



Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona

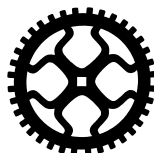
Teoria de Màquines

Problemes elementals d'hidrodinàmica

Salvador Cardona

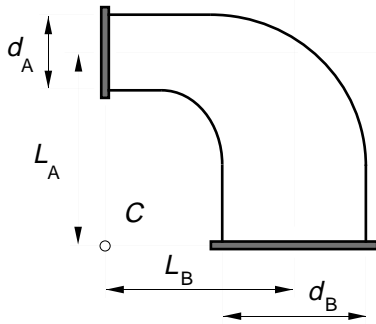
Daniel Clos

1998



Departament d'Enginyeria Mecànica

EXERCICI 7-1



$d_A = 0,2 \text{ m}$	$L_A = 0,5 \text{ m}$	$p = 10^6 \text{ Pa}$
$d_B = 0,4 \text{ m}$	$L_B = 0,5 \text{ m}$	$q = 10 \text{ l/s}$

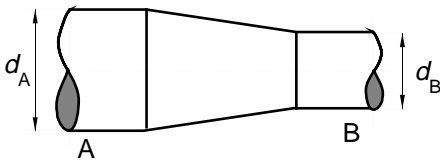
En una canonada horitzontal s'aprofita un colze per passar el diàmetre del tub de $d_A = 0,2 \text{ m}$ on $d_B = 0,4 \text{ m}$. El fluid de l'interior es troba a una pressió absoluta $p_A = 10^6 \text{ Pa}$ i en repòs. De les forces que el colze rep del fluid determineu:

- La resultant.
- El moment resultant respecte al punt C.

Si per la canonada circula un cabal d'aigua $q = 10 \text{ l/s}$, determineu:

- La diferència de pressió entre les seccions A i B.

EXERCICI 7-2



$d_A = 100 \text{ mm}$	$d_B = 80 \text{ mm}$
$p = 10^6 \text{ Pa}$	$q = 10 \text{ dm}^3 / \text{s}$

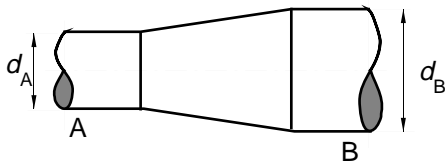
En una canonada horitzontal de secció circular hi ha el con d'acoblament i de reducció de diàmetre, indicat a la figura. Si l'aigua de l'interior de la canonada està en repòs i a una pressió absoluta $p = 10^6 \text{ Pa}$, determineu:

- La resultant de les forces que el con d'acoblament rep del líquid, en mòdul, direcció i sentit.

Si la pressió a la secció A es manté igual a la del cas anterior $p = 10^6 \text{ Pa}$, i ara per l'interior de la canonada hi circula un cabal $q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$, determineu:

- La pressió a la secció B.

EXERCICI 7-3



$d_A = 100 \text{ mm}$	$d_B = 80 \text{ mm}$
$p = 10^6 \text{ Pa}$	$q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$

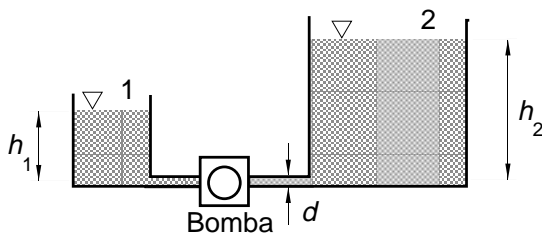
En una canonada horitzontal de secció circular hi ha el con, d'acoblament i d'expansió de diàmetre, indicat a la figura. Si l'aigua de l'interior de la canonada està en repòs i a una pressió absoluta $p = 10^6 \text{ Pa}$, determineu:

- a) La resultant de les forces que el con d'acoblament rep del líquid, en mòdul, direcció i sentit.

Si la pressió a la secció A es manté igual a la del cas anterior $p = 10^6 \text{ Pa}$, i ara per l'interior de la canonada hi circula un cabal $q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$, determineu:

- b) La pressió a la secció B.

EXERCICI 7-4

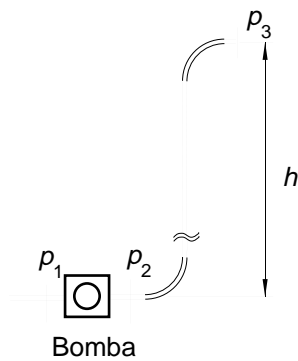


$h_1 = 1 \text{ m}$	$h_2 = 2 \text{ m}$	$d = 100 \text{ mm}$
$q = 10 \text{ l/s}$	$\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$	

En el sistema hidràulic de la figura la bomba fa un transvasament d'aigua del dipòsit 1 al 2. L'alçada del fluid en els dipòsits en un cert instant és $h_1 = 1 \text{ m}$ i $h_2 = 2 \text{ m}$ i el cabal de la bomba és $q = 10 \text{ l/s}$. Determineu:

- a) L'increment de pressió que ha de generar la bomba.
- b) La potència que ha de subministrar la bomba.
- c) Si el tub de sortida de la bomba té un diàmetre $d = 100 \text{ mm}$, determineu la velocitat en aquest tub.

EXERCICI 7-5



$h = 20 \text{ m}$	$q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$
$p_1 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

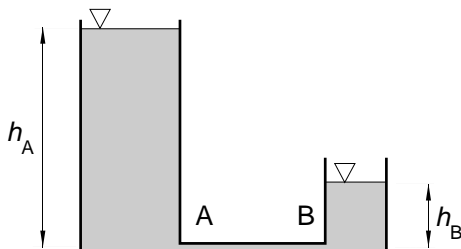
En la instal·lació esquematitzada a la figura la pressió d'alimentació és $p_1 = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ i ha de garantir un cabal d'aigua $q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$ a una alçada $h = 20 \text{ m}$ i amb una pressió $p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Si es negligeixen les pèrdues de càrrega a la canonada, determineu:

- La pressió p_2 a la sortida de la bomba.
- La potència P de la bomba.

Si el rendiment de la bomba és $\eta = 0,8$ i la instal·lació ha de funcionar una hora,

- Quina és l'energia que cal subministrar a la bomba?

EXERCICI 7-6

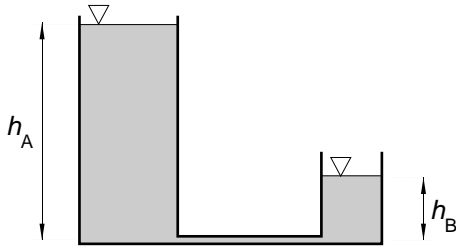


$h_A = 5 \text{ m}$	$h_B = 1 \text{ m}$
$\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$	$k = 10^{10} \text{ N s}^2/\text{m}^8$

En una canonada la pèrdua de càrrega (disminució de pressió $-\Delta p$ entre dues seccions deguda a les pèrdues d'energia quan hi circula un cabal q) ve donada per l'expressió $\Delta p = k q^2$ on k és una constant que depèn del tipus de canonada i de les seves de secció llargària. Els dos dipòsits d'aigua de la figura estan units mitjançant una canonada amb $k = 10^{10} \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Determineu:

- La pressió en els extrems A i B de la canonada.
- El cabal que circula entre els dos dipòsits.

EXERCICI 7-7



En una canonada la pèrdua de càrrega (disminució de pressió $-\Delta p$ entre dues seccions deguda a les pèrdues d'energia quan hi circula un cabal q) ve donada per l'expressió $\Delta p = k q^2$ on k és una constant que depèn del tipus de canonada i de les seves de secció llargària.

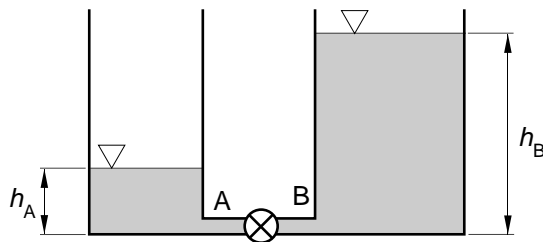
a) El cabal que circula entre els dos dipòsits de la figura és proporcional a:

- A) $h_A - h_B$ B) $(h_A)^{1/2} + (h_B)^{1/2}$
 C) $h_A^2 - h_B^2$ D) $(h_A - h_B)^{1/2}$

Si les pèrdues de càrrega són uniformes al llarg de la canonada,

b) Dibuixeu la distribució de pressions al llarg de la canonada.

EXERCICI 7-8

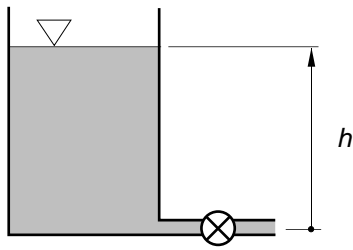


$h_A = 2 \text{ m}$	$h_B = 6 \text{ m}$	$s = 100 \text{ cm}^2$
---------------------	---------------------	------------------------

Per comunicar els dipòsits d'aigua 1 i 2 es disposa de la canonada AB de secció $s = 100 \text{ mm}^2$ amb una vàlvula per regular el cabal. En un cert instant l'alçada de fluid en els dipòsits és $h_1 = 2 \text{ m}$, $h_2 = 6 \text{ m}$. Determineu:

- La força horitzontal que actua sobre la vàlvula si està tancada.
- La pèrdua de càrrega (disminució de la pressió causada per la pèrdua d'energia) en la canonada si hi circula un cabal constant.
- Representeu de manera justificada, la pressió al llarg de la canonada.

EXERCICI 7-9

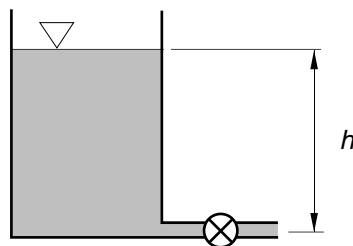


$q = 1,5 \text{ l/s}$	$s = 3 \text{ cm}^2$
$h = 5 \text{ m}$	

En el dipòsit d'aigua de la figura la secció del broc de sortida és $s = 3 \text{ cm}^2$ i el cabal que en surt és $q = 1,5 \text{ l/s}$. Determineu:

- La velocitat de l'aigua en l'extrem del broc.
- L'alçada que hauria de tenir el dipòsit per a tenir el cabal q si la pèrdua de càrrega (disminució de la pressió causada per la pèrdua d'energia) fos negligible.
- La pèrdua de càrrega introduïda per la vàlvula si el dipòsit té una alçada $h = 5 \text{ m}$.

EXERCICI 7-10

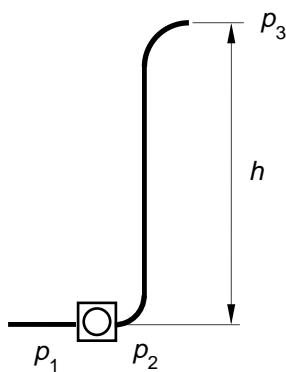


$h = 5 \text{ m}$	$s = 3 \text{ cm}^2$
-------------------	----------------------

En el dipòsit d'aigua de la figura la secció del broc és $s = 3 \text{ cm}^2$. Determineu:

- La força que ha de fer la vàlvula per mantenir el broc tancat.
- El cabal que surt pel broc si s'obre del tot la vàlvula de manera que la pèrdua de càrrega (disminució de la pressió causada per la pèrdua d'energia) és negligible.

EXERCICI 7-11

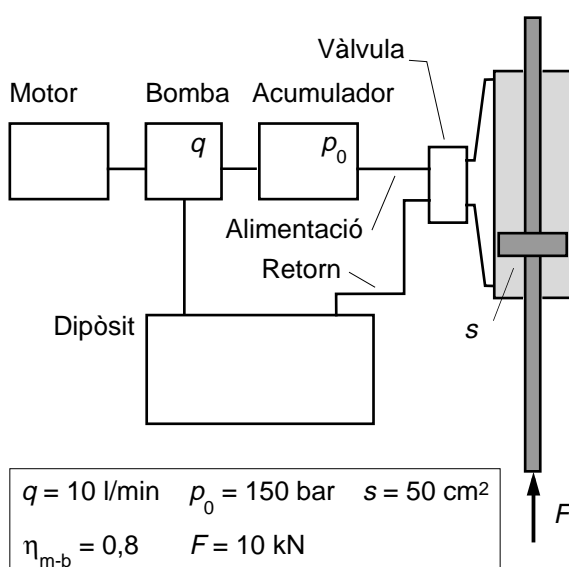


$h = 20 \text{ m}$	$q = 10 \text{ dm}^3 / \text{s}$
$p_1 = 3 \text{ bar}$	$p_3 = 2 \text{ bar}$

En una canonada la pèrdua de càrrega (disminució de pressió - Δp - entre dues seccions deguda a les pèrdues d'energia quan hi circula un cabal q) ve donada per l'expressió $\Delta p = k q^2$ on k és una constant que depèn del tipus de canonada i de les seves de secció llargària. En la instal·lació esquematitzada a la figura la pressió d'alimentació és $p_1 = 3 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$) i ha de garantir un cabal d'aigua $q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$ a una alçada $h = 20 \text{ m}$ i amb una pressió $p_3 = 2 \text{ bar}$. La constant de pèrdues de càrrega a la canonada és $k = 10^9 \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Determineu:

- La pressió p_2 a la sortida de la bomba.
- La potència P de la bomba.

EXERCICI 7-12



$q = 10 \text{ l/min}$	$p_0 = 150 \text{ bar}$	$s = 50 \text{ cm}^2$
$\eta_{m-b} = 0,8$	$F = 10 \text{ kN}$	

L'esquema de la figura correspon a una instal·lació per accionar un cilindre hidràulic. La bomba subministra un cabal $q = 10 \text{ l/min}$. L'acumulador manté constant la pressió d'alimentació $p_0 = 150 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$). La vàlvula controla el flux de fluid per obtenir el moviment desitjat del pistó, que té una secció útil $s = 50 \text{ cm}^2$. Determineu:

- La potència subministrada al motor que acciona la bomba si el rendiment del conjunt motor-bomba és $\eta_{m-b} = 0,8$.
- La força màxima que es pot obtenir amb el cilindre hidràulic.
- El desplaçament total de l'èmbol en una maniobra de $0,5 \text{ min}$ si les fugues (cabal que passa de l'alimentació al retorn sense accionar l'èmbol) són $q_f = 1 \text{ l/min}$.
- El rendiment global en una maniobra si la força que fa l'èmbol és de mòdul constant $F = 10 \text{ kN}$ i en el sentit d'avanç.

EXERCICI 7-13

En una canonada recta de 600 m de llargària i 500 mm de diàmetre hi circula un cabal $q = 10 \text{ m}^3/\text{min}$. Les pèrdues de càrrega són proporcionals al quadrat del cabal que hi circula amb constant de proporcionalitat $k = 1,5 \cdot 10^6 \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Determineu:

- a) La velocitat de l'aigua.
- b) La caiguda de pressió entre les seccions extremes de la canonada.

Solucions

- E 7-1** a) Es tracta d'una situació estàtica ja que el fluid és troba en repòs i s'estudien només les forces en el pla horitzontal. En la direcció vertical les forces d'enllaç amb la resta de la canonada i/o amb un suport adequat s'equilibren amb el pes.

Per estudiar les forces que el colze rep del fluid es considera el volum de fluid contingut en el seu interior (limitat per les seccions A i B). Les forces exteriors que actuen sobre aquest volum de fluid són: les forces causades per la pressió a cadascuna de les seccions A i B i les forces que rep del colze.

Es prenen les direccions x i y perpendiculars a les seccions A i B en sentit positiu cap a l'interior del colze.

$$\begin{aligned}\sum F_x &= p s_A + F_{x \text{ colze} \rightarrow \text{fluid}} \quad \text{d'on} \quad F_{x \text{ fluid} \rightarrow \text{colze}} = p s_A = 31,42 \text{ kN.} \\ \sum F_y &= p s_B + F_{y \text{ colze} \rightarrow \text{fluid}} \quad \text{d'on} \quad F_{y \text{ fluid} \rightarrow \text{colze}} = p s_B = 125,7 \text{ kN.}\end{aligned}$$

La resultant d'aquestes forces és

$$F_{\text{fluid} \rightarrow \text{colze}} = \sqrt{F_{x \text{ fluid} \rightarrow \text{colze}}^2 + F_{y \text{ fluid} \rightarrow \text{colze}}^2} = 129,5 \text{ kN.}$$

- b) Per als moments en la direcció vertical es pren positiu el sentit antihorari.

$$\begin{aligned}\sum M_{\text{exterior}}(C) &= -p s_A L_A + p s_B L_B + M_{\text{colze} \rightarrow \text{fluid}}(C) \quad \text{d'on} \\ M_{\text{fluid} \rightarrow \text{colze}}(C) &= -p s_A L_A + p s_B L_B = 47,12 \text{ kNm.}\end{aligned}$$

- c) La diferència de pressió entre les seccions A i B es determina a partir de l'equació de Bernoulli aplicada entre aquestes seccions i considerant negligibles les pèrdues de càrrega en el colze.

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p &= \text{constant}; \quad \frac{1}{2} \rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2} \rho v_B^2 + p_B \quad \text{amb} \quad v = \frac{q}{s} \\ p_B - p_A &= \frac{1}{2} \rho q^2 \left(\frac{1}{s_B^2} - \frac{1}{s_A^2} \right) = 47,49 \text{ Pa.}\end{aligned}$$

- E 7-2** a) De manera anàloga a l'exercici anterior E 7-1 es considera el volum d'aigua de l'interior de la canonada entre les seccions A i B. Per a la direcció axial i prenent sentit positiu cap a dreta,

$$\begin{aligned}\sum F_{\text{exterior}} &= p s_A - p s_B + F_{\text{con} \rightarrow \text{aigua}} = 0 \quad \text{d'on} \\ F_{\text{aigua} \rightarrow \text{con}} &= p s_A - p s_B = 2,827 \text{ kN} \quad (\text{cap a la dreta en direcció axial}).\end{aligned}$$

- b) La pressió p_B a la secció B es determina a partir de l'equació de Bernoulli aplicada entre les seccions A i B i considerant negligible la pèrdua de càrrega a l'acoblament.

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p &= \text{constant}; \quad \frac{1}{2} \rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2} \rho v_B^2 + p_B \quad \text{amb} \quad v = \frac{q}{s} \\ p_B &= p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 - \frac{1}{2} \rho v_B^2 = p_A + \frac{1}{2} \rho q^2 \left(\frac{1}{s_B^2} - \frac{1}{s_A^2} \right) = 0,9988 \text{ MPa} = 9,988 \text{ bar.}\end{aligned}$$

E 7-3 a) De la mateixa manera que a l'exercici anterior E 7-2,

$$\sum F_{\text{exterior}} = p s_A - p s_B + F_{\text{con} \rightarrow \text{aigua}} = 0 \quad \text{d'on}$$

$$F_{\text{aigua} \rightarrow \text{con}} = p s_A - p s_B = -2,827 \text{ kN} \quad (\text{cap a l'esquerra en direcció axial}).$$

b) La pressió p_B a la secció B és La pressió p_B a la secció B es

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p = \text{constant}; \quad \frac{1}{2} \rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2} \rho v_B^2 + p_B \quad \text{amb} \quad v = \frac{q}{s}$$

$$p_B = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 - \frac{1}{2} \rho v_B^2 = p_A + \frac{1}{2} \rho q^2 \left(\frac{1}{s_B^2} - \frac{1}{s_A^2} \right) = 1,0012 \text{ MPa} = 10,012 \text{ bar}.$$

E 7-4 a) Es tracta d'una situació dinàmica ja que l'aigua es mou. Si s'aplica l'equació de Bernoulli entre les superfícies lliures de cada dipòsit i es consideren negligibles les pèrdues de càrrega a la instal·lació així com la diferència de velocitat a les superfícies lliures de cada dipòsit s'obté

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 + \Delta p_{\text{bomba}} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2; \quad \rho g h_1 + \Delta p_{\text{bomba}} = \rho g h_2$$

$$\Delta p_{\text{bomba}} = \rho g (h_2 - h_1) = 10 \text{ kPa}.$$

Si es vol arribar a aquesta expressió amb raonaments sobresimplificats cal tenir presents les hipòtesis citades i en particular que la pressió en els extrems de la bomba no són $\rho g h$ en principi (només cal pensar en l'equació de Bernoulli entre la superfície lliure i l'extrem de la bomba).

b) La potència que ha de subministrar la bomba és

$$P = \Delta p_{\text{bomba}} q = 100 \text{ W}.$$

c) La velocitat a la sortida de la bomba és

$$v = \frac{q}{s} = \frac{q}{\pi d^2 / 4} = 1,273 \text{ m/s}.$$

E 7-5 a) La pressió p_2 a la sortida de la bomba es troba aplicant l'equació de Bernoulli entre aquesta secció i la secció final de la instal·lació i considerant negligibles les pèrdues de càrrega a la canonada així com la diferència de velocitat de l'aigua entre les dues seccions.

$$\frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2 = \frac{1}{2} \rho v_3^2 + \rho g h_3 + p_3 \quad \text{d'on}$$

$$p_2 = p_3 + \rho g (h_3 - h_2) = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 4 \text{ bar}.$$

b) L'increment de pressió que ha de generar la bomba és $\Delta p_{\text{bomba}} = p_2 - p_1 = 10^5 \text{ Pa}$ i la potència que ha de subministrar a l'aigua és $P_{\text{bomba}} = \Delta p_{\text{bomba}} q = 1 \text{ kW}$.

c) Si la instal·lació ha de funcionar 1 hora l'energia que la bomba ha de donar a l'aigua és $E_{\text{útil}} = P_{\text{bomba}} 3600 = 3,6 \text{ MW} = 1 \text{ kWh}$. L'energia subministrada a la bomba és

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{sub}}} \quad \text{d'on} \quad E_{\text{sub}} = \frac{E_{\text{útil}}}{\eta} = 4,5 \text{ MW} = 1,25 \text{ kWh}.$$

- E 7-6** a) Per determinar la pressió a l'extrem A de la canonada s'aplica l'equació de Bernoulli entre la superfície lliure del dipòsit de l'esquerra i la secció d'aquest extrem i es consideren negligibles la pèrdua de càrrega així com els termes de velocitat d'aquesta equació.

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p = \text{constant} \quad \text{d'on} \quad p_A = \rho g h_A = 50 \text{ kPa}.$$

De la mateixa manera per a l'extrem B s'obté $p_B = \rho g h_B = 10 \text{ kPa}$.

Com que la pressió a les superfícies lliures s'ha pres nul·la les pressions p_a i p_b trobades són relatives.

- b) El cabal que circula es troba a partir de l'expressió de la pèrdua de carrega a la canonada

$$\Delta p = k p^2 \quad \text{d'on} \quad q = \left(\frac{p_A - p_B}{k} \right)^{1/2} = 2 \text{ dm}^3 / \text{s}.$$

Nota 1. Negligir el terme de velocitat a l'apartat a) porta a un error que pot ser notable per a les velocitats que en instal·lacions poden arribar i superar els 3 m/s (per aquesta velocitat el terme $\rho v^2 / 2$ és aproximadament 4,5 kPa).

Nota 2. Si s'aplica l'equació de Bernoulli entre les dues superfícies lliures (considerant velocitat nul·la en elles) es demostra que la pèrdua de càrrega utilitzada a l'apartat b) no arrossega l'error comentat a la nota anterior.

$$\frac{1}{2} \rho v_{\text{sup.lliure A}}^2 + \rho g h_A + p_{\text{sup.lliure A}} - \Delta p = \frac{1}{2} \rho v_{\text{sup.lliure B}}^2 + \rho g h_B + p_{\text{sup.lliure B}} \quad \text{d'on}$$

$$\Delta p = \rho g h_A - \rho g h_B.$$

- E 7-7** a) A partir de lo exposat a l'exercici anterior E 7-6 és immediat que

$$q = \left(\frac{\Delta p}{k} \right)^{1/2} = \left(\frac{\rho g}{k} \right)^{1/2} (h_A - h_B)^{1/2}, \text{ així doncs la resposta correcta és la D.}$$

- b) Si la pèrdua de càrrega és uniforme al llarg de la canonada la pressió disminueix de manera lineal des de p_A a p_B .

- E 7-8** a) Si la vàlvula està tancada no circula aigua i per tant és tracta d'una situació estàtica així doncs $p_A = \rho g h_A$; $p_B = \rho g h_B$ i la resultant de les forces horitzontals que l'aigua fa sobre la vàlvula és $F = s(p_A - p_B) = 4 \text{ N}$ (cap a l'esquerra).

- b) Com s'explica a l'exercici E 7-6 quan circula cabal la pèrdua de càrrega és $\Delta p = \rho g h_A - \rho g h_B = 40 \text{ kPa}$.

- c) En un tram de canonada recta sense accessoris la pressió decau de manera lineal (pèrdues de càrrega primàries) i en els accessoris cau de manera sobtada (pèrdues de càrrega secundàries). En el cas que s'estudia la vàlvula és causa d'una pèrdua secundària (que pot ser molt més important que les primàries).

E 7-9 a) La velocitat a l'extrem del broc és $v = q/s = 5 \text{ m/s}$.

b) Si s'aplica l'equació de Bernoulli entre la superfície lliure del dipòsit i la sortida del broc negligint les pèrdues de càrrega així com la velocitat a la superfície lliure del dipòsit s'obté l'equació de Torricelli.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p = \text{constant}; \quad \frac{1}{2}\rho v^2 = \rho gh \quad \text{d'on} \quad v = \sqrt{2gh}; \quad h = \frac{v^2}{g} = 1,25 \text{ m.}$$

c) En aquest cas l'equació de Bernoulli negligint només la velocitat a la superfície lliure i considerant la pèrdua de càrrega a la vàlvula Δp és

$$\rho gh - \Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2 \quad \text{d'on} \quad \Delta p = \rho gh - \frac{1}{2}\rho v^2 = 37,5 \text{ kPa.}$$

E 7-10 a) Si el broc està tancat es tracta d'una situació estàtica per tant la pressió p_A a la secció de davant de la vàlvula és $p_A = \rho gh = 5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ i per tant la força que ha de fer la vàlvula és $F = p_A s = 15 \text{ N}$.

b) Si s'obre del tot la vàlvula de manera que la pèrdua de càrrega és pot considerar negligible, aplicant l'equació de Bernoulli entre la superfície lliure del dipòsit i la sortida del broc negligint la velocitat a la superfície lliure s'obté l'equació de Torricelli.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p = \text{constant}; \quad \frac{1}{2}\rho v^2 = \rho gh \quad \text{d'on} \quad v = \sqrt{2gh} = 10 \text{ m/s.}$$

E 7-11 a) La pèrdua de càrrega a la canonada és $\Delta p = k q^2 = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$.

Per determinar la pressió p_2 a la secció de sortida de la bomba s'aplica l'equació de Bernoulli entre aquesta secció i la de la sortida de la instal·lació negligint la diferència de velocitats entre aquestes seccions.

$$\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + p_2 - \Delta p = \frac{1}{2}\rho v_3^2 + \rho gh_3 + p_3 \quad \text{d'on}$$

$$p_2 = \Delta p + \rho gh_3 + p_3 = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 5 \text{ bar.}$$

b) La potència de la bomba és $P = \Delta p q = 2 \text{ kW}$.

E 7-12 a) La potència que la bomba subministra al fluid és

$$P_{m \rightarrow \text{fluid}} = p_0 q = (150 \cdot 10^5 \text{ Pa}) \left(\frac{10 \cdot 10^{-3}}{60} \text{ m}^3 / \text{s} \right) = 2,5 \text{ kW.}$$

A partir del rendiment del conjunt motor-bomba la potència subministrada $P_{\rightarrow m-b}$ al motor del conjunt és

$$\eta_{m-b} = \frac{P_{m \rightarrow \text{fluid}}}{P_{\rightarrow m-b}} \quad \text{d'on} \quad P_{\rightarrow m-b} = \frac{P_{m \rightarrow \text{fluid}}}{\eta_{m-b}} = 3,125 \text{ kW.}$$

b) La màxima força que pot fer el cilindre hidràulic s'obté si les pèrdues de càrrega a la vàlvula són negligibles i per tant la pressió al cilindre és igual a la pressió a l'acumulador. $F = p_0 s = 75 \text{ kN}$.

c) El cabal útil q_u és el cabal subministrat per la bomba menys el cabal de fugues $q_u = q - q_f = 9 \text{ l/min}$ i per tant el volum de fluid que s'utilitza per desplaçar l'èmbol en $0,5 \text{ min}$ és $v = q_u 0,5 = 4,5 \text{ dm}^3$. En aquest temps el desplaçament de l'èmbol és $d = v/s = 0,9 \text{ m}$.

d) Durant la maniobra el treball útil fet pel cilindre és $W = F d = 9 \text{ kJ}$ i l'energia subministrada al conjunt motor-bomba és $E = P_{\rightarrow m-b} 30 = 93,75 \text{ kJ}$. Així doncs el rendiment global és

$$\eta_{\text{global}} = \frac{W}{E} = 0,096 = 9,6 \%$$

E 7-13 a) La velocitat de l'aigua és

$$v = \frac{q}{s} = \frac{10/60}{\pi 0,5^2/4} = 0,8488 \text{ m/s}$$

b) La caiguda de pressió a causa de les pèrdues de càrrega és

$$\Delta p = k q^2 = 41,67 \text{ kPa}$$