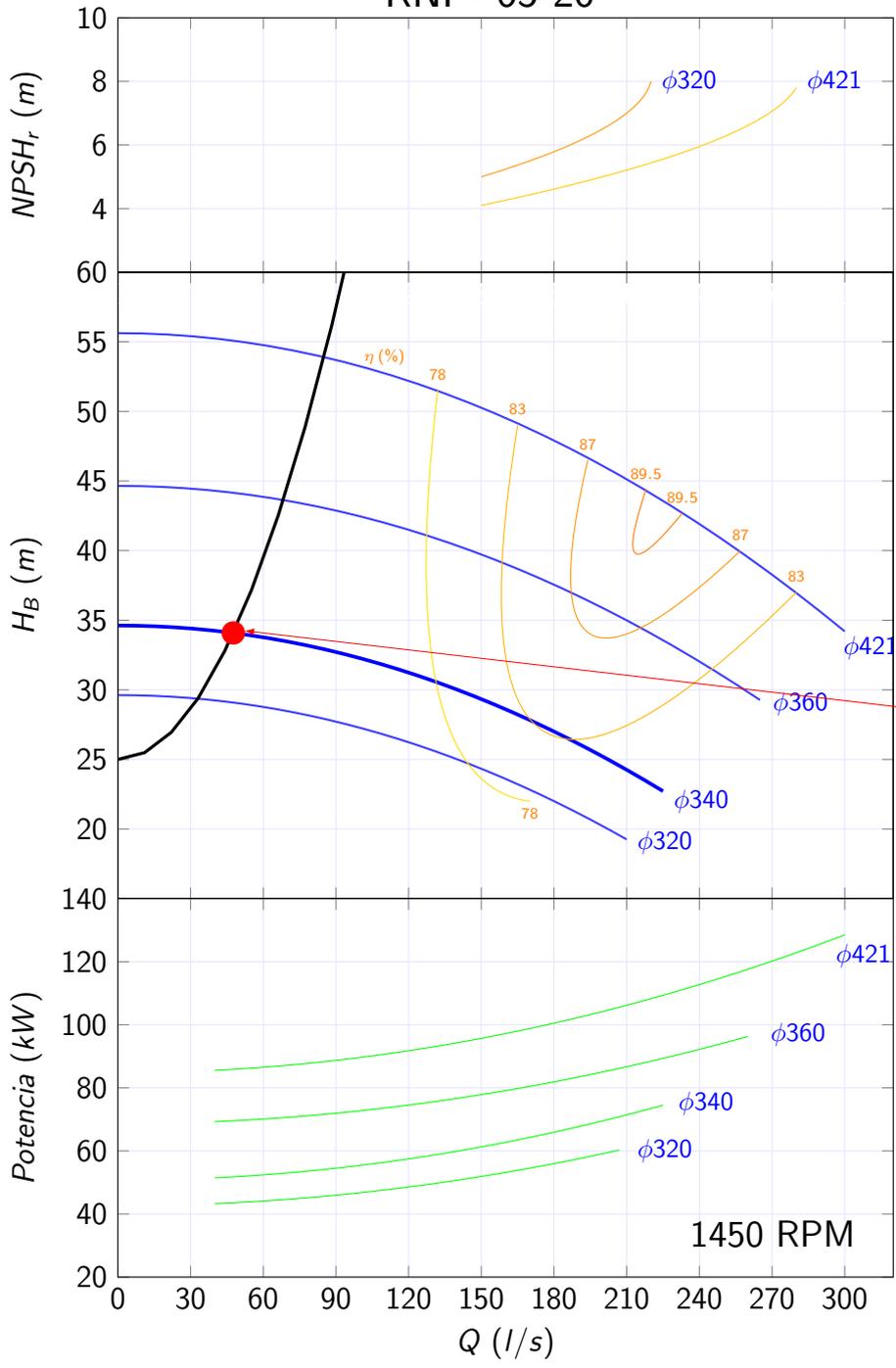
Ejemplo: Determinar las potencias requeridas

Test. Determinar las potencias requeridas, considerando los rendimientos, de

1. Una bomba cuando solo funciona ella P_{1b} kW
2. Cada bomba cuando funcionan dos en paralelo P_{1p} kW
3. Ambas bombas cuando funcionan las dos en paralelo P_{2p} kW

Bombas en serie: Forma alternativa

RNI - 65-20



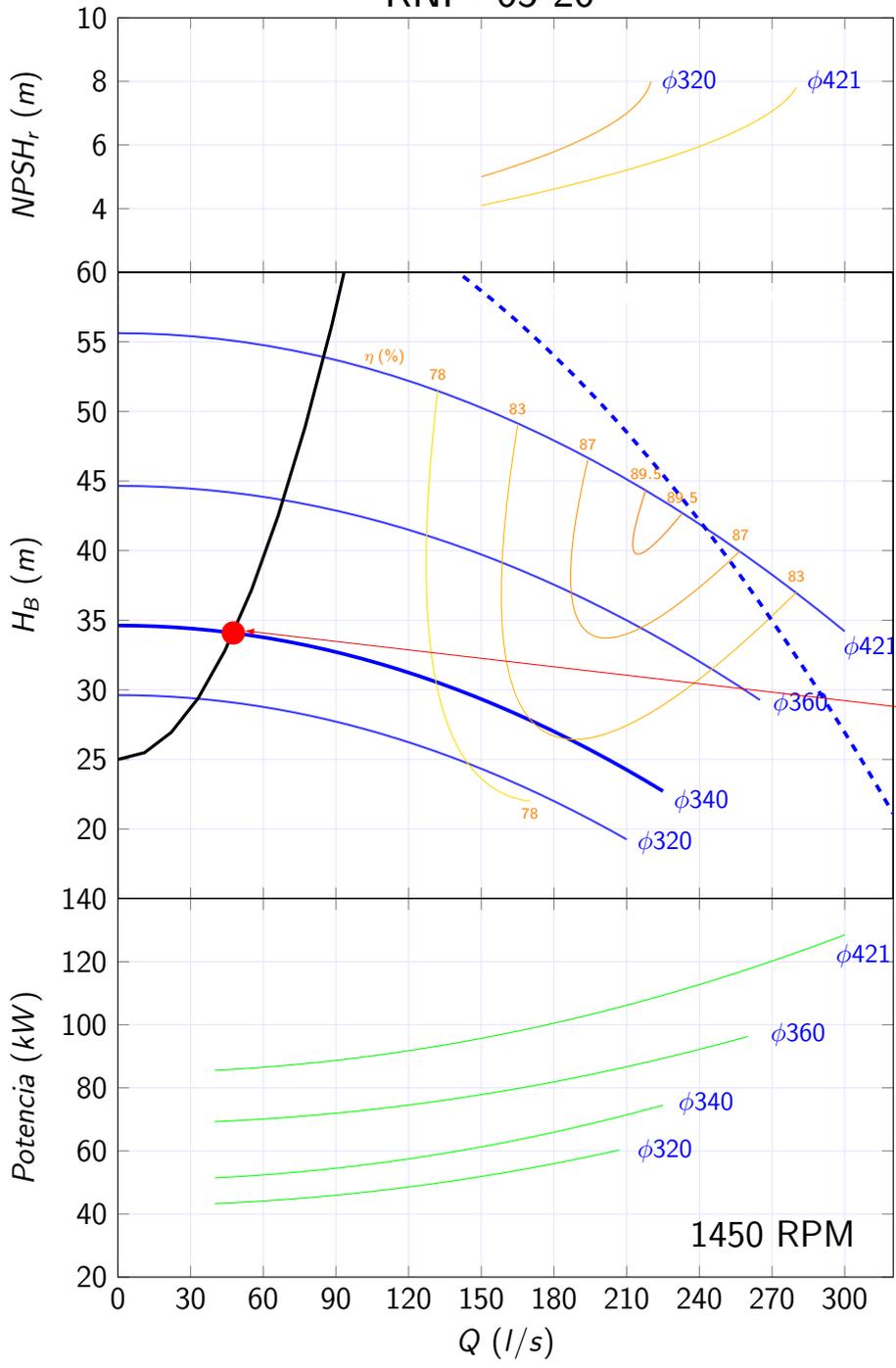
Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa

RNI - 65-20



Bombas en serie: forma alternativa

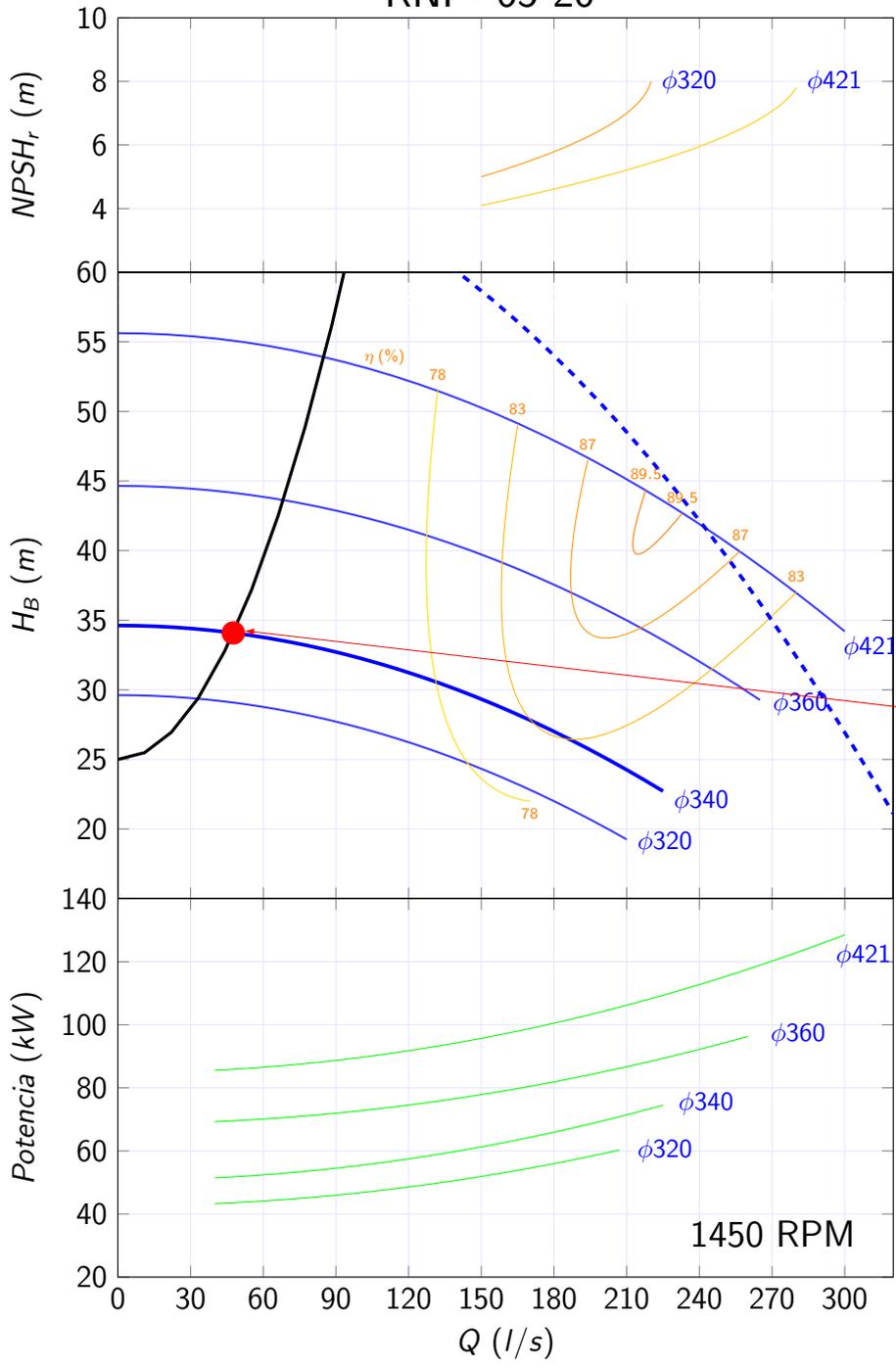
Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa

RNI - 65-20



Bombas en serie: forma alternativa

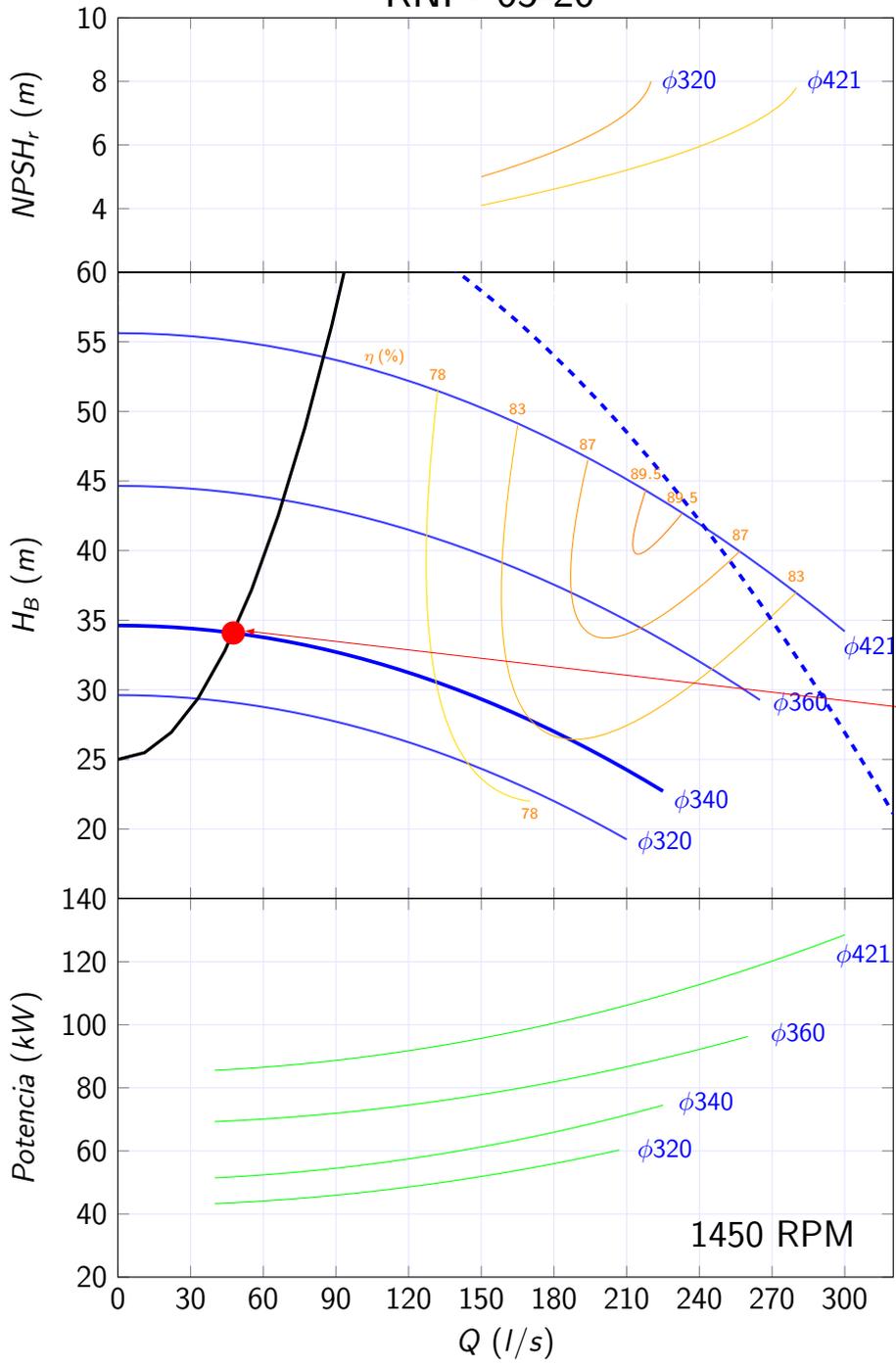
Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa

RNI - 65-20



Bombas en serie: forma alternativa

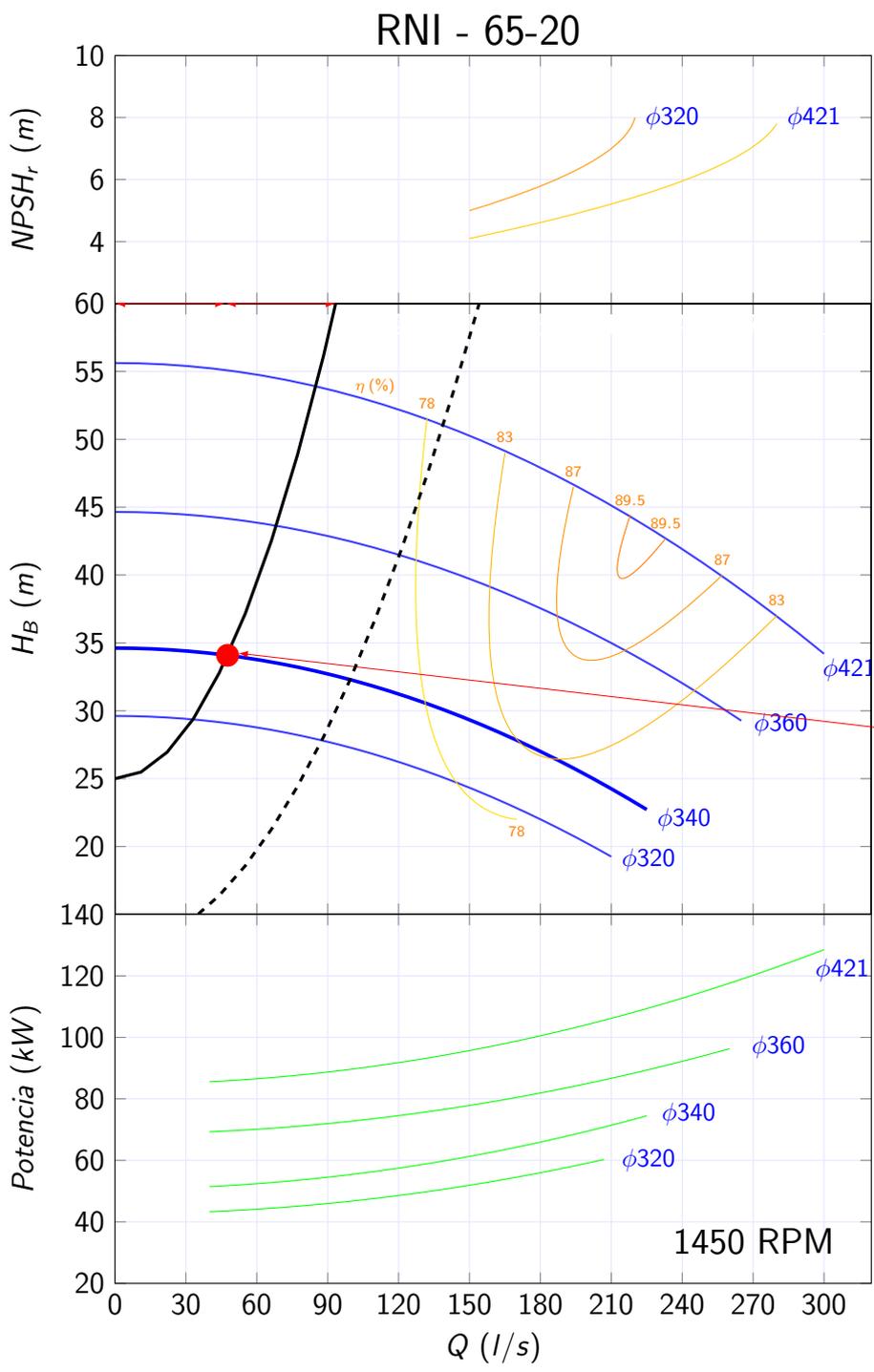
Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa



Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

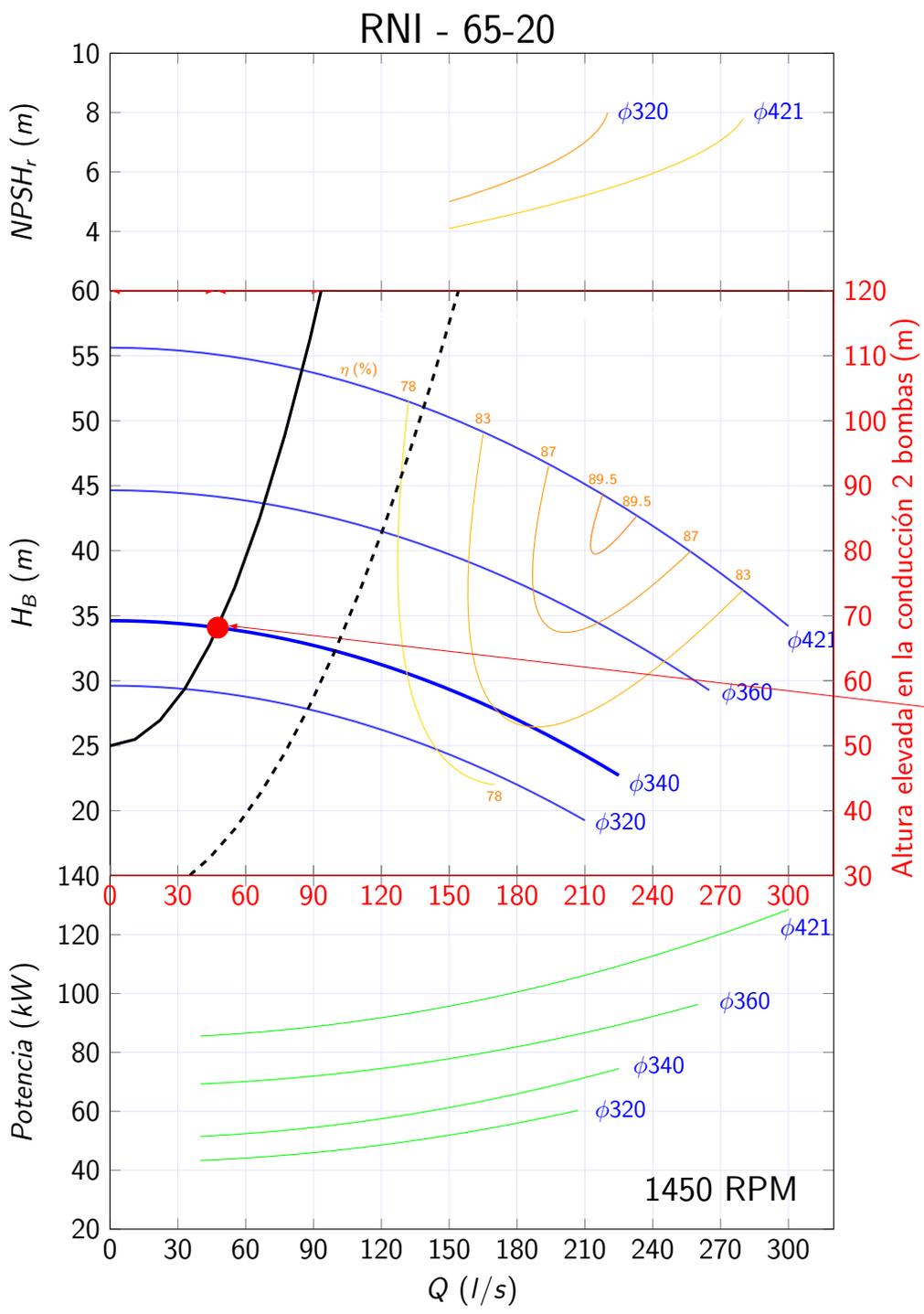
- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la ordenada, para cada caudal, en el número de bombas en serie que se consideren. Suponiendo 2 bombas

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa



Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

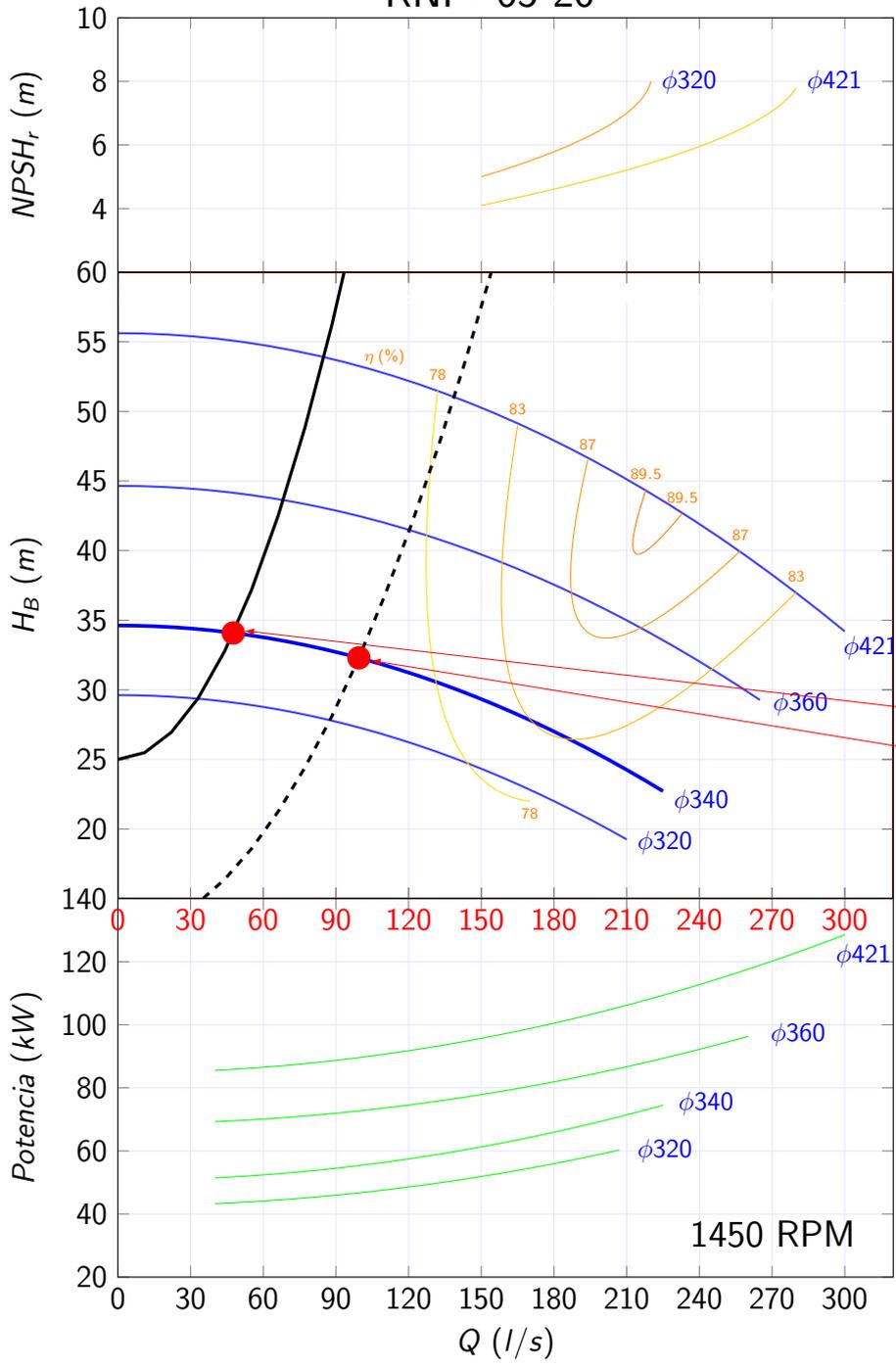
La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la ordenada, para cada caudal, en el número de bombas en serie que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de ordenadas multiplicando su escala por el número de bombas en serie y se mantiene el de abcisas

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1, Q = 47.7$)

Bombas en serie: Forma alternativa

RNI - 65-20



Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

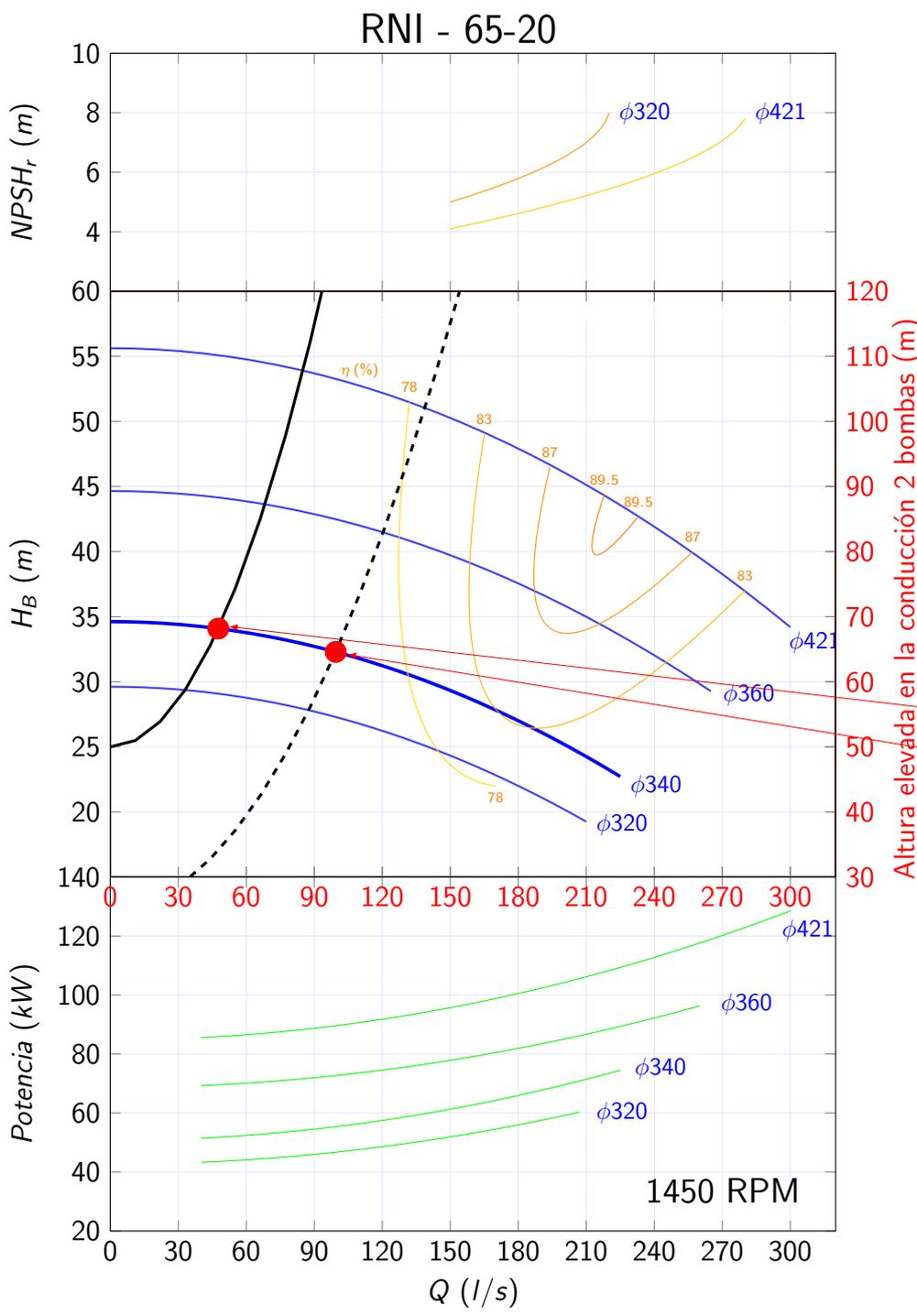
La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la ordenada, para cada caudal, en el número de bombas en serie que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de ordenadas multiplicando su escala por el número de bombas en serie y se mantiene el de abcisas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. La altura en la conducción se obtiene en el nuevo eje de ordenadas, y el de cada bomba en el antiguo

Altura elevada en la conducción 2 bombas (m)

- Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1, Q = 47.7$)
- Punto de funcionamiento de dos bombas ($H_{1B} = 32.3, H_c = 64.6, Q = 99.5$)

Bombas en serie: Forma alternativa



Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la ordenada, para cada caudal, en el número de bombas en serie que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de ordenadas multiplicando su escala por el número de bombas en serie y se mantiene el de abcisas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. La altura en la conducción se obtiene en el nuevo eje de ordenadas, y el de cada bomba en el antiguo

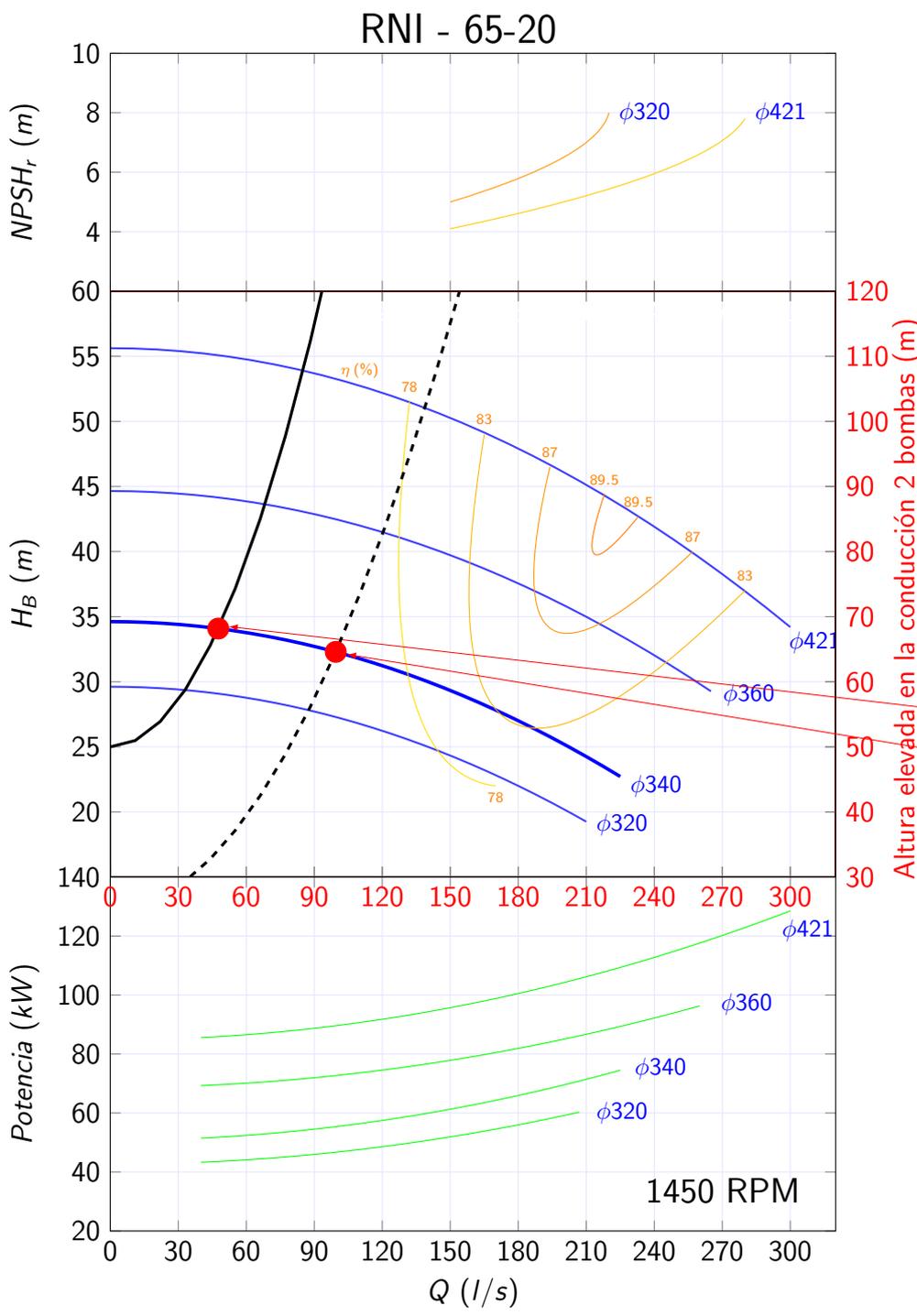
Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1, Q = 47.7$)

Punto de funcionamiento de dos bombas ($H_{1B} = 32.3, H_c = 64.6, Q = 99.5$)

Ejemplo: Determinar las potencias requeridas

- Test. Determinar las potencias hidráulicas requeridas, sin rendimientos, de
1. Una bomba cuando solo funciona ella P_{1b} kW
 2. Cada bomba cuando funcionan dos en serie P_{1p} kW
 3. Ambas bombas cuando funcionan las dos en serie P_{2p} kW

Bombas en serie: Forma alternativa



Bombas en serie: forma alternativa

Supongamos que tenemos la curva de la bomba, superponemos la de la conducción y nos piden encontrar el punto de funcionamiento con 2 bombas en serie y rodete $\phi = 340$ mm

- Tratamos de dibujar la curva de la bomba con dos bombas en serie
- El corte para determinar el punto de funcionamiento se produciría fuera del gráfico

La forma alternativa consiste en dar los siguientes pasos:

- Dibujar una curva de la conducción equivalente dividiendo el valor de la ordenada, para cada caudal, en el número de bombas en serie que se consideren. Suponiendo 2 bombas
- Se reajusta el eje de ordenadas multiplicando su escala por el número de bombas en serie y se mantiene el de abscisas
- El punto de funcionamiento resulta del corte de la curva original de la bomba con la curva equivalente de la conducción. La altura en la conducción se obtiene en el nuevo eje de ordenadas, y el de cada bomba en el antiguo

Punto de funcionamiento de una bomba ($H = 34.1$, $Q = 47.7$)

Punto de funcionamiento de dos bombas ($H_{1B} = 32.3$, $H_c = 64.6$, $Q = 99.5$)

Ejemplo: Determinar las potencias requeridas

Test. Determinar las potencias hidráulicas requeridas, sin rendimientos, de

1. Una bomba cuando solo funciona ella P_{1b} kW
2. Cada bomba cuando funcionan dos en serie P_{1p} kW
3. Ambas bombas cuando funcionan las dos en serie P_{2p} kW

Consideraciones:

La curva de la conducción para n bombas tendrá una ecuación de la forma

$$H = \frac{\Delta z + bQ^2}{2}$$

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debida a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debida a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

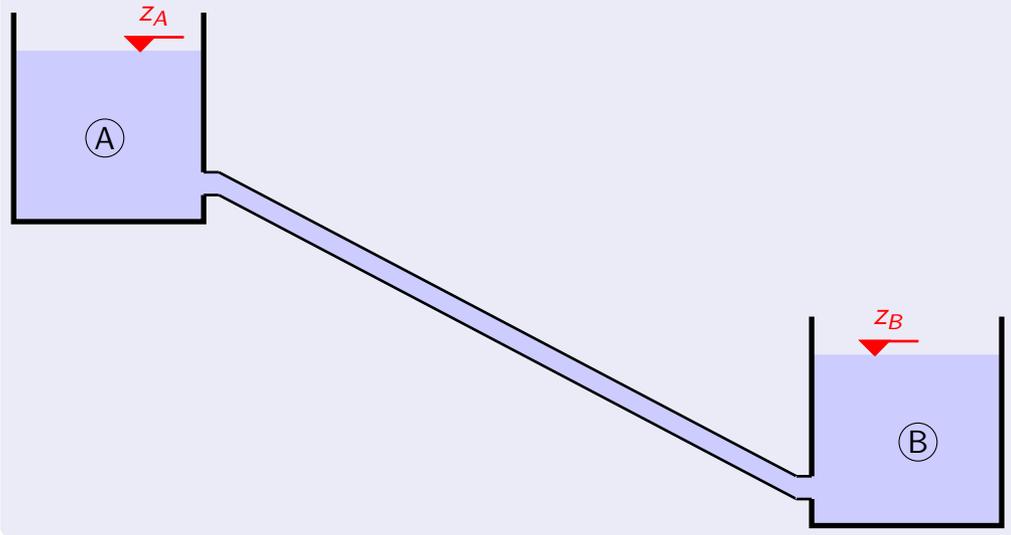
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)

- Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

Esquema de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

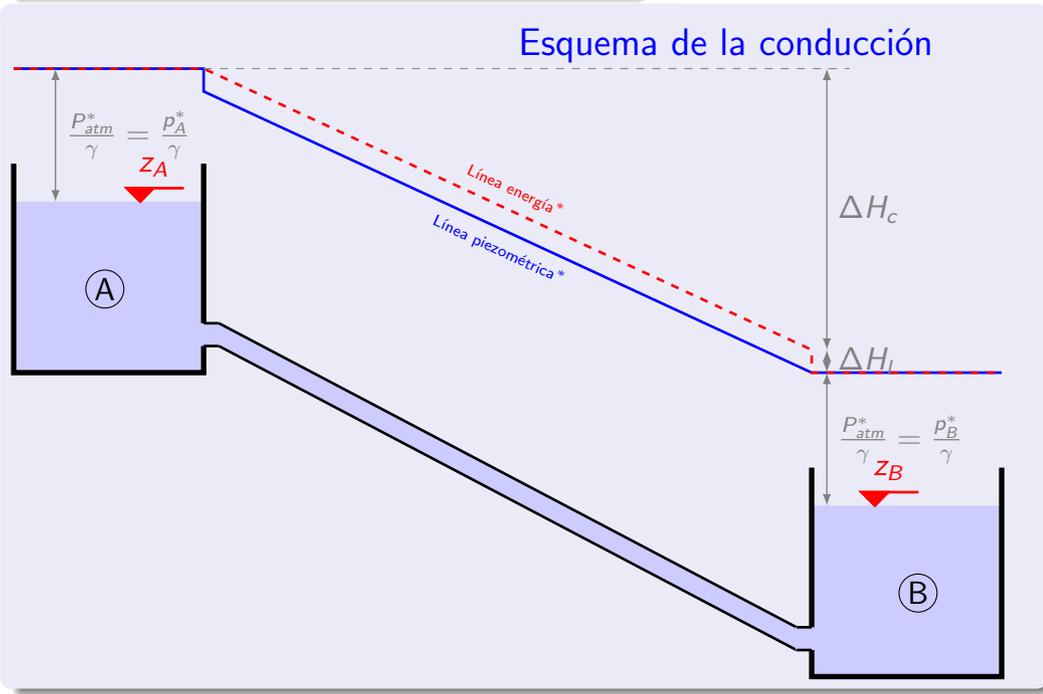
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta

- Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

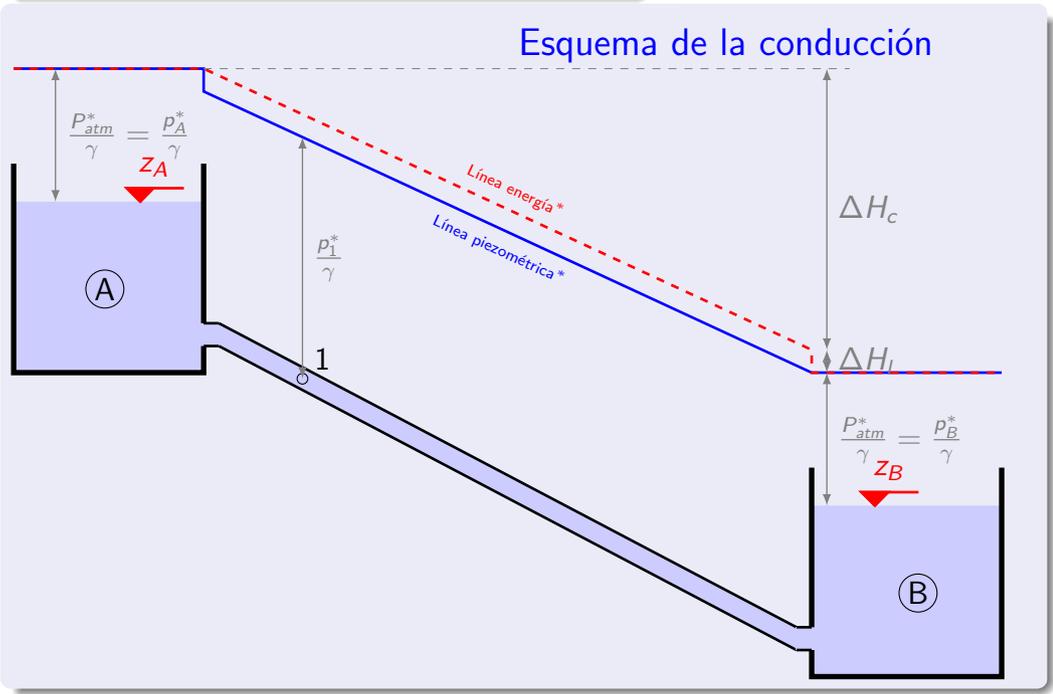
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debida a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:

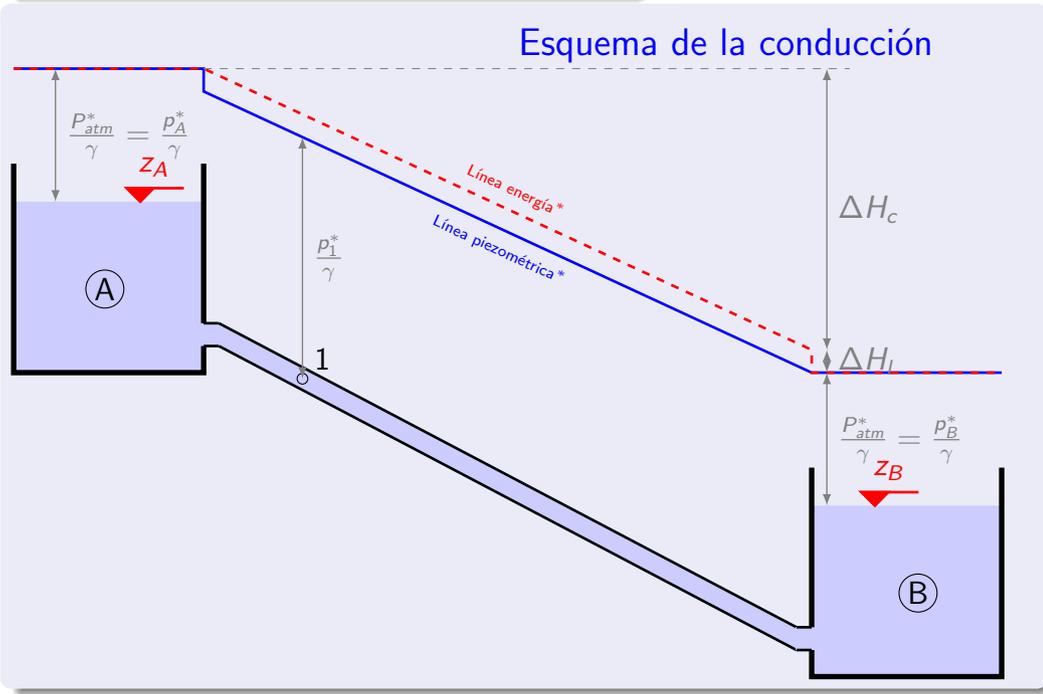
• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H_c = l \cdot L$$

$$\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$$

v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)

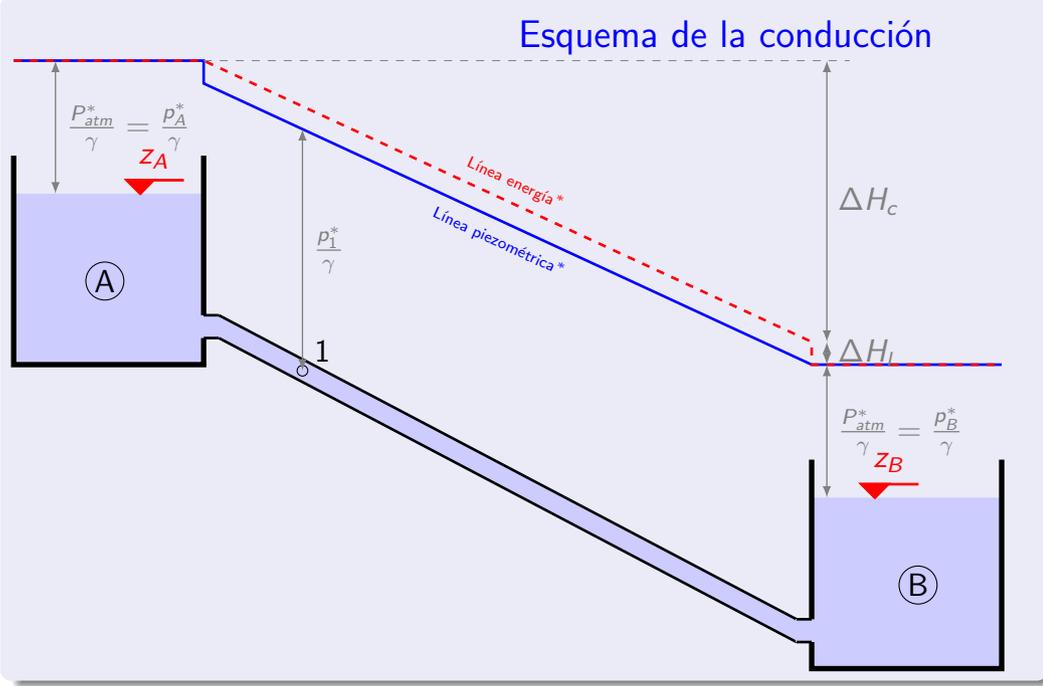
• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$$\Delta H_c = l \cdot L$$

$$\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$$

v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

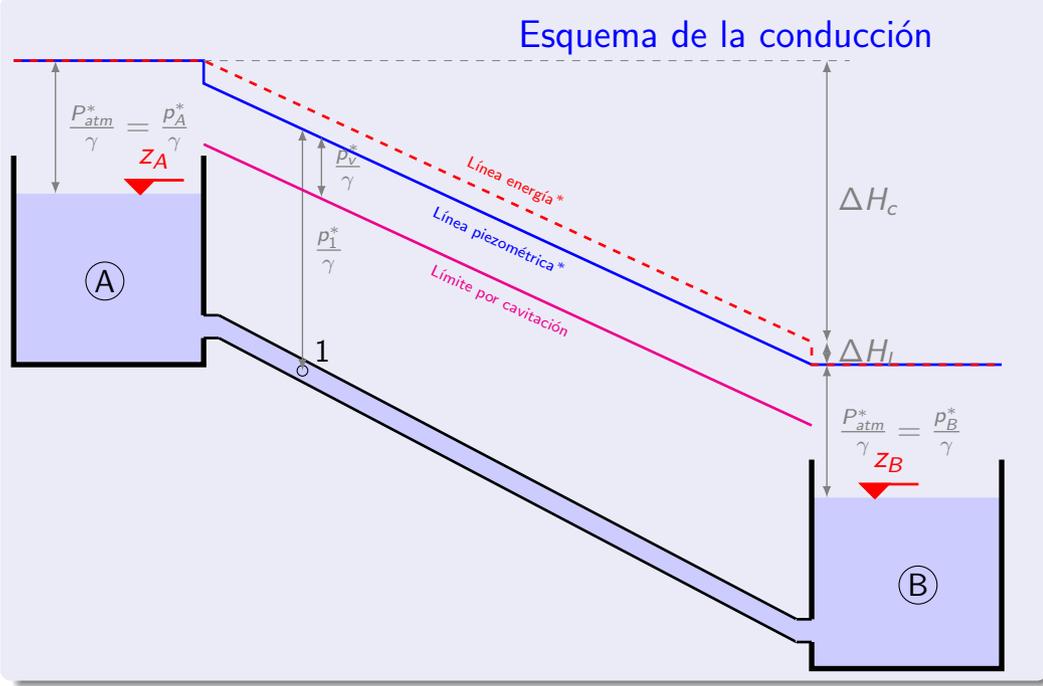
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

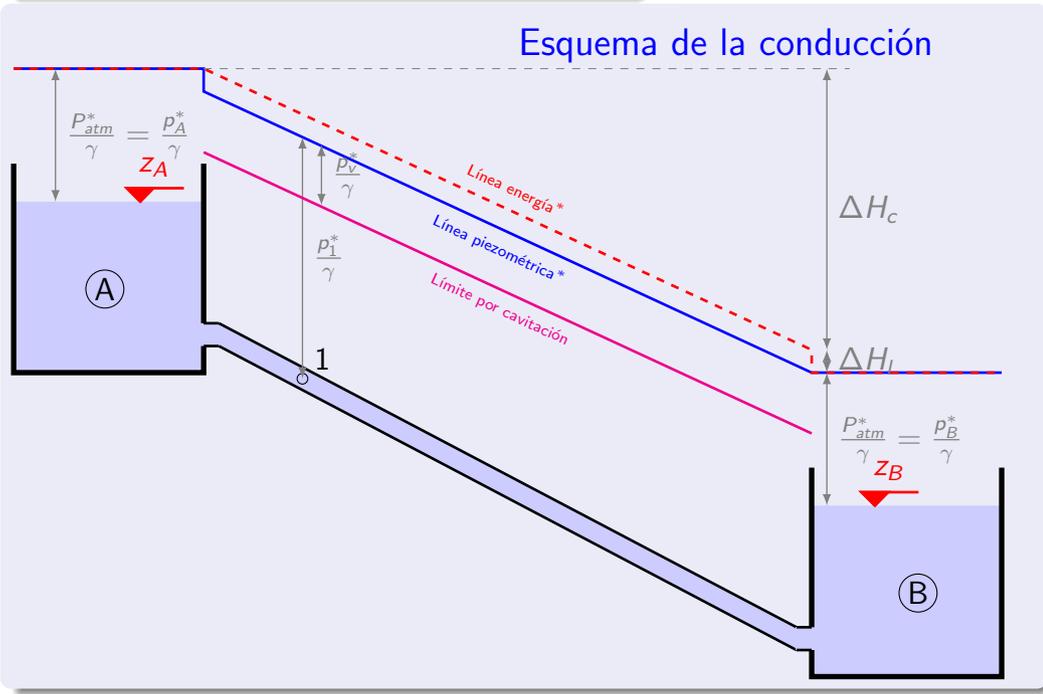
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

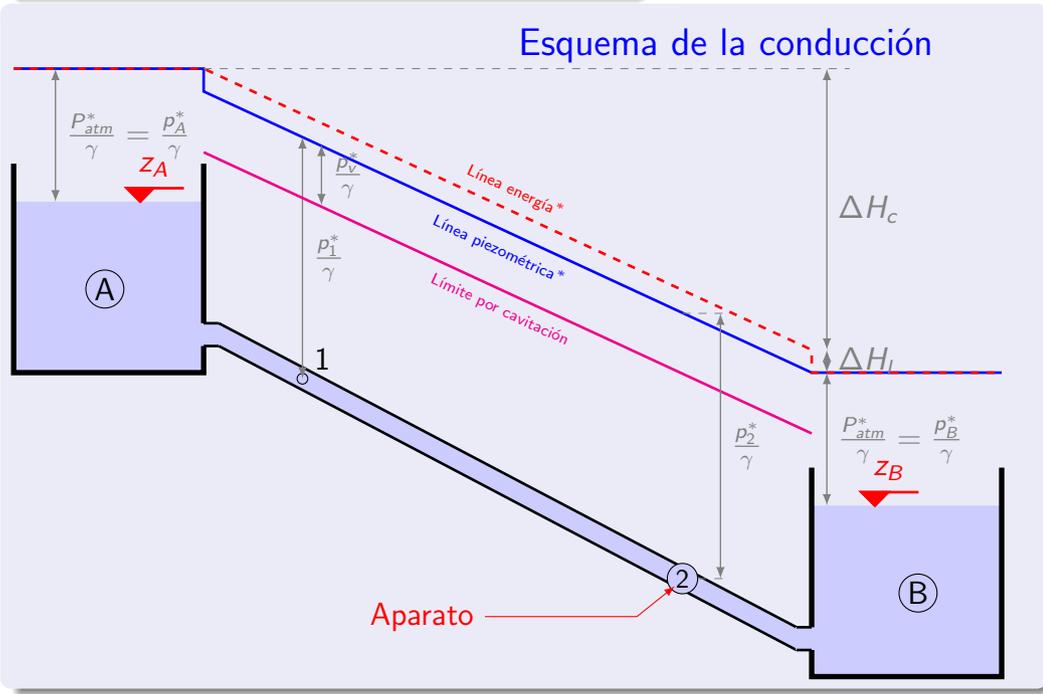
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

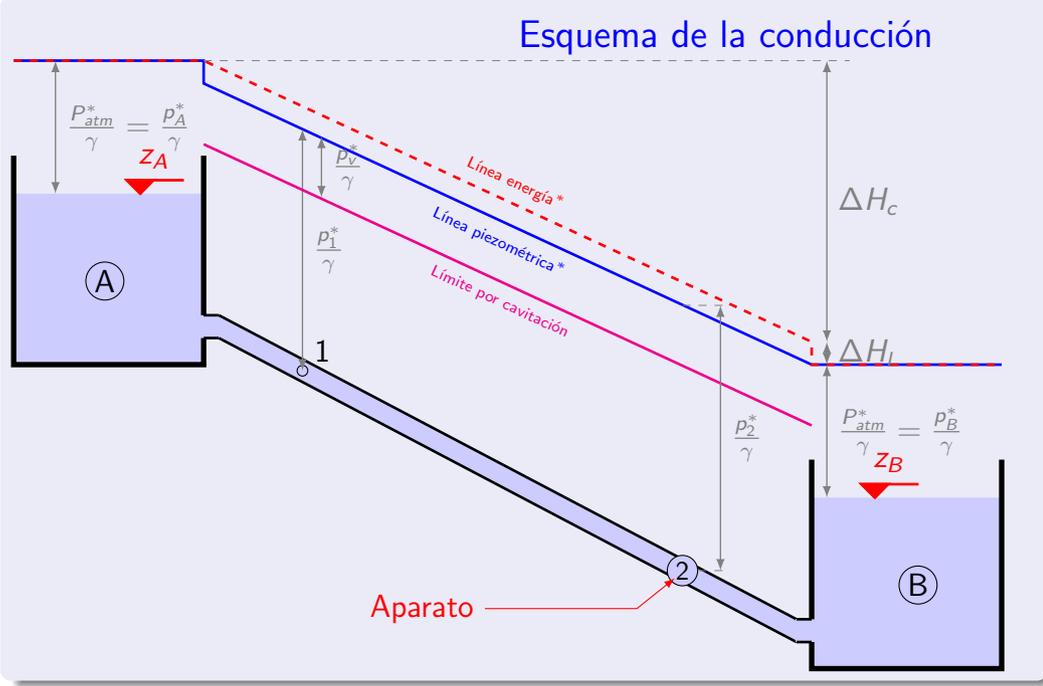
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

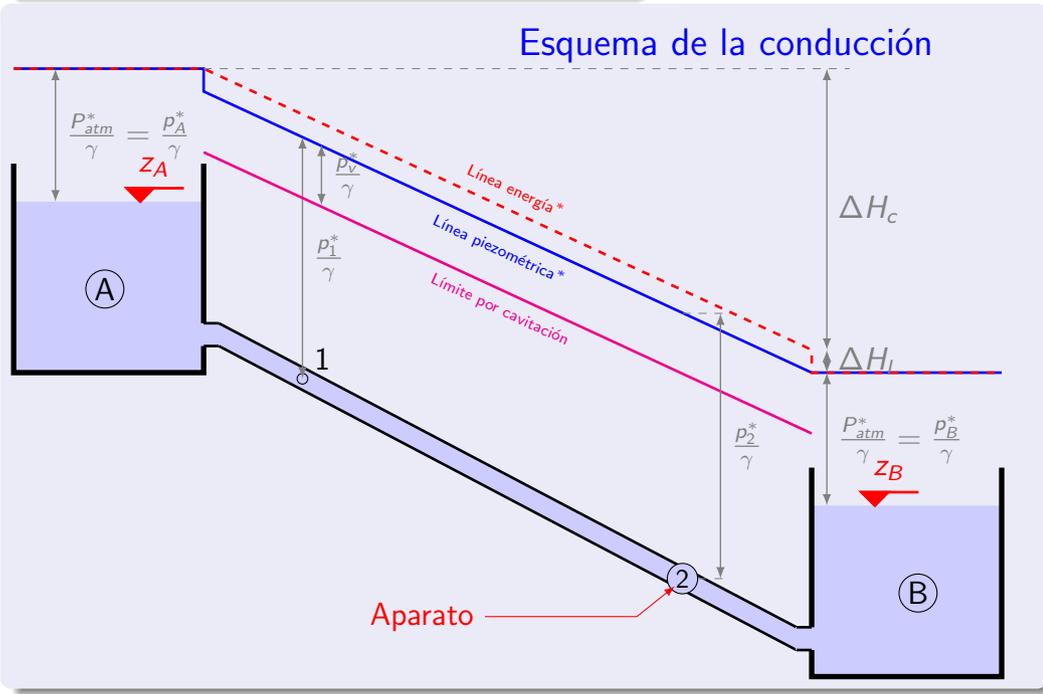
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

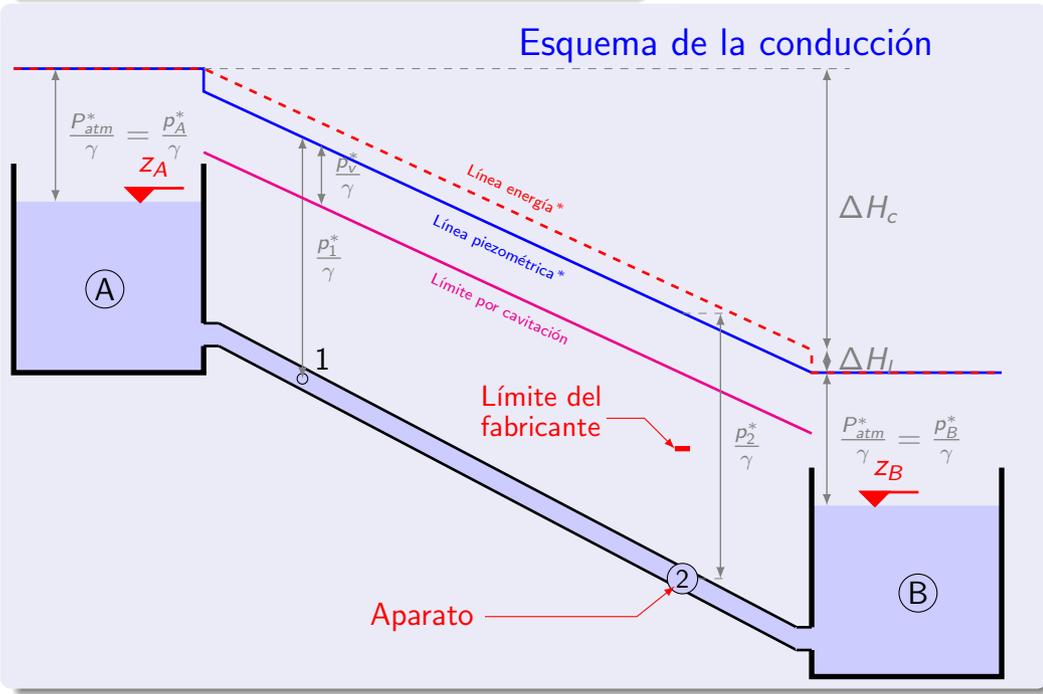
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

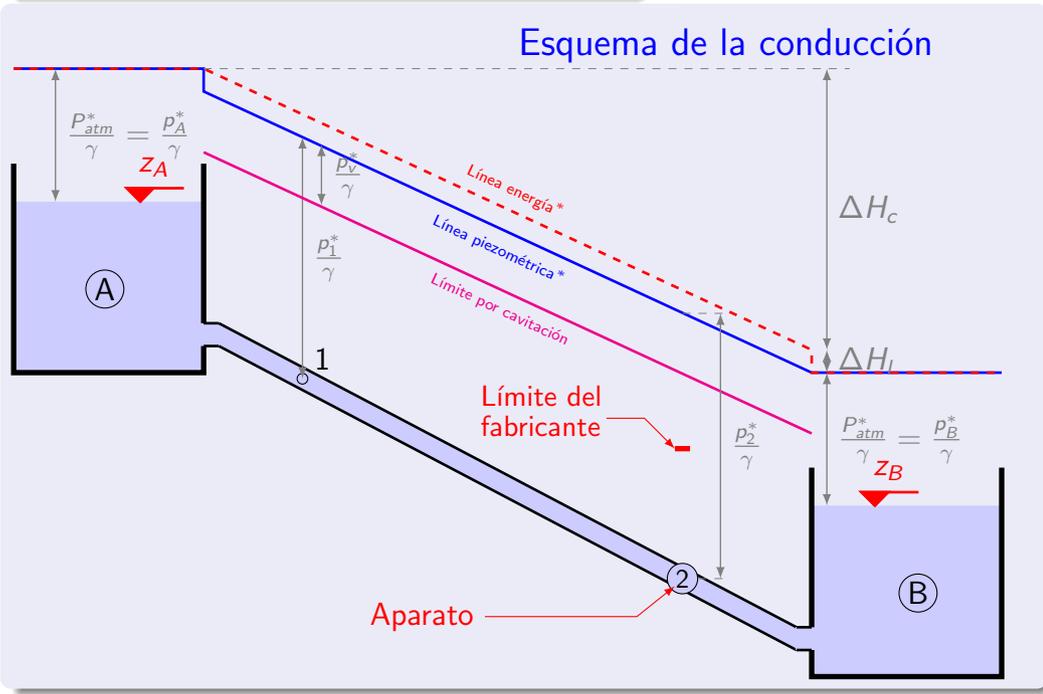
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

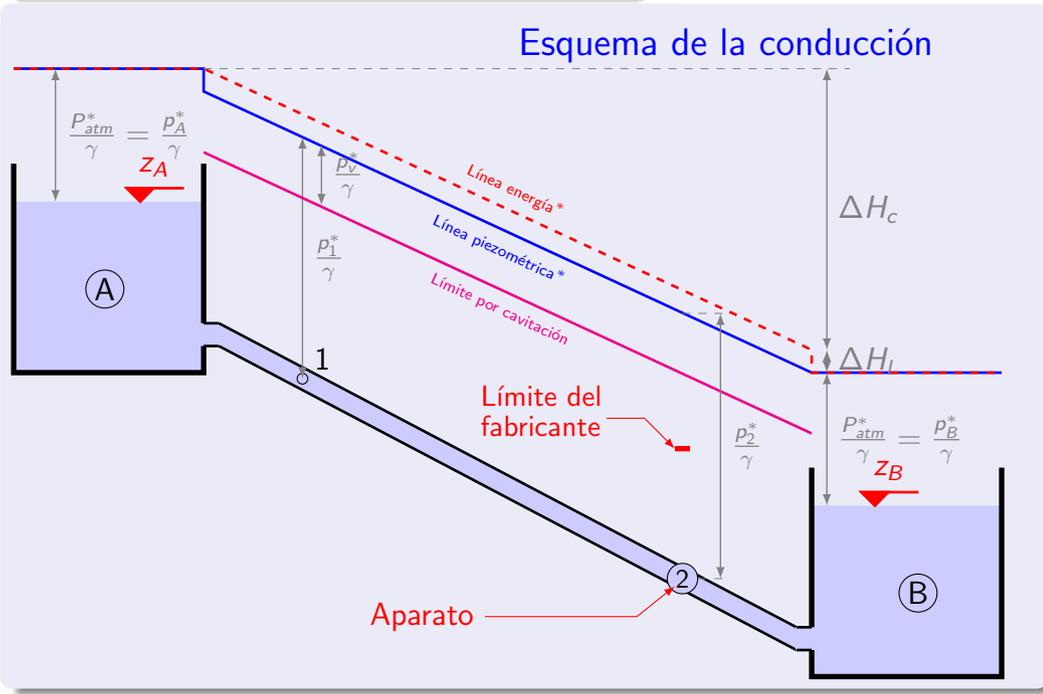
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

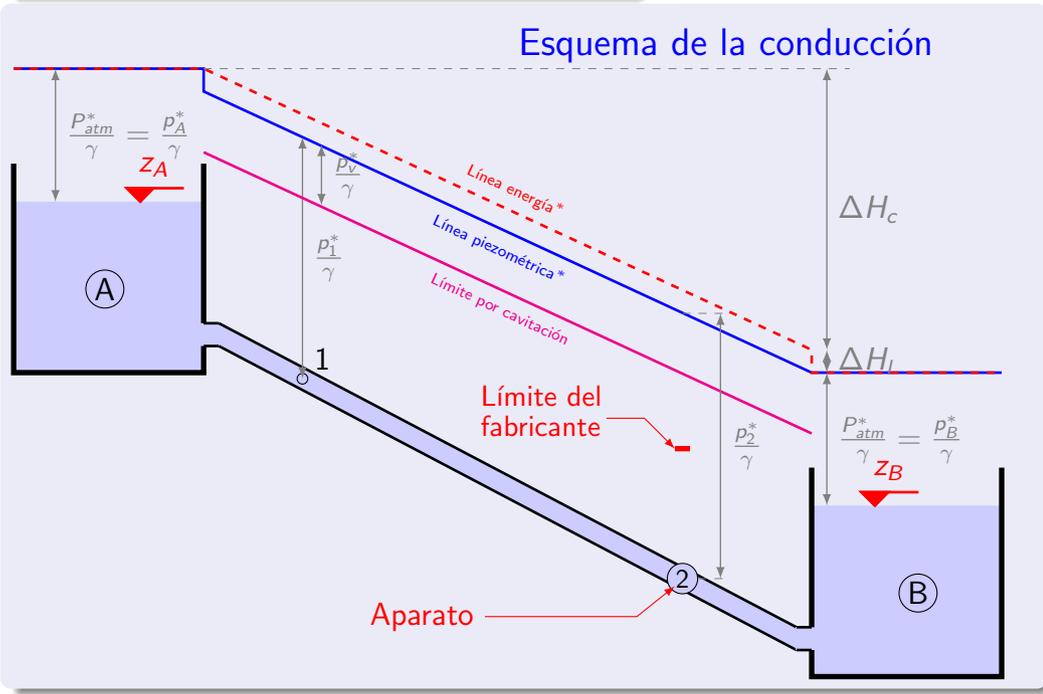
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

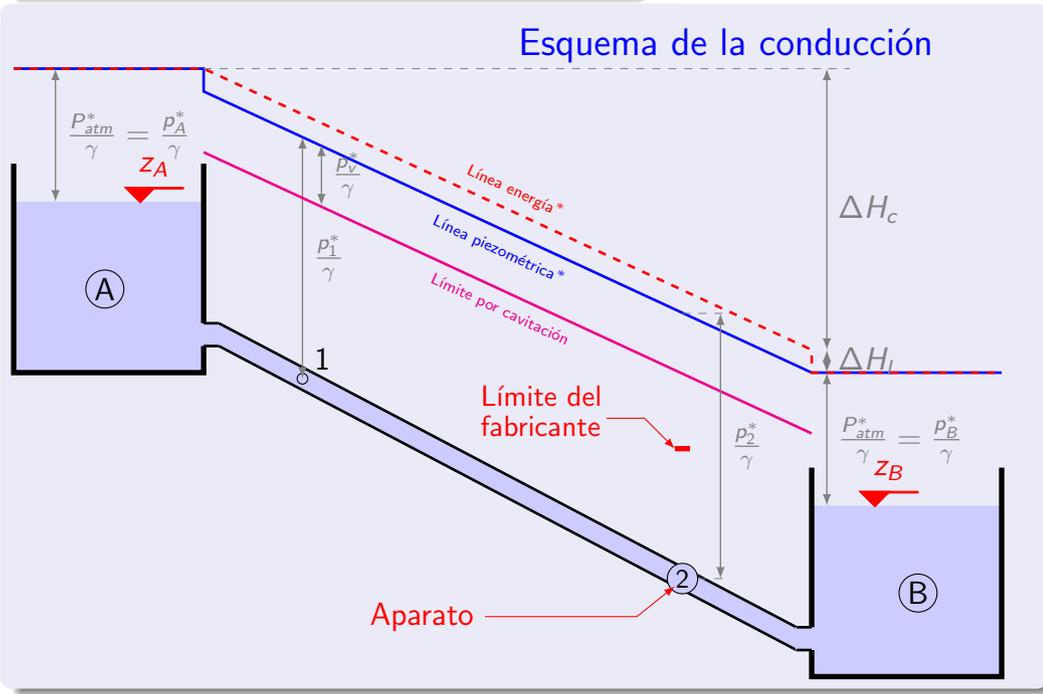
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



Test. Se quiere evitar la posible cavitación en un venturi de diámetro $D/2$ colocado en una tubería de diámetro D . Determinar, en función del término de energía cinética de la tubería ($\frac{v_0^2}{2g}$) el valor de la pérdida de presión entre ambas secciones

1. $z_1 - z_2 + \frac{p_1^* - p_2^*}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2g}$

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debida a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

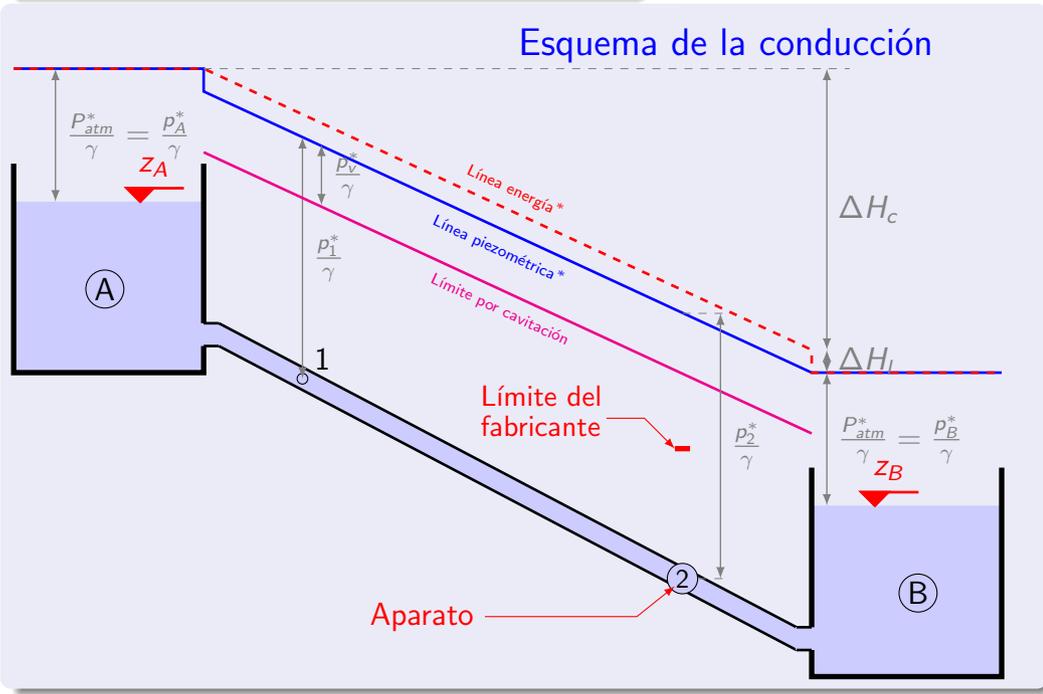
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



Test. Se quiere evitar la posible cavitación en un venturi de diámetro $D/2$ colocado en una tubería de diámetro D . Determinar, en función del término de energía cinética de la tubería ($\frac{v_0^2}{2g}$) el valor de la pérdida de presión entre ambas secciones

1. $z_1 - z_2 + \frac{p_1^* - p_2^*}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2g}$

Efectos negativos de la cavitación

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

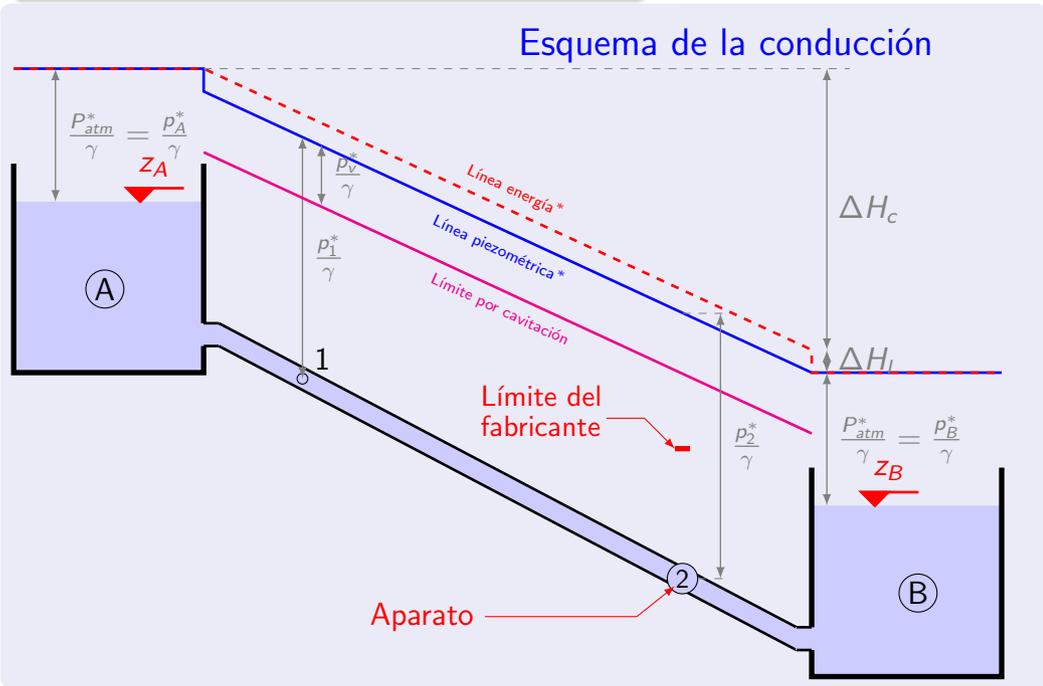
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



Test. Se quiere evitar la posible cavitación en un venturi de diámetro $D/2$ colocado en una tubería de diámetro D . Determinar, en función del término de energía cinética de la tubería ($\frac{v_0^2}{2g}$) el valor de la pérdida de presión entre ambas secciones

1. $z_1 - z_2 + \frac{p_1^* - p_2^*}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2g}$

Efectos negativos de la cavitación

- 1 Posible corrosión por presencia de oxígeno

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

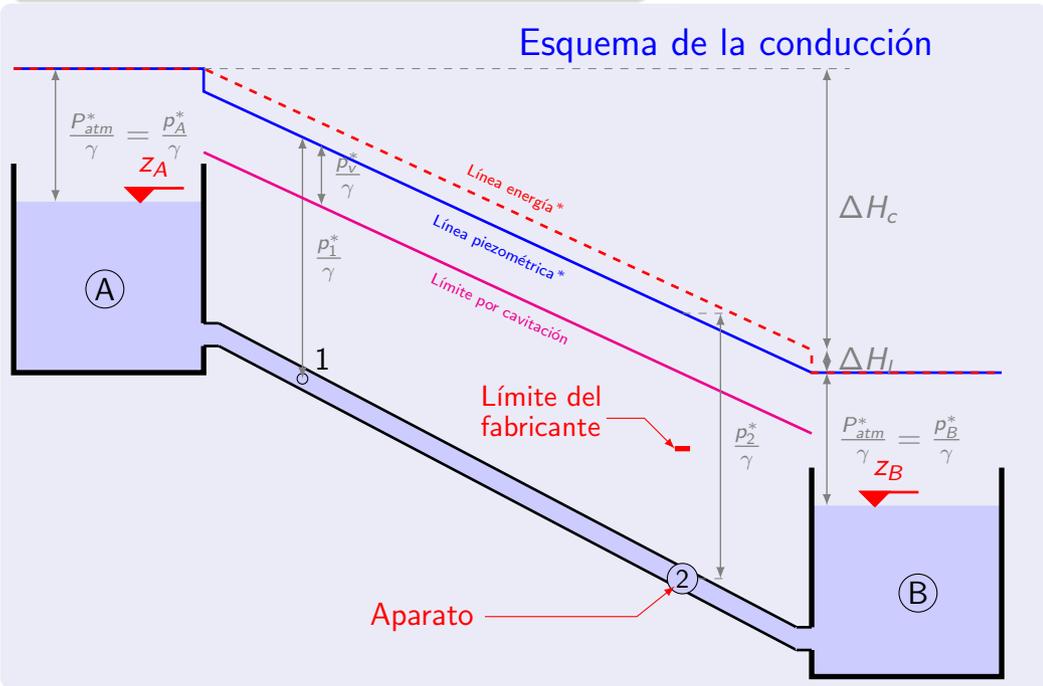
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = l \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 l Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



Test. Se quiere evitar la posible cavitación en un venturi de diámetro $D/2$ colocado en una tubería de diámetro D . Determinar, en función del término de energía cinética de la tubería ($\frac{v_0^2}{2g}$) el valor de la pérdida de presión entre ambas secciones

1. $z_1 - z_2 + \frac{p_1^* - p_2^*}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2g}$

Efectos negativos de la cavitación

- 1 Posible corrosión por presencia de oxígeno
- 2 Fuertes vibraciones que pueden provocar daños mecánicos

¿Qué es, y por qué se produce la cavitación?

¿Que es?: La cavitación es la evaporación del fluido debido a la disminución de las presiones, provocando la aparición de vapor de agua en la conducción

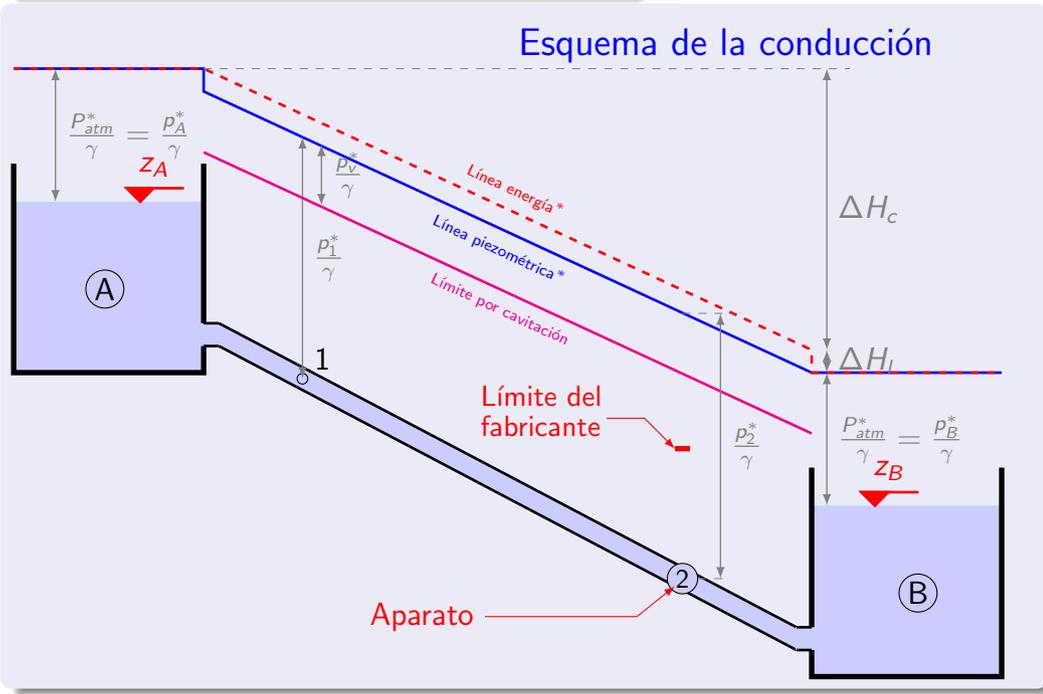
Posible cavitación entre dos depósitos

- La cavitación suele estudiarse en presiones absolutas (superíndice *)
- Si dibujamos las líneas de energía y piezométrica en presión absoluta
- La presión absoluta en el punto (1) viene dada por la diferencia entre la cota de la tubería y la línea piezométrica en presión absoluta
- El caudal circulante no es función de la posición de la tubería mientras la presión no disminuya por debajo de ciertos límites. Estos son:
 - 1 La presión, en cada punto, será superior al cero absoluto (La cota del tubo no puede superar la línea piezométrica*)
 - 2 En realidad el límite está en la presión de vapor, momento en el que el fluido se rompe. Esta presión depende de las características del fluido y su temperatura. En agua, a 15° está en torno a $\frac{p_v}{\gamma} = 0.27$ m.
- Es decir, se puede diseñar cualquier conducción cuya cota no supere ese límite. Sin embargo suele preferirse que las presiones relativas sean siempre positivas en todo el trazado.
- Supongamos ahora que se coloca en la conducción un aparato en el punto (2) que no produce pérdida de carga pero tiene una circulación interior con distinta velocidad. Por ejemplo: un venturi
 - 1 En el interior del aparato se produce un cambio de energía de presión por energía cinética que puede provocar cavitación
 - 2 Ese cambio de geometría podría ser desconocido, no pudiendo evaluar la pérdida teórica de presión en el interior del aparato.
 - 3 Por tanto, sería el fabricante del aparato quien debe facilitar un nuevo límite debido a esa pérdida de presión.
- Ese nuevo límite se suele dar mediante el número de cavitación (N_{cv}) o el NPSH, en función de la velocidad o el caudal en la conducción. Ambos conceptos se mostrarán más adelante.
- Puede ocurrir que el aparato que se intercale en la conducción varíe la circulación al introducir pérdidas o ganancias de carga localizadas. Por ejemplo una válvula o una bomba.
- En ese caso, cambian la línea de energía y piezométrica, e incluso la temperatura interior del fluido (ej: bomba en circuito cerrado), con lo que se establecen nuevos límites a la geometría de la conducción y en el aparato considerado.

• Bernoulli de A a B en presiones absolutas

$$z_A + \frac{p_A^*}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B^*}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + \Delta H_c + \Delta H_l$$

$\Delta H_c = I \cdot L$
 $\Delta H_l = \frac{v_0^2}{2g}$
 v_0 Velocidad en la conducción
 I Pendiente de pérdidas
 L Longitud de la conducción



Test. Se quiere evitar la posible cavitación en un venturi de diámetro $D/2$ colocado en una tubería de diámetro D . Determinar, en función del término de energía cinética de la tubería ($\frac{v_0^2}{2g}$) el valor de la pérdida de presión entre ambas secciones

$$1. z_1 - z_2 + \frac{p_1^* - p_2^*}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2g}$$

- ### Efectos negativos de la cavitación
- 1 Posible corrosión por presencia de oxígeno
 - 2 Fuertes vibraciones que pueden provocar daños mecánicos
 - 3 **Mal rendimiento por la presencia de vapor de agua**

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$

- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$

- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$

- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

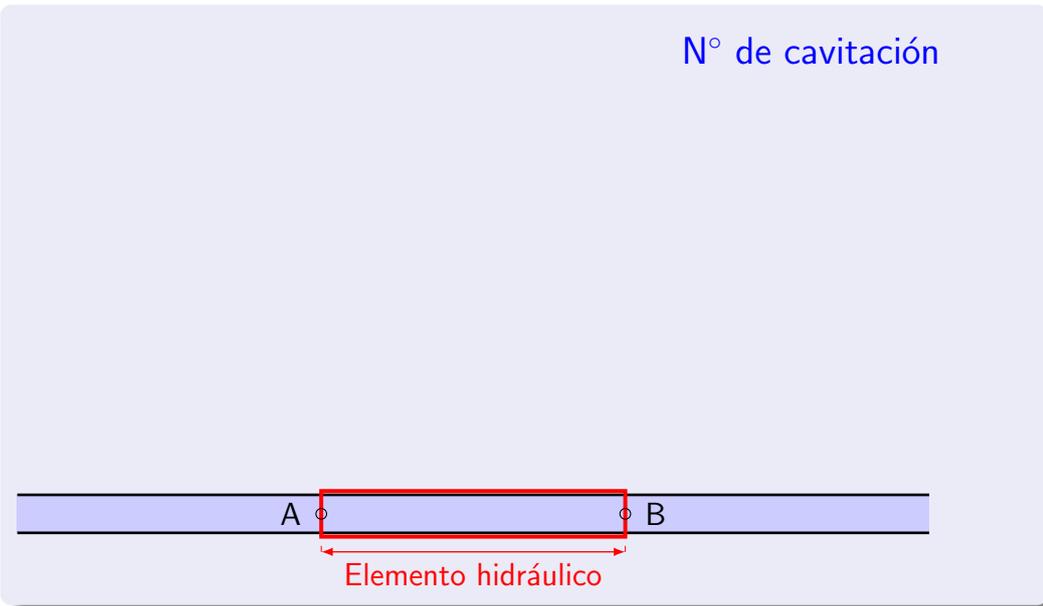
$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:
$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

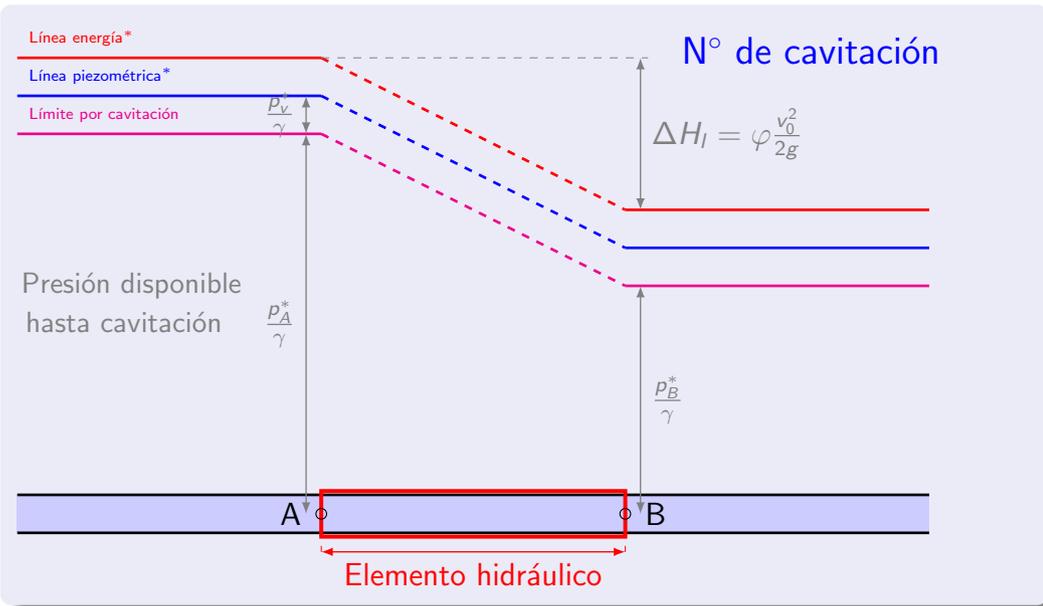
- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

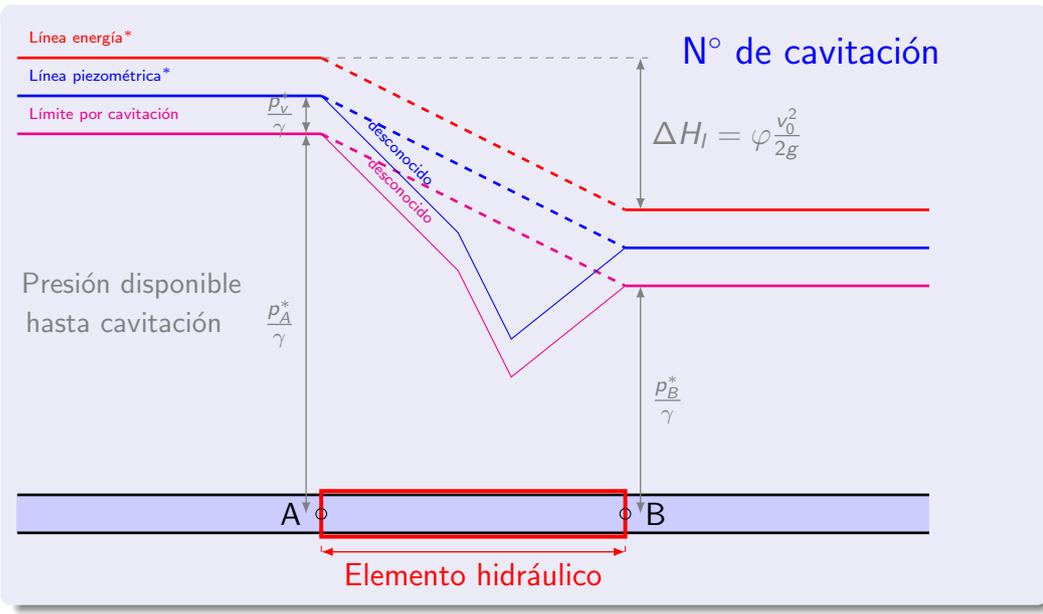
- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

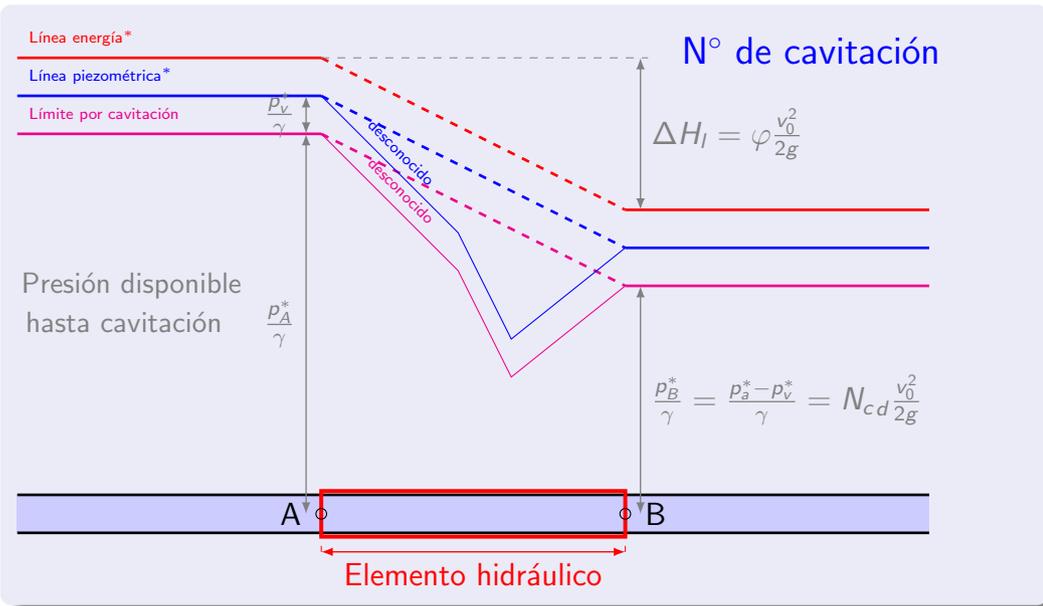
- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
- Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse (a=B en este caso).



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

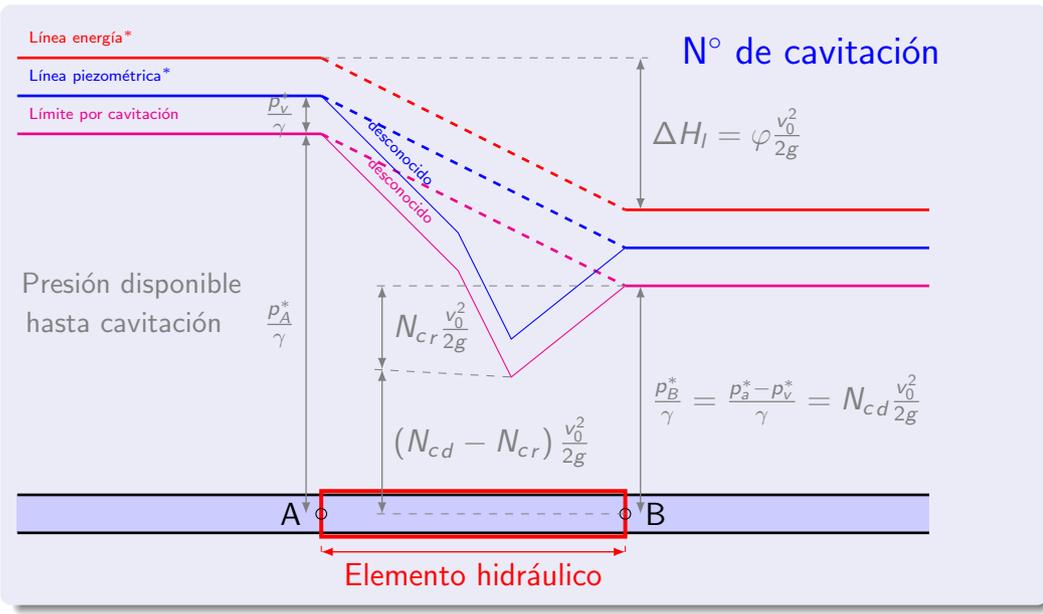
$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
 - El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
 - El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
 - Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico

- ### Ejemplo
- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
 - Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
 - Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
 - Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse (a=B en este caso).
 - Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}}$$

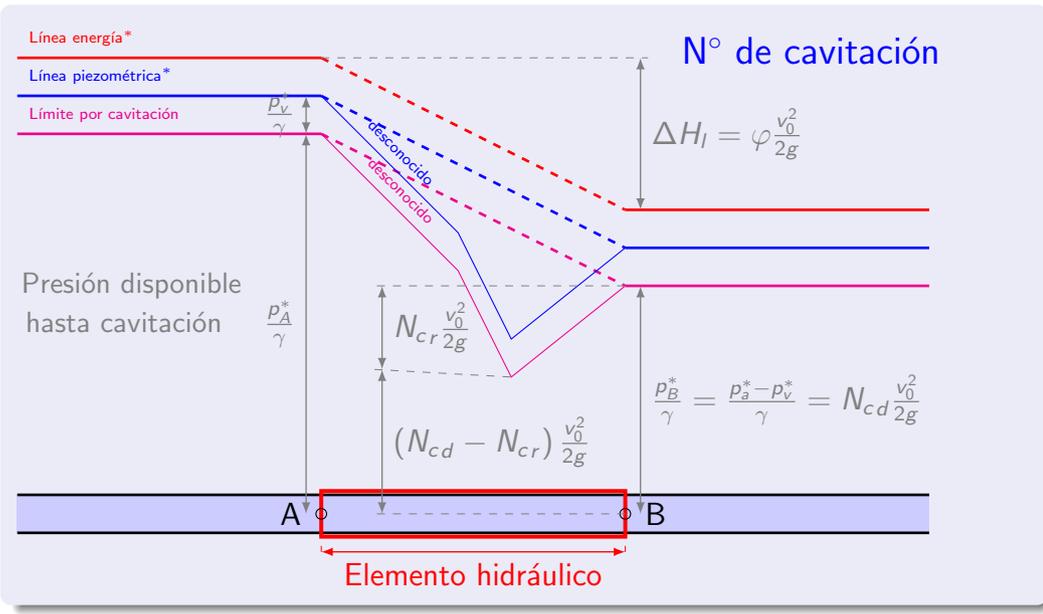
- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

$\left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
 - El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
 - El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
 - Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico
 - El fabricante es quien realiza los ensayos para la determinación de este número aplicado al elemento hidráulico que oferta N_{cr} (número de cavitación requerido)

- ### Ejemplo
- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
 - Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
 - Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
 - Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse (a=B en este caso).
 - Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

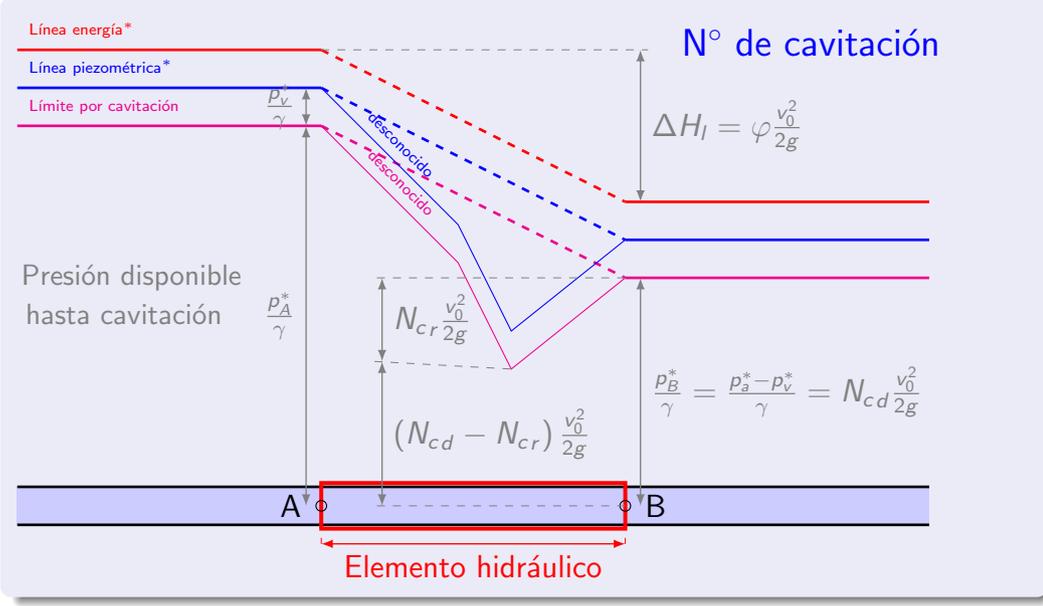
- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
 - El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
 - El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
 - Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico
 - El fabricante es quien realiza los ensayos para la determinación de este número aplicado al elemento hidráulico que oferta N_{cr} (número de cavitación requerido)
 - La instalación deberá cumplir para su correcto funcionamiento en el punto más desfavorable del elemento hidráulico considerado que:

$$N_{cd} > N_{cr} \rightarrow N_{cd} - N_{cr} > 0$$

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
- Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse ($a=B$ en este caso).
- Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico
- El fabricante es quien realiza los ensayos para la determinación de este número aplicado al elemento hidráulico que oferta N_{cr} (número de cavitación requerido)
- La instalación deberá cumplir para su correcto funcionamiento en el punto más desfavorable del elemento hidráulico considerado que:

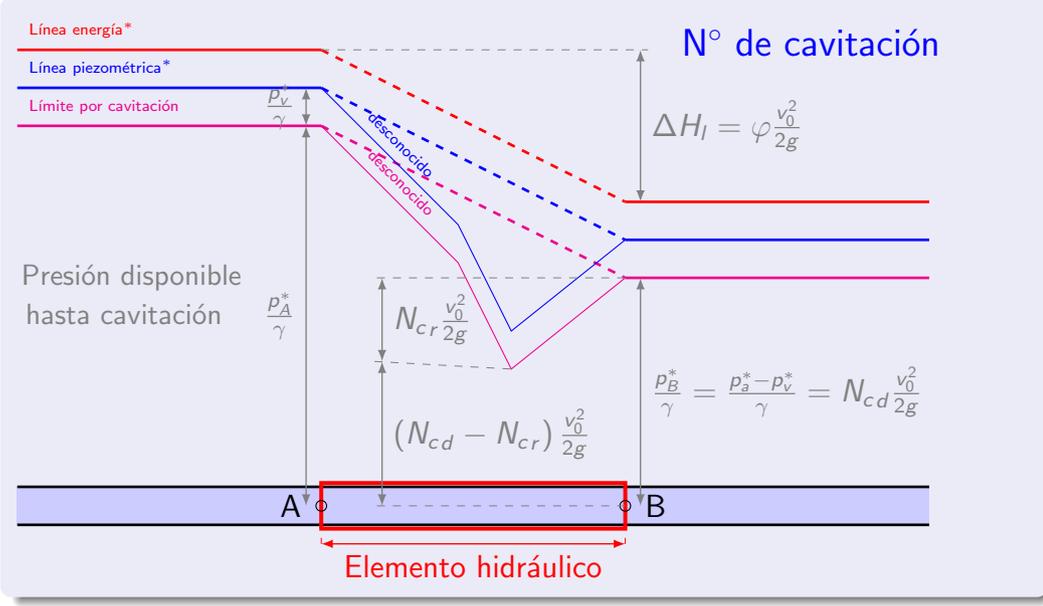
$$N_{cd} > N_{cr} \rightarrow N_{cd} - N_{cr} > 0$$

Consideraciones

- 1 Es habitual olvidarse que las presiones deben ser absolutas

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
- Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse ($a=B$ en este caso).
- Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico
- El fabricante es quien realiza los ensayos para la determinación de este número aplicado al elemento hidráulico que oferta N_{cr} (número de cavitación requerido)
- La instalación deberá cumplir para su correcto funcionamiento en el punto más desfavorable del elemento hidráulico considerado que:

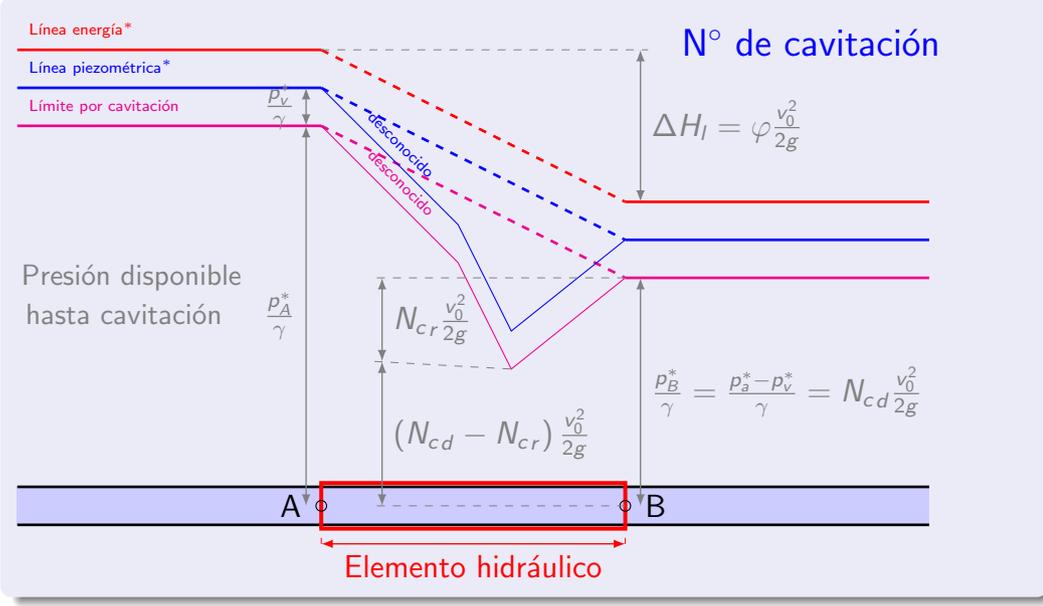
$$N_{cd} > N_{cr} \rightarrow N_{cd} - N_{cr} > 0$$

Consideraciones

- 1 Es habitual olvidarse que las presiones deben ser absolutas
- 2 La velocidad del término de energía cinética es la de la conducción

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
- Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse (a=B en este caso).
- Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Test.

¿La cavitación se produce en la entrada [1] o salida [2] de?

1. Una válvula	Una turbina
2. Un estrechamiento	Una bomba

Número de cavitación: Se define de forma general para cualquier elemento hidráulico

$$N_{cd} = \frac{\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma}}{\frac{v_0^2}{2g}} = \frac{p_a^* - p_v^*}{\rho \frac{v_0^2}{2}} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica } N_c \text{ disponible} \end{array} \right.$$

- p_a^* Presión absoluta en el punto de medida (Pa)
- v_0 Velocidad en la tubería junto al punto de medida (m/s)
- p_v^* Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (Pa)
- γ Peso específico del fluido (N/m³)
- ρ Densidad del fluido (kg/m³)

- Si reescribimos la ecuación del número de cavitación en la forma:

$$\frac{p_a^*}{\gamma} - \frac{p_v^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$$
- El término de la izquierda expresa la presión absoluta disponible hasta producirse la cavitación
- El término de la derecha expresa la conversión de la energía de presión disponible en energía cinética a la velocidad de circulación en la conducción multiplicada por un coeficiente (número de cavitación)
- Como el elemento hidráulico considerado puede acelerar la velocidad de las partículas de agua en su interior, el número de cavitación puede interpretarse como el coeficiente de seguridad que hay que aplicar al término de velocidad en la conducción para que no se produzca la cavitación en el interior del elemento hidráulico
- El fabricante es quien realiza los ensayos para la determinación de este número aplicado al elemento hidráulico que oferta N_{cr} (número de cavitación requerido)
- La instalación deberá cumplir para su correcto funcionamiento en el punto más desfavorable del elemento hidráulico considerado que:

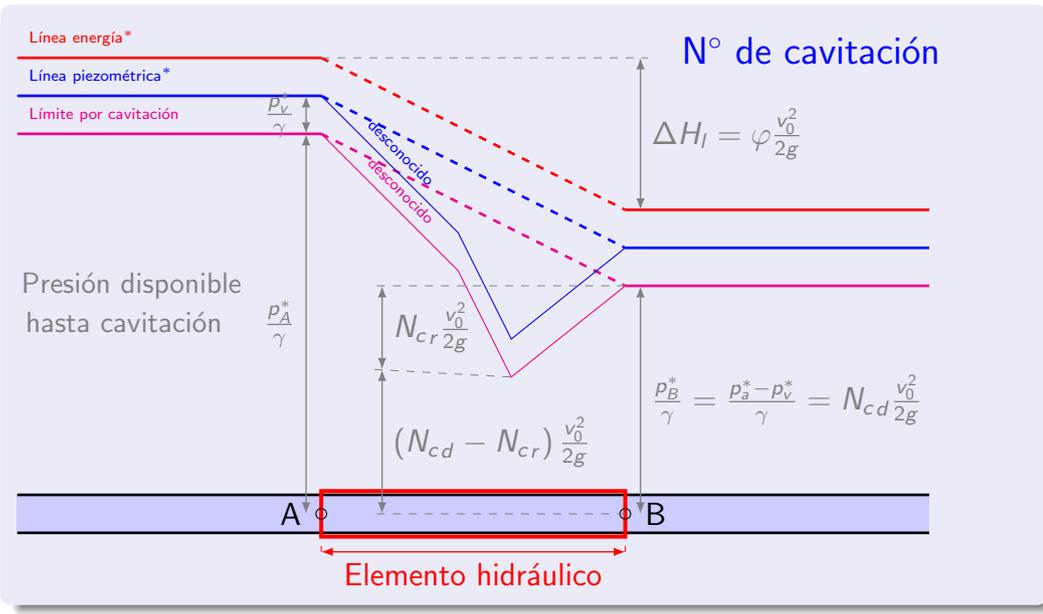
$$N_{cd} > N_{cr} \rightarrow N_{cd} - N_{cr} > 0$$

Consideraciones

- 1 Es habitual olvidarse que las presiones deben ser absolutas
- 2 La velocidad del término de energía cinética es la de la conducción
- 3 La presión de vapor del fluido interior debe considerarse a la mayor temperatura de circulación esperable (más desfavorable)

Ejemplo

- Supongamos un elemento hidráulico intercalado en una conducción de diámetro fijo que produce una pérdida o ganancia de energía localizada.
- Si representamos, en términos absolutos, las líneas de energía, presión y presión de cavitación, se suele simplificar la pérdida de carga localizada como una variación entre ambos extremos del aparato.
- Sin embargo, la variación de presión en el interior puede ser como la mostrada por la línea continua, y desconocida para nosotros.
- Identificamos el extremo del aparato con menor presión disponible antes de cavitarse (a=B en este caso).
- Sobre la presión disponible ($\frac{p_B^*}{\gamma} = N_{cd} \frac{v_0^2}{2g}$), restamos el término $N_{cr} \frac{v_0^2}{2g}$, (número de cavitación requerido) que se corresponde con la pérdida de presión desconocida en el interior del aparato.



Test.

¿La cavitación se produce en la entrada [1] o salida [2] de?

1. Una válvula	Una turbina
2. Un estrechamiento	Una bomba

NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

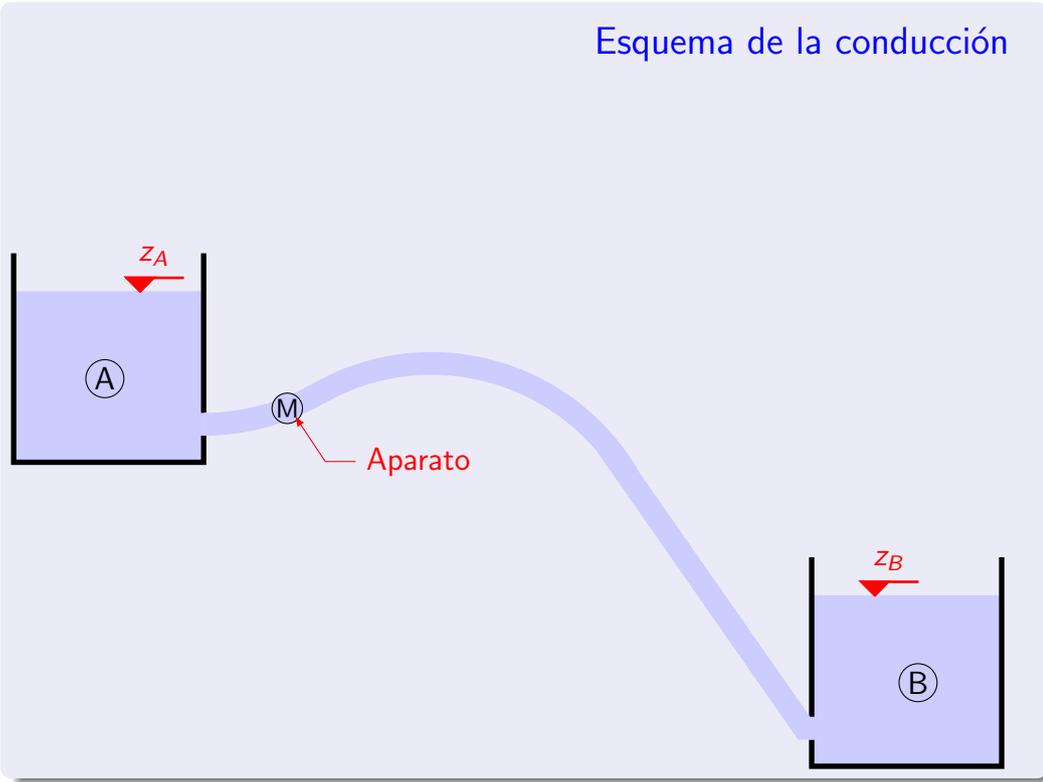
$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.

Esquema de la conducción



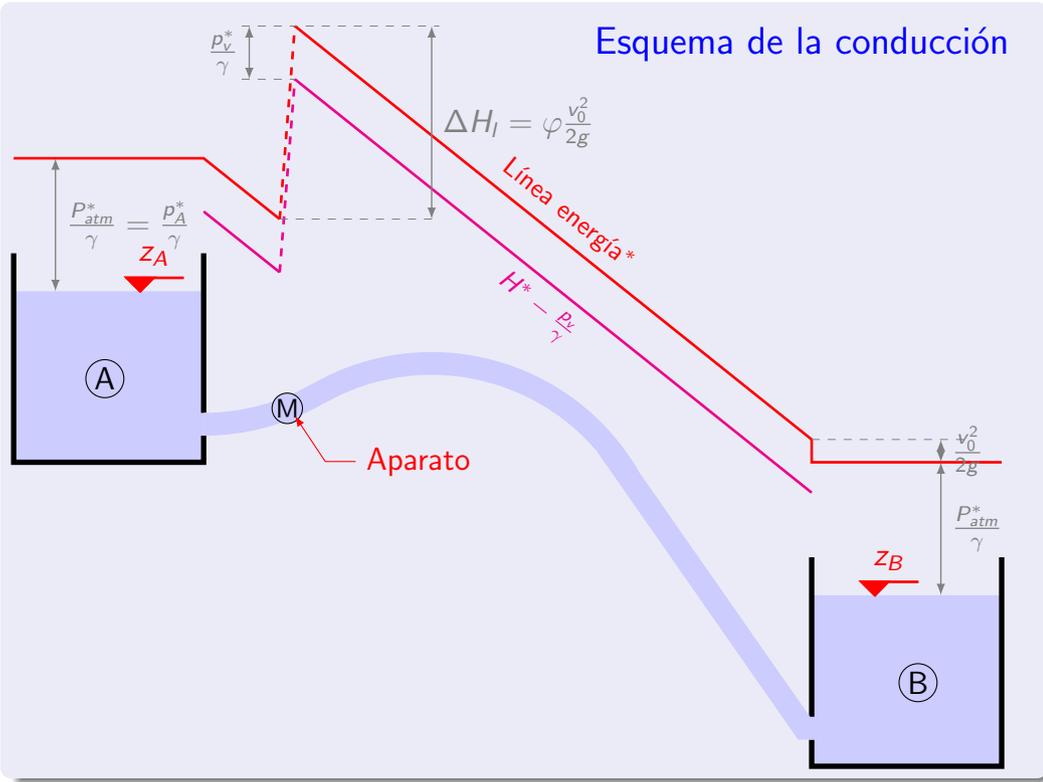
NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.
- Se dibuja la línea de energía en presión absoluta y se resta la altura correspondiente a la presión de cavitación (línea morada) para la temperatura del fluido en circulación.



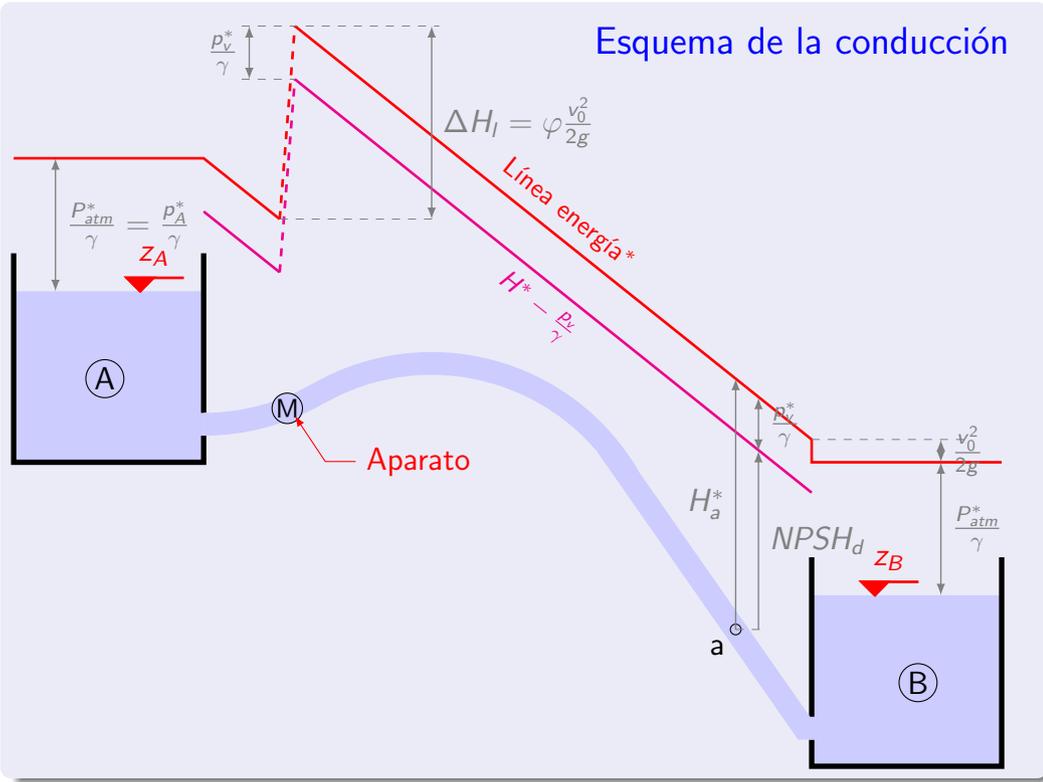
NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.
- Se dibuja la línea de energía en presión absoluta y se resta la altura correspondiente a la presión de cavitación (línea morada) para la temperatura del fluido en circulación.
- El NPSH disponible ($NPSH_d$) en cada punto de la conducción viene representado por la distancia desde la conducción a la línea morada. Este valor ha de ser siempre positivo.



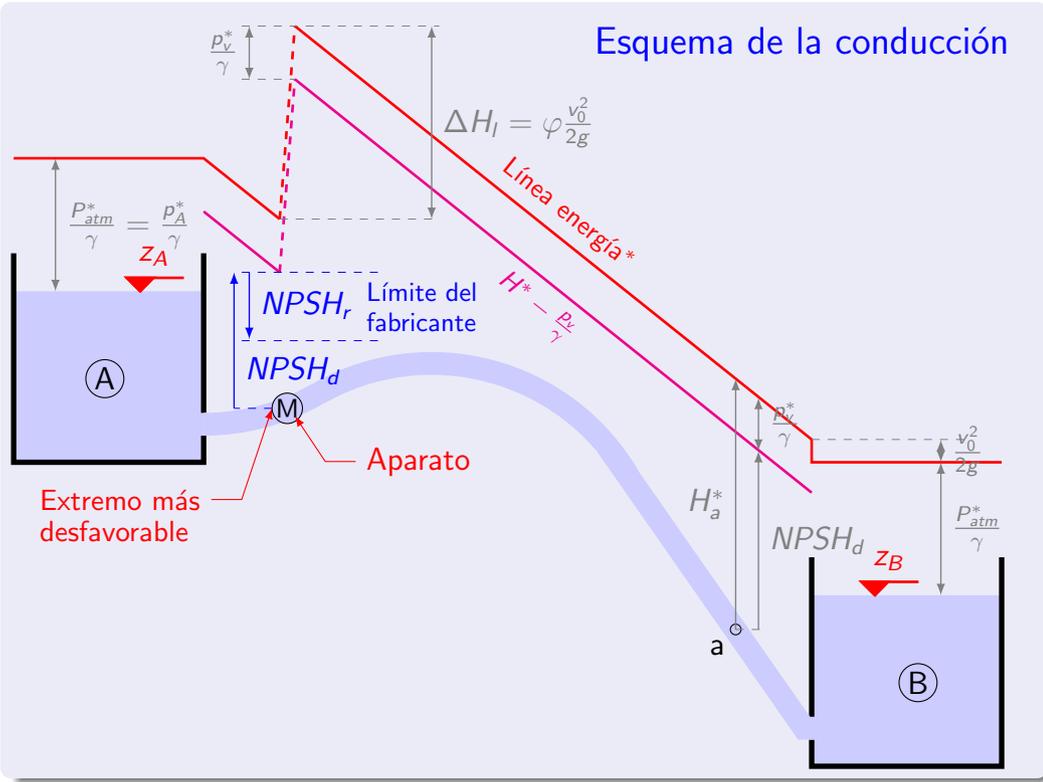
NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.
- Se dibuja la línea de energía en presión absoluta y se resta la altura correspondiente a la presión de cavitación (línea morada) para la temperatura del fluido en circulación.
- El NPSH disponible ($NPSH_d$) en cada punto de la conducción viene representado por la distancia desde la conducción a la línea morada. Este valor ha de ser siempre positivo.
- Si no se conoce la variación de presiones en el interior del elemento hidráulico, el fabricante facilita un NPSH requerido ($NPSH_r$) que representa el margen de seguridad necesario para que no haya cavitación en el interior del aparato.



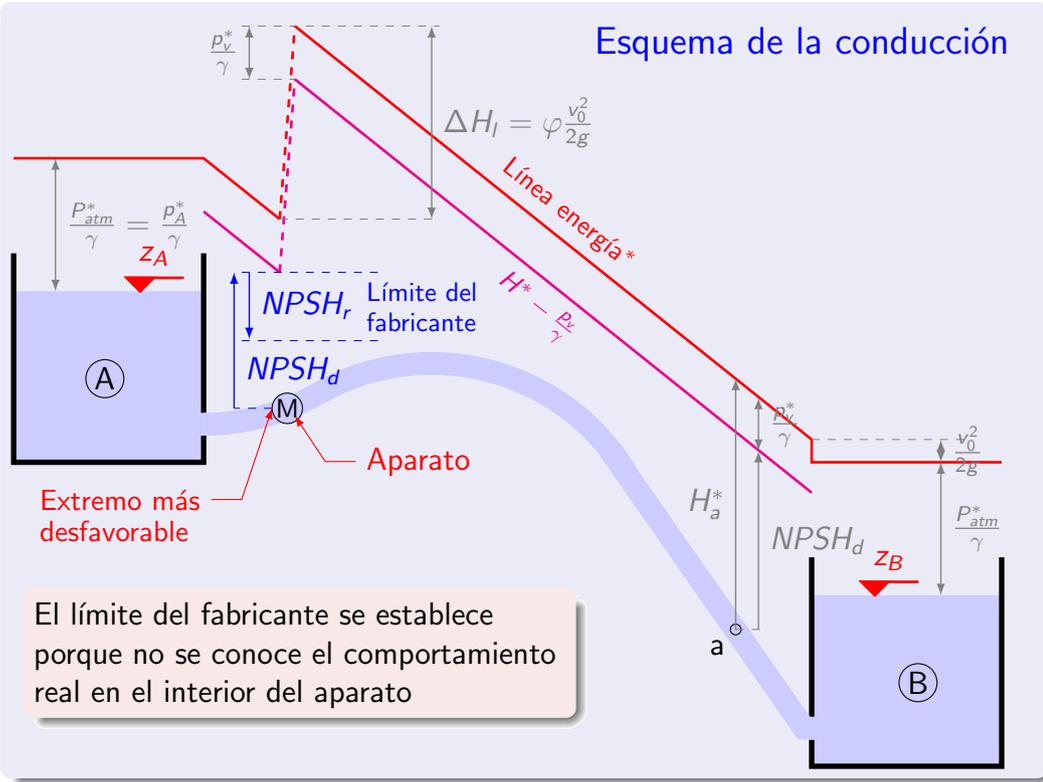
NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.
- Se dibuja la línea de energía en presión absoluta y se resta la altura correspondiente a la presión de cavitación (línea morada) para la temperatura del fluido en circulación.
- El NPSH disponible ($NPSH_d$) en cada punto de la conducción viene representado por la distancia desde la conducción a la línea morada. Este valor ha de ser siempre positivo.
- Si no se conoce la variación de presiones en el interior del elemento hidráulico, el fabricante facilita un NPSH requerido ($NPSH_r$) que representa el margen de seguridad necesario para que no haya cavitación en el interior del aparato.
- Este margen debe restarse a la línea morada, en el extremo más desfavorable del elemento hidráulico, siendo la diferencia hasta la tubería el NPSH disponible, que deberá ser positivo.



NPSH (Net Positive Suction Head) Altura Neta de Succión Disponible

$$NPSH_d = H_a - \frac{p_v^*}{\gamma} = \frac{p_a^*}{\gamma} + \frac{v_a^2}{2g} - \frac{p_v^*}{\gamma} \quad \left\{ \begin{array}{l} (*) \text{ Indica presión absoluta} \\ (d) \text{ Indica NPSH disponible} \end{array} \right.$$

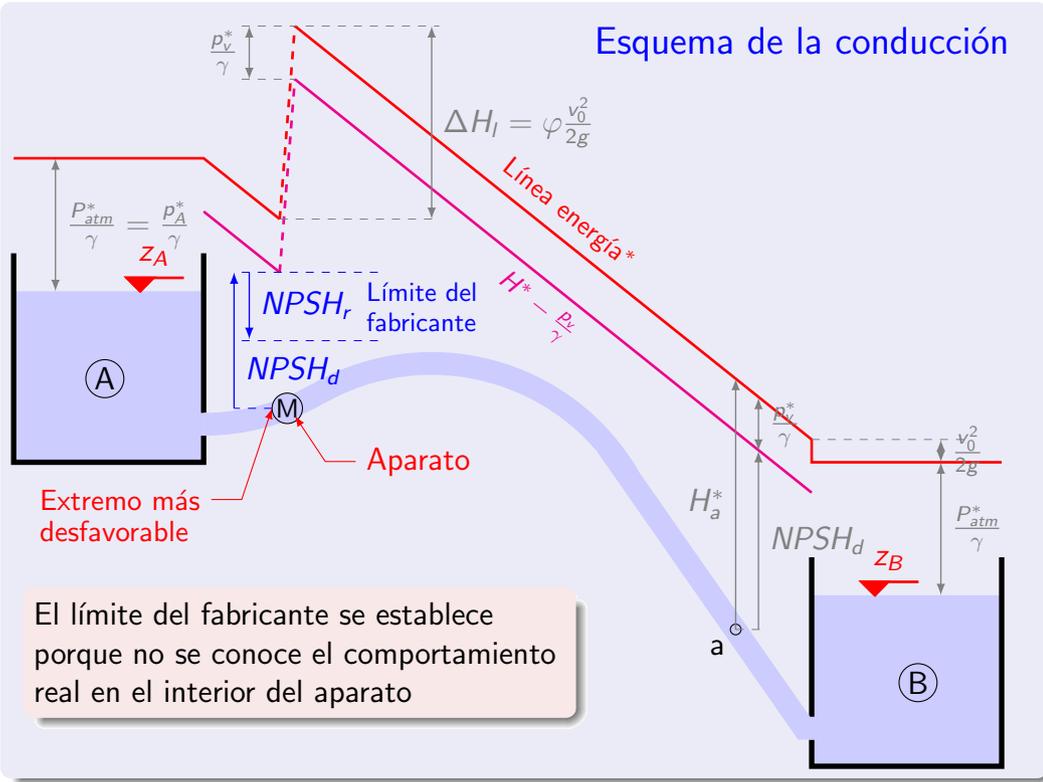
- $\frac{p_a^*}{\gamma}$ Presión absoluta en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{v_a^2}{2g}$ Término de energía cinética en en el punto de estudio (mcl)
- $\frac{p_v^*}{\gamma}$ Presión absoluta de vapor de fluido a temperatura de bombeo (mcl)
- H_a Altura de energía en el punto de estudio (mcl)

NPSH en un elemento hidráulico

- Supongamos un sistema como el mostrado en la figura, con un elemento hidráulico (M) que produce una variación de carga localizada.
- Se dibuja la línea de energía en presión absoluta y se resta la altura correspondiente a la presión de cavitación (línea morada) para la temperatura del fluido en circulación.
- El NPSH disponible ($NPSH_d$) en cada punto de la conducción viene representado por la distancia desde la conducción a la línea morada. Este valor ha de ser siempre positivo.
- Si no se conoce la variación de presiones en el interior del elemento hidráulico, el fabricante facilita un NPSH requerido ($NPSH_r$) que representa el margen de seguridad necesario para que no haya cavitación en el interior del aparato.
- Este margen debe restarse a la línea morada, en el extremo más desfavorable del elemento hidráulico, siendo la diferencia hasta la tubería el NPSH disponible, que deberá ser positivo.

Test. Observe el esquema del problema y suponga una pérdida de carga continua de 15 cm y localizada de 8 cm en la tubería hasta llegar al punto de aspiración (a). Utilice un valor de la presión atmosférica de 10.33 m y 0.27 m para la presión de vapor. Obtenga el NPSH requerido de la curva de la bomba para el rodete mayor. Redondee este valor al entero más cercano.

1. Obtener el NPSH de diseño: $NPSH_d$ m
2. Máxima cota a la que podría situarse la bomba Z_{max} m



Problema: Situar una bomba

