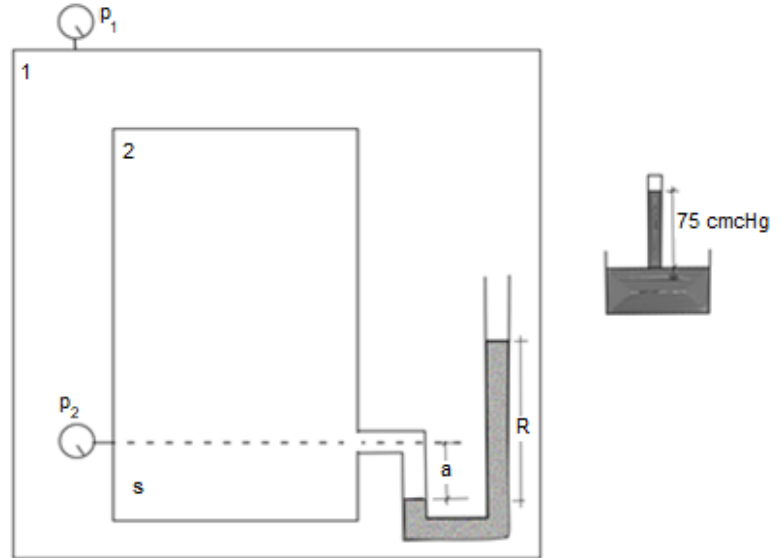


MECÁNICA DE FLUIDOS. EXAMEN FINAL. 28 de Mayo de 2026

1. (10%) Un fluido de densidad relativa $s=1,2$ se almacena en un depósito de diámetro $D=50$ cm que, a su vez, se encuentra dentro de otro depósito, lleno de aire y presurizado $p_1=2430$ Torr. Para controlar la presión del fluido el depósito interior cuenta con un manómetro en U con mercurio. Se quiere cambiar este manómetro por un manómetro Bourdon (p_2) ubicado a la misma altura que el manómetro en U, como se puede ver en la imagen.



a) Determinar la lectura del manómetro p_2 (kg/cm^2).

b) Determinar la lectura del manómetro p_2 (bar) si midiese presiones absolutas.

c) Determinar las dos lecturas anteriores, si finalmente se decide extraer el manómetro fuera del depósito 1, conectado al mismo punto.

Datos: $a=4$ cm; $R=10$ cm.

Resultados: $0,131 \text{ kg/cm}^2$; $4,37 \text{ bar}$; $4,37 \text{ bar}$, $3,4 \text{ kg/cm}^2$.

2. (12,5%) Se debe elegir una bomba para una instalación de distribución de agua potable entre dos depósitos abiertos a la atmósfera y un desnivel entre ambos de 40 m, siendo la cota del depósito de origen inferior a la de destino. La tubería es de PVC, su diámetro es de 150 mm y su longitud total es de 850 m. La válvula de regulación estará en principio abierta siendo $k_0=5$.

Se dispone de tres modelos de bombas cuyas curvas características (H/Q , P_{abs}/Q y $\text{NPSH}_{\text{req}}/Q$) han sido proporcionadas por el comercial mediante sus correspondientes expresiones analíticas:

	$H_m - Q$ (mca; l/s)	$P_{\text{abs}} - Q$ (kW; l/s)	$\text{NPSH}_{\text{req}} - Q$ (mca; l/s)
Bomba 1	$76,5 - 0,2108 \cdot Q^2$	$8 + 0,026 \cdot Q + 0,015 \cdot Q^2$	$1,8 + 0,00611 \cdot Q^2$
Bomba 2	$83 - 0,155 \cdot Q^2$	$6 + 0,019 \cdot Q + 0,032 \cdot Q^2$	$2 + 0,0118 \cdot Q^2$
Bomba 3	$80 - 0,127 \cdot Q^2$	$6 + 0,0042 \cdot Q + 0,0112 \cdot Q^2$	$2,2 + 0,0002 \cdot Q^2$

a) Elegir la bomba que mejor se ajuste a las necesidades del servicio, considerando que el caudal mínimo debe ser 14 l/s y que, atendiendo a la topografía, la bomba debe situarse 5 m por encima del depósito inferior. En caso de más de una opción posible, elegir aquella de menor coste.

Se manipula la válvula de regulación en la instalación cuya bomba cavita, hasta que desaparece la cavitación.

b) Calcula analíticamente la pérdida que supone esta maniobra y acompaña el cálculo con un esquema gráfico.

Datos: $\eta_{\text{bomba}}=75\%$; $\eta_{\text{mot.eléctr.}}=90\%$; coste del kW·h=0,2 €; $p_{\text{atm}}/\gamma=10$ mca; $p_{\text{vapor}}/\gamma=0,2$ mca; $L_{\text{asp}}=100$ m.

NOTA: Para el cálculo de las pérdidas, emplear la ecuación de Hazen-Williams.

Resultados: Se escoge la bomba 3, dado que la primera bomba no ofrece el caudal mínimo exigido por el enunciado y la bomba 2 sufre cavitación; $h_{f_{\text{válv}}}=8,09$ m.

3. (10%) Los globos aerostáticos vuelan por estar sumergidos en aire de mayor densidad.

El globo aerostático de la imagen es capaz de transportar hasta 6 personas. El volumen del globo es de 4000 m^3 y se mantiene constante. Su masa, incluyendo tela, cuerda, canasta y quemadores es de 25 UTM. El peso medio por persona es de 75 kg. El volumen de la cesta y las personas no influye en el proceso.

La presión atmosférica se puede calcular con la siguiente expresión:

$$p_{\text{atm}}=1-9 \cdot 10^{-5} \cdot Z \quad [p_{\text{atm}} \text{ en atm; } Z \text{ en m}]$$

La temperatura a nivel del suelo el día elegido para volar es de 23°C y la expresión que define la temperatura en función de la altura es:

$$T_Z=T_0-(2 \cdot Z/300) \quad [T \text{ en } ^\circ\text{C; } Z \text{ en m}]$$

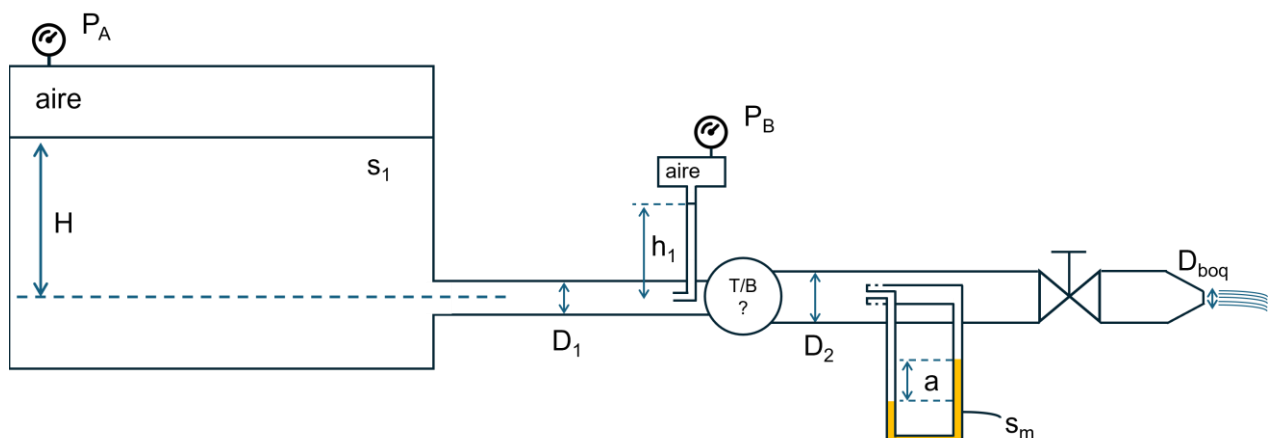
¿A qué temperatura hay que calentar el aire del interior del globo si queremos que se eleve a 825 metros?

Datos: $R_{\text{aire}}=287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

Resultado: $70,56^\circ\text{C}$.

4. (12,5%) En el esquema de la figura se transporta un fluido con densidad relativa $s_1=1,5$ desde el depósito de grandes dimensiones hasta una boquilla. Si el chorro de salida tiene una velocidad de 10 m/s , se pide:

- Calcular la altura H del fluido en el depósito
- Calcular la densidad relativa del fluido manométrico s_m .



DATOS: $p_A=0,1 \text{ kg}/\text{cm}^2$; $p_B=0,8 \text{ kg}/\text{cm}^2$; $D_1=100 \text{ mm}$; $D_2=200 \text{ mm}$; $D_{\text{boquilla}}=5 \text{ cm}$; $k_{\text{sal dep}}=3$; $h_{f_{\text{tramoD1}}}=0,24 \text{ mca}$; $h_1=50 \text{ cm}$; $a=10 \text{ cm}$; $C_{c \text{ boquilla}}=0,6$.

NOTA: Toda expresión empleada en el cálculo de este ejercicio **debe** demostrarse de forma breve y concisa.

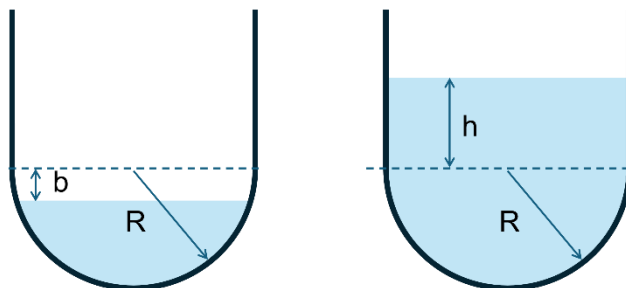
Resultados: $H=5,67$ m; $s_m=1,61$.

5. (10%) Se cuenta con un canal de hormigón en bruto con una pendiente de 1,2 milésimas, el cual se ha diseñado para que en verano cuente con una berma b como la mostrada en la imagen de 0,22·R. Se pide:

- Calcular el radio R del canal semicircular para que, conservando dicha berma b , en verano se puedan transportar 5400 m³/h de caudal.
- Si los diámetros comerciales disponibles van en saltos de 10 cm, escoger el **diámetro** para el diseño final.

Tomando el diámetro logrado y con el fin de contener al aumento de lluvias en invierno, se levanta una pared vertical como la mostrada en la imagen, utilizando el mismo material. Si para el nivel máximo de lluvias se alcanza una altura $h=0,2$ m, se pide:

- Calcular el incremento de caudal **porcentual** respecto al caudal de verano.



Resultados: $R=1,01$ m; $D=2,1$ m; 130,9%.

6. (12,5%) El cabezal de una ducha tiene 90 orificios de diámetro 0,5 mm. El flujo de salida del cabezal forma un ángulo $\alpha=35^\circ$ con respecto a la vertical, como se puede ver en la imagen. La diferencia de cotas entre el mando y la entrada del cabezal es de 1,2 m y el diámetro interno del tubo flexible es de 10 mm mientras que el externo es de 15 mm. Las pérdidas que se producen en el tubo flexible blanco son de 0,1 bar. Sabiendo que el caudal que circula por el tubo es de 10 l/min y el manómetro colocado a la altura de los mandos es de 2 kg/cm², se pide:

- Calcular las pérdidas producidas en el cabezal, de diámetro interno, idéntico al tubo flexible, despreciando la variación de cotas entre la entrada y la salida del cabezal.
- Calcular las fuerzas en la fijación del cabezal indicando claramente su dirección y sentido.



Nota: se penalizarán aquellos ejercicios que en su resolución no hayan seguido claramente los cinco pasos vistos en clase.

Resultados: $h_{f_{\text{cabezal}}}=13,47$ mca; $R''_x=0,9$ N ($\rightarrow$), $R''_y=15,33$ N ($\downarrow$).

7. (12,5%) Un equipo de investigación de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa trabaja en el diseño de un submarino autónomo (glyder) que debe navegar por aguas marinas a 10°C . Este submarino tendrá una longitud de 4 m y deberá navegar a 5 m/s. Antes de construir el prototipo a escala real, los ingenieros realizarán pruebas para determinar la fuerza de arrastre (F) esperada utilizando agua dulce de 20°C en el canal de laboratorio. Para realizar estas pruebas se descartarán los efectos gravitatorios. Los efectos de compresibilidad se omitirán si el número de Mach (M) es inferior



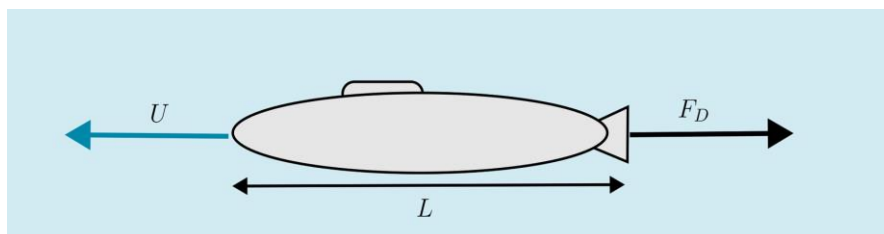
Cabezal de la ducha

a 0,3. Tanto las variables que intervienen en el problema como sus valores, tanto en el modelo como en el prototipo, están dados en la tabla inferior. Se pide:

- Deducir de forma justificada los números adimensionales que caracterizan el problema utilizando como variables repetidas L , ρ y U .
- Analizar si es posible cumplir la similitud dinámica absoluta en las condiciones señaladas e indicar la velocidad a emplear en el modelo.
- Deducir la fuerza de arrastre esperada en el prototipo si la medida en laboratorio ha sido de 50 N.

Considerando excesiva la velocidad a emplear en el canal, el equipo de ingenieros propone sustituir el agua dulce por un gas de $\rho=1,18 \text{ kg/m}^3$, $\nu=1,53 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ y $c=340 \text{ m/s}$. Deducir la nueva velocidad a utilizar en el laboratorio y discutir su utilidad.

Variable	Prototipo (agua de mar, 10°C)	Modelo (agua dulce, 20°C)
Longitud, L	$L_p=4 \text{ m}$	$L_m=40 \text{ cm}$
Densidad, ρ	$\rho_p=1025 \text{ kg/m}^3$	$\rho_m=1000 \text{ kg/m}^3$
Viscosidad cinemática, ν	$\nu_p=1,35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$\nu_m=1,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Velocidad, U	$U_p=5 \text{ m/s}$	????
Velocidad del sonido, c	1483 m/s	1481 m/s
Fuerza de arrastre, F	????	$F_m=50 \text{ N}$ (medida)



Resultados: $\pi_1=c/u$, $\pi_2=\nu/(U \cdot L)$, $\pi_3=F/(\rho \cdot U^2 \cdot L^2)$; Igualando π_1 y π_2 se puede demostrar que la semejanza dinámica absoluta es imposible en las condiciones descritas por el enunciado; $F_p=93,41 \text{ N}$; $U_m=566,7 \text{ m/s}$, la velocidad aumenta y los efectos de compresión no son despreciables, no es una buena estrategia cambiar el fluido a un gas.

8. (15%) Se pretende estudiar en el laboratorio un flujo de alcohol etílico (0°C) de peso específico 7732 N/m^3 que fluye a través de un tubo horizontal de diámetro constante entre dos secciones A y B. En las secciones A y B se ha dispuesto un piezómetro abierto con lecturas de $H_A=15 \text{ cm}$ y $H_B=30 \text{ cm}$. Se pide:

- Calcular el caudal en l/s si la tubería comprendida entre las secciones A y B es de hierro galvanizado, siendo su diámetro y longitud de 10 cm y 1,5 m, respectivamente.

Si se desea sustituir la tubería entre las secciones A y B por una tubería de cobre, manteniendo constantes las presiones de los puntos A y B y siendo el nuevo caudal $Q=25 \text{ l/s}$,

- Deducir el diámetro exacto (cm) que debe tener la nueva tubería.

Resultados: $Q=22,85 \text{ l/s}$; $D=96,4 \text{ mm}$.

9. (5%) Rellenar los espacios. Hay que tener en cuenta que cada respuesta incorrecta resta la misma puntuación que la respuesta correcta.

1. El principio de funcionamiento de las turbomáquinas es el teorema de Euler mientras que el de las máquinas de desplazamiento positivo es el principio de Pascal.
2. Dentro de las turbomáquinas hidráulicas se han visto en el laboratorio dos tipos de equipos: turbobombas y turbinas.
3. Las turbinas de reacción son aquellas en las que la energía intercambiada es energía cinética y energía de presión.
4. El antedistribuidor es un elemento propio de, ¿qué tipo de turbomáquinas? Turbinas de reacción (Es necesario una respuesta **completa**)
5. Los tipos de sistemas de cierre de una turbobomba son **internos** y **externos**.
6. El prensa-estopas es un cierre que evita que el agua escape al exterior por el eje.
7. En una turbina de acción la relación de trabajo Q/H es baja.
8. En la cámara espiral de una bomba se producen variaciones de energía, la presión **aumenta** y la velocidad disminuye.