



Universidad
del País Vasco

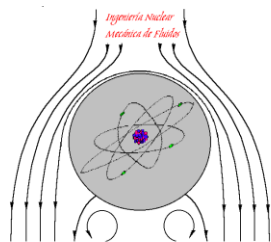
Euskal Herriko
Unibertsitatea

MECÁNICA DE FLUIDOS EXÁMENES



*Grados Industriales
de Ingeniería
2º Curso*

Alberro Eguilegor, Gorka
Aranburu Aierbe, Joseba
Esnaola Aldanondo, Ganix
Garmendia Antín, Maddi
Martínez Rico, Jon



*Departamento de
Ingeniería Energética*



eman ta zabal zazu



rsidad
Vasco

Eusk
Unibe

Para el comienzo de los Nuevos Planes de Estudios, los profesores del Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos han decidido poner a disposición de los alumnos exámenes de la asignatura Mecánica de Fluidos, asignatura correspondiente al Grado en Ingeniería Industrial, así como de la asignatura Ingeniería Fluidomecánica, correspondiente a la titulación de Ingeniería Técnica Mecánica, con el fin de facilitar a los alumnos su estudio y comprensión.

Con esta aportación se pretende que el alumno adquiera los cimientos o la base necesaria para continuar con otras asignaturas de la titulación, pertenecientes al área de Mecánica de Fluidos, como Instalaciones y Máquinas Hidráulicas, correspondiente al Grado en Ingeniería Mecánica, así como para abordar cualquier problema que, en este tema, le pueda surgir en su vida profesional.

Nuestro deseo es que sean de utilidad al alumnado y que ellos aporten sus ideas, críticas constructivas, así como erratas que puedan existir, con el fin de poder mejorarlos.

Donostia- San Sebastián, Enero de 2026

Los profesores

eman ta zabal zazu



rsidad
Vasco

Eusk
Unibe

INDICE

eman ta zabal zazu

EXÁMEN PARCIAL. 8 de Mayo de 2020	1
EXÁMEN PARCIAL. 4 de Junio de 2020	5
EXÁMEN FINAL. 29 de Junio de 2020.....	9
EXAMEN PARCIAL. 16 de Abril de 2021	14
EXAMEN PARCIAL. 7 de Mayo de 2021	17
EXAMEN PARCIAL. 3 de Junio de 2021	19
EXAMEN FINAL. 28 de Junio de 2021	25
EXAMEN FINAL. 2 de Junio de 2022	31
EXAMEN FINAL. 27 de Junio de 2022	36
EXAMEN FINAL. 1 de Junio de 2023	40
EXAMEN FINAL. 26 de Junio de 2023	44
EXAMEN FINAL. 30 de Mayo de 2024	49
EXAMEN FINAL. 24 de Junio de 2024	53
EXAMEN FINAL. 29 de Mayo de 2025	57
EXAMEN FINAL. 23 de Junio de 2025.....	62

rsidad
Vasco

Euska
Unibe

MECÁNICA DE FLUIDOS EXÁMEN PARCIAL. 8 de Mayo de 2020

1. (18%) Inicialmente se tiene un recipiente cerrado rígido que contiene $m_0=5,6$ kg de aire a una presión absoluta de $P_0=9,6$ bar y una temperatura de $T_0=25^\circ\text{C}$. Se extrae la mitad de la masa de aire y se calienta la masa restante ($m_1=m_0/2$) hasta el doble de la temperatura inicial ($T_1=2\cdot T_0$). Se conocen los siguientes datos del aire: $P_{\text{atm}} = 10.3$ m.c.a. y la constante $R_{\text{aire}} = 287$ N·m/(kg·K). Se pide:

- Calcular el volumen del recipiente (m^3) y la densidad del aire en el instante inicial (t_0).
- Calcular la presión manométrica del aire (kg/cm^2) en el instante final (t_1).

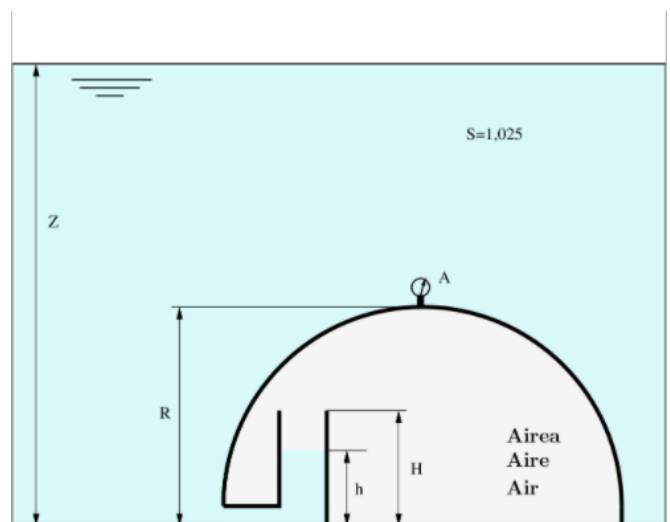
En el extremo superior del recipiente hay un pistón. Se acciona el pistón hacia abajo hasta que el volumen del recipiente se reduce un 15%. La variación de presión producida es de 225 kPa. Ambas variaciones son respecto a las condiciones del instante t_1 . Se pide:

- Calcular el módulo de elasticidad volumétrico del aire (MPa).

Resultados: $V=0,499$ m^3 ; $\rho=11,22$ kg/m^3 ; $P_1=4,279$ kg/cm^2 ; $K=1,38$ MPa.

2. (20%) La figura muestra el diseño de un laboratorio de observación submarino diseñado para situarse en el fondo de un mar poco profundo, estando la base del laboratorio a una profundidad de diseño de $Z=39,5$ m. El laboratorio tendrá forma de medio cilindro de radio $R=5,8$ m. Tal y como muestra la figura, el acceso al laboratorio se hará por una conducción horizontal con terminación vertical, y para garantizar que se puede acceder de esta forma el aire del laboratorio deberá estar presurizado. La altura total del acceso vertical será de $H=4,1$ m. Durante el diseño se considerará que la presión atmosférica sobre la superficie libre del mar es de 1 atm y el peso específico del agua de mar es de 1025 kg/m^3 . Se pide:

- Calcular la presión absoluta que deberá tener el aire del laboratorio para que la columna de agua del acceso vertical sea de $h=2,9$ m.
- Calcular la presión que indicará el manómetro tipo Bourdon A en dicha configuración (kg/cm^2).
- Deducir la profundidad máxima $Z_{\text{máx}}$ permitida para que manteniendo la presión del laboratorio antes calculada constante se evite derramar agua al interior del laboratorio desde la columna de acceso.



- Considérese que cambia el peso específico del agua de mar. Calcular el valor (kg/m^3) que debería tomar para que manteniendo fijas la presión del aire del laboratorio y la profundidad $Z=39,5$ m, se de la condición límite de no derrame descrita en el apartado anterior.

Resultados: $P_{\text{abs}}^{\text{aire}}=468972$ Pa; $P_{\text{man}}^{\text{aire}}=0,29725$ kg/cm^2 ; $Z_{\text{máx}}=40,7$ m; $\gamma_0=1059,75$ kg/m^3 .

3. (20%) En el sistema de la figura, se suministra agua a la boquilla B desde los depósitos A y C. El diámetro de la boquilla es $d=25$ mm. No considerar las pérdidas de carga en la boquilla. Inicialmente la válvula V está cerrada. Se pide:

a) Altura manométrica que debe aportar la bomba para que el chorro que sale por la boquilla B alcance una altura $h=7$ m de altura. Determinar asimismo la potencia útil de la bomba.

b) Potencia del chorro (W).

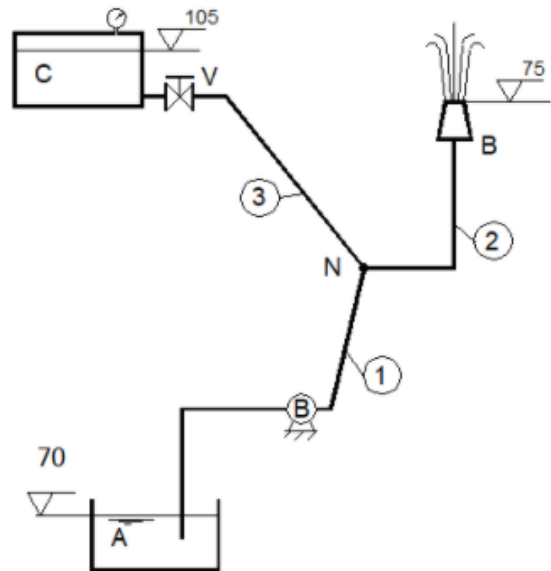
Se desea aumentar la velocidad del chorro a $v_B=20,5$ m/s. Para ello se abre totalmente la válvula V ($K_{\text{válvula totalmente abierta}}=0$). Suponiendo constante la potencia útil de la bomba, se pide:

c) Caudal que debe bombear la bomba Q_1 (l/s).

d) Presión P_c (kg/cm²).

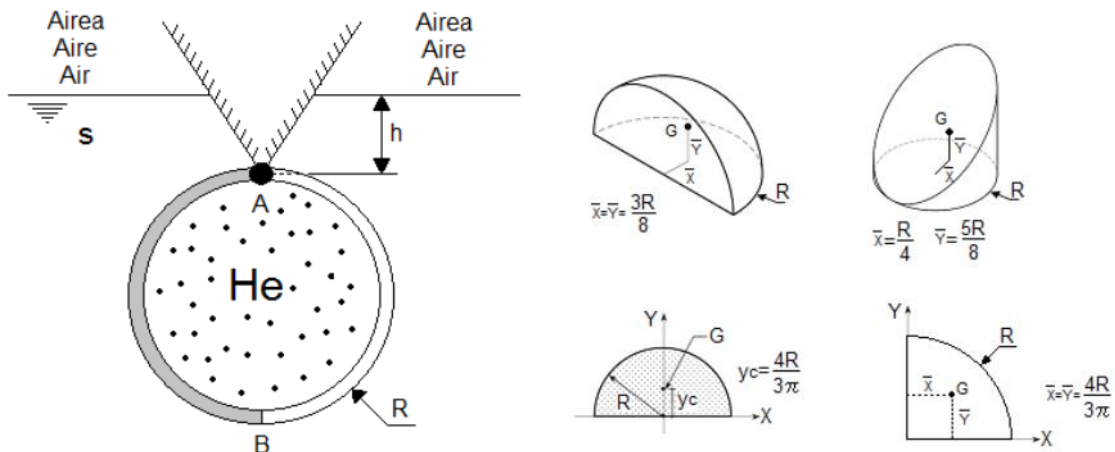
Resultados: $h_m=33,03$ mcl, $P_{\text{útil}}=1861,07$ W; $P_{\text{chorro}}=394,43$ W; $Q_1=3,37$ l/s; $P_c=2,32$ kg/cm².

Tubería	L (m)	D (mm)	k (adimensional)
1	750	80	190
2	500	80	125
3	200	70	40



4. (25%) La figura muestra un nuevo sistema para transportar helio en estado gaseoso a 10 bar bajo un fluido. El tubo consta de 2 medios-tubos, las dos partes tienen un radio $R=2,5$ m, están articuladas independientemente en el punto A, hacen contacto en el punto B pero no están unidos. El tubo está ubicado a una profundidad de $h=55$ m. El peso de cada fragmento del tubo es de 50 kg por metro de profundidad y su centro de gravedad se encuentra a $3 \cdot R/5$ del centro de la circunferencia. Despreciando el espesor de la tubería y tomando una tubería con una longitud de 1,75 m,

a) Dibujar los prismas de presiones acotados de la fuerza hidrostática realizada por ambos fluidos sobre las paredes del tubo. Es suficiente con estudiar solo una parte del tubo.



b) Calcular la fuerza (kN) hidrostática horizontal y vertical resultante ejercida por los fluidos en las paredes del tubo. Es suficiente con estudiar solo una parte del tubo.

c) ¿Funcionará este sistema de tubos analizado para transportar a He? Razona la respuesta.

Ahora se analizará un caso en el que el nivel del fluido exterior ha aumentado. Tomando $h=200$ m,

d) Calcular las reacciones (kN) en el punto A. ¿Qué fuerza (kN) sufrirá la junta ubicada en el punto B?

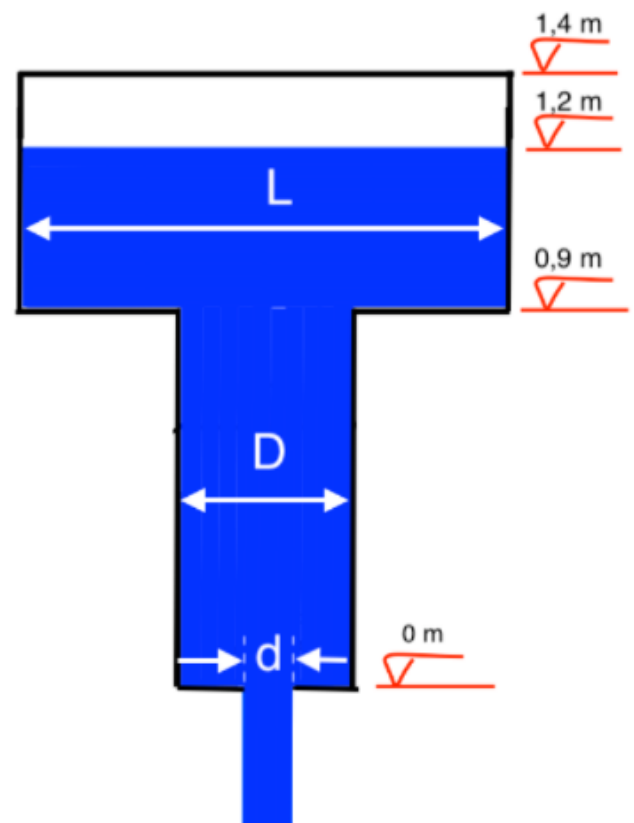
Datos: $s=1,75$; $\rho_{\text{aire}}=1,2 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{He}}=0,2 \text{ kg/m}^3$.

Resultados: Tomando sólo la parte derecha del tubo, $F_H=121,41 \text{ kN}$ ($\rightarrow$), $F_V=294,65 \text{ kN}$ ($\uparrow$); No funcionará, porque el fluido interior hace que se abra el conducto; $R_{Ax}=0 \text{ kN}$, $R_{Ay}=587,58 \text{ kN}$ ($\downarrow$), $R_{Bx}=10819,09 \text{ kN}$ ($\rightarrow$).

5. (17%) La figura muestra el vaciado de un tanque cerrado. La parte superior del tanque (entre las cotas de 140 cm y 90 cm) tiene una sección cuadrada, con un lado $L=350$ mm; y la inferior (debajo de la cota de 90 cm) tiene una sección circular con un diámetro de $D=150$ mm. El diámetro del orificio en el fondo del tanque es $d=26$ mm y el coeficiente de descarga del orificio es $C_D=0,71$.

a) Deduce la expresión para el vaciado de la parte superior del tanque (la de sección cuadrada), **añadiendo los puntos** que consideres útiles en la figura. Cuando comienza a vaciarse el aire que está contenido en su parte superior tiene presión atmosférica y su proceso de expansión/compresión es isoterma. La expresión, sin necesidad de ser integrada, debe estar lo más simplificada posible.

Se abre el depósito. Partiendo de los datos de la figura, calcular:



b) Cota de la superficie libre del fluido después de $t=6,5$ s.

c) Cota de la superficie libre del fluido después de $t=35$ s.

NOTA: Los resultados sin deducción de la expresión **NO SON VÁLIDOS**.

Resultados: $z_c=110,496$ cm; $z'_c=9,82$ cm.

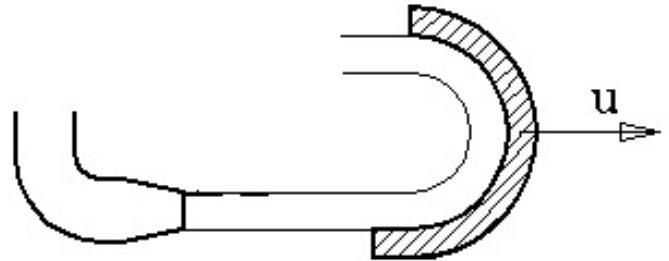
MECÁNICA DE FLUIDOS EXÁMEN PARCIAL. 4 de Junio de 2020

1. (13%) Un chorro de agua, de diámetro $d=13$ cm incide tangencialmente sobre el álabe de la figura, que lo desvía 180° . La velocidad del agua a la salida de la boquilla es $v=60$ m/s. Se pide:

a) Esfuerzo que ejerce el chorro sobre el álabe si la velocidad de desplazamiento del álabe es $u=v/3$. **Nota: en la resolución se deben seguir obligatoriamente los cinco pasos.**

b) ¿A qué velocidad debe desplazarse el álabe para que la potencia útil obtenida sea nula? Razonar la respuesta.

c) Esfuerzo que ejercería el chorro sobre el álabe si el álabe se desplazara a una velocidad $u=20$ m/s **hacia el chorro**.



Resultados: $F=42,47$ kN; $u'=60$ m/s; $F'=169,9$ kN.

2. (15%) La ESA (Agencia Espacial Europea) quiere diseñar un módulo de aterrizaje para futuras misiones al planeta Marte. Ante la imposibilidad de hacer los test directamente en la atmósfera del planeta de destino, se opta por hacer ensayos de laboratorio a escala con un gas idéntico al del planeta de destino ($\lambda=1/10$). El factor determinante en el diseño del módulo es el calentamiento generado por fricción con la atmósfera durante el descenso, por lo que el diseño pretenderá minimizar dicha fuerza de fricción. Se va a considerar que dicha fuerza de fricción F_R depende de la velocidad de descenso del módulo v , de la densidad ρ y la viscosidad dinámica μ del gas de la atmósfera, del ángulo de entrada α (ángulo formado por la línea de acción de la gravedad y la dirección de avance del módulo), de la velocidad del sonido c en dicho gas, de la rugosidad ϵ del material superficial del módulo, de la gravedad local g , y de la longitud característica del módulo L . Responder a las siguientes preguntas y cuestiones:

a) Se pretende utilizar las variables μ , ϵ y c como variables repetidas para deducir los números adimensionales que caracterizan el problema. Justificar si es posible hacerlo. En el caso en el que no lo sea, proponer y justificar una lista alternativa de variables repetidas.

b) Indicar claramente las **dimensiones** de todas las variables involucradas (mediante una tabla por ejemplo), y **deducir justificadamente** los números adimensionales que caracterizan el problema **obligatoriamente mediante el teorema de VASCHY-BUCKINGHAM**. Es obligatorio emplear como variables repetidas las propuestas por el enunciado en el apartado anterior, con la excepción del caso justificado de la lista alternativa propuesta. Solo se valorarán los números adimensionales deducidos siguiendo estrictamente las condiciones impuestas y cuya deducción esté debidamente justificada.

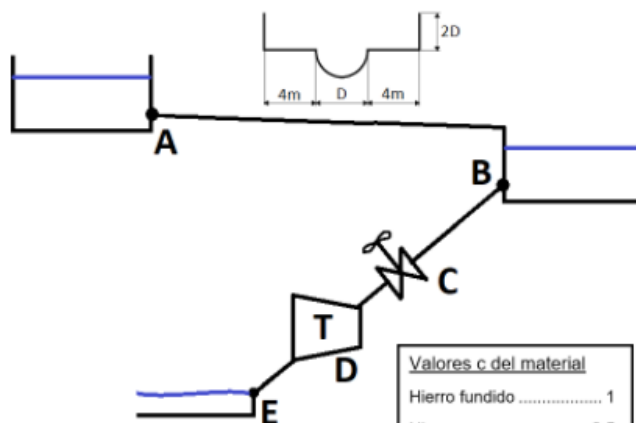
c) Justificar si es posible obtener la semejanza dinámica absoluta y discutir los resultados obtenidos. Se puede basar la respuesta en los números adimensionales deducidos en el paso anterior, o en los habituales cuyo uso esté justificado por la lista de variables involucradas. En el caso en el que se opte por esta segunda opción se debe justificar.

Resultados: Sí es posible, $\pi_1=F_R/(\mu \cdot \epsilon \cdot c)$, $\pi_2=v/c$, $\pi_3=\rho \cdot \epsilon \cdot c/\mu$, $\pi_4=g \cdot \epsilon/c^2$, $\pi_5=L/\epsilon$, $\pi_6=\alpha$; no es posible la semejanza dinámica absoluta con dichos parámetros adimensionales, para un mismo fluido y bajo la escala citada en el enunciado.

3.(25%) Al diseñar la instalación de montaña que se muestra en la figura, la presa A y el depósito B se unirán mediante un canal con la forma que se muestra en la figura. El canal está hecho de madera sin cepillar y la pendiente es de 1,5 milésimas. Como hay una gran variación de caudal entre el invierno y el verano se quiere lograr que en verano el nivel del agua no supere el 45% del diámetro.

a) Si el caudal medio en verano es de 440 l/s, calcula el nivel de agua h y la velocidad de flujo v_c . Los diámetros comerciales aumentan cada 10 cm.

La superficie libre del depósito B está en la cota $z_B=1550$ m. Del depósito sale una tubería de acero con un diámetro de 430 mm y una pendiente del 18%. En el camino hay una válvula de guillotina a una altitud de $z_C=250$ m, y aguas abajo de la válvula, a una altitud de $z_D=200$ m, una pequeña central hidroeléctrica con una turbina Pelton con dos inyectores para turbinar el agua que transporta la tubería. Después de la central, se vierte el agua en el río a una altitud de $z_E=100$ m. Si el caudal que se transportará a través de la tubería debe ser de 390 l/s y el cierre de la válvula, manualmente, se realizará en 25 segundos:



$$e = \left(\frac{pD}{2\sigma} + m \right) c$$

Donde:
 σ – Tensión admisible del material (355 MPa)
 m – Aumento debido a la corrosión (1 mm)
 c – margen de fabricación (1,25)

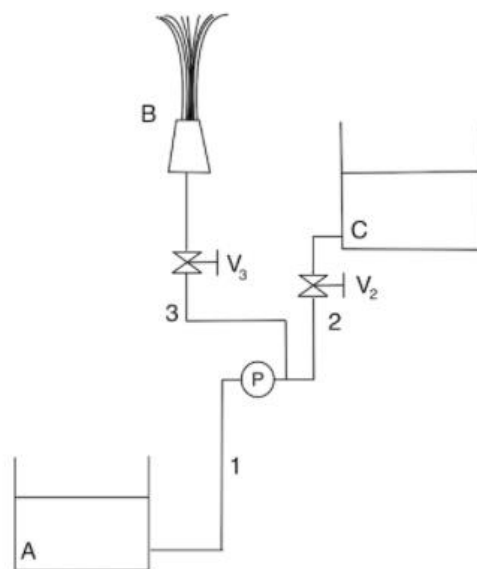
Valores c del material	
Hierro fundido	1
Hierro y acero	0,5
Hormigón	3,3
Fibrocemento	5,5
PVC	33,3
PE	100
PRFV	5

b) Calcula el grosor de la tubería utilizando la expresión de Barlow y después selecciona el espesor comercial adecuado sabiendo que son múltiplos de 2 mm. Explica y razona el procedimiento.

c) El cliente desea que la válvula se cierre automáticamente en 10 segundos. Explica con valores si es una buena idea o no. El cliente no aceptará opiniones contrarias que no estén respaldadas con valores.

Resultados: $h=46,3$ cm, $v_c=1,17$ m/s; $e=14$ mm; el cambio es aceptable.

4. (27%) Se dispone de una instalación de bombeo desde la que se bombea agua desde el depósito A cuya cota es de 2,5 m a una boquilla B cuya salida se encuentra situada a una cota de 14,5 m y a un depósito C cuya lámina libre se encuentra en la cota 14,5 m. Se cierra la válvula V_3 . La tubería de aspiración tiene una longitud de 15 m y un diámetro de 100 mm. Su conexión al depósito A es una salida de ángulos redondeados y en el conducto de aspiración hay también un codo comercial de 90º de radio medio. En la tubería de impulsión, de 150 m de longitud y 150 mm de diámetro, se dispone de un codo comercial de 90º de radio medio, una válvula de compuerta con un grado de apertura del 62,5% y una válvula esférica girada 30º. La válvula V_2 de regulación está completamente abierta y no genera pérdidas. Se pide, empleando la expresión de Hazen-Williams:



a) Expresión de la curva característica de la instalación. Dibujar la curva en papel milimetrado.
Escala: DIN A4 vertical. 1 cm = 5 l/s y 5 mca.

Se conoce que el caudal del punto de funcionamiento es de 55 l/s.

b) Expresión analítica de la altura manométrica de la turbobomba (A-B-Q²) sabiendo que cuando la presión en el depósito superior es de 70 kPa, el caudal disminuye un 10%.

c) Sabiendo que el NPSH_{req} de la turbo-bomba sigue la siguiente expresión: NPSH_{req}=2.2+382·Q² (NPSH_{req} en mca, Q en m³/s), calcular a qué cota se debería colocar la bomba para evitar problemas de cavitación.

d) Tomando la cota de la bomba calculada en el apartado anterior, lecturas (kg/cm²) de los manómetros situados antes y después de la turbo-bomba.

e) Calcular la pérdida de carga que habrá de generar la válvula V₂ de regulación y su factor de paso en ese caso, para bombear un caudal de 52 l/s.

f) Diferencia de presiones (kg/cm²) entre los manómetros al cerrar la válvula V₂ de regulación.

NOTA: Todas las conducciones son de fundición asfaltada.

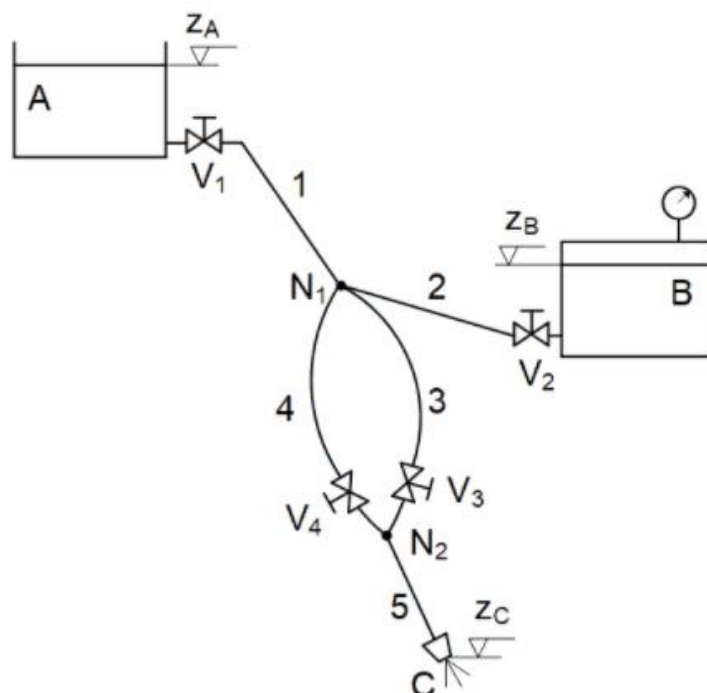
DATOS: P_{atm}=1 atm, P_v/γ (abs)=0,2 mca.

Resultados: h_{mi}=12+1,02·10⁻²·Q^{1,852}+1,81·10⁻³·Q²; h_{mtb}=50,74-5333,53·Q²; z_b=-1,52 m; P_{vac}=-0,83 kg/cm², P_{man}=2,83 kg/cm²; h_{f valv}=3,98 m, k_{valv}=9,02; ΔP=5,07 kg/cm².

5. (30%) El depósito abierto A situado a una cota de 140 m contiene un fluido con una densidad relativa de s=0,943 y una viscosidad cinemática de 0,05 St. El depósito abastece la boquilla C situada a una cota de 80 m. El depósito B está situado a una cota de 110 m y a una presión de 1,5 bar. Los datos de las tuberías se resumen en la tabla.

	Material	L (m)	D (mm)
Tubería 1	Fundición	250	200
Tubería 2	Fundición	300	110
Tubería 3	Hierro galvanizado	100	60
Tubería 4	Hierro galvanizado	?	85
Tubería 5	PVC	80	110

El diámetro de la boquilla es de 67,5 mm y su factor de paso es de 2. Las únicas pérdidas menores que se tendrán en cuenta serán las de la boquilla y las de la válvula parcialmente abierta V₂ (su factor de paso es 2). Las demás válvulas están completamente abiertas y su pérdida de carga es despreciable. El caudal Q₁ es de 50 l/s. Se pide:



a) Calcular el caudal de la tubería 2 (l/s), determinando también el sentido del flujo.

b) Calcular la velocidad (m/s) de la tubería 5.

c) Calcular las velocidades (m/s) de las tuberías 3 y 4.

d) Calcular la longitud de la tubería 4 (m).

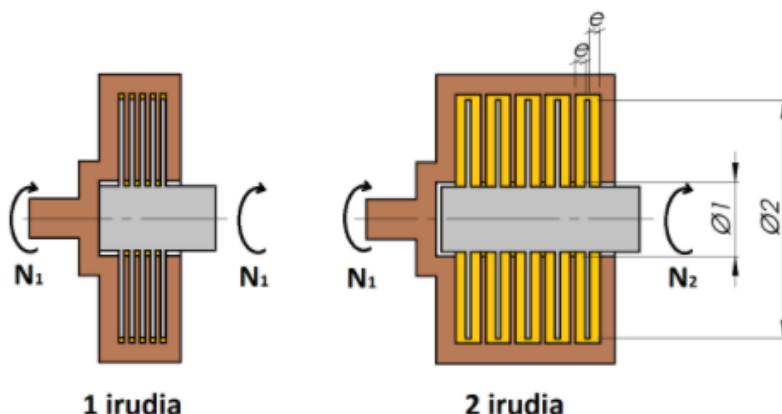
IMPRESINDIBLE: indicar el tipo de flujo, el comportamiento hidráulico y la expresión empleada a la hora de calcular el coeficiente de frotamiento.

Nota: en caso de ser necesario, limitar a 3 el número de iteraciones a realizar o a un cambio menor al 5% en la variable a calcular.

Resultados: $Q_2=14,74$ l/s; $v_5=3,71$ m/s; $v_3=3,65$ m/s, $v_4=4,39$ m/s; $L_4=108,21$ m.

MECÁNICA DE FLUIDOS EXÁMEN FINAL. 29 de Junio de 2020

1. (12%) La figura muestra un embrague hidráulico de múltiples etapas. En la Figura 1, cuando está completamente acoplado, transmite todo el par desde el eje izquierdo al eje derecho. En la figura 2 tiene la capacidad de transmitir un par de fuerzas M de dependiendo de la separación " e ".



	ν (cSt)
VG 700	700
VG 680	680
VG 460	460
VG 320	320
VG 220	220
VG 150	150
VG 100	100
VG 68	68
VG 46	46
VG 32	32
VG 22	22
VG 15	15
VG 10	10

Si los datos iniciales son los siguientes:

Datos: $N_1=260$ rpm; $N_2=40$ rpm; $\varnothing_1=150$ mm; $\varnothing_2=1550$ mm; $M=4$ m·kN; $s=0,79$ [-]; $e=1,25$ mm.

Calcular:

- Calcular la viscosidad cinemática del fluido requerida para transmitir el par de fuerzas M .
- Seleccionar de la tabla de la figura el aceite más adecuado para transmitir al menos el par de fuerza M mientras se mantienen constantes las velocidades de rotación N_1 y N_2 .
- Calcular la variación (%) que causará en la potencia transmitida el aceite seleccionado.

Nota: Las secciones laterales son insignificantes.

Resultados: 48 cSt; VG68; aumento de 40,3%.

2. (20%) La imagen muestra un depósito de dimensiones grandes C lleno de aire. En su interior hay dos depósitos de base cuadrada (A y B) con una altura de $L=100$ cm. En el depósito A hay un fluido con una densidad relativa de $s_1=0,9$ y en el depósito B hay un fluido de densidad relativa de $s_3=3,2$. Entre los dos hay un manómetro en forma de U, siendo el líquido manométrico $s_2=0,6$.

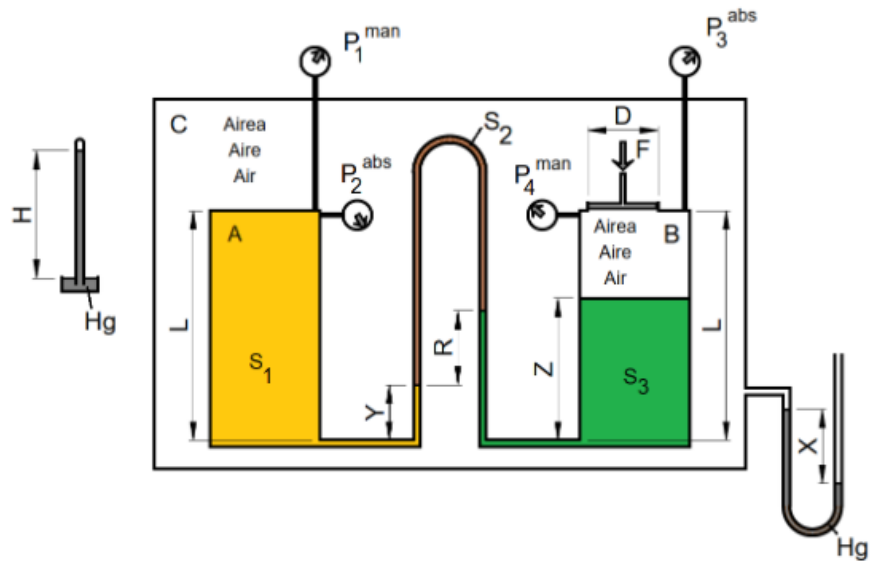
Se conectan dos manómetros a cada depósito A y B, donde los manómetros 2 y 3 miden presiones absolutas.

- Calcular la lectura del manómetro U conectado al tanque C.

b) Calcular la lectura del manómetro diferencial.

La relación entre el diámetro del tubo del manómetro diferencial y el lado del tanque cuadrado B es 0,4.

c) Calcular la presión máxima y mínima en la cámara de aire del tanque B para evitar que el fluido manométrico se introduzca al tubo horizontal, sabiendo que el proceso de compresión/expansión del aire es isotérmico.



d) Si esta cámara de aire está conectada a un pistón de $D=150$ mm, calcular la fuerza que resistirá en los dos casos calculados en la sección c).

Datos: $H=750$ mm; $P_1=18$ kPa; $P_3=1,38$ atm; $P_4=780000$ dyn/cm²; $y=28$ cm; $z=74,2$ cm.

Resultados: $X=286,1$ mm; $R=1,178$ m; $P_{\text{máx}}=4,82$ bar, $P_{\text{mín}}=1,23$ bar; $F_{\text{mín}}=1081,83$ N, $F_{\text{máx}}=7427,22$ N.

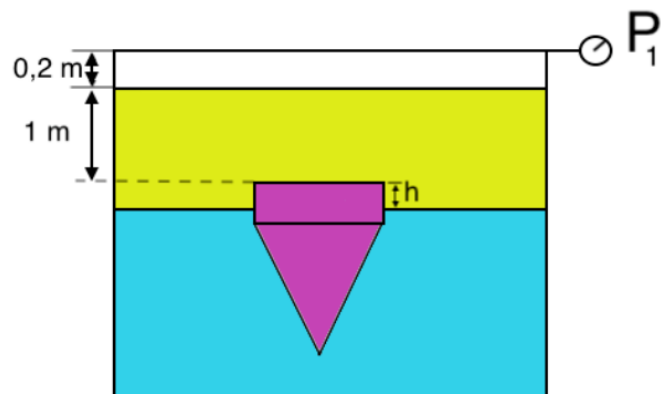
3. (14%) En el depósito cilíndrico de la imagen de diámetro 10 m se encuentran almacenados dos fluidos inmiscibles de densidades relativas $s_1=1,01$ y $s_2=0,79$. En el centro de la imagen se encuentra un cuerpo formado por un bloque cilíndrico de radio $R=1$ m y altura $L=75$ cm, y un cono de altura $H=130$ cm que flota entre ambos fluidos. Sabiendo que el gas que se encuentra en la zona superior de la cámara ha sido introducido a razón de 66 g por segundo y esta operación ha necesitado 5,2 minutos, calcular:

a) Altura h que está sumergido el cuerpo de la figura en el fluido superior.

b) Lectura del manómetro superior (mmHg).

c) Dibujar los prismas de presiones acotados de las fuerzas hidrostáticas realizadas por ambos fluidos sobre el cuerpo.

d) Calcular las componentes horizontales y verticales de las fuerzas hidrostáticas ejercidas por cada fluido sobre el cuerpo.



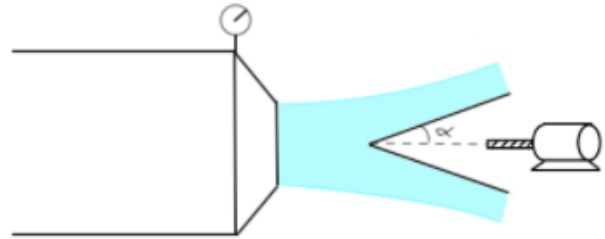
DATOS: $\gamma_{\text{material}}=925$ kg/m³, $R_{\text{gas}}=2077,16$ J/(kg·K); $T=20^\circ\text{C}$; $V_{\text{cono}}=1/3 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H$; $P_{\text{atm}}=1$ atm.

Resultados: $h=0,457$ m; $P_1=5225,96$ mmHg; $F_{h1}=0$, $F_{v1}=2246,19$ kN ($\uparrow$), $F_{h2}=0$, $F_{v2}=2212,49$ kN ($\downarrow$).

4. (14%) Para la limpieza de grandes superficies acristaladas verticales, se emplea una tubería cilíndrica horizontal ($D=54$ cm), habiéndose medido en el manómetro una presión de $1,4$ kg/cm². Esta conducción lanza un chorro uniforme de agua des-ionizada a través de una tobera ($d=25$ cm) con un factor de paso de $k=0,04$ a la salida. Se pide:

- a)** Determinar la velocidad de salida del chorro por la tobera considerando un $C_d=0,7$.

Para poder abarcar una mayor área de limpieza, se acopla a la tobera una válvula de asiento cónico regulado mediante un dispositivo de pequeño diámetro (tornillo) que permite el avance-retroceso del cono y es accionado por un pequeño motor eléctrico, tal y como se muestra en la figura. Suponiendo que inicialmente el cono permanece fijo en la posición mostrada, se pide:



- b)** Diseñar el asiento cónico para que la fuerza que tiene que soportar el tornillo no supere los $2/3$ de la carga de rotura por compresión de 205 N.

Mediante la acción del motor eléctrico se desplaza el cono diseñado en el apartado anterior hacia la izquierda con una velocidad u constante. Se pide:

- c)** Valor límite que podría alcanzar la mencionada velocidad para no romper el tornillo.

Resultados: $v_{b0q}=16,63$ m/s; $\alpha=9,63^\circ$; $u=3,74$ m/s.

5. (12%) La experiencia y la experimentación demuestran que el rendimiento de una turbobomba η depende del caudal bombeado Q , de la velocidad de giro del rodete n , de la densidad ρ y de la viscosidad dinámica μ del líquido bombeado, del diámetro del rodete D y de la gravedad g .

- a)** Deducir los parámetros adimensionales que intervienen en el fenómeno físico mediante el método rápido o intuitivo, si se toman como variables repetidas ρ , n y D .

En el laboratorio de modelos de hidráulica se dispone de dos turbobombas A y B, geoméricamente semejantes. El diámetro del rodete de la turbobomba B es $D_B=300$ mm y el de la turbobomba A es $D_A=200$ mm. Ambas turbobombas bombean agua a la misma temperatura.

- b)** ¿Es posible obtener la semejanza absoluta entre las dos turbobombas? Razonar la respuesta.

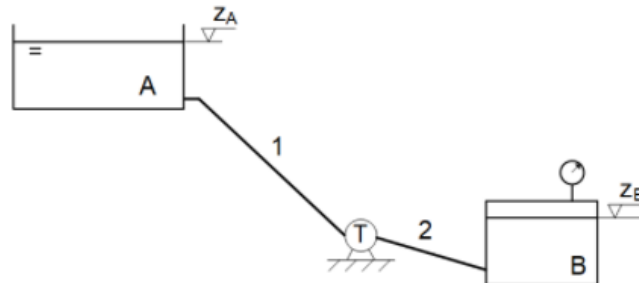
- c)** Sí se desea que se cumpla la semejanza restringida de Reynolds, calcular la velocidad de giro y el caudal a bombear por la turbobomba B, si la velocidad de giro de la turbobomba A es $n_A=1000$ rpm y descarga un caudal $Q_A=7$ m³/min de agua.

- d)** ¿Qué turbobomba obtendrá un mejor rendimiento? Razonar la respuesta.

Resultados: $\pi_1=\eta$, $\pi_2=Q/(n \cdot D^3)$, $\pi_3=\mu/(\rho \cdot D^2 \cdot n)$, $\pi_4=g/(D \cdot n^2)$; Siendo el fluido empleado en las dos bombas el mismo, es imposible, dado que no sería posible que los valores de π_3 y π_4 fuesen iguales en ambas turbobombas; $n_B=444,4$ rpm, $Q_B=10,5$ m³/min; Al ser las bombas geoméricamente semejantes y mantenerse π_3 y π_2 constantes, ambas tendrán igual rendimiento.

6. (12%) En la instalación de la imagen, el agua fluye desde el embalse A (situado a una cota de 900 m) hasta el depósito B presurizado a 5,5 bar (situado a 815 m). Gracias a la turbina hidráulica ubicada entre las tuberías 1 y 2, se abastece de electricidad la escuela de una población situada en la montaña. El rendimiento de la turbina es 0,78. Los datos de las tuberías son:

- Tubería 1: longitud de 275 m, diámetro desconocido, material PVC.
- Tubería 2: longitud de 90 m, diámetro de 200 mm, material hormigón.



Las pérdidas menores que hay que tener en cuenta son las generadas por siete codos de 90º instalados en la tubería 1. La longitud equivalente de cada codo es de 9 m. La potencia total perdida en la tubería 1, teniendo en cuenta también las pérdidas menores, es de 1,5 kW. Se pide **calcular mediante Darcy-Weisbach**:

- a)** El diámetro exacto de la tubería 1 (mm) y la potencia útil de la turbina (kW). El caudal circulante es de 40 l/s.

IMPRESCINDIBLE:

- Indicar el tipo de flujo, el comportamiento hidráulico y la expresión empleada a la hora de calcular el coeficiente de frotamiento.
- En caso de realizar iteraciones, el cambio en la variable a calcular debe ser menor al 5%.

Resultados: $D_1=176$ mm, $P_{\text{útil}}=7,3$ kW.

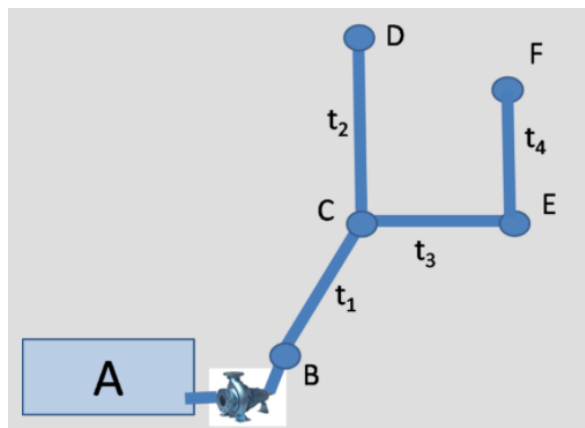
7. (15%) Desde el depósito abierto A, situada la lámina de agua en cota 10, se bombea agua a 4 barrios (C, D, E y F). Se conocen las cotas de los barrios y los caudales punta demandados en cada barrio. Están indicados en la tabla adjunta. Asimismo, son conocidas las longitudes de cada uno de los tubos y los diámetros instalados, excepto el de la tubería 4. Las tuberías son de polietileno (PE).

		C	D	E	F
Cota	m	25	43	25	30
Demanda punta	l/s	3,5	17,5	13	11

		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Longitud	m	1000	2600	1500	2000
Diámetro	mm	225	175	175	?

En la gráfica está representada la curva característica altura manométrica-caudal de la bomba instalada. Se pide:

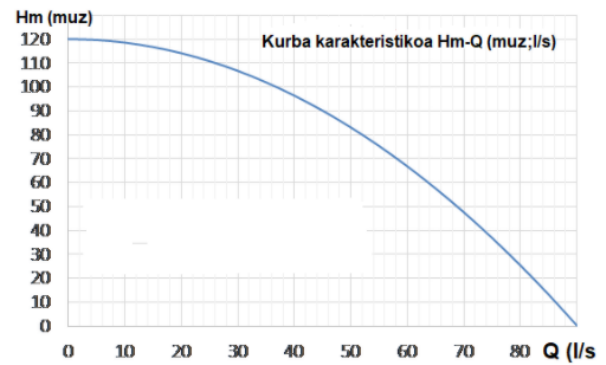
- a)** Indicar los caudales circulantes en cada tubería y la altura manométrica que debe aportar la bomba al flujo para abastecer los caudales demandados en los barrios.
- b)** Presión del flujo en el barrio D (mca).



c) Diámetro comercial mínimo a instalar en la tubería 4 si la presión mínima en el barrio F ha de ser $P_F=40$ mca para los caudales punta. Los diámetros comerciales existentes van de 25 en 25 mm.

d) Dibujar la línea piezométrica desde el depósito A al barrio D, indicando la presión del flujo en los barrios C y D.

Nota importante: no tener en cuenta el término cinético de la ecuación de Bernoulli.



Resultados: $Q_1=45$ l/s, $Q_2=17,5$ l/s, $Q_3=24$ l/s, $Q_4=11$ l/s, $H_m=90$ mca; $P_D/\gamma=43,82$ mca; $D_4=125$ mm.

8. (8%) Por un canal de sección circular de arena, con un diámetro de 1,6 m, circula un caudal de agua de $3,7$ m³/s. La altura de calado es de 1,12 m. Se pide:

a) Calcular la pendiente exacta del canal en milésimas y la velocidad de calado del flujo.

En otro tramo de la instalación, se quiere instalar un canal de sección rectangular hidráulicamente óptima, con una pendiente de 5 milésimas. El caudal circulante y el material del canal se mantienen constantes respecto al apartado anterior. Se pide:

b) Calcular las dimensiones de la sección del canal. Dibujar la sección indicando sus dimensiones.

Resultados: $J=6,561$ milésimas, $v_c=2,46$ m/s; $b=1,866$ m.

MECÁNICA DE FLUIDOS
EXAMEN PARCIAL. 16 de Abril de 2021

1. (30%) Razonar si son VERDADERAS o FALSAS las siguientes afirmaciones: **TODAS LAS AFIRMACIONES ERAN FALSAS.**

- a) En el laboratorio se tiene un hidrómetro de cristal tarado para medir densidades relativas con valores comprendidos entre 0,85 y 0,95. Al sumergirlo en un fluido cuya densidad relativa es $s=0,87$, el hidrómetro sufre un empuje menor que al sumergirlo en un fluido cuya densidad relativa es $s=0,93$.
- b) Si compro un botellín de agua en la cafetería y le hago un orificio de $D=3$ mm en el fondo a dicho botellín **sin abrirlo**, el agua saldrá por dicho orificio hasta vaciar completamente el botellín.
- c) La potencia disipada por el fluido situado en el huelgo entre dos tubos concéntricos de radios R_1 y R_2 y longitud L es la misma para el caso en el que el interior es fijo y el exterior gira con una velocidad ω que para el caso en el que el exterior es fijo y el que gira con velocidad ω es el interior.
- d) La relación existente entre las fuerzas de adhesión y las fuerzas de cohesión, para el caso en el que el ángulo de mojado o de contacto es de 90° , es de $F_{coh}/F_{adh}=(\sqrt{2})/2$. Es **OBLIGATORIO** justificarlo analíticamente.
- e) La viscosidad dinámica de un fluido de peso específico 820 kg/m^3 y viscosidad cinemática $0,3 \text{ cSt}$, es de $2,46 \cdot 10^{-3} \text{ Pl}$.
- f) A la hora de diseñar el espesor de las paredes de un tubo que va a transportar un fluido sometido a presión se sumerge el tubo en agua, ya que en esa situación el espesor calculado va a ser mayor.

2. (20%) En el laboratorio de Mecánica de Fluidos se desea construir un micromanómetro de líquidos inmiscibles para **medir presiones de vacío muy pequeñas.**

Se dispone de los siguientes fluidos, inmiscibles entre sí: aceite ($s_{aceite}=0,85$; tetracloruro de carbono ($s_{Cl_4C}=1,52$) y agua.

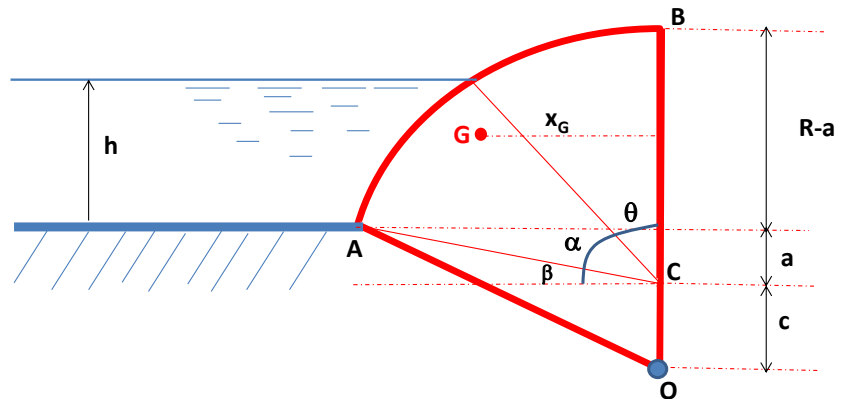
Se pide:

- a) Representar esquemáticamente el micromanómetro en la situación inicial (ambos depósitos abiertos a la atmósfera).
- b) Deducir la expresión para el cálculo de la **presión de vacío**. Considerar que las dimensiones de los depósitos son muy grandes respecto del diámetro del tubo manométrico.
- c) Seleccionar los dos fluidos más adecuados para obtener la mayor precisión. **Razonar la respuesta.**
- d) En uno de los depósitos se genera un vacío de 42 mmcagua . Calcular la lectura R en el micromanómetro.

- e) Si la lectura del barómetro del laboratorio es 755 mmHg, calcular la presión absoluta en el depósito en bar.
- f) Calcular la presión de vacío mínima que se puede medir en Pa.
- g) Sí se desea que el micromanómetro de tubo inclinado tenga la misma sensibilidad, ¿cuál debería de ser el ángulo de inclinación del tubo, si el fluido empleado fuera alcohol ($s_{\text{alcohol}}=0,8$)?

Resultados: $P_{\text{vacío}}=R \cdot (\gamma_2 - \gamma_1)$; aceite y agua; $R=0,28$ m; $P_A^{\text{abs}}=1,002$ bar; $P=-1,47$ Pa; $\alpha=10,8^\circ$.

3. (30%) La compuerta OABO está articulada en el punto O y apoyada en el punto A. Tiene una masa $m=1000$ kg por metro de compuerta y su centro de gravedad G está a una distancia $x_G=4$ m horizontalmente desde el centro O. Las distancias a y c son respectivamente $a=1$ m y $c=0,5$ m. La compuerta se compone de un sector de círculo CAB de radio $R=6$ m y ángulo $\alpha+\theta$, además del triángulo OAC. El ángulo β es constante, pero el ángulo α y el ángulo θ son dependientes ambos de la altura h del agua. El centro C de curvatura del sector CAB está situado a una distancia c de la articulación O. El nivel del agua puede variar desde 0 m hasta $(R-a)=5$ m. La anchura de la compuerta en un plano normal al dibujo es $b=3$ m. Se pide calcular:



- a) Prisma horizontal de presiones **acotado** de la acción del agua sobre la compuerta. Calcular la fuerza horizontal (N) y centro de presiones de esta fuerza horizontal respecto a C cuando la altura del agua es de $h=2$ m.
- b) Calcular la reacción que tiene lugar en A, como función de la altura h, es decir, $A_y=f(h)$.
- c) Calcular los valores de esta reacción para $h=0$ m, $h=2$ m y $h=h_{\text{máxima}}=R-a=5$ m y hacer un gráfico esquemático de esta función, tomando como abscisas h (m) y como ordenadas A_y (N). Es suficiente representar los 3 puntos $h=0$ m; $h=2$ m y $h=5$ m y unir los puntos de manera cualitativa, haciendo pasar la función por los 3 valores.
- d) ¿Para qué valor de $h=h_{\text{apertura}}$ (m) empezará a abrirse la compuerta de manera automática?
- e) Prisma vertical de presiones **acotado** de la acción del agua sobre la compuerta. Calcular la fuerza vertical (N) y centro de presiones de esta fuerza vertical respecto a C para una altura h de 2 m.
- f) Si la compuerta estuviese articulada en el centro de curvatura C, ¿cómo influiría el nivel del agua h en la apertura de la compuerta?

Resultados: $F_H=58800$ N, $y=1,67$ m; $A_y=19878-1242 \cdot h^2$; $A_y[h=0]=19878$ N, $A_y[h=2]=14909$ N, $A_y[h=5]=-11181$ N; $h=4$ m; $F_V=17207$ N, $x=5,7$ m; el agua no crearía momento y el peso mantendría siempre la compuerta cerrada.

4. (20%) Se desea diseñar el depósito de la imagen y el tejado en el que se va a colocar. Para ello es necesario conocer el peso máximo del depósito. El depósito está formado por un cilindro de longitud $L=5$ m y dos semiesferas de radio $R=1,5$ m. Se puede emplear para acumular dos fluidos diferentes: queroseno y gas butano.

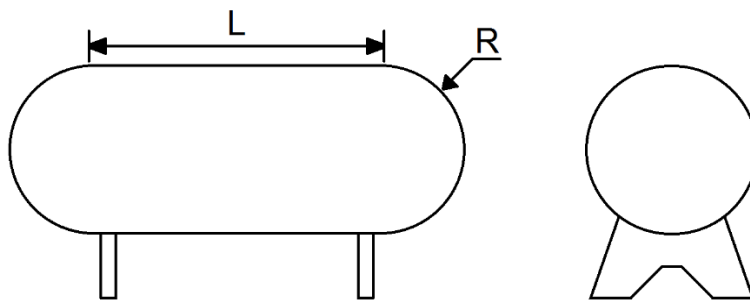
El camión de repostaje tiene la capacidad de llenar el depósito con la siguiente presión (la temperatura se mantiene constante a 20°C durante el proceso de carga):

- Queroseno a 6080 cmHg de presión absoluta.
- Butano a 4 bar de presión.

Al someter el depósito a presión, su volumen aumenta y este aumento de volumen viene determinado por la siguiente fórmula:

$$\frac{\Delta V}{V} (\%) = e^{(P/100)} - 1$$

donde la presión P se expresa en [bar]



Se pide:

- Calcular la densidad de cada fluido cuando el depósito esté lleno.
- Razonar con qué fluido pesará más el depósito. Calcular dicho peso (kN). Despreciar el peso del propio depósito.

DATOS: $P_{\text{atm}}=990$ mbar, $\rho_{\text{queroseno}}$ (990 mbar; 20°C)=73,5 UTM/m³; $K_{\text{queroseno}}= 2 \cdot 10^{10}$ dyn/cm²; $M_{\text{butano}}=58$ g/mol, $R=0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{K.mol}}$.

Resultados: $\rho_{\text{quer}}= 723,19$ kg/m³, $\rho_{\text{but}}=11,89$ kg/m³; el queroseno es más pesado, $W=354,98$ kN.

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN PARCIAL. 7 de Mayo de 2021

1. (25%) En la imagen se puede ver una instalación de bombeo que se usa para embotellar mirinda. La mirinda es una bebida acida ligeramente refrescante cuya densidad es $\rho = 1,04$. Sabiendo que en la planta de la imagen se pueden rellenar hasta 10 botellas de forma simultánea, abriendo las válvulas V de diámetro $D = 100$ mm, calcular:

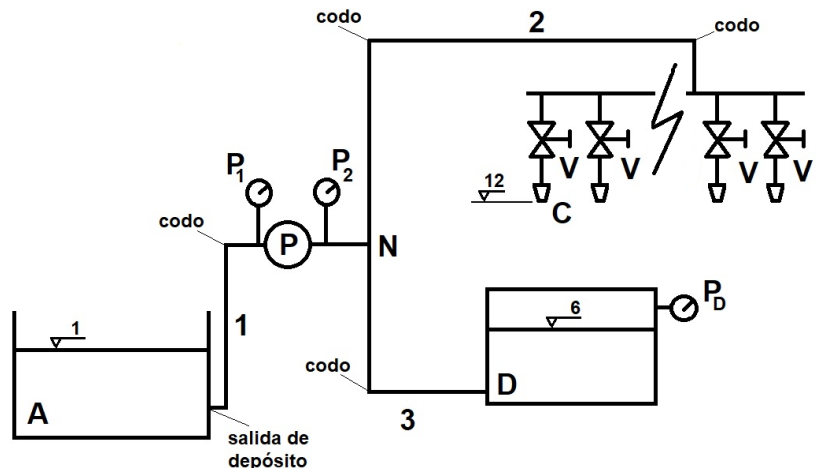
a) Energía por unidad de volumen del nudo N, sabiendo que la presión dinámica a la salida de cada boquilla es de 2,5 mcl.

b) Calcular el caudal del conducto 1, sabiendo que las lecturas del vacuómetro y del manómetro son de 66 cmHg y 1 kg/cm², respectivamente.

c) Sentido y valor del caudal Q_3 .

d) Rendimiento de la bomba, sabiendo que la potencia absorbida es de 8176 W.

e) Presión en el depósito D.



DATOS: $D_1 = 80$ mm, $D_2 = 100$ mm, $D_3 = 125$ mm, $D_{\text{boquilla}} = 25$ mm, $k_{\text{sal dep}} = 0,6$, $k_{\text{codo}} = 0,84$, $k_{\text{válv}} = 0,73$, $k_{\text{bq}} = 0,12$, $k_1 = 0,6$, $P_{\text{perd2}} = 60$ W, $h_{f3} = 1$ mcl ($s = 2$), $P_{\text{atm}} = 1$ bar.

NOTA: no hay pérdidas entre el manómetro situado aguas abajo de la bomba y el nudo N.

Resultados: $B_N = 169381,66$ J/m³; $Q_1 = 25,25$ l/s; $Q_3 = 9,11$ l/s (del depósito D al nudo N); $\eta_p = 57,44\%$; $P_D = 128,07$ KPa.

2. (25%) En la instalación de la figura fluye **gasolina** ($\rho = 0,68$). El diámetro de la tubería es $D = 400$ mm. En la tubería está instalado un venturímetro, cuyo diámetro en la garganta es 200 mm, pudiéndose considerar el coeficiente del venturímetro $C_v = 1$. El diámetro de la boquilla es $d = 80$ mm. No se van a considerar las pérdidas de carga. Teniendo en cuenta los datos que aparecen en el enunciado y en la figura, se pide:

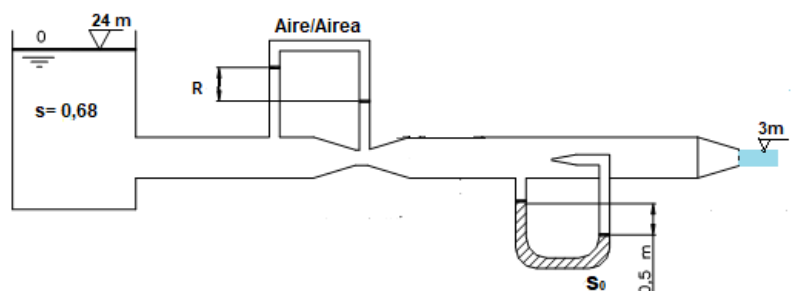
a) Caudal circulante de gasolina (l/s).

b) Lectura R (m) en el venturímetro.

c) Velocidad del flujo en la tubería (m/s).

d) Densidad relativa s_0 del líquido manométrico del conjunto Pitot+piezómetro abierto. Deducir previamente la expresión de cálculo.

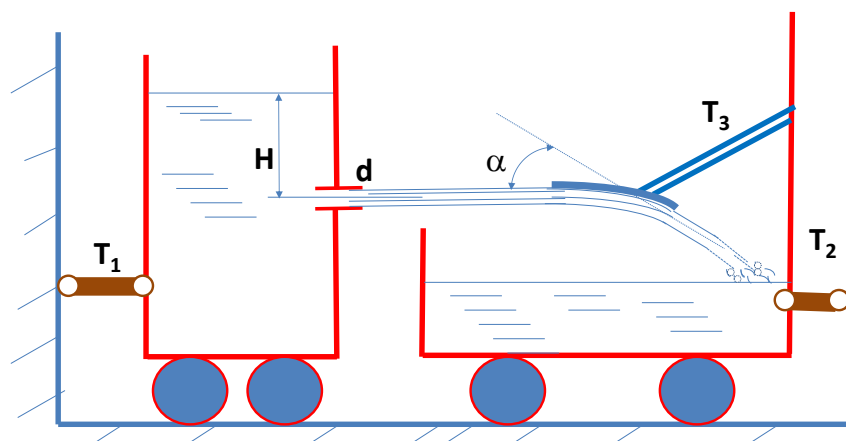
e) Si en la instalación el fluido circulante fuera agua, ¿se podría utilizar la combinación Pitot+piezómetro con el líquido manométrico calculado en el apartado d)?



Ayuda: Expresión del caudal $Q = C_v \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2gR}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$

Resultados: $Q=102 \text{ l/s}$; $R=0,504 \text{ m}$; $v=0,81 \text{ m/s}$; $s_0=0,726$; No se puede usar con agua ya que el agua es más densa y el agua arrastraría el líquido manométrico.

3. (25%) El depósito de la izquierda alimenta un carro que dispone de un álabe unido al carro que desvía el flujo de un líquido de peso específico γ , tal y como se muestra en la figura adjunta. El depósito es circular de diámetro D y dispone de un orificio de diámetro d y de coeficientes C_c y C_v conocidos. El carro es de sección rectangular de base, cuyos lados son a y b . El depósito está unido a la pared izquierda por medio de una barra metálica (T_1) y el carro está unido a la pared derecha por medio de una barra metálica T_2 . Se pide calcular en función de las variables indicadas:



a) Tensión de la barra T_1 (módulo, dirección y sentido).

b) Reacción en el álabe unido a la barra T_3 (módulo, dirección y sentido).

c) Si quitásemos las barras T_1 y T_2 y uniésemos el depósito y el carro por una barra metálica T , indicar la tensión a que estaría sometida la barra T .

Resultados: $T_1 = \gamma \cdot \pi \cdot d^2 / 2 \cdot C_c \cdot C_v^2 \cdot H$ ($\leftarrow$); $T_3 = \rho \cdot Q \cdot v \cdot \sqrt{2} \cdot (1 - \cos \alpha)$; Tomando todo el fluido de la imagen como un volumen de control, no hay flujo de cantidad de movimiento ni en la entrada ni en la salida, por tanto, el conjunto carro+depósito, no se mueve.

4. (25%) Responder **justificadamente** a las siguientes preguntas **independientes** sobre problemas de análisis dimensional y teoría de modelos. Si fuera necesario, basar las respuestas en los números adimensionales apropiados de entre los habituales.

a) Para estudiar la diseminación de un virus en un aula por medio de la dispersión en aerosoles, y determinar su concentración C (g/ml), se va a considerar que dicha concentración depende de las siguientes variables: el diámetro D , la tensión superficial σ y la densidad ρ de las pequeñas gotas en suspensión, de la sección o área total A de ventilación (suma de ventanas y puertas), de las velocidades horizontal v y vertical w generadas por la ventilación, y por último de la viscosidad cinemática ν del aire. Seleccionar justificadamente un grupo de variables repetidas adecuado, y determinar los parámetros adimensionales que caracterizarán el sistema.

b) En el laboratorio de la escuela se ha observado que cuando fluye un caudal de agua de 10 l/s a través de una válvula la pérdida de carga es de $1,2 \text{ kPa}$. ¿Cuál es el caudal (m^3/s) si a través de la misma válvula fluye mercurio y se ha observado una pérdida de carga de $1,22 \text{ mca}$?

Resultados: $\pi_1 = \sigma / (\rho \cdot d \cdot v^2)$; $\pi_2 = \nu / (D \cdot v)$; $\pi_3 = C / \rho$; $\pi_4 = A / D^2$; $\pi_5 = w / v$; $Q = 8,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN PARCIAL. 3 de Junio de 2021

1. (15%) Rellenar los huecos. Tener en cuenta que **cada respuesta errónea resta la misma puntuación que cada acierto**:

Según el intercambio de energía las máquinas hidráulicas pueden ser: motoras y generadoras. Ejemplo de las primeras son las turbinas mientras que las bombas lo son de las segundas. Según el principio de funcionamiento, las máquinas pueden ser turbomáquinas y máquinas de desplazamiento positivo. Las primeras se basan en el teorema de Euler y las segundas, en el principio de Pascal.

En las turbobombas hay dos tipos de cierre: Interno y Externo. Anillos laberínticos son empleados en el primer caso. En el segundo caso, sin embargo, se pueden emplear dos opciones: Cierres mecánicos y cajas prensaestopas.

Siendo el caudal pequeño y la altura elevada, la turbina Pelton es la más adecuada. Los distintos elementos que componen este tipo de turbina son los siguientes: inyector y rodete. En este caso la entrada del agua en el rodete es puntual.

En cualquier instalación de bombeo, la válvula de regulación se debe poner en el conducto de impulsión, ya que, de ponerla en la tubería de aspiración, el riesgo de cavitación es mayor.

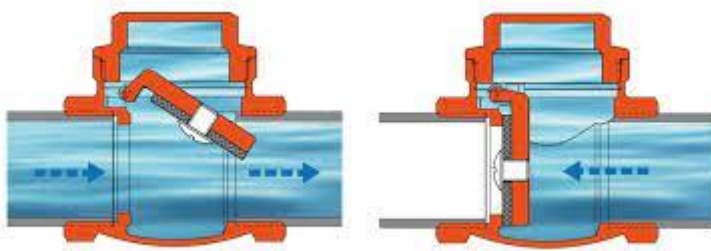
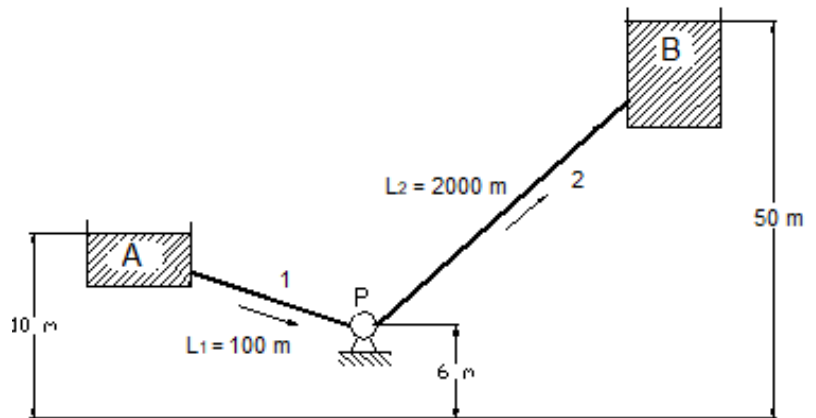
2. (15%) Se tiene en el laboratorio una válvula de asiento plano de diámetro D , cuya entrada está a cota z_1 y su salida a cota z_2 . A través de la válvula circula un fluido de densidad relativa s . El caudal Q se mide con un rotámetro de coeficiente C_{rot} . Un manómetro en U, con un fluido manométrico de densidad relativa s_m ($s_m > s$), conectado entre la entrada y la salida de la válvula, marca una altura R . Se pide:

- Esquema de la instalación.
- Deducción de la expresión de las pérdidas en la válvula en función de R .
- Calcular el factor de paso de la válvula k , conociendo los siguientes datos: $D=4,5$ cm, $z_1=0,15$ m, $z_2=0,18$ m, $s=0,8$, $Q=2800$ l/h, $C_{rot}=0,958$, $s_m=0,96$ y $R=28$ cm.

Resultados: $h_{fvalv}=R \cdot [(s_m/s) - 1]$; $k_{valv}=5$.

3.(15%) La instalación de bombeo de la figura está ubicada en una zona donde el corte en el suministro eléctrico sin previo aviso es frecuente. Cuando ocurre esto la bomba se para y el agua retorna por gravedad desde el depósito B al A, vaciándose el depósito B.

Para evitar el vaciado del depósito B, se ha decidido instalar una válvula de retención aguas abajo de la bomba, (de clapeta, como la mostrada en la figura adjunta). Cuando se bombea agua la válvula está abierta, pero cuando el flujo retorna en el sentido contrario, el flujo cierra la válvula.



Se desea estudiar la sobrepresión generada por golpe de ariete. La tubería es de acero ($k=0,5$), de 600 mm de diámetro interior y 5 mm de espesor. La tensión de tracción admisible del acero es $\sigma = 2600 \text{ kg/cm}^2$. Si el caudal de retorno es $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$ y el cierre de la válvula dura 5 s, se pide:

- Valor de la sobrepresión generada por golpe de ariete, en mca.
- Tensión de tracción a la que se somete a la tubería de acero. ¿Aguantará la tubería?
- Razonar cuál será la presión mínima que alcanzará el flujo aguas abajo de la válvula.

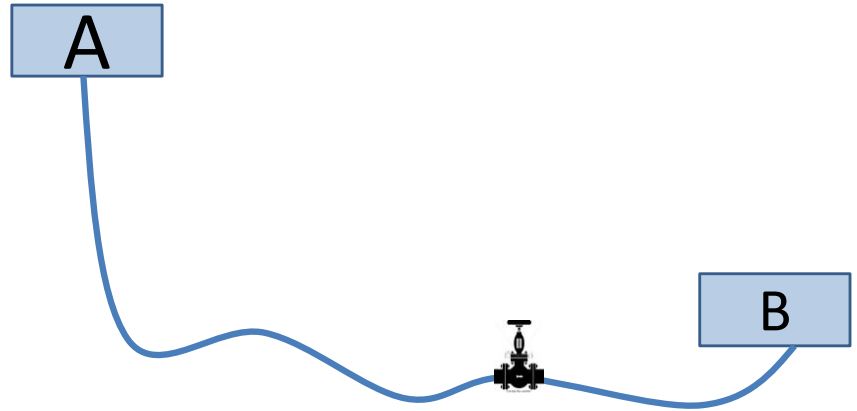
Ayuda:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{k \cdot D}{e}}} \quad e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma}$$

$$\begin{aligned} \text{Allievi} &\rightarrow \Delta H = a \cdot v / g \\ \text{Micheaud} &\rightarrow \Delta H = 2 \cdot L \cdot v / g \cdot t \end{aligned}$$

Resultados: $\Delta H = 355,12 \text{ mca}$; Aguantará; $P_{\min} = -P_{\text{atm}}$.

4. (20%) El trasvase de la figura representa una conducción de A a B por gravedad entre dos depósitos abiertos a la atmósfera, cuyas láminas superiores tienen un desnivel de 22 m. La longitud del tubo de Hierro Galvanizado (HG) es de 400 m y 250 mm de diámetro. La aducción es bastante antigua, y solamente han sido rehabilitados desde su construcción y recientemente, los elementos de unión entre los diferentes tramos del tubo y la propia válvula, pero el tubo de 400 m es el original.



Se tiene la sospecha de que el caudal ha ido descendiendo estos últimos años, debido a la corrosión del hierro galvanizado, que ha aumentado la rugosidad del mismo.

Por ello, se mide el caudal actual de trasvase, que resulta ser de 120 l/s. Considerando unas pérdidas menores de los elementos nuevos de unión de 8 m de longitud equivalente y un coeficiente de pérdidas de la válvula nueva (abierta) $k=4$, se pide calcular por medio de la ecuación de **Darcy-Weisbach**:

- Rugosidad (cm) **actual** del tubo de HG e indicar el comportamiento hidráulico del tubo. Se deben de tener en cuenta las pérdidas menores en la conducción.
- Si se colocase un tubo nuevo de HG ($\varepsilon = 0,015$ cm) de dimensiones idénticas al anterior en lugar del viejo, calcular el caudal de trasvase (l/s). Indicar asimismo el comportamiento hidráulico del tubo. Se deben de tener en cuenta las pérdidas menores en la conducción.
- Finalmente, se decide poner un tubo nuevo de Polietileno (PE) de 250 mm y de longitud idéntica a los anteriores, de rugosidad $\varepsilon = 0,0001$ cm. Calcular el factor de paso necesario en la válvula para transportar 200 l/s de agua. Indicar el comportamiento hidráulico del tubo. Se deben de tener en cuenta las pérdidas menores en la conducción.
- Indicar el rango de caudales (l/h), para los cuales, no se sabría con total certeza si el flujo es laminar o turbulento.

Datos: fluido: agua, densidad del agua $\rho = 1000$ kg/m³; viscosidad $\nu = 1,02 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

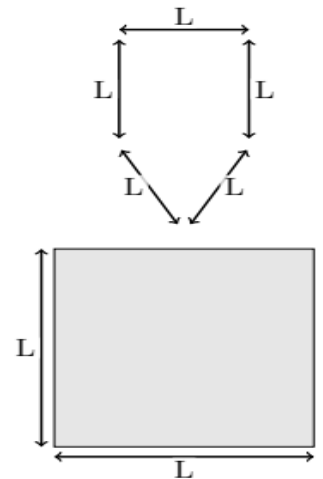
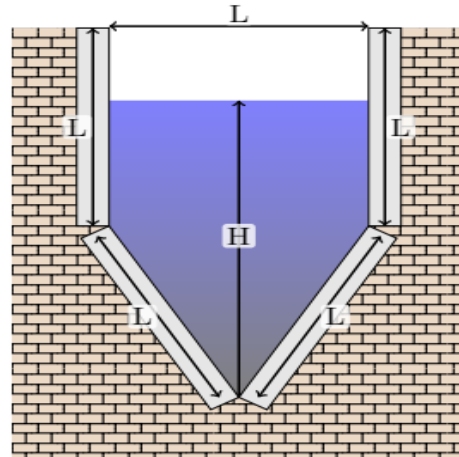
Nota: En caso de ser necesario, limitar a **3** el número de iteraciones a realizar o en su defecto, a un cambio menor al 5% de la variable a calcular. Los depósitos pueden considerarse de grandes dimensiones. Resolución por medio del ábaco de Moody y expresiones.

Resultados: $\varepsilon = 0,3316$ cm (comportamiento rugoso); $Q = 176,46$ l/s (comportamiento semi-liso); $k = 7,029$ (comportamiento liso); En el rango 1440 l/h $< Q < 2880$ l/h no se puede precisar el tipo de flujo.

5. (15%) Un pequeño municipio trabaja en el diseño de un plan de autoabastecimiento energético. Una de las opciones que se va a considerar es la rehabilitación de una instalación compuesta por una red de canales y una pequeña central hidroeléctrica que cayó en desuso hace décadas. En el marco de tu desempeño profesional te ha sido asignada la tarea de realizar los cálculos hidráulicos asociados a la reforma de la red de canales.

La información disponible sobre la red de canales es escasa. Se conoce que la geometría del canal es la detallada en la figura (triángulo+rectángulo), habiendo sido construido íntegramente por losas prefabricadas cuadradas de lado L de **hormigón en bruto**. La red de canales consta de tres ramales: los ramales **R1** y **R2** bajan por sendos valles, y se juntan más adelante para alcanzar la central hidroeléctrica por medio del ramal principal (**R0**). Las cotas de partida (z_i) y llegada (z_f), así como la longitud total (L_{tot}) de cada ramal se indican en la tabla.

a) Si los registros de la central indican que el caudal máximo registrado fue de $Q=3000$ l/s, y considerando que en dicha situación el ramal R0 trabajaba en su máxima capacidad, estimar el valor de la longitud L de las losas de hormigón y seleccionar la talla comercial correspondiente si estas se solían construir en intervalos de 10 cm.



b) Sabiendo que el ramal R1 aportaba $\frac{2}{3}$ del caudal del apartado a) y la lámina libre superaba la parte triangular, deducir el calado H en dicho canal.

c) Si se conoce que el restante $\frac{1}{3}$ del caudal aportado por el ramal R2 no superaba la parte triangular, calcular la cota mínima de partida del ramal R2.

d) Si se tuviera que sustituir el ramal R0 por uno nuevo semicircular de hormigón acabado, y mantener una berma de seguridad del 15% del diámetro, seleccionar el diámetro comercial a instalar si estos están disponibles cada 50 cm.

Ramal	z_i (m)	z_f (m)	L_{tot} (km)	J
R0	500	400	20	
R1	559	500	12	
R2	??	500	14	

Resultados: $L=95,34$ cm, $L_{com}=1$ m; $H=1,365$ m; $z_i=629,23$ m; $D=1,983$ m, $D_{com}=2$ m.

6. (20%) La imagen muestra la instalación capaz de conducir el agua desde el depósito A hasta el punto B, mediante una bomba. En el punto B hay 4 boquillas. Las válvulas V_1 y V_2 están totalmente abiertas y no generan pérdidas de carga.

- La tubería 1 es de PVC con codo U_1 que genera pérdidas de carga.
- El tubo 2 es de acero comercial con 3 codos U_2 y boquillas que generan pérdidas de carga.

Empleando la ecuación de **Hazen-Williams**, se pide:

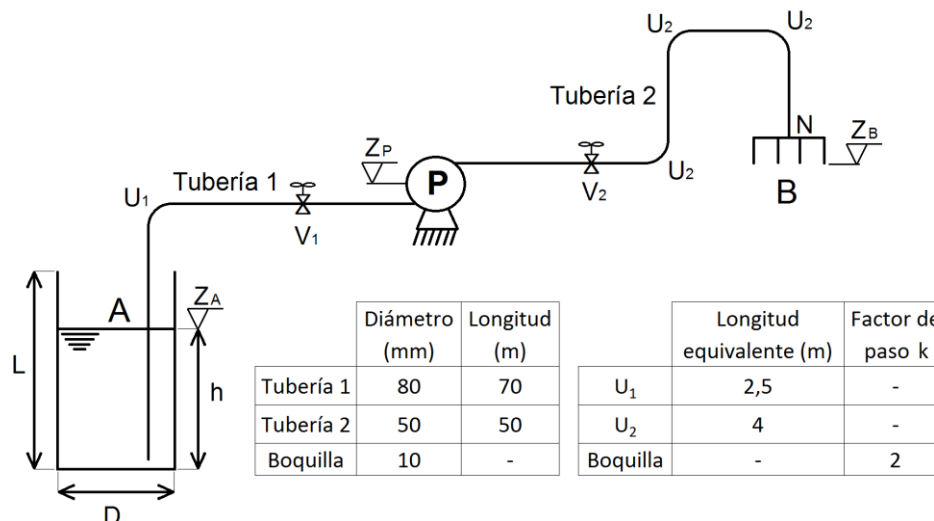
- Obtener la curva característica de la instalación y representarla en la gráfica adjunta.
- Escoger en la gráfica la bomba más adecuada y especificar el punto de funcionamiento (Q y H), sabiendo que el objetivo es que el caudal sea de 6 l/s y nunca inferior.
- Indicar si la instalación de bombeo va a funcionar correctamente o no, desde el punto de vista de la cavitación.

Si la respuesta del punto c) es **SI**:

- Indicar qué se puede hacer con la válvula V_1 y/o V_2 para trabajar la bomba con un caudal de 10 m³/h. Indicar la pérdida de carga a generar.

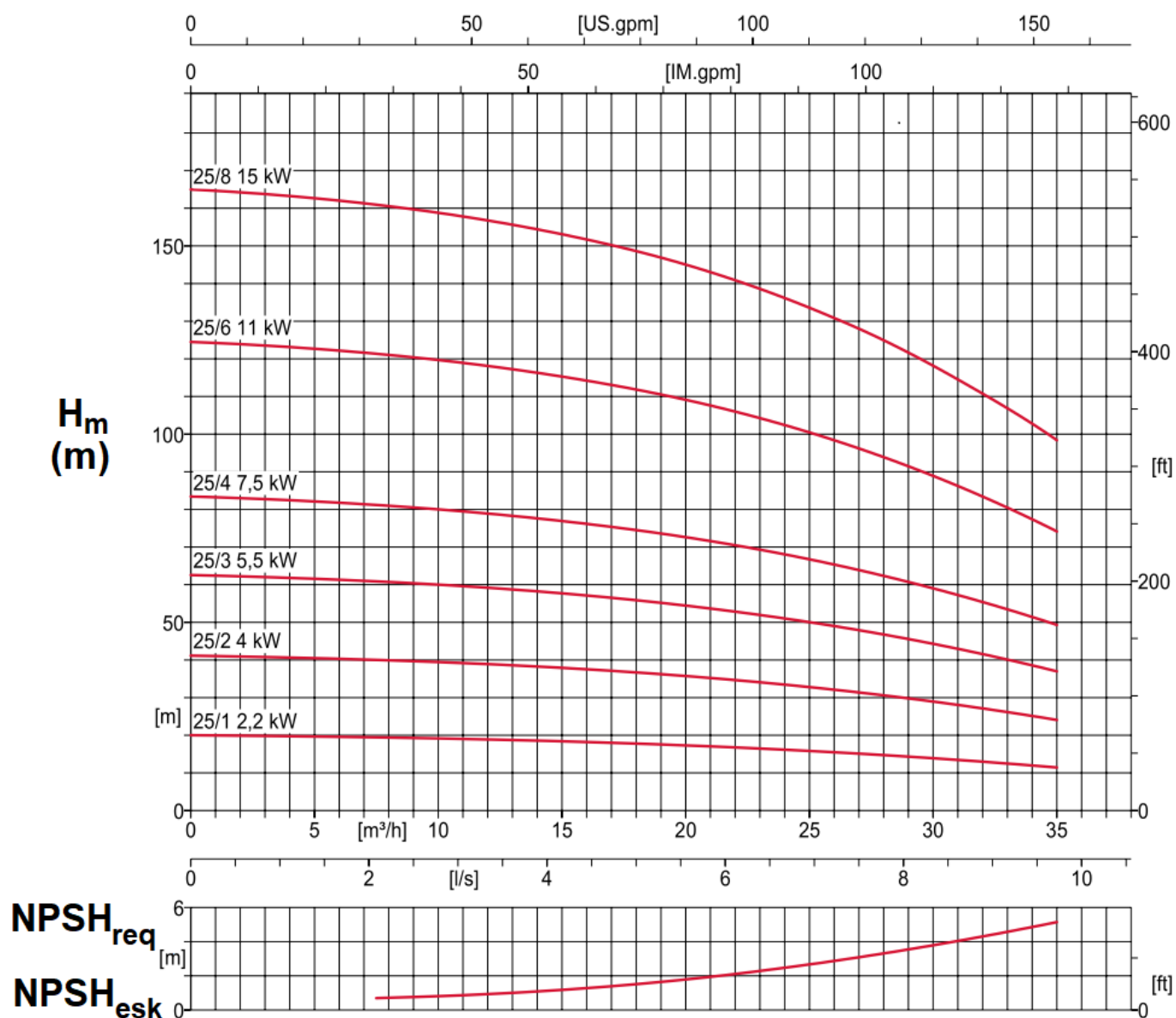
Si la respuesta del punto c) es **NO**:

- Indicar si se puede lograr que la instalación funcione con el caudal mínimo mencionado de 6 l/s, actuando sobre la válvula V_1 y/o V_2 . En caso afirmativo, calcular el factor de paso de la válvula maniobrada. En caso negativo, indicar qué otras medidas se podrían adoptar para evitar estos problemas.



DATOS: $Z_A=15$ m; $Z_P=21,75$ m; $Z_B=25$ m, $P_{atm}=1$ atm, $P_v^{abs}=2330$ Pa.

Resultados: $h_{mi}=10+0,614 \cdot Q^{1,852}+1,55 \cdot Q^2$; La bomba adecuada es la 25/6 11 kW y el punto de funcionamiento se da con $Q=6,75$ l/s y $h_m=101,74$ m; La instalación cavita en dicho punto; Cerrando la válvula V_2 se consigue disminuir el caudal, disminuyendo también el $NPSH_{req}$ y aumentando el $NPSH_{disp}$, pero no se logrará nunca por encima del caudal de 6 l/s, por tanto, se ha de reducir la cota de la turbobomba, para lograr dicho caudal sin riesgo de cavitación.

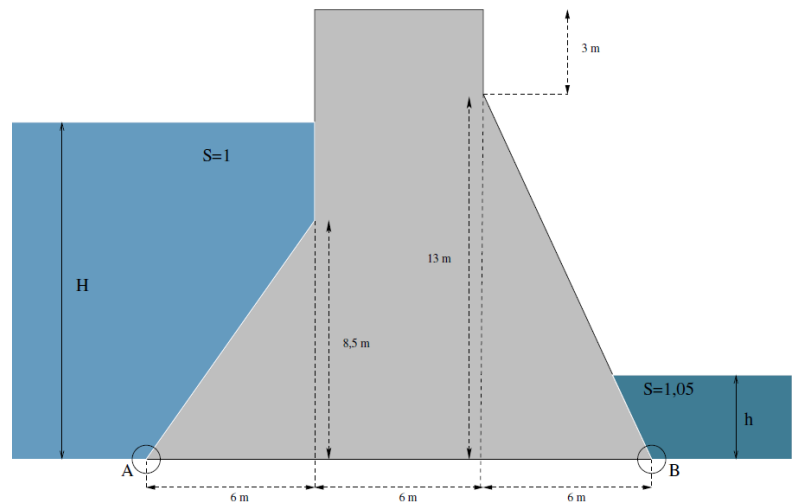


MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 28 de Junio de 2021

1. (15%) La figura muestra una presa que separa dos masas de agua. A la **izquierda** se tiene agua dulce ($s=1$), siendo su profundidad H . A la **derecha** se tiene agua de mar ($s=1,05$), siendo en este caso la profundidad h . Los valores de la profundidad H pueden oscilar entre 3 y 12 metros, mientras que los de h entre 1 y 3 metros. La presa tiene una longitud normal a la figura de $b=25$ m, indicándose el resto de sus dimensiones en la figura.

a) Calcular la **resultante (modulo, dirección y sentido)** de la fuerza hidrostática que ejerce el agua dulce sobre la presa **en función de la profundidad H** y para el **rango completo** de valores de dicha variable (3-12 m).

b) Calcular la **resultante (modulo, dirección y sentido)** de la fuerza hidrostática que ejerce el agua salada sobre la presa **en función de la profundidad h** y para el **rango completo** de valores de dicha variable (1-3 m).



Se considera a continuación que el material que sirve de base a los fluidos y a la presa no es impermeable de forma que los fluidos se infiltrarán en el material y ejercerán presión a la presa en su base. El valor de esta presión en el punto A bajo la base será igual al inmediatamente adyacente en el fluido, y otro tanto ocurrirá en el punto B. Entre los dos puntos la presión variará linealmente.

c) Calcular la **resultante (modulo, dirección y sentido)** de la fuerza hidrostática que ejercen los fluidos infiltrados en el material de la base sobre la presa teniendo en cuenta los máximos valores de profundidad para H y h .

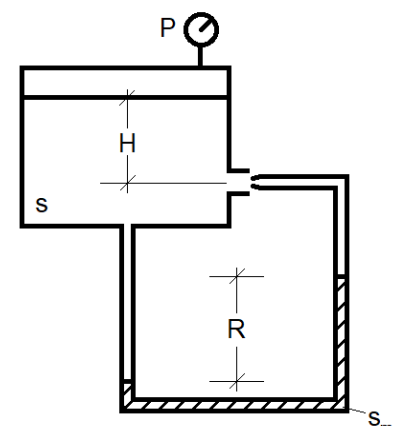
Dibujar en todos los casos previamente los prismas de presiones acotados.

Resultados: Cuando $H \leq 8,5$ m: $F_{R1} = 1/2 \cdot \gamma_1 \cdot H^2 \cdot b \cdot [1 + (6/8,5)^2]^{1/2}$, $\alpha = 35,21^\circ$, Cuando $H \geq 8,5$ m: $F_{R1} = \gamma_1 \cdot b \cdot [H^4/4 + 36 \cdot (H-4,25)^2]^{1/2}$, $\alpha = \arctg[12 \cdot (H-4,25)/H^2]$; $F_{R2} = 1/2 \cdot \gamma_2 \cdot h^2 \cdot b \cdot [1 + (6/13)^2]^{1/2}$, $\beta = 24,78^\circ$; $F_{v3} = (\gamma_1 \cdot H/2 + \gamma_2 \cdot h/2) \cdot 18 \cdot b$.

2. (10%) Para la instalación de la figura:

a) Deducir la expresión del coeficiente de velocidad del orificio (C_v), en función del resto de variables que se ven en la imagen.

b) Calcular el valor de dicho coeficiente para el caso en el que se despresurice el depósito, la relación $R/H=0,02$ y las densidades relativas de los fluidos sean 1 y 10.

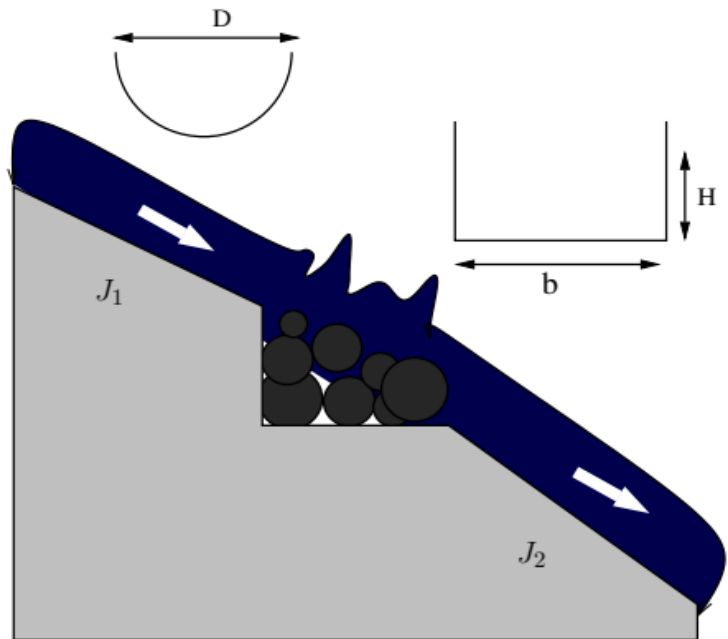


Resultado: $C_v = 0,906$.

3. (%10) El aliviadero lateral de la presa de la imagen sirve para evacuar agua si se supera cierto nivel de llenado que se considera peligroso. El aliviadero está formado por varias conducciones paralelas idénticas que se reparten uniformemente el caudal a evacuar y que fueron construidas de **hormigón acabado**. Cada una de estas conducciones paralelas está formada por dos rampas: una primera semi-circular de pendiente J_1 y una segunda rectangular de pendiente J_2 . Un terraplén provisto de piedras pesadas hace de frontera entre ambas rampas y sirve también como elemento disipador de energía. Puede considerarse que se alcanzan las condiciones de flujo permanente en las dos rampas. Se espera que cada una de las canalizaciones paralelas sea capaz de evacuar un caudal mínimo de $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

a) Seleccionar el diámetro comercial mínimo (cm) a instalar en la primera rampa de pendiente J_1 de 1,5 milésimas. Indicar qué porcentaje del diámetro se tendrá como berma de seguridad instalado dicho diámetro. Los diámetros comerciales están disponibles cada 5 cm.

b) Calcular la pendiente necesaria J_2 para que el canal rectangular en configuración hidráulicamente óptima transporte el caudal indicado con un calado de $H=1 \text{ m}$ y calcular la velocidad del flujo en dicha configuración. ¿Qué valor tendría esa velocidad si se instala la pendiente inmediatamente superior a la deducida (redondeada a la próxima milésima)?



Resultados: $D_{\text{com}}=2 \text{ m}$, berma 1,7% del diámetro; $J_2=0,816$ milésimas, $v_2=1,5 \text{ m/s}$; $v'_2=1,617 \text{ m/s}$.

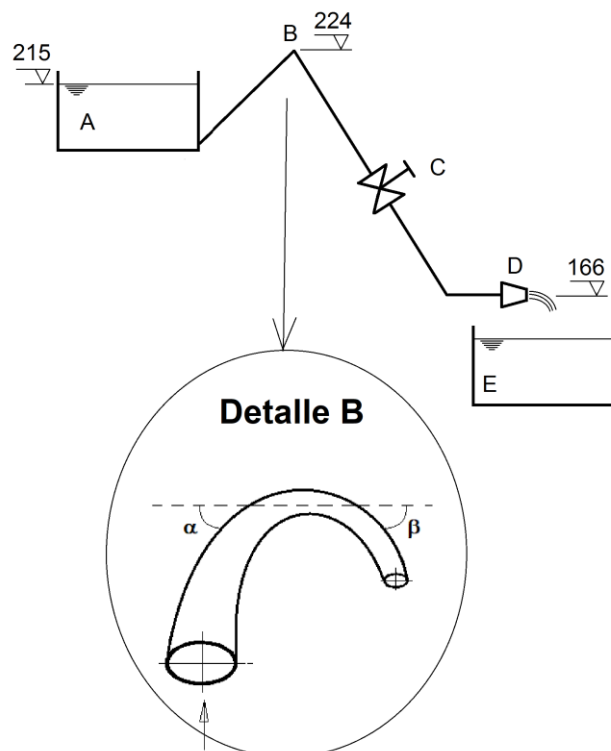
4. (15%) Se transporta un fluido de densidad relativa $s=0,94$ desde un depósito A hasta un depósito E, a través de un conducto de cobre, de 400 mm de diámetro y 2 mm de espesor, como se muestra en la figura. Teniendo en cuenta las cotas de la imagen y sabiendo que se pierden 10 mcl por kilómetro de longitud de tubería, se pide:

a) Calcular el caudal máximo que puede circular.

A lo largo del segundo tramo (BC) de la tubería, se encuentra una válvula de regulación. Al cerrar dicha válvula en 3 segundos, la sobrepresión generada es de 70 mcl.

b) Calcular la longitud del segundo tramo (BC) hasta la válvula, justificando la respuesta.

A continuación, se decide presurizar el



depósito A a 1,2 bar y se sustituye el segundo tramo del conducto (BC), introduciendo un pequeño codo convergente (ver detalle inferior) anclado, de forma que el diámetro del tramo BC es de 300 mm.

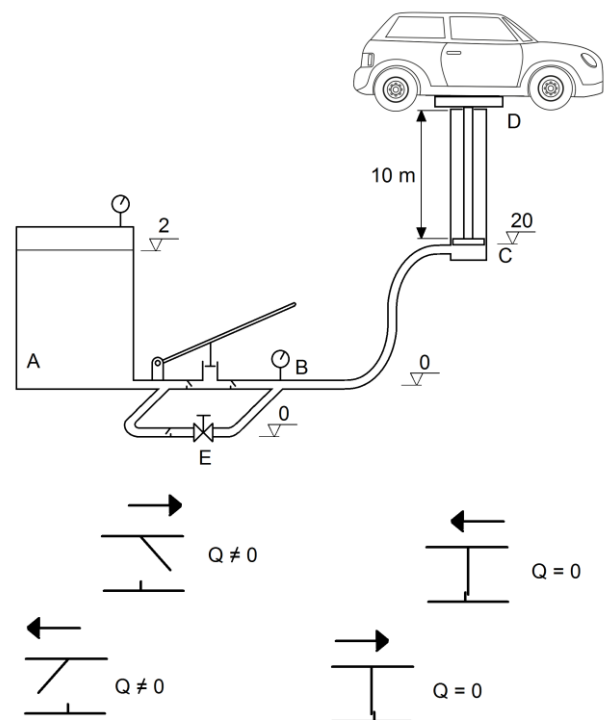
c) Sabiendo que debido a que se regula la válvula situada en C por el conducto circulan 70 l/s, calcular las componentes de la fuerza que deben hacer los anclajes para fijar el codo. En este caso, las pérdidas producidas son de 2,5 mcl por kilómetro de longitud de tubería. Despreciar las pérdidas en el codo convergente.

NOTA: se penalizará no indicar los pasos empleados habitualmente en la resolución del apartado c).

DATOS: $P_{atm}=0,987$ bar, P_{vap} (abs)=2320 Pa, $L_1=140$ m (tramo AB), Módulo de elasticidad del fluido 2200 MPa y del cobre $1,1 \cdot 10^7$ N/cm², $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$.

Resultados: $Q=139,02$ l/s; $L_{BC}=790,15$ m; $R_x=4274,02$ N, $R_y=2426,1$ N.

5. (10%) El sistema de la imagen se utiliza para elevar los coches en un taller mecánico. La bomba que se acciona a mano, mediante palanca, toma el aceite de $s=0,9$ del depósito A de gran tamaño y lo empuja hacia el cilindro situado verticalmente a cota z_C . El depósito A está inicialmente a presión atmosférica. Esta bomba de mano dispone de dos válvulas unidireccionales aguas arriba y aguas abajo para asegurar que el aceite fluye desde el depósito hasta el cilindro. Cuando el aceite intenta ir del cilindro al depósito, ambas válvulas cortan el paso.



En el punto E hay una válvula de seguridad unidireccional. Esta válvula redirige el aceite del cilindro al depósito A cuando la presión en el punto B es igual a 80 bar y limita la presión máxima del punto E a ese valor.

a) Calcula la lectura del manómetro del punto B (bar) cuando se empieza a elevar el coche.

b) Calcular la lectura del manómetro del punto B (bar) en el momento en que el coche haya sido elevado al punto más alto del cilindro.

El operario pide a otra compañera que le suba mientras él está montado en el coche.

c) Estudiar la modificación de la lectura del manómetro del punto B para los casos a) y b).

d) ¿Pueden conseguir subir el coche hasta el punto más alto?

Si la respuesta es SI,

e) ¿Qué masa máxima puede tener el coche antes de que tenga problemas en su elevación?

f) Si la presión del depósito A aumenta a 5 bar, ¿qué masa puede sostener?

Si la respuesta es NO,

g) ¿Hasta qué altura subirá el coche?

h) ¿Presurizar el depósito A permite subir el coche hasta arriba? ¿Qué presión será necesaria (bar)?

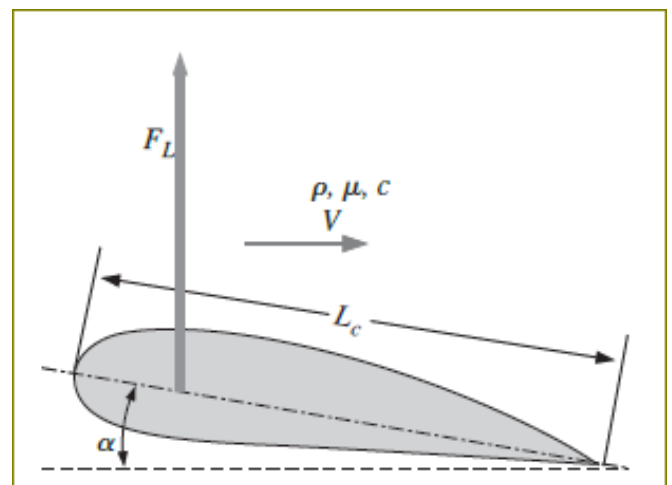
DATOS: Peso del coche 1475 kg, peso del operario 85 kg, $D_{\text{cilindro}}=50$ mm.

NOTA: Considerar la densidad del aceite constante.

Resultados: $P_B=75,38$ bar; $P_B=76,26$ bar; $P_B=79,63$ bar y $P_B=80,51$ bar; Es imposible alcanzar el punto D; $h=4,25$ m; No serviría para nada en absoluto.

6. (12,5%) Unos ingenieros aeronáuticos quieren predecir la sustentación F_L que se produce en su nuevo diseño o prototipo de ala de un aeroplano. La longitud de cuerda del ala es $L_c=1,12$ m y su área de ala A (área vista desde lo alto cuando el ala está a un ángulo de ataque $\alpha=0^\circ$) es de $10,7$ m². El prototipo debe de volar a una velocidad $v=52$ m/s cerca del suelo, donde la temperatura $T=25^\circ\text{C}$.

Los ingenieros construyen un modelo del ala a un décimo de escala ($\lambda=10$) para probarlo en un túnel aerodinámico que tiene la posibilidad de ser presurizado hasta un máximo de 6 bar (presión absoluta), manteniendo la temperatura en el túnel en el valor de 25°C . Se pide:



a) Obtener los parámetros adimensionales que definen la fuerza de sustentación F_L , sabiendo que la fuerza es función de la longitud L_c , de la velocidad v del ala, de la densidad del aire ρ , de la viscosidad absoluta del aire μ , de la velocidad del sonido en el aire c y del ángulo de ataque α . Tomar como variables repetidas: v , L_c y ρ .

b) Calcular si serán válidos los valores obtenidos en el ensayo del modelo, si se desea que se cumpla la semejanza dinámica absoluta, en el caso de realizar el ensayo en el túnel a la presión atmosférica.

c) Calcular la presión absoluta (bar) del aire necesaria en el ensayo para lograr la semejanza dinámica absoluta y deducir si es posible conseguirla en nuestro túnel de viento.

d) Para solucionar el problema surgido y poder realizar el ensayo, se acepta que los efectos de compresibilidad sean despreciables para números de Mach menores de 0,3, no siendo necesario igualar el número de Mach en estos casos. Calcular la presión absoluta (bar) a que se debe presurizar el túnel de viento para dar validez a los ensayos. Calcular, en este supuesto, la velocidad de ensayo (m/s) en el modelo y la relación entre las fuerzas de sustentación entre el prototipo y modelo.

Notas a tener en cuenta en la resolución del ejercicio:

- El ala prototipo vuela a través del aire a presión atmosférica de 1 bar.
- El modelo, 10 veces más pequeño, es geoméricamente similar al prototipo.

- Considerar que la velocidad del sonido en el aire es de 346 m/s y es constante, ya que la temperatura tanto en el prototipo como en el modelo es de 25°C en todos los casos.
- La velocidad del sonido y la viscosidad absoluta del aire son variables físicas muy poco dependientes de la presión y muy dependientes de la temperatura.

Resultados: $\pi_1 = F_L / (\rho \cdot L_c^2 \cdot v^2)$; $\pi_2 = \mu / (\rho \cdot L_c \cdot v)$; $\pi_3 = C/v$; $\pi_4 = \alpha$; Es imposible lograr la semejanza dinámica absoluta bajo esas condiciones; $P_m = 10$ bar; $P_m = 5$ bar, $F_{Lm}/F_{Lp} = 0,2$.

7. (12,5%)

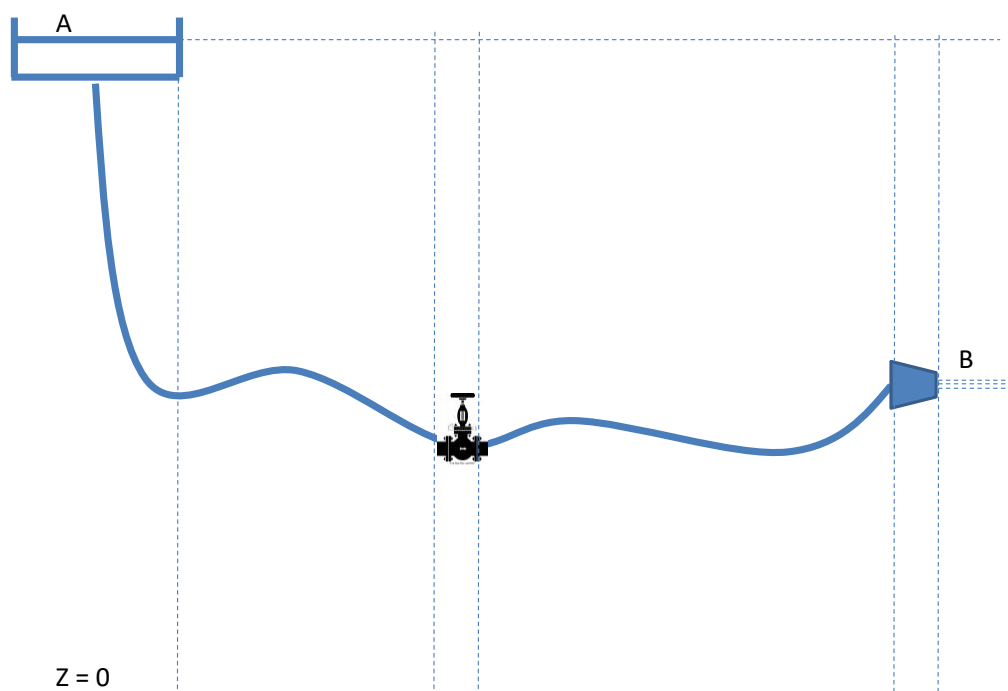
7.1 Definición de estos conceptos en el seno de un fluido que circula por un tubo a presión:

- Presión dinámica.
- Presión estática.
- Cota piezométrica.
- Bernoulli.

7.2 Nombra y haz un esquema del aparato empleado para medir la presión dinámica en un laboratorio de mecánica de fluidos en los dos siguientes casos:

- En un punto del flujo en el interior una tubería presurizada.
- En un chorro que sale a la atmósfera a través de un orificio de un depósito.

7.3 El embalse A de la figura alimenta el inyector de una turbina Pelton (B). En el esquema adjunto está representado el embalse, la tubería a presión de diámetro y material constante, una válvula de regulación del caudal y el inyector. Se sabe que el caudal que llega a la turbina es inferior al que llegaría si la válvula estuviese completamente abierta. Se pide dibujar, de manera cualitativa, la línea de alturas totales y la línea piezométrica de esta instalación.



8. (15%) En la instalación de la figura se bombea agua desde el depósito abierto A, cuya lámina superior está en cota 22, a la boquilla C, situada en cota 5 m, siendo el diámetro de la boquilla de 40 mm. La longitud de la tubería es de 90 m, la tubería es de acero comercial, de diámetro 200 mm y las pérdidas menores se pueden considerar un 10% de las pérdidas de la tubería y están localizadas en la impulsión. Se pide:

Mediante **Darcy-Weisbach**:

- a)** Caudal (l/s) que sale a través de la boquilla C y altura h (m) que alcanza el chorro si la bomba B está apagada.

Mediante **Hazen-Williams**:

- b)** Caudal bombeado (l/s) y altura del chorro h (m) si la bomba B está encendida. La expresión analítica de la altura manométrica de la turbobomba es la siguiente:

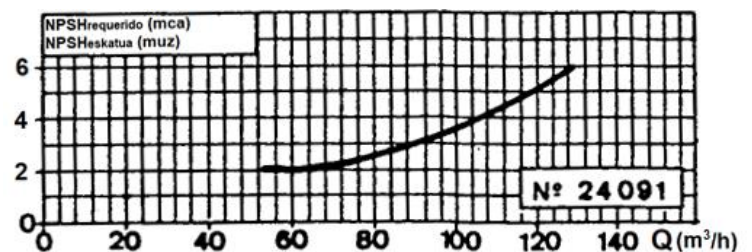
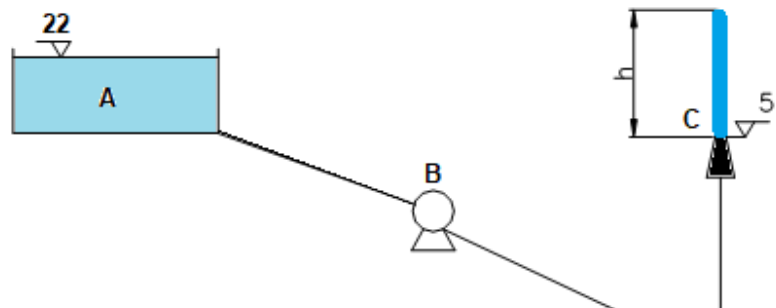
$$H_{m\text{ tb}} = 11,23 - 3,63 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 \text{ (mca; l/s)}.$$

- c)** Pérdida de carga a generar en la válvula colocada en la impulsión para que la altura del chorro sea h=20 m.

- d)** Si la cota del eje de la turbobomba es $z_B = 21$ m y la longitud en la aspiración es $L_{\text{aspiración}} = 10$ m, indicar si habrá problemas de cavitación. **Datos:** $P_{\text{atm}} = 1$ bar; P_v/γ (abs) = 0,2 mca.

Nota importante: en los apartados b) y c) representar gráficamente de manera cualitativa la resolución analítica.

Resultados: $Q = 22,77$ l/s, $h = 16,75$ m; $Q = 27,81$ l/s, $h = 24,99$ m; $h_{\text{fvalv}} = 5,63$ m; No hay riesgo de cavitación.



MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 2 de Junio de 2022

1. (5%) Un flujo de aceite de densidad relativa 0,80 y viscosidad de 0,010 Pa·s fluye a través de un tubo de radio R en régimen laminar, siendo la distribución de la velocidad del aceite en el tubo parabólica, tal y como se puede apreciar en el dibujo adjunto.

Tomando como variables y (m) y velocidad v (m/s), la función que relaciona ambas variables es:

$$v = a + b \cdot y^2$$

La velocidad del aceite en el eje v_0 es de 0,12 m/s. El radio del tubo es de $R=0,1$ m. Se pide:

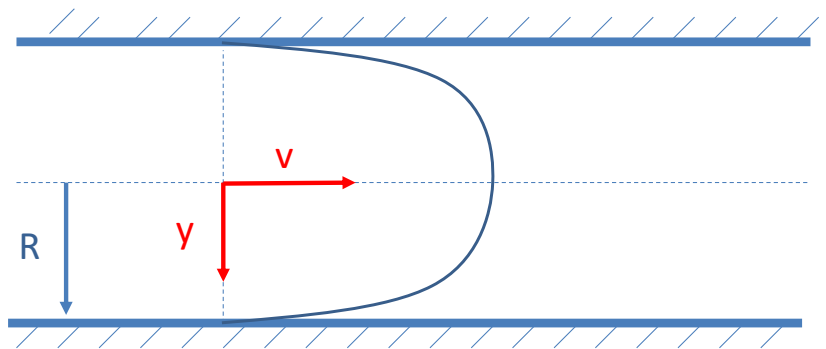
a) Obtener la velocidad del aceite en cualquier punto de la sección como función de las variables:

$$v = v(y, R)$$

b) Obtener la función del esfuerzo cortante existente en el flujo como función de las variables:

$$\tau = \tau(y, R)$$

c) Rellenar la tabla adjunta para diferentes puntos del flujo.



y/R (-)	v (m/s)	τ (mPa)
0	0,12	0
1/3	0,107	-8
1/2	0,09	-12
2/3	0,067	-16
1	0	-24

Resultados: $v=0,12 \cdot [1-(y/R)^2]$; $\tau=-2,4 \cdot 10^{-3} \cdot y/R^2$

2. (7,5%) Se desea conocer la presión existente (MPa) en el océano a $h=1500$ m de profundidad respecto a la superficie.

a) Calcular el valor de la presión, en el caso de que el fluido sea incompresible y el peso específico en la superficie sea de $\gamma_0=1025$ kg/m³.

b) Calcular el valor de la presión, suponiendo que el agua de mar es compresible y aumenta el peso específico a medida que aumenta la profundidad. Se sabe que el módulo de elasticidad volumétrica del agua es de $2,1 \cdot 10^8$ kg/m².

c) Indicar los valores de la densidad del agua de mar en los dos casos a) y b) (kg/m³) a 1500 m de profundidad.

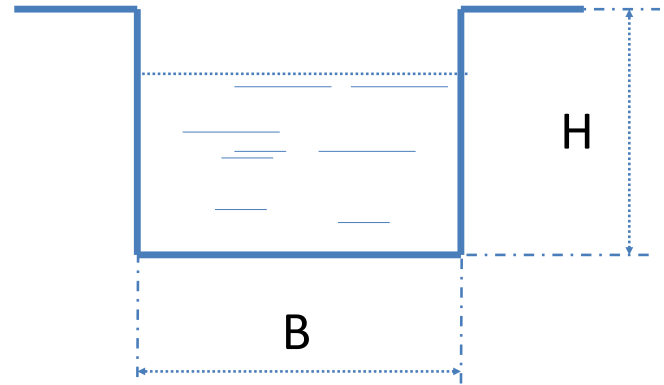
Ayuda: Ecuación de la estática para fluidos compresibles: $dp=\gamma \cdot dh$

Resultados: 15,07 MPa; 15,12 MPa; $\rho_a=1025$ kg/m³; $\rho_b=1032,56$ kg/m³.

3. (7,5%) Un canal rectangular de ancho $B=3$ m y con paredes de $H=1,6$ m de altura tiene una pendiente de 1 milésima siendo su coeficiente de rugosidad de Manning de $0,0128$ s/m^{1/3}.

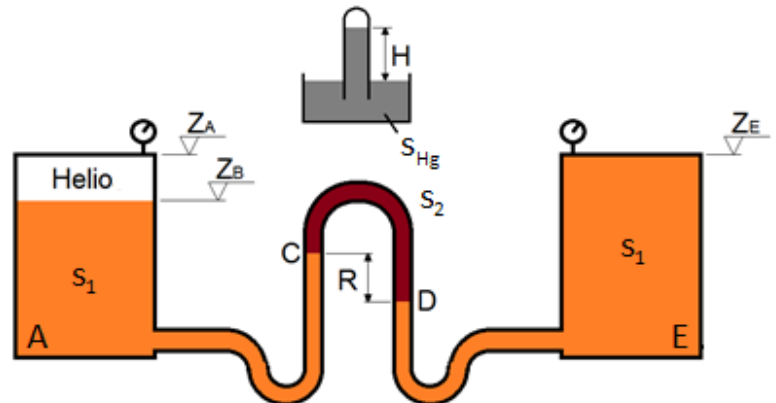
Se pide:

- Q máximo que puede transportar el canal.
- ¿Cuál deberá ser la berma de seguridad del canal para que funcione con máxima eficiencia hidráulica?
- Si se desea que transporte el caudal del apartado a), se pide determinar utilizando los ábacos, cuál será el material del nuevo canal a colocar para que trabaje en las condiciones del apartado b).



Resultados: $Q=10$ m³/s; Berma 0,1 m; $n=0,0117$ s/m^{1/3} → Hormigón acabado ó Madera cepillada.

4. (7,5%) La figura muestra dos depósitos de gran tamaño unidos por un manómetro diferencial. Mientras uno de los tanques está parcialmente lleno con Helio y un líquido de densidad relativa s_1 , el otro está completamente lleno con el mismo líquido. Los pesos específicos relativos de los líquidos son $s=3$ y $s=10$. El peso específico relativo del helio es $s_{He}=9,67 \cdot 10^{-4}$. El manómetro del depósito A mide presiones absolutas mientras que el manómetro del depósito E mide presiones manométricas.

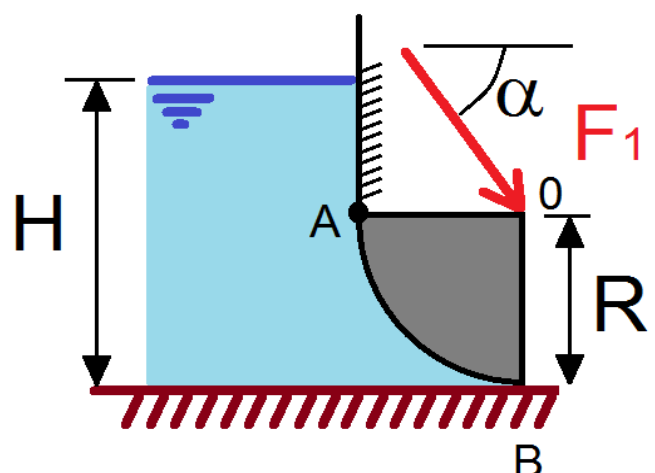


- Calcular la lectura del manómetro A (kg/cm²).

Datos: $s_{He}=13,6$; $H=735$ mm; $P_E=0,3$ bar; $R=30$ cm, $Z_A=8$ m ; $Z_B=6$ m ; $Z_E=10$ m.

Resultado: $P_A^{abs}=5,52$ kg/cm².

5. (15%) La compuerta OAB que se muestra en la figura tiene forma de cuarto de cilindro de radio R y profundidad b . La compuerta es rígida y su peso es despreciable. Está articulada en el punto A y en el punto B entra en contacto con el suelo. Se ejerce en el punto O una fuerza F_1 con un ángulo α , manteniendo la compuerta apoyada en el suelo, permitiendo acumular agua en el lado izquierdo:



- Dibujar los prismas de presiones acotados de las fuerzas que actúan sobre la compuerta OAB en función de H .

b) Calcular las fuerzas que actúan sobre la compuerta OAB en función de H.

Sabiendo que el radio de la compuerta es $R=2$ m y su profundidad es $b=3$ m, se pide:

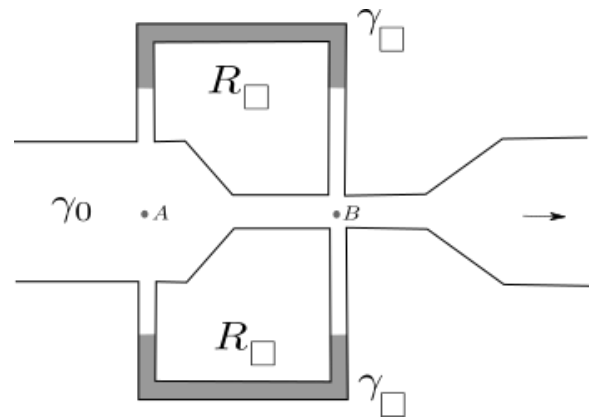
c) Calcular la altura H **máxima** del agua.

d) Calcular las reacciones en A y B para $H=3$ [m].

Datos: $F_1=450$ kN; $\alpha=50^\circ$.

Resultados: $F_h=\gamma \cdot (H-R/2) \cdot R \cdot b$; $F_b=\gamma \cdot [\pi \cdot R^2/4 + (H-R) \cdot R] \cdot b$; $H=6,29$ m; $B_y=193,56$ kN ($\uparrow$), $A_x=406,85$ kN ($\leftarrow$), $A_y=0$.

6. (10%) Como muestra la figura, un fluido de peso específico γ_0 se desplaza a lo largo de un venturímetro al que se le han unido dos manómetros en U. En estos manómetros se incluyen los fluidos de peso específico γ_1 y γ_2 , siendo $\gamma_1 < \gamma_0$ y $\gamma_0 < \gamma_2$. Los manómetros conectados a estos fluidos ofrecerán las lecturas de R_1 y R_2 respectivamente. La disposición de los meniscos en la figura se corresponde a una situación de flujo nulo.



a) Para una situación de flujo no nulo, indicar en los cuadros del dibujo el peso específico del fluido, y la lectura correspondiente a cada manómetro, e indicar la disposición relativa de los meniscos en cada uno de los manómetros.

b) Deducir la expresión del caudal real del venturímetro, en función de la lectura del manómetro superior y los parámetros necesarios.

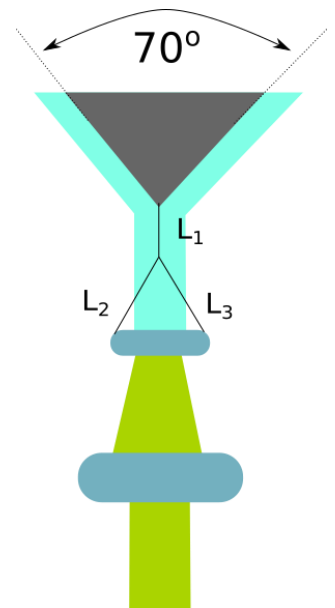
c) Calcular de forma justificada el ratio R_1/R_2 .

Resultados: $R_1/R_2 = [\gamma_2 - \gamma_0] / [\gamma_0 - \gamma_1]$.

7. (5%) De una manguera dispuesta verticalmente como se muestra en la figura, sale un chorro de agua a la atmósfera. A continuación, el chorro es desviado por un cono sostenido a la manguera mediante alambres de masa despreciable L_1 , L_2 y L_3 . Calcular el peso (kg) que debe tener el cono para evitar tensiones en los alambres.

Datos: Velocidad del chorro $v=15$ m/s, diámetro del chorro $D=8$ cm, coeficiente de contracción a la salida de la manguera $C_c=0,9$.

Resultado: 20,87 kg.



8. (5%) Deducir mediante el uso **obligatorio** del teorema de Π ó Vaschy-Buckingham los parámetros adimensionales correspondientes a un sistema caracterizado por las variables que se dan a continuación.

En el sistema se considerarán el módulo de elasticidad volumétrica de un fluido K , su viscosidad cinemática ν , su densidad ρ , la diferencia de presión entre dos puntos Δp , la velocidad del fluido v y una longitud característica L .

Utilizar como variables repetidas ρ , ν y L y completar la tabla de potencias correspondiente a las ecuaciones dimensionales de todas las variables.

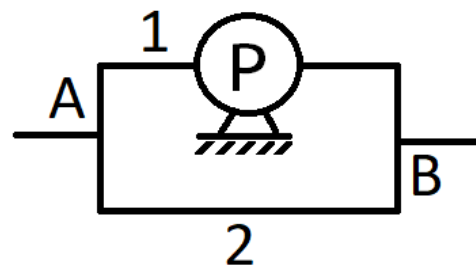
	M	L	T
ρ			
ν			
L			
K			
ΔP			
v			

Resultados: $\Pi_1 = K/(\rho \cdot \nu^2)$, $\Pi_2 = \Delta P/(\rho \cdot \nu^2)$, $\Pi_3 = \nu/(\nu \cdot L)$.

9. (15%) En la instalación de cobre de la imagen, se consigue un flujo completamente laminar.

El fluido bombeado del punto A al punto B es un fluido de viscosidad 80 cSt y densidad relativa $s=1,26$, y la energía por unidad de volumen del punto A es de 555,66 kJ/m³, mientras que en el punto B es de 15 mcl ($s=2,52$). Se pide:

	L (m)	D (mm)
1	100	50
2	250	40



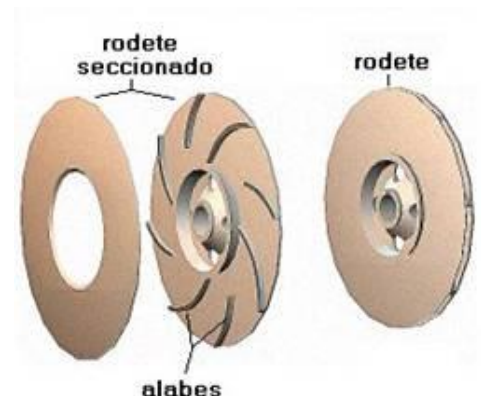
a) Calcular el caudal bombeado, sabiendo que la potencia bruta de la bomba es de 1,2 kW y su rendimiento es del 54%.

b) Calcular el caudal que sale del nudo B.

Resultados: $Q_1=4,85$ l/s; $Q_B=5,31$ l/s.

10. (7,5%) Responder justificadamente de manera breve y concisa las siguientes preguntas:

- Elementos de que consta la turbina Pelton.
- ¿Por qué se denomina la turbina Pelton turbina de acción?
- Función del distribuidor en las turbinas Francis y Kaplan.
- Tipo de energía hidráulica que se incrementa en las bombas de desplazamiento positivo.
- En la imagen se observa un rodete radial de una turbobomba. Indicar por donde entra el flujo y por donde sale.



11. (15%) En una instalación de bombeo simple se bombea agua desde un depósito abierto A, cuya lámina superior está en cota 0, a una boquilla vertical C, situada en cota 5 m, siendo el diámetro de la boquilla de 100 mm. La tubería es de polietileno (PE). En la aspiración la longitud equivalente total es 5 m y el diámetro es 350 mm. En la impulsión la longitud equivalente total es 500 m y el diámetro es 300 mm. La expresión analítica de la curva característica H_m -Q de la turbobomba es la siguiente:

$$H_{mtb} = 24,49 - 5,061 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \text{ (mca; l/s)}$$

Se pide resolver analíticamente, utilizando la expresión de Hazen-Williams para el cálculo de las pérdidas de carga:

- Deducir la expresión analítica de la curva característica de la instalación.
- Punto de funcionamiento de la instalación de bombeo [H_m (mca); Q (l/s)].
- Cota máxima a la que debe de instalarse la turbobomba. Considerar $NPSH_{requerido}=4$ mca; $P_{atm}/\gamma=10$ mca; $P_{vap}/\gamma=$ (abs)= 0,2 mca. Indicar el $NPSH_{seguridad}$ adoptado.
- En un momento dado, se maniobra la válvula reguladora de caudal colocada en la impulsión, siendo la lectura del vacuómetro colocado a la entrada de la turbobomba 4,5 mca y, la del manómetro de Bourdon colocado a la salida de 1,493 kg/cm². Indicar el nuevo punto de funcionamiento de la instalación (H_m ; Q). Calcular asimismo el valor de las pérdidas de carga adicionales generadas en el maniobrado de la válvula.

Nota importante: no considerar el término cinético en las tuberías. En los apartados b) y d) representar esquemáticamente la resolución analítica.

Resultados: $H_{mi}=5+8,27 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2+5,576 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1,852}$; Q=109,98 l/s, $H_m=18,37$ m; $Z_{bomba}<4,58$ m ($NPSH_{disp}<1,3 \cdot NPSH_{req}$); $h_{fvalv}=3,34$ m

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 27 de Junio de 2022

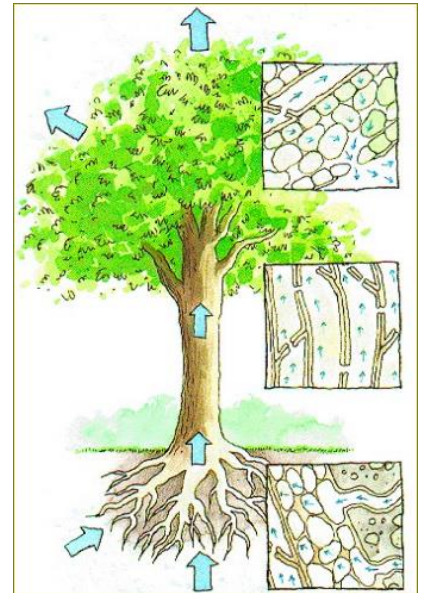
1. (5%) El ascenso de la savia en los árboles se puede estudiar como un simple fenómeno capilar. Si suponemos que la tensión superficial de la savia es muy parecida a la del agua, se desea conocer el diámetro máximo (mm) que deben de tener los vasos capilares de los árboles para que la savia ascienda al extremo superior de un árbol de 30 m de altura.

Datos:

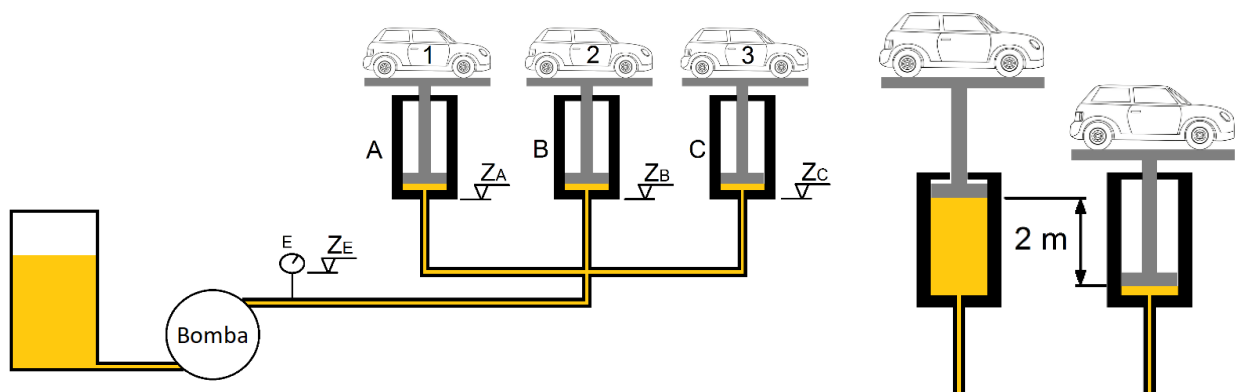
- Peso específico de la savia = 9810 N/m^3 .
- $\sigma_{\text{savia}} (20^\circ\text{C}) = 73,49 \text{ dyn/cm}$

Nota: suponer que las fuerzas de cohesión en la savia son despreciables frente a las fuerzas de adhesión al vaso capilar

Resultado: $D=10^{-3} \text{ mm}$.



2. (10%) En la figura se puede ver un sistema de elevación de 3 coches de pesos diferentes con una bomba oleohidráulica. Los 3 cilindros se alimentan con la misma bomba. Los cilindros tienen una carrera de 2 m, como se muestra en la figura adjunta.



Inicialmente todos los coches están en su posición inferior y el objetivo es que todos los coches suban.

a) ¿Subirán los 3 coches a la vez o de uno en uno? Razonar la respuesta.

Si la respuesta es a la vez:

b) Calcular la lectura del manómetro E cuando los cilindros lleguen al fin de carrera [bar].

Si la respuesta es de uno en uno:

c) ¿En qué orden ascenderán?

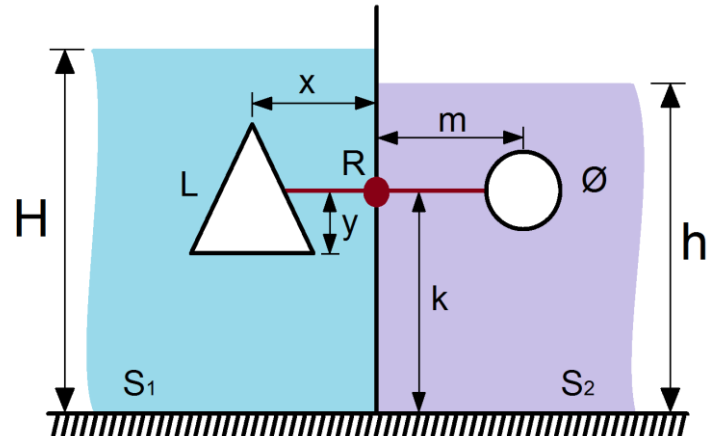
d) Calcular la lectura del manómetro E cuando cada cilindro llegue a su respectivo fin de carrera [bar].

Datos: $m_1=1650$ kg; $m_2=1750$ kg; $m_3=1900$ kg; $\varnothing_A=10$ cm; $\varnothing_B=8$ cm; $\varnothing_C=15$ cm; $z_A=z_B=z_C=1,5$ m; $z_E=0,5$ m; $S_{aceite}=0,85$.

Resultados: Cada coche sube de manera independiente, ya que la fuerza de presión necesaria para vencer el peso del coche es diferente (depende de la masa del coche y del diámetro del cilindro); Primero subirá el coche 3, a continuación el 1 y por último, el 2; $p_E^3=10,79$ bar, $p_E^1=20,84$ bar eta $p_E^2=34,37$ bar.

3. (15%) La imagen muestra un prisma triangular equilátero de lado L y profundidad b y una esfera de diámetro $\varnothing$ enlazados por una barra rígida, y sumergidos en sendos fluidos de densidades relativas s_1 y s_2 . El peso de la barra es despreciable y está articulada en el punto R , haciendo la función de un balancín. Ambos cuerpos son del mismo material (S_{mat}).

a) Obtener la relación x/m para que el sistema esté en equilibrio, en función de las variables que aparecen en la imagen.



Tomando los datos que se ofrecen en la parte inferior:

b) Calcular el valor de la relación x/m .

c) Dibujar todos los prismas de presiones acotados de las fuerzas hidrostáticas horizontales y verticales que actúan sobre ambos cuerpos.

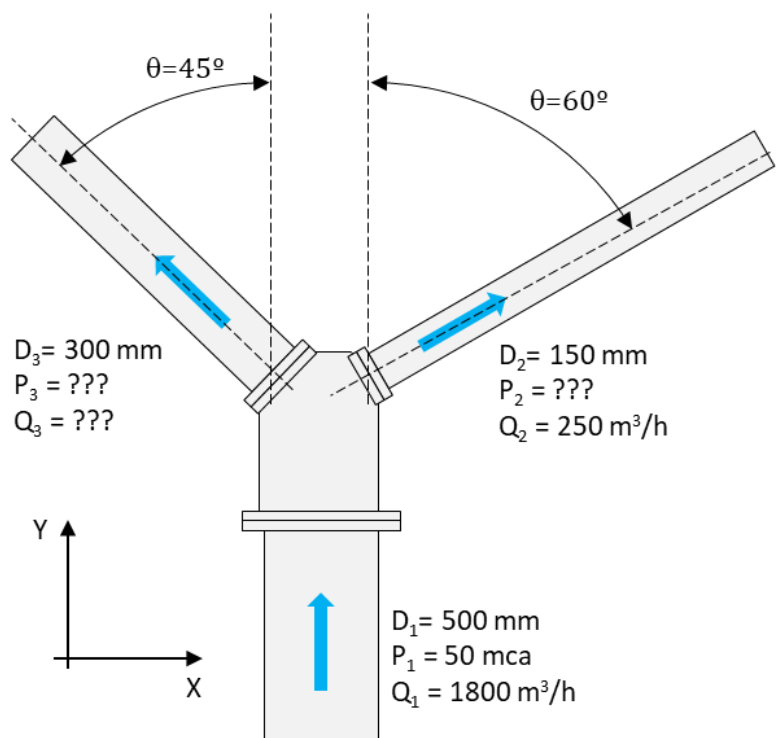
d) Calcular las fuerzas hidrostáticas que actúan sobre ambos cuerpos (módulo, dirección y sentido).

Datos: $H=10$ m; $h=8$ m; $L=1$ m; $k=5$ m; $b=3$ m; $y=L/2$ m; $\varnothing=1,1$ m; $s_1=1,4$; $s_2=2,1$; $\rho_{mat}=873,76$ kg/m³.

Resultados: $x/m=(2 \cdot \pi \cdot D^3)/(3 \cdot \sqrt{3} \cdot b \cdot L^2) \cdot (s_2 - S_{mat})/(s_1 - S_{mat})$; $x/m=1,25$; $F_{H1}=F_{H2}=0$, $F_{V1}=17,82$ kN ($\uparrow$), $F_{V2}=14,34$ kN ($\uparrow$).

4. (15%) En la derivación de la figura, que se encuentra en un plano horizontal, circula un fluido con una densidad relativa de 1,5. Se pide el caudal que atravesará la sección 3, y las presiones en las salidas 2 y 3 suponiendo que no hay pérdidas de energía. Calcular la fuerza a la que está sometida la pieza en Y.

Resultados: $Q_3=1550$ m³/h, $p_2=4,83 \cdot 10^5$ Pa, $p_3=4,67 \cdot 10^5$ Pa; $F_x=18,37$ kN ($\rightarrow$), $F_y=67,52$ kN ($\uparrow$).



5. (10%) Deducir y discutir las condiciones necesarias para cumplir la semejanza completa o absoluta en un sistema caracterizado por los números de Reynolds y Froude, si tanto el modelo como el prototipo se encuentran en la superficie terrestre.

6. (12,5%)

a) Deducir la expresión del caudal real en un vertedero horizontal de pared delgada.

b) Si en un canal de $L=2$ m de ancho se ha medido un caudal de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ mediante un vertedero de pared gruesa, calcular la altura de agua sobre dicho vertedero y también sobre un segundo vertedero horizontal de pared delgada, colocado en el mismo canal.

Dato: tomar el coeficiente del vertedero de pared delgada 0,6.

Ayuda. El caudal medido en el vertedero de pared gruesa sigue las siguientes expresiones:

$$Q = (L \cdot y) \cdot \sqrt{2g \cdot (h - y)}$$

$$Q_{\text{real}} = \frac{2 \cdot h}{3} \cdot L \cdot \sqrt{\frac{2g}{3} \cdot h}$$

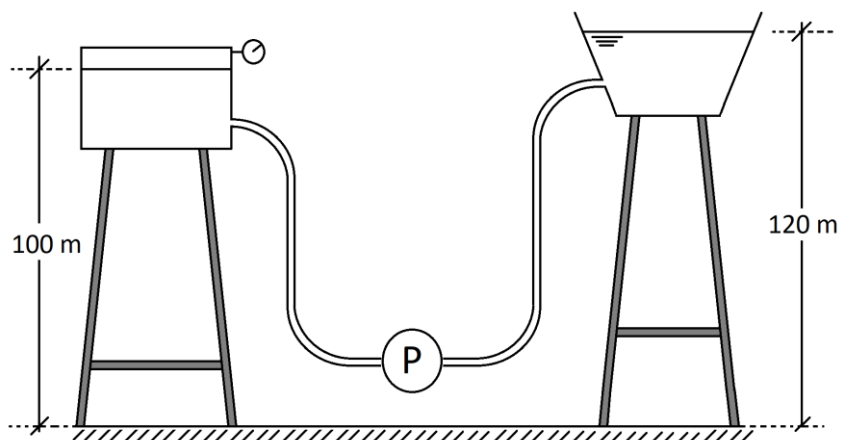
Resultados: $y=0,467$ m; $h=0,683$ m.

7. (15%) Se tienen dos depósitos de grandes dimensiones como los que se muestran en la figura. La presión en el depósito de la izquierda es de 1 bar, mientras que el depósito de la derecha se encuentra abierto a la atmósfera. Se desea conectar ambos depósitos mediante una tubería de hierro forjado de longitud 270 m, de forma que con la ayuda de una bomba de 40 kW de potencia útil y 63% de rendimiento, se pretende trasvasar un caudal de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ del depósito izquierdo al depósito derecho. Calcular:

a) El diámetro exacto del conducto que se ha de utilizar para cumplir con los datos del enunciado.

b) Diámetro comercial del conducto, sabiendo que los diámetros van de 25 mm en 25

NOTA: La longitud equivalente de los distintos elementos situados a lo largo de la instalación es de 30 m. La viscosidad dinámica del fluido es $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ y su densidad relativa es 1,2.



Resultados: $D_{\text{exacto}}=406,45$ mm; $D_{\text{comercial}}=425$ mm.

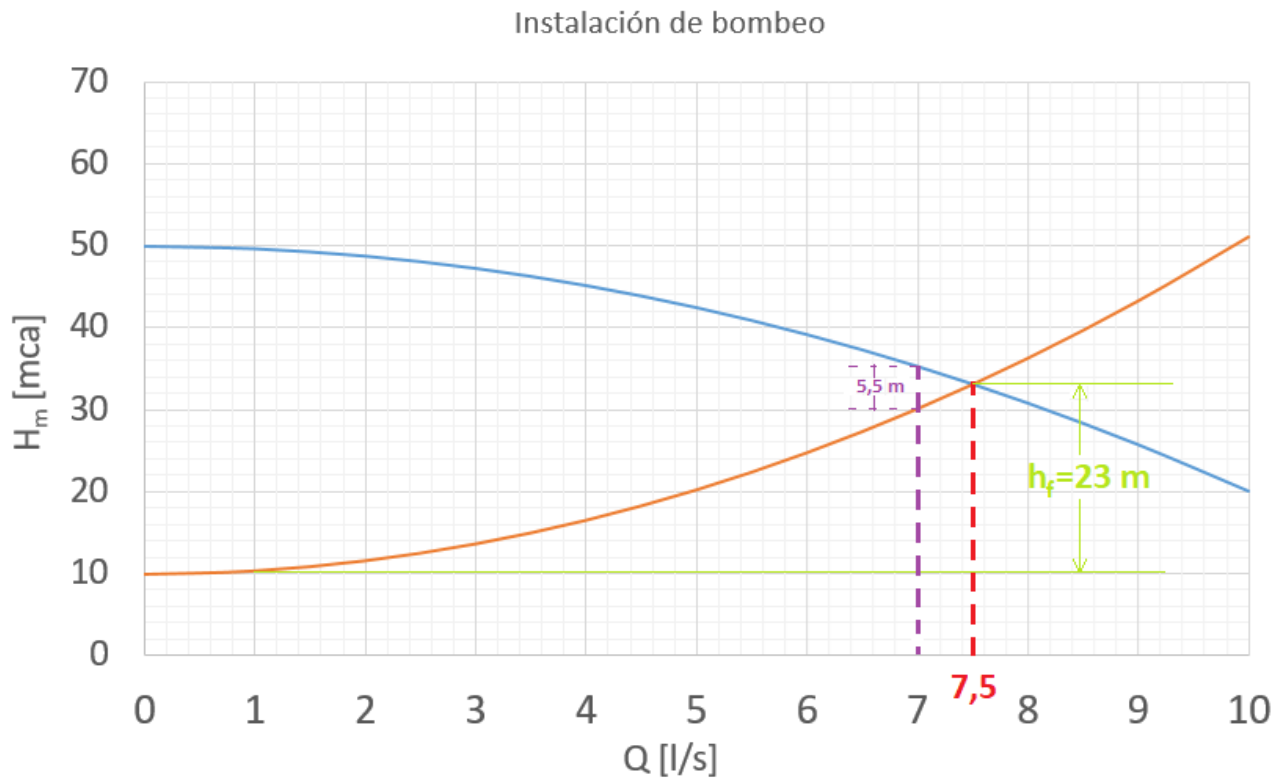
8. (10%) La tubería de aspiración de 150 mm de diámetro de una instalación de bombeo consta de los siguientes elementos: una válvula de pie cuyo factor de paso adimensional es 3, un codo de 90° , cuya pérdida de carga equivale a la de 10 m de tubería recta, otro codo de 90° , cuya pérdida de carga equivale a la de 5 m de tubería recta y un tramo de tubería recta de 8 m de longitud. El caudal bombeado es 2500 l/min . La presión absoluta en la brida de aspiración de la turbobomba radial ha de mantenerse 100 mbar por encima de la presión de vapor del agua. La tubería es de fundición asfaltada. La presión barométrica es 750 Torr.

Estimar la cota máxima del eje de la turbobomba respecto del nivel del agua en el depósito de aspiración.

Dato: P_{vapor} (abs) del agua = 0,12335 bar. Utilizar la expresión de Hazen-Williams.

Resultado: $\Delta z < 5,93$ m.

9. (7,5%) Son conocidas las curvas características de una instalación y de una turbobomba. Están representadas en la gráfica adjunta. En la instalación se bombea agua de un depósito abierto inferior (A), situado en cota 0, a un depósito presurizado superior (B), situado en cota 5.



Responder de forma justificada, reflejando todas las respuestas en el gráfico:

- Caudal bombeado (l/s). **$Q = 7,5$ l/s**
- Pérdidas de carga en la instalación (mca) para el caudal bombeado. **$h_f = 23$ m**
- Presión (mca) en el depósito superior. **$P/\gamma = 5$ m**
- Pérdida de carga adicional a generar en la válvula de regulación colocada en la impulsión para que el caudal bombeado sea 7 l/s. **$h_{f \text{ válv}} = 5,5$ m**

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 1 de Junio de 2023

1. (10%) Un micromanómetro de líquidos inmiscibles está formado por dos depósitos abiertos a la atmósfera, unidos mediante un tubo en U. Dicho micromanómetro contiene dos líquidos manométricos cuyas densidades relativas son $s_1=1$ y $s_2=0,9$, respectivamente. Se pide:

a) Representar esquemáticamente la situación inicial del micromanómetro, cuando los dos depósitos están abiertos a la atmósfera.

b) Si el menisco de separación se desplaza 5 cm, calcular el incremento de presión (mm.c.a) que se habrá producido en uno de los depósitos. La sección de los depósitos es muy grande frente a la del tubo. Representar esquemáticamente la situación final del micromanómetro.

c) Calcular el grado de sensibilidad del micromanómetro.

Resultados: $\Delta P/\gamma=5$ mmca; $p=0,98$ Pa (1 mm).

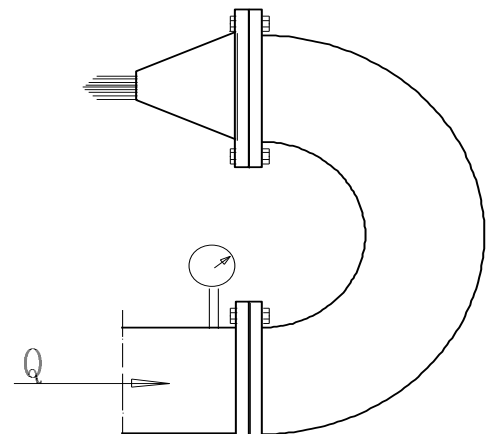
2. (10%) En el conjunto codo-boquilla de la figura (situado en el plano horizontal), un manómetro Bourdon colocado a la entrada del codo marca 100 kPa. El fluido circulante es un combustible de densidad relativa $s=0,85$.

Los diámetros de la tubería y de la boquilla son 300 y 100 mm, respectivamente. Considerar que el factor de paso en la tubería es $k=5$ y en la boquilla $k_{boq}=0,1$ (respecto de la energía cinética a la salida).

Se pide calcular:

a) Caudal circulante Q (l/s).

b) Fuerza que el fluido ejerce sobre el conjunto (módulo, dirección y sentido).

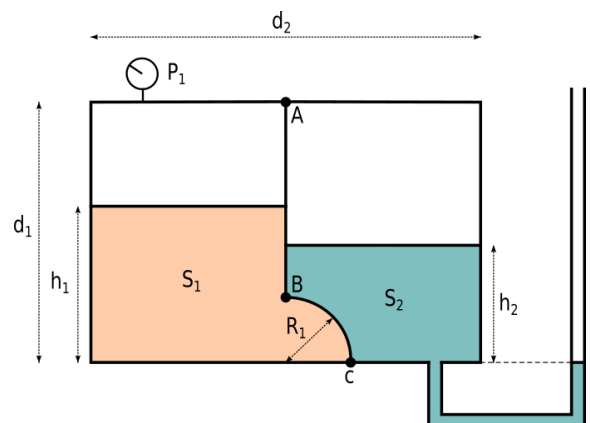


Resultados: $Q=112,37$ l/s; $F=8,59$ kN ($\rightarrow$)

3. (15%) Un depósito cerrado, de profundidad b , dividido en dos, contiene dos fluidos ($s_1=1,2$ y $s_2=0,8$). La pared que separa los dos compartimentos del depósito dispone de un tramo circular BC. El compartimento de la izquierda dispone de un manómetro Bourdon y el de la derecha un manómetro abierto al exterior.

a) Dibujar los **prismas de presiones acotados** sobre la pared ABC que separa ambos fluidos.

b) Calcular las fuerzas (sentido y módulo) ejercidas por los fluidos sobre el **tramo BC**.



Datos: $d_1=2,00$ m, $d_2=3,00$ m, $h_1=1200$ mm; $h_2=900$ mm; $P_1=2,30$ mca; $R_1=400$ mm; $b=1$ m.

Resultados: $F_{H\ izq}=13,72$ kN ($\rightarrow$), $F_{B\ izq}=13,18$ kN ($\uparrow$); $F_{H\ dcha}=627,2$ N ($\rightarrow$), $F_{B\ dcha}=985,2$ N ($\uparrow$)

4. (10%) En la imagen hay un cubo para acumular chatarra sostenido por un cilindro que se rellena con un aceite de mala calidad. El diámetro del cilindro es de 15 cm y su longitud es de 490 mm. La masa del cubo es de 550 kg y la masa de la chatarra que se puede introducir en su interior es de 550 toneladas. El peso del cilindro es irrelevante.

Cuando el cubo está vacío, el cilindro se llena completamente de aceite. A continuación, se introduce la chatarra dentro del cubo:

a) Calcular cuántos litros se reducirá el volumen de aceite del cilindro desde que el cubo está vacío hasta que se llena de chatarra.

Se va a realizar la compra de una nueva botella de aceite de las mismas propiedades,

b) ¿Cuál deberá ser el volumen de la nueva botella de aceite para llenar completamente el cilindro estando el cubo lleno de chatarra?

Datos: $S_{\text{aceite}}=0,87$ [-]; Viscosidad del aceite $\nu_{\text{aceite}}=68$ [cst]; Coeficiente de compresibilidad cúbico del aceite $\alpha_{\text{aceite}}=1,667 \cdot 10^{-10}$ [Pa^{-1}].

Resultados: $\Delta V=0,429$ l; $V_{\text{botella}}=0,452$ l.

5.(10%) Para el venturímetro de la imagen:

a) Indicar claramente cuál es la dirección del flujo y **deducir la expresión del caudal**.

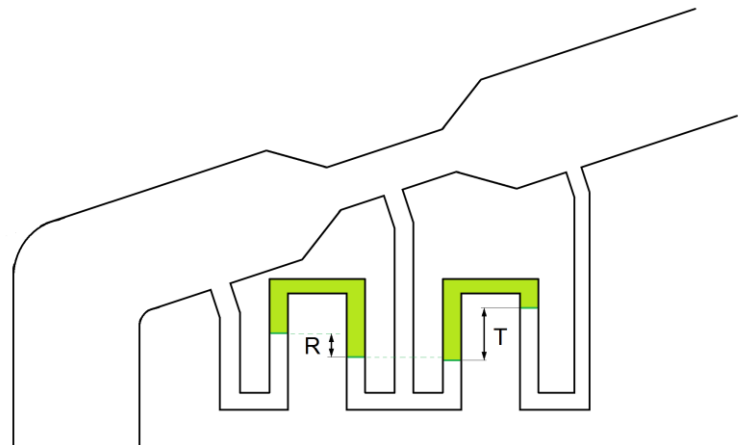
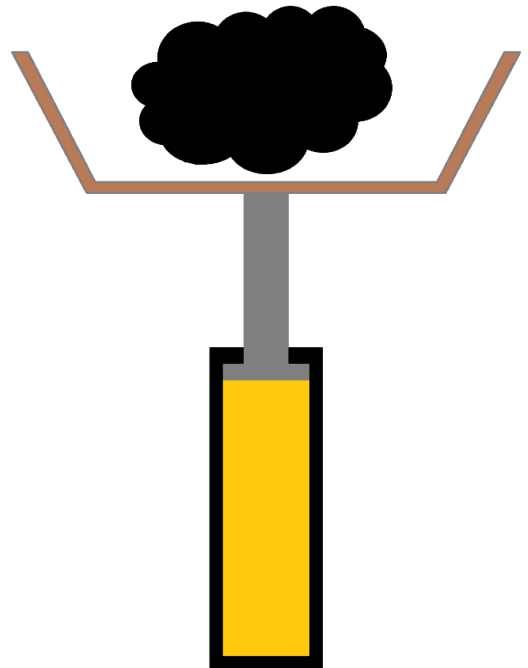
En el sistema representado en la imagen intervienen agua y glicol ($s=1,1$). Los coeficientes del rotámetro y del venturímetro son 0,86 y 0,97, respectivamente. Sabiendo que el caudal real circulante por la instalación es de 100 l/s,

b) Obtener la lectura del manómetro.

c) Obtener la lectura del rotámetro.

DATOS: $D_1=300$ mm; $D_2=250$ mm.

Resultados: El fluido de la figura fluye arriba (de derecha a izquierda), ya que $T>R$. Esto conlleva una mayor presión en un punto sobre el piezómetro de la derecha que en un punto situado sobre el piezómetro de la izquierda, siendo esta diferencia las pérdidas entre los dos puntos. $T=1,28$ m; $Q_{\text{rotám}}=116,28$ l/s.



6. (10%) Determinar si es posible, y bajo qué condiciones en caso de respuesta afirmativa, obtener la semejanza dinámica absoluta entre modelo y prototipo en un fenómeno que se caracteriza en los números adimensionales relacionados con la compresibilidad y la viscosidad y se realiza a escala reducida, en dos casos diferentes:

a) Sabiendo que se emplea el mismo gas con las mismas condiciones de presión y temperatura.

b) Sabiendo que se emplea el mismo gas con las mismas condiciones de temperatura.

NOTA: La velocidad del sonido y la viscosidad absoluta del gas son variables físicas muy poco dependientes de la presión y muy dependientes de la temperatura.

Resultado: La semejanza dinámica absoluta no se conseguirá dado que para que los números Reynolds y Mach sean iguales, la escala geométrica debe ser $\lambda=1$. En cambio, en el apartado b) se puede conseguir una semejanza dinámica absoluta si se logra que $\lambda=\rho_p/\rho_m$.

7. (5%) Deducir de forma clara y concisa cuál es la sección hidráulicamente óptima en un canal de sección rectangular de ancho b.

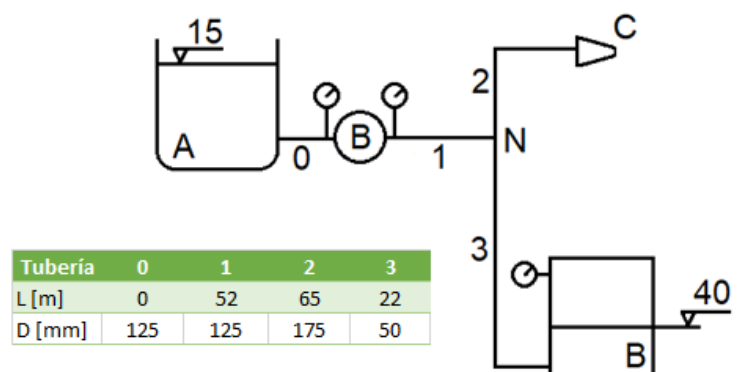
8. (15%) En la instalación de la imagen se bombea un fluido de densidad relativa $s=0,93$ y viscosidad $1,47$ cSt. Las lecturas del vacuómetro y manómetro de la imagen son de 322 mmHg y $4,2$ bar, respectivamente, mientras que la lectura del manómetro del depósito B es de 32 mca. Sabiendo que la potencia bruta de la bomba es de 7 kW y su rendimiento del 66% , calcular:

a) Caudales circulantes.

Sabiendo que el diámetro de la boquilla es de 50 mm y su coeficiente k adimensional es $0,1$, calcular:

b) Presión dinámica en la salida de la boquilla (bar) y cota a la que está colocada.

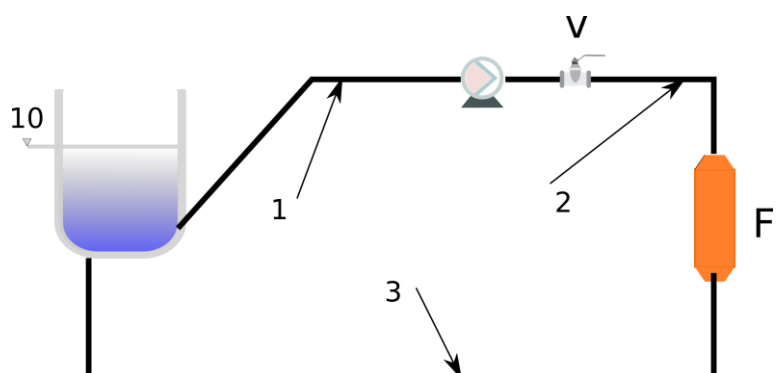
NOTA: Los conductos 0, 1 y 3 son de hierro forjado y el 2 es de PVC.



Resultados: $Q_1=9,98$ l/s, $Q_2=18,29$ l/s y $Q_3=8,3$ l/s; $z_c=60,42$ m y $P_c=0,403$ bar.

9. (15%) El depósito de agua abierto a la atmósfera de la figura está provisto de un sistema de filtrado de impurezas que consta de una turbobomba, una válvula regulable V, un filtro F, y tres tuberías de acero galvanizado de 250 mm de diámetro. La tubería de aspiración L_1 tiene una longitud de 10 m, mientras que las longitudes de las tuberías L_2 y L_3 son 5 m y 25 m respectivamente. Utilizando la expresión de **Hazen-Williams** para el cálculo de las pérdidas de carga, se pide responder a las siguientes preguntas:

a) Explicar **razonadamente** cómo se determinaría la curva característica de la turbobomba mediante el método de la variación de la curva característica de la instalación. Indicar los



elementos de la instalación sobre los que se **deberá actuar** durante dicho procedimiento. Indicar asimismo explícitamente **cómo y con qué instrumento** se podrían **registrar/medir** las variables relevantes en el proceso. Acompañar la explicación con una representación gráfica del proceso en función de dichas variables.

b) Deducir la **expresión analítica** de la curva característica de la instalación para un caso en el que el factor de paso del filtro sea $k=5$ y la longitud equivalente de la válvula V totalmente abierta fuera de 1 m.

c) Si la expresión analítica de la curva característica H_m - Q de la turbobomba de la figura fuera:

$$H_{mtb} = 30 - 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \text{ (mca; l/s),}$$

Determinar **analíticamente el punto de funcionamiento** de la instalación [H_m (mca); Q (l/s)].

d) ¿Cómo variará ese punto de funcionamiento si el depósito se cierra y se presuriza a 1,2 kg/cm²?

e) Para el caso en el que el depósito está abierto a la atmósfera, determinar la cota máxima Z_{max} a la que debería de instalarse la turbobomba. Considerar $NPSH_{requerido} = 0,35$ kg/cm²; $P_{atm} = 0,97$ atm; $P_{vap}(abs) = 20$ mbar.

Resultados: $h_{mi} = 1,267 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1,852} + 1,059 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$; PF: $Q = 242,04$ l/s, $h_m = 9,496$ m; El cierre del depósito no tendrá ninguna consecuencia; $z_p < 14,47$ m.

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 26 de Junio de 2023

1. (7,5%) Obtener:

- a) La **expresión** del ascenso capilar en un tubo de sección rectangular en el que un lado sea el doble del otro.
- b) Sabiendo que la tensión superficial del fluido es de 33,8 dyn/cm, su densidad relativa $s=0,95$, la relación entre fuerzas de adhesión y cohesión es 7/3 y el lado corto de la sección rectangular es $b=1$ mm, calcular el ascenso capilar.

Resultados: $h=(3 \cdot \sigma \cdot \cos\theta)/(\gamma \cdot b)$; $h=9,99$ mm.

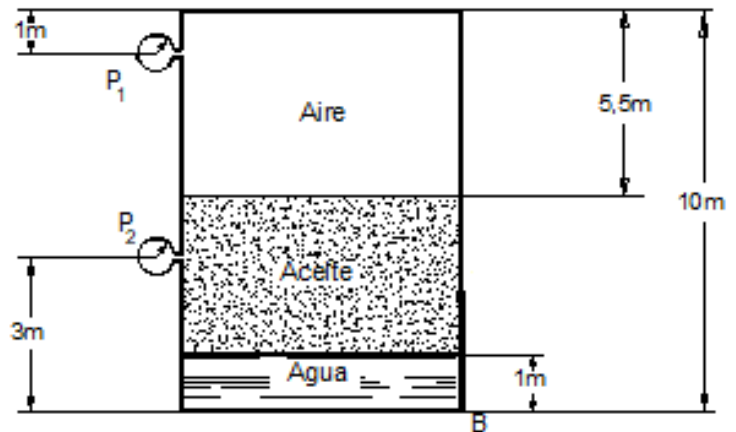
2. (10%) Un depósito de sección cuadrada, altura $H=10$ m, contiene en su interior dos fluidos inmiscibles: agua y aceite, encontrándose el resto del volumen, lleno de aire (tal y como se muestra en la figura). El depósito cuenta con dos manómetros de presiones absolutas, con las siguientes lecturas:

- $P_1=1,96$ bar
- $P_2=2,04$ kg/cm²

La presión atmosférica es 74 cm.c.Hg.

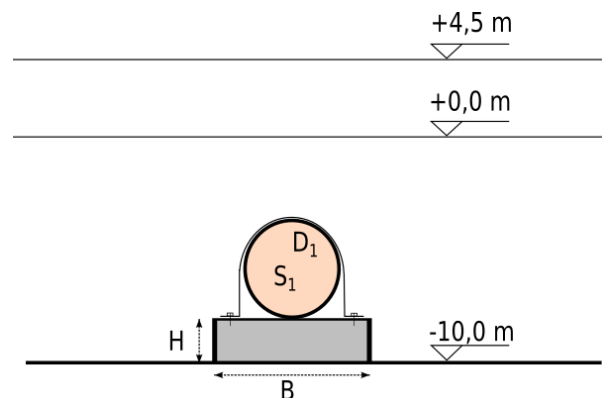
Determinar:

- a) El peso específico del aceite (N/m³).
- b) Lectura que daría un manómetro de membrana conectado al fondo del depósito (en B) en Torr.
- c) Si la presión atmosférica aumentará a 1076 mbar, ¿cuáles de las tres lecturas se modificarían? ¿Cuáles serían las nuevas lecturas (Pa)?



Resultados: $\gamma_{\text{aceite}}=2613,3$ N/m³; $P_B/\gamma_{\text{Hg}}=872,75$ torr; las lecturas P_1 y P_2 no cambian, ya que son medidores de presión absoluta, la lectura de P_B en cambio, sí que cambia y su nueva lectura será: $P_B/\gamma_{\text{Hg}}=805,42$ torr.

3. (10%) Se desea instalar una tubería de 300 mm de diámetro cerca de la costa para transportar un fluido ($s_1=0,6$) a una presión de constante de 30 mca. La tubería se instalará sobre el lecho marino, a 10 metros de profundidad, tal y como se muestra en la figura adjunta (la amplitud de marea es de 4,5 metros en esa zona). La tubería se anclará al fondo mediante un bloque de hormigón que se supondrá continuo, con un ancho **B** de 350 mm. Se pide:



- a) Determinar la altura **H** de la base de hormigón para mantener el bloque de hormigón en el fondo

marino. Despreciar el peso del material de la tubería y los anclajes metálicos. Considerar, además, que el agua se filtra entre la base de hormigón y el fondo marino.

b) Determinar la densidad relativa mínima del fluido que se puede transportar en la tubería si la altura del bloque fuese de $H=5$ cm.

Datos: $\rho_{\text{agua de mar}}=1027 \text{ kg/m}^3$; $\gamma_{\text{Hormigón}}=2300 \text{ kg/m}^3$.

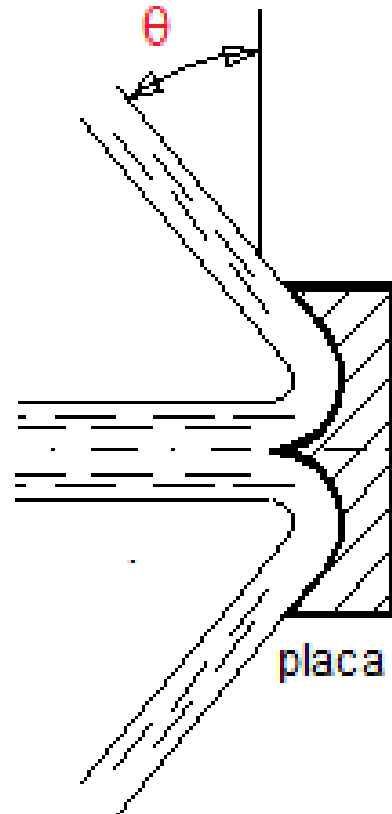
Resultados: $H=67,74 \text{ mm}$; $s_1=0,752$.

4. (10%) Un chorro de agua de diámetro $d=200 \text{ mm}$ incide sobre la placa de la figura, repartiéndose el caudal en dos mitades. La placa desvía el agua un ángulo $\theta=50^\circ$. La velocidad del chorro a la entrada es $v=20 \text{ m/s}$. Se pide:

a) Hipótesis que se deben de cumplir para que el módulo de la velocidad se mantenga constante en el chorro que incide sobre la placa.

b) Fuerza que se debe ejercer sobre la placa (módulo, dirección y sentido) para que se mantenga fija en la posición de la figura. **Nota: en la resolución se deben seguir obligatoriamente los pasos requeridos.**

c) Sí se pudiera variar el ángulo de desvío θ de la placa, ¿para qué ángulo sería máxima la fuerza ejercida por el chorro? Razonar la respuesta.



Resultados: El chorro debe estar a presión atmosférica, sin variación de cota entre entrada y salida, y sin pérdidas; $F_x=22,19 \text{ kN}$ ($\rightarrow$); La fuerza será máxima cuando $\theta=90^\circ$, siendo $F_x=\rho \cdot Q \cdot v \cdot (1+\sin\theta)=25,13 \text{ kN}$.

5. (12,5%) Se pretende estudiar la variación de presión generada en el morro del fuselaje de un avión a una altitud de 12000 m. Para ello, se emplea en un laboratorio un túnel de viento con aire a 20°C y un modelo a escala 1:50. La variación de presión depende de la velocidad del fluido, del módulo de compresibilidad del fluido K , de la densidad del fluido, de la viscosidad μ del fluido y de la dimensión L de su morro.

a) Determinar los parámetros adimensionales que definen el fenómeno descrito. Tomar ρ , L y v como variables repetidas.

b) ¿Es posible obtener la semejanza dinámica absoluta entre modelo y prototipo?

Para las pruebas del laboratorio se ha decidido prescindir de los efectos de la viscosidad. Se realiza una prueba en el túnel del viento con aire a 1000 km/h y la variación medida es de 43 kPa .

c) Calcula la velocidad del aire y la variación de presión generada en la nariz del avión.

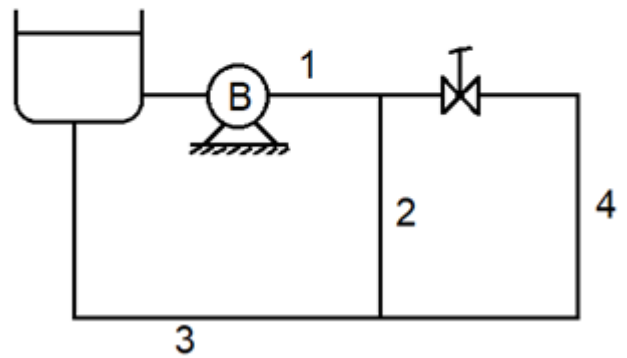
NOTA: $T [12 \text{ km}]=216,5 \text{ K}$; $P_{\text{atm}} [12 \text{ km}]=19,3 \text{ kPa}$; $\mu [12000 \text{ m}]=1,42 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$; $\mu [0 \text{ m}]=1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, $R_{\text{aire}}=287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

NOTA2: El aire sigue procesos de compresión/expansión adiabáticos de modo que su módulo de elasticidad es $K=1,4 \cdot P$, siendo P su presión absoluta.

Resultados: $\pi_1 = \Delta p / (\rho \cdot v^2)$, $\pi_2 = K / (\rho \cdot v^2)$, $\pi_3 = \mu / (\rho \cdot v \cdot L)$; Viendo los datos proporcionados por el enunciado, se puede ver a simple vista la imposibilidad de que π_2 y π_3 sean iguales en modelo y prototipo, por lo que la semejanza dinámic absoluta es IMPOSIBLE; $v_p = 859,6$ km/h, $\Delta p = 8,19$ kPa.

6. (15%) En la imagen de la figura se puede observar una pequeña instalación de bombeo. En dicha instalación se bombea etanol, cuya densidad relativa es $s=0,789$ y su viscosidad $0,1074$ mPa·s. La potencia útil de la bomba es de 24 kW y su rendimiento del 46% . Se maniobra la válvula de forma que se consigue que el caudal que circula por las tuberías 2 y 4 sea idéntico, y **superior a 20 l/s** en cada ramal.

Tuberías	1	2	3	4
L [m]	15	50	??	125
D [mm]	75	75	75	100
Material	PVC	PVC	PVC	Hierro galvanizado

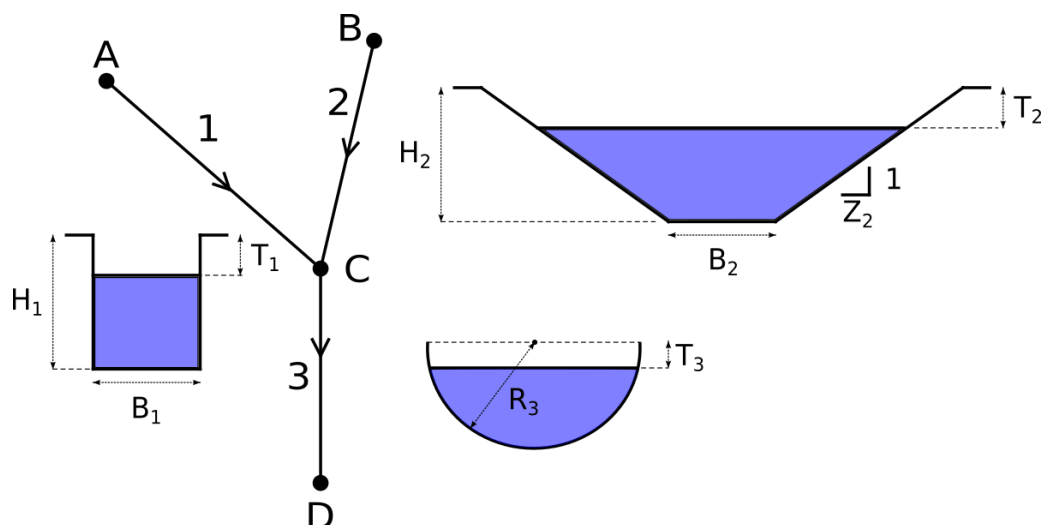


- Calcular el factor de fricción de la tubería 4.
- Calcular el caudal bombeado y la altura manométrica de la bomba.
- Calcular la longitud de la tubería 3.

NOTA: Longitudes equivalentes de las piezas especiales situadas en el conducto 2: 6 m. Longitud equivalente de la válvula 10 m.

Resultados: $f_4 = 0,02171$; $Q_1 = 48,32$ l/s, $H_m = 64,24$ m; $L_3 = 35,49$ m.

7. (15%) En la imagen adjunta se muestra una red de canales con tres tramos, todos con revestimiento de hormigón (hormigón acabado). Un tramo AC (**CANAL 1**) con un canal rectangular, otro tramo BC (**CANAL 2**) de sección trapezoidal y un tercer tramo CD (**CANAL 3**), de sección semi-circular. El primer tramo transporta un caudal $Q_1 = 50$ l/s y el segundo tramo un caudal $Q_2 = 700$ l/s. Se pide:



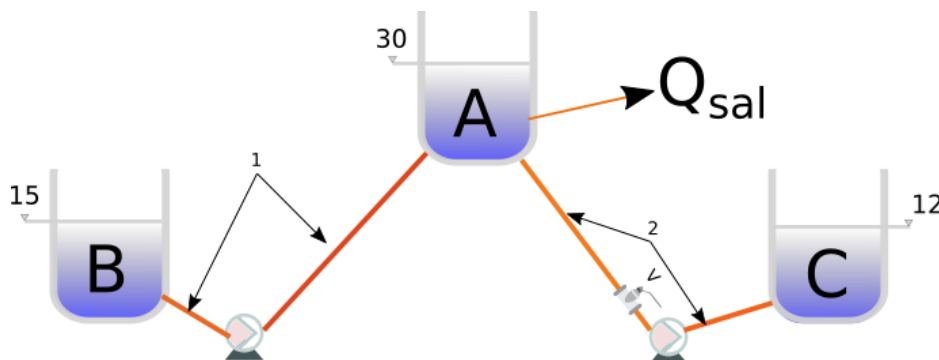
a) Si el **CANAL 1**, de 10 km de longitud, tiene una cota inicial de 120 m y una cota final de 110 m, determinar el ancho B_1 y la altura total H_1 del canal para que éste sea hidráulicamente óptimo al diseñarlo con un resguardo T_1 de 30 cm.

b) El **CANAL 2**, de 12 km, se quiere diseñar para una profundidad $H_2=1,0$ m, un ancho B_2 de 0,6 m, una pendiente lateral $Z_2=1,5$, y un resguardo T_2 de 20 cm. Determinar la cota mínima a la que debe ubicarse el inicio del canal para transportar el caudal correspondiente.

c) El **CANAL 3**, de 3 km, finaliza a una cota de 100 m. Determinar el diámetro de la sección semi-circular para que transporte el caudal correspondiente y, además, el resguardo mínimo sea mayor que el 20% de R_3 . Considérese que los diámetros disponibles tienen valores proporcionales a 10 cm.

Resultados: $B_1=41,5$ cm, $H_1=50,7$ cm; $z_h=111,33$ m; $D_{com}=1,2$ m.

8. (15%) El depósito A de la figura se utilizará para suministrar un caudal de agua constante $Q_{sal}= 300$ l/s a una aplicación industrial. Se pretende mantener constante el nivel del agua en el depósito A y para ello se va a diseñar un sistema de suministro de agua desde los depósitos B y C hacia el depósito A. La tubería 1 une el depósito B con A y está desprovista de elementos que generen pérdidas de carga menores. La tubería 2 une el depósito C con A y contiene una válvula reguladora V que genera pérdidas de carga no despreciables. Ambas tuberías son de PVC y sus longitudes y diámetros se indican en la tabla adjunta a la figura.



Tubería	L (m)	D (mm)
1	100	225
2	200	250

Para realizar el bombeo se tienen a disposición 3 turbobombas. La expresión analítica de la curva característica H_m-Q en los tres casos tiene la siguiente forma:

$$H_{mtb} = A - B \cdot Q^2 \text{ (mca; l/s)}$$

indicándose los valores de los coeficientes A y B de cada modelo en la siguiente tabla:

Modelo	A [mca]	B [mca/(l/s) ²]
M1	20	$3,0 \cdot 10^{-4}$
M2	30	$3,5 \cdot 10^{-4}$
M3	40	$4,0 \cdot 10^{-4}$

Se pide resolver analíticamente, utilizando la expresión de **Hazen-Williams** para el cálculo de las pérdidas de carga:

- a) Deducir la **expresión analítica de la curva característica de la instalación** que bombea agua desde B hacia A.
- b) Seleccionar **justificadamente el modelo de bomba** que se empleará para que el caudal suministrado desde B sea al menos la mitad de Q_{sal} , y menor que 200 l/s. Indicar el punto de funcionamiento de la instalación de bombeo [H_m (mca); Q_1 (l/s)].
- c) De instalarse en la tubería 2 una bomba idéntica a la seleccionada en el apartado anterior, indicar el valor requerido para el factor de paso $k_{válv}$ de la válvula reguladora para que **el nivel del depósito A permanezca constante**.
- d) Si en un momento dado aumentase el nivel del agua en el depósito A en dos metros por causas ajenas al bombeo, y aun así se mantuviese constante el caudal de salida Q_{sal} y el factor de paso $k_{válv}$, ¿cuál pasaría a ser el nuevo caudal entrante en el depósito A? ¿Se revertiría la situación inicial?

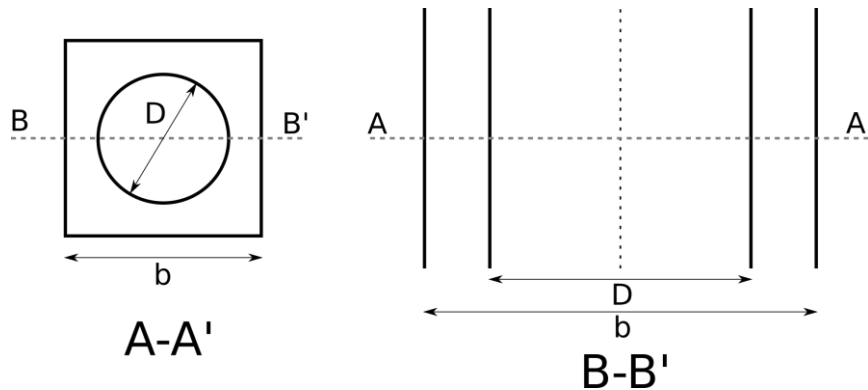
Resultados: $h_{mi}=15+4,5 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1,852}$; Punto de Funcionamiento: $Q_1=163,45$ l/s, $H_m=20,65$ m; $k_{válv}=1,546$; $Q_1=151,82$ l/s, $Q_2=124,36$ l/s, El depósito se irá vaciando porque los caudales de entrada (Q_1+Q_2) son menores que el caudal de salida (Q_{sal}), hasta volver a la situación inicial.

9. (5%) Rellenar la siguiente tabla:

DIFERENCIAS FUNDAMENTALES ENTRE TURBINAS		
	<i>Turbinas de Acción</i>	<i>Turbinas de Reacción</i>
Tipos (Nombres)	<i>Pelton</i>	<i>Francis, Helice, Kaplan</i>
Admisión	<i>Puntual</i>	<i>Total</i>
Elementos	<i>Rodete e Inyector</i>	<i>Cámara espiral, Antedistribuidor, Distribuidor, Rodete y Tubo Difusor</i>
Tipo de energía aportada	<i>Cinética: $c^2/(2 \cdot g)$</i>	<i>Cinética y Energía de Presión: $c^2/(2 \cdot g) + P/\gamma$</i>
Campo de trabajo: Q/H	<i>Pequeña</i>	<i>Media y Grande</i>
Tipo de Central (Localización)	<i>Cabecera de los ríos</i>	<i>Cauce medio y terminal del río, y en las desembocaduras de los ríos</i>

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 30 de Mayo de 2024

1. (7,5%) Supónganse los dos tubos de la figura, uno exterior, con sección cuadrada (con lado b) y otro interior, circular (diámetro D). En la imagen se representa la sección transversal A-A' de estos tubos y la sección longitudinal B-B'.



Sabiendo que hay un fluido entre ambos tubos, se pide:

- Dibujar en la sección B-B' la superficie libre correspondiente al fluido sabiendo que *moja* al sólido. Determinar claramente en la figura las fuerzas que condicionan la subida / bajada del fluido.
- Deducir la expresión válida para determinar el ascenso/descenso capilar de cualquier fluido.
- Obtener el ascenso/descenso capilar del fluido para unos valores de $D=2$ mm y $b=3$ mm, sabiendo que el fluido es un alcohol con una tensión superficial de $3,31 \cdot 10^{-3}$ J/m², una densidad de 790 kg/m³ y un ángulo de contacto de 0° .

Resultados: $h = 4 \cdot \sigma \cdot (4 \cdot b + \pi \cdot D) \cdot \cos(\theta) / [\gamma \cdot (4 \cdot b^2 - \pi \cdot D^2)]$; $h = 1,334$ mm.

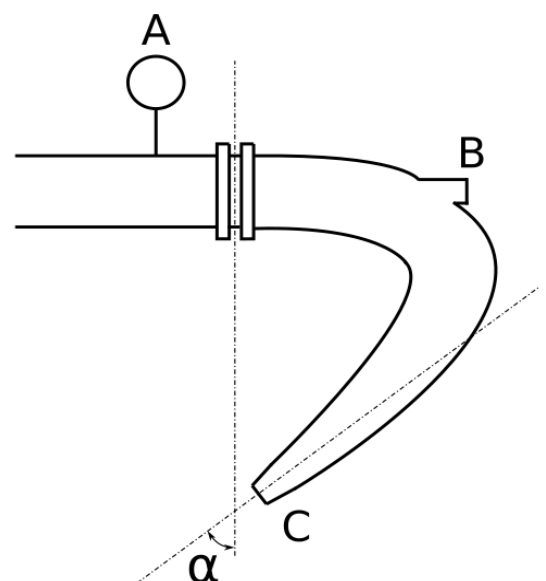
2. (12,5%) Supongamos que tenemos una pieza como la de la figura, colocada al final de un tubo que transporta agua. Esta pieza especial consta de dos boquillas, una en el punto B, situada a la altura del eje de la tubería principal y con chorro horizontal, y otra en el punto C.

Se pide:

- Determinar la fuerza (dirección y módulo) del flujo sobre la pieza especial. No considerar pérdidas de carga, diferencias de cota y peso del agua.

Datos: $p_A = 13,5$ bar, $\alpha = 60^\circ$, $\phi_A = 125$ mm, $\phi_B = 10$ mm, $v_A = 0,8$ m/s, $C_{c,A} = 1$, $C_{c,B} = 0,6$, $C_{c,C} = 0,7$.

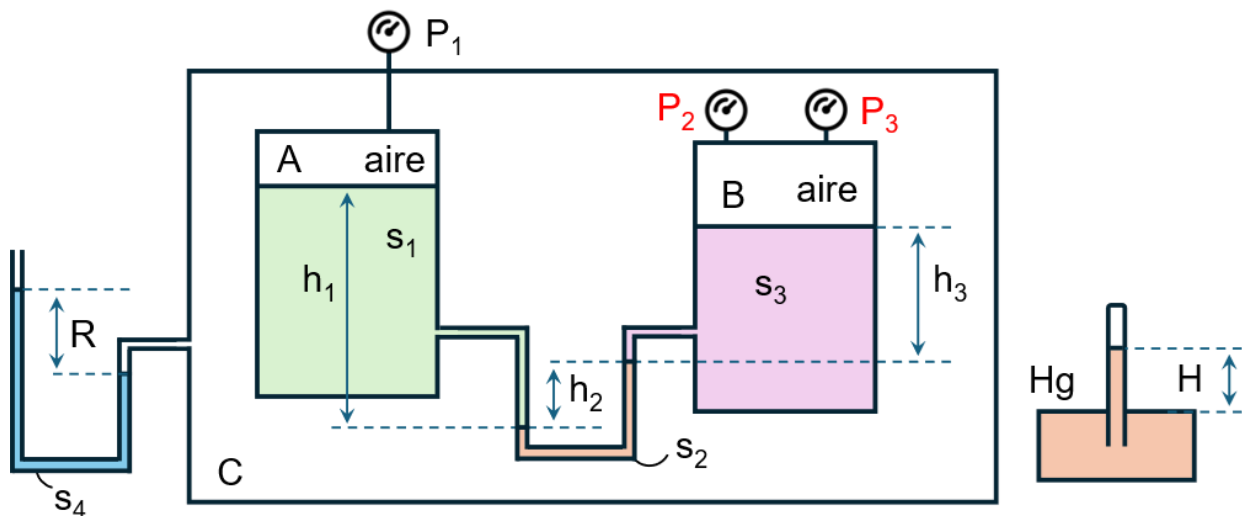
Resultados: $F_T = 16780,3$ N, $\beta = 0,65^\circ$.



3. (12,5%) En la instalación de depósitos presurizados mostrada se cuenta con dos manómetros redundantes (2 y 3). En una revisión rutinaria, el operario de la instalación se percata de que una de los dos ofrece una lectura incorrecta. Si el manómetro de Bourdon de presiones absolutas P_1 mide una presión de $3,57 \text{ kg/cm}^2$, y considerando los datos proporcionados, se pide:

- Justificar razonadamente cuál de los manómetros mide **incorrectamente**.
- Calcular la presión absoluta en el depósito C (bar).
- Calcular la densidad relativa del líquido s_4 .

DATOS: $s_1=1,2$, $s_2=13,6$, $s_3=8$, $h_1=60 \text{ cm}$, $h_2=40 \text{ cm}$, $h_3=1,5 \text{ m}$, $R=39,6 \text{ cm}$, $H=400 \text{ mm}$.
 $P_2=1,16 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $P_3=1,54 \cdot 10^5 \text{ Pa}$



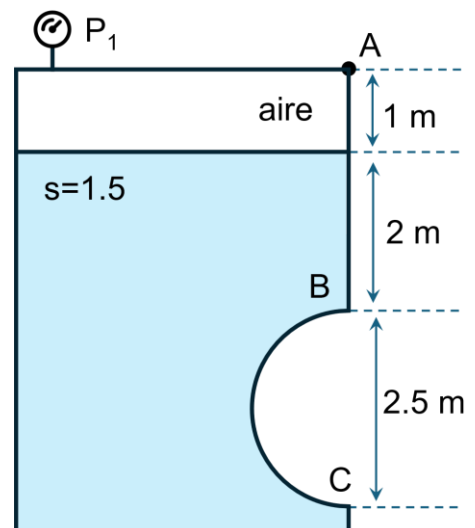
Resultados: Una vez calculada la presión atmosférica en la que se encuentran ambos manómetros, sólo la presión atmosférica del manómetro p_2 coincide con la imagen del manómetro en U que une el depósito C con el exterior; $p_c^{abs}=0,7 \text{ bar}$; $s_4=4,3$.

4. (15%) La compuerta ABC de la instalación está articulada en A y tiene un tope en C. Cuenta con una parte cilíndrica (BC). La profundidad de la compuerta es de 2 m. Si el fluido el cual le ejerce presión tiene una densidad relativa de $s=1,5$, y si el **vacuómetro** P_1 ofrece una lectura de $14,7 \text{ kPa}$, se pide:

- Dibujar los prismas de presiones **acotados** en la compuerta ABC.
- Calcular las componentes horizontal y vertical de la fuerza hidrostática resultante realizada por el fluido sobre la compuerta ABC, indicando la dirección de cada una.
- Calcular la reacción en el tope C.

NOTA: despreciar el peso de la compuerta. Centroide del semicírculo: $4 \cdot R / (3 \cdot \pi)$

Resultados: $F_{HT}=135975 \text{ N} (\rightarrow)$, $F_{VT}=72158,46 \text{ N} (\uparrow)$;
 $R_C=128680,68 \text{ N} (\leftarrow)$.



5. (12,5%) Se dispone en el laboratorio de un depósito abierto de sección rectangular (área $a \times b$) y altura h . Dicho depósito tiene su orificio de salida de diámetro d a una altura h_0 sobre el fondo.

a) Deducir la expresión del tiempo de vaciado.

El depósito está inicialmente lleno. Sabiendo que el depósito tarda 16 s en vaciar un cuarto del volumen que contiene,

b) Deducir si vaciar otro cuarto del volumen inicial que contenía el depósito va a conllevar un tiempo mayor, menor o igual al tiempo de vaciado del primer cuarto. **Razonar la respuesta sin necesidad de realizar ningún tipo de cálculo.**

Las dimensiones del depósito son de 30 x 25 cm y su altura es de 1 m. Si el orificio de salida, cuyo diámetro es 25 mm, está a una altura $h_0=200$ mm sobre el fondo y su factor de paso de salida k es 0,11.

c) Calcular el coeficiente de contracción del orificio (c_c).

Resultados: $t = -8 \cdot a \cdot b / [c_v \cdot c_c \cdot \pi \cdot d^2 \cdot (2g)^{1/2}] \cdot [(Z_{buk})^{1/2} - (H - h_0)^{1/2}]$; Como el vaciado del siguiente cuarto del depósito comienza más abajo, la velocidad será menor, ya que la velocidad depende de la altura de llenado del depósito. Y como la velocidad es menor, el caudal también será menor, por lo que el vaciado de este segundo cuarto tardará más; $c_c=0,695$.

6. (15%) Se emplea una bomba para elevar agua de un depósito abierto bajo tierra ($z=-6$ m) a un depósito abierto cuya superficie libre se encuentra a cota 24 m. Todas las tuberías son de hierro galvanizado. En la tubería de aspiración se tiene una válvula de pie con filtro ($k=2,5$), y la salida del depósito es de ángulos redondeados ($k=0,05$). En el conducto de impulsión hay que tener en cuenta tres codos comerciales de 90° de radio medio ($k=0,75$), una válvula de compuerta completamente abierta ($k=0,19$) y la entrada al depósito ($k=1$). Calcular empleado la expresión de **Hazen-Williams**:

a) Expresión analítica de la curva característica de la instalación.

Tuberías	Aspiración	Impulsión
L [m]	15	50
D [mm]	150	125

Si el caudal del punto de funcionamiento de la bomba es de 80 l/s

b) Deducir la expresión analítica de la altura manométrica de la turbobomba $H_{mtb}=A \cdot B \cdot Q^2$ (mca; l/s) sabiendo que cuando la válvula se cierra parcialmente, generando unas pérdidas de 8 m, el caudal disminuye un 10%.

c) Si en lugar de cerrar la válvula, se decide presurizar uno de los depósitos para obtener el mismo punto del apartado b), deducir la nueva expresión de la curva característica de la instalación.

Resultados: $H_{mi}=30+1,58 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2+5,8 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,852}$ (mca; l/s); $H_{mtb}=73,41-2,17 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$ (mca; l/s); $H_{mi}=38+1,58 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2+5,8 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,852}$ (mca; l/s).

7. (10%) Se quiere diseñar un sistema de canales y bombas que conducirán el agua de Donostia a Barcelona. El caudal Q que llevará el canal depende de los siguientes parámetros: diámetro D , viscosidad absoluta del fluido μ , densidad del fluido ρ , aceleración de la gravedad g , coeficiente de rugosidad de Manning del canal n , pendiente del canal J , longitud del canal L y velocidad del flujo v .

a) Obtener los parámetros adimensionales del sistema. Variables repetidas: L , ρ , v .

El canal que se pretende construir tendrá forma semicircular, con un diámetro de 10 m, construido con hormigón en bruto, con una pendiente de 1 milésima y siempre irá completamente lleno. El modelo a construir para su diseño será semi-circular de 46,75 cm de diámetro y transportará agua en las mismas condiciones de presión y temperatura.

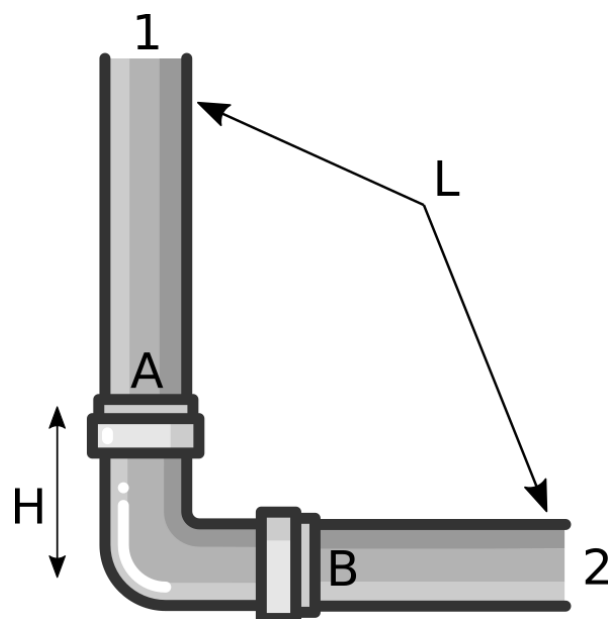
b) ¿Se puede lograr una semejanza dinámica absoluta?

- En caso afirmativo, ¿cuáles son las condiciones para su cumplimiento? Razonar la respuesta.
- En caso negativo, ¿cuál es el motivo de no conseguirlo? Razonar la respuesta.

Resultados: $\Pi_1 = Q/(v \cdot L^2)$, $\Pi_2 = D/L$, $\Pi_3 = \mu/(\rho \cdot v \cdot L)$, $\Pi_4 = g \cdot L/v^2$, $\Pi_5 = n \cdot v/L^{2/3}$, $\Pi_6 = J$. Teniendo en cuenta los parámetros Π_3 y Π_4 , la relación que debe cumplirse es la siguiente: $v_m/v_p = \lambda^{3/2}$ y con los datos ofrecidos por el enunciado, es imposible que dicha expresión se cumpla y, por lo tanto, la respuesta es negativa.

8. (15%) A través del tubo y del codo de la figura circula un caudal Q de un fluido ($s=1,2$; $\mu=7,2 \cdot 10^{-3}$ Pl). La tubería y el codo están hechos con fundición asfaltada, cuyo diámetro interior a lo largo de todo el sistema es de 20 mm y su longitud física total $L=0,75$ m. Esta longitud **NO** tiene en cuenta la longitud equivalente del codo. Se ha determinado que las pérdidas de carga entre la entrada (1) y la salida (2) son $h_{f1-2}=1$ mca.

Existe una diferencia de cota $H=10$ cm entre la entrada (A) y la salida (B) del codo y un manómetro en U con líquido manométrico $s_m=1,0$ conectado entre ambos puntos da una lectura de $R=30$ cm. Calcular el **caudal circulante** Q (l/s) y la **longitud equivalente** del codo.



NOTA: Iterar sólo cuando sea obligatorio. Limitar a 3 iteraciones en caso de que sea obligatorio o hasta que la variación del valor de la variable a calcular sea inferior al 5%.

Resultados: $Q=1,027$ l/s; $L_{eq}=47,95$ mm.

MECÁNICA DE FLUIDOS

EXAMEN FINAL. 24 de Junio de 2024

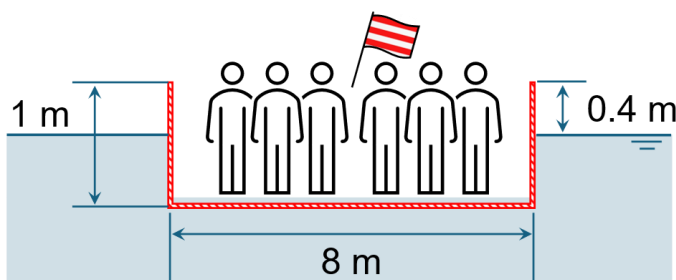
1. (10%) Supóngase un tanque metálico rígido, con una capacidad de 100 litros en volumen y un peso de 34,0 kg en vacío. Este depósito se llena de agua a 25 bar de presión. En esta situación, el conjunto pesa un total de 134,109 kg. Si accidentalmente se abre una válvula y se pierde un determinado volumen de agua, se ha comprobado en el exterior que son 50 ml, ¿cuál será la pérdida de presión en el interior del depósito?

NOTA: módulo de elasticidad volumétrico del agua 2,2 GPa.

Resultado: $\Delta p = -10,99$ bar.

2. (15%) El Athletic, con el fin de preparar la celebración de la Copa del Rey, realizó ensayos con la gabarra para asegurarse de que no se hundiera. El no-hundimiento se garantizaba manteniendo una distancia mínima de 0,4 m respecto al nivel del agua, y en estas condiciones se calculó que debían caber 60 personas de 80 kg en la barca.

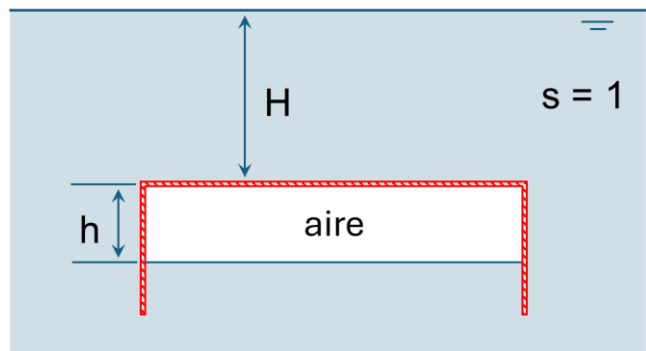
Sin embargo, no se tuvo en cuenta un factor importante: los ensayos se hicieron en agua salada ($s=1,025$), pero al final del trayecto de la ría el agua era dulce ($s=1$). Debido a ello, estando las 60 personas montadas, finalmente el día de la celebración se hundió.



Considerando la gabarra como rectangular, y teniendo ésta 15 m de largo, se pide:

- a)** Calcular la masa de la gabarra (sin gente montada).
- b)** Calcular cuántas personas de 80 kg podrían montarse para que en agua dulce se mantengan los 0,4 m de seguridad.

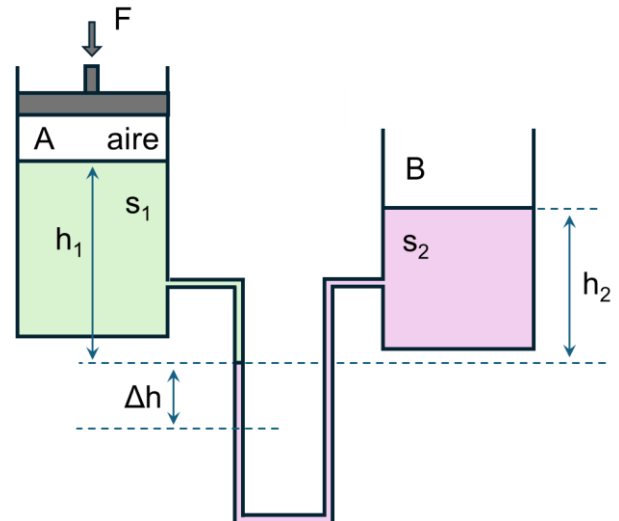
Tras hundirse en agua dulce ($s=1$), la barca llega a una situación de equilibrio en la ría, tal y como se muestra en la imagen. Al volcarse, el volumen de aire inicial de la gabarra se comprime en un proceso isoterma. Sabiendo esto, se pide:



- c)** Calcular la altura h de la cámara de aire generada (despreciar el peso del aire de la cámara).
- d)** Calcular la profundidad H respecto a la superficie de la parte superior de la barca.
- e)** Dibujar los prismas de presiones **acotados** que actúan sobre cada superficie de la gabarra.
- f)** Calcular la fuerza resultante total horizontal y vertical, e indicar la dirección de cada una de ellas.

Resultados: 69000 kg; 37 personas; $h=57,55$ cm; $H=7,067$ m; $F_H=0$, $F_V=676,2$ kN ($\uparrow$).

3. (10%) Se cuenta con un micromanómetro de líquidos inmiscibles como el mostrado en la imagen, con fluidos de densidades relativas s_1 y s_2 . Al principio, ambos depósitos A y B se encuentran abiertos, no existiendo el émbolo de la imagen. En dicha situación, las lecturas recogidas son $h_1=40$ cm y $h_2=30$ cm. Considerando los depósitos de **grandes dimensiones**, y tratándose el líquido s_1 de agua:



a) Calcular la densidad relativa del líquido s_2 .

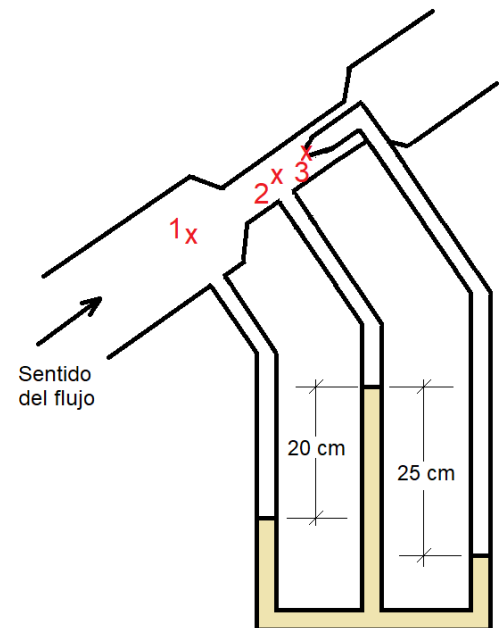
A continuación, se cierra el depósito A con un émbolo, sobre el cual se ejerce una fuerza en la dirección mostrada en la imagen.

b) Calcular la fuerza a realizar en el émbolo para desplazar el líquido s_1 una distancia de $\Delta h=12$ cm en el tubo manométrico. ($D_{\text{émbolo}}=1$ m)

c) Mediante dicho micromanómetro se desean medir variaciones de presión de ± 2 Pa. Siendo posible distinguir variaciones de cota de 1 mm, y manteniendo agua en el depósito A, calcular el peso específico máximo del líquido nuevo en el depósito B para obtener dicha precisión.

Resultados: $s_2=1,33$; $F=307,88$ N; $\gamma_2=11800$ N/m³.

4. (15%) Se dispone de un conducto ascendente con 30° de inclinación. En dicho conducto hay un venturímetro de diámetros $D_1=100$ mm y $D_2=70$ mm y el fluido manométrico ($s_{m1}=1,6$) empleado es más pesado que el circulante ($s_0=0,85$) por la tubería. A lo largo del venturímetro se disponen dos piezómetros conectados a la entrada y al estrechamiento, mientras que a la salida del venturímetro se sitúa un tubo de Pitot cuya **entrada se encuentra en el estrechamiento**. La diferencia de cotas entre las tomas piezométricas del venturímetro es $\Delta z=27$ cm.



Teniendo en cuenta los datos de la imagen, calcular:

- Caudal real que circula por el conducto.
- Valor del coeficiente del venturímetro.
- Si aguas abajo del venturímetro colocamos un rotámetro, ¿la lectura del rotámetro será la misma que se ha calculado en el apartado b)? Razonar la respuesta.

Ayuda: despreciar las pérdidas de carga entre los puntos 2 y 3 de la imagen. La expresión para la velocidad teórica del fluido en la garganta del venturímetro es la siguiente:

Resultados: $Q= 8$ l/s; $C_{vent}=0,975$; la lectura del rotámetro será menor, ya que el rotámetro trabaja con valores promedio, y el valor de la velocidad calculada en los apartados anteriores, siendo la velocidad de un punto del eje, es la su valor máximo.

$$v_{2T} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \left[\frac{\Delta p_{12}}{\gamma} + \Delta z_{12} \right]}{1 - \left(\frac{A_{2T}}{A_{1T}} \right)^2}}$$

5. (10%) Para un futuro hipotético, en el que el ser humano sea capaz de realizar viajes interplanetarios, se pretende diseñar una instalación de bombeo de agua que lleve el agua de una instalación a otra, en un cuerpo planetario desconocido.

Sabiendo que el incremento de presión ΔP capaz de generar la bomba depende del caudal Q , del diámetro del rodete D , de la longitud de la tubería L , de la viscosidad absoluta, de la densidad ρ , de la gravedad y de la velocidad v , se pide:

a) Obtener los parámetros adimensionales del sistema. Variables repetidas: D , ρ , v .

El agua que se quiere transportar en este cuerpo planetario tiene una temperatura de 20°C siendo su viscosidad 1 centipoise. Este diseño se pretende validar ahora y para ello se utilizará un modelo a escala $\lambda=0,125$, utilizando mercurio como fluido, cuya viscosidad es 0,016 Poise.

b) ¿Se puede lograr una semejanza dinámica absoluta?

- En caso afirmativo, ¿cuáles son las condiciones para su cumplimiento? Razonar la respuesta.
- En caso negativo, ¿cuál es el motivo de no conseguirlo? Razonar la respuesta.

Resultados: $\Pi_1=Q/(v \cdot D^2)$, $\Pi_2=L/D$, $\Pi_3=\mu/(\rho \cdot v \cdot D)$, $\Pi_4=g \cdot D/v^2$, $\Pi_5=\Delta p/(\rho \cdot v^2)$; Para obtener la semejanza dinámica absoluta, el valor de la aceleración gravitatoria en el cuerpo planetario debe ser $g=1,38 \text{ m/s}^2$.

6. (15%) Se quiere bombear agua desde un depósito abierto a 3 boquillas que se encuentran dispuestas en paralelo a cota 27 m. El diámetro de la tubería de aspiración es 150 mm y el de impulsión, 100 mm. Sus longitudes son 10 m y 40 m, respectivamente. Ambas son de PVC. El diámetro de las boquillas es de 50 mm y su factor de paso es $k=0,1$. A lo largo de la tubería de impulsión hay cuatro codos comerciales de 90° de radio medio ($k=0,75$), todos ellos antes del nudo que distribuye el caudal por las boquillas. La lámina de agua en el depósito inferior se encuentra en la cota 3 m. Para el cálculo de las pérdidas de carga se empleará la expresión de **Hazen-Williams**. Se pide:

a) Deducir la expresión analítica de la curva característica de la instalación.

Se quiere obtener una presión dinámica de 5 mca a la salida de las boquillas. Para ello se dispone de dos bombas diferentes. En la tabla se muestran sus curvas:

Bomba A	Bomba B
$H_m=108-0,013 \cdot Q^2$ [mca; l/s]	$H_m=117-0,45 \cdot Q-0,0085 \cdot Q^2$ [mca; l/s]
$\eta=2,04 \cdot Q-0,0123 \cdot Q^2$ [%; l/s]	$\eta=4,22 \cdot Q-0,052 \cdot Q^2$ [%; l/s]
$NPSH_{req}=2+8 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ [mca; l/s]	$NPSH_{req}=1,2+6 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$ [mca; l/s]

b) Escoger la bomba correcta y razonar la elección en base a las tres curvas dadas para cada bomba.

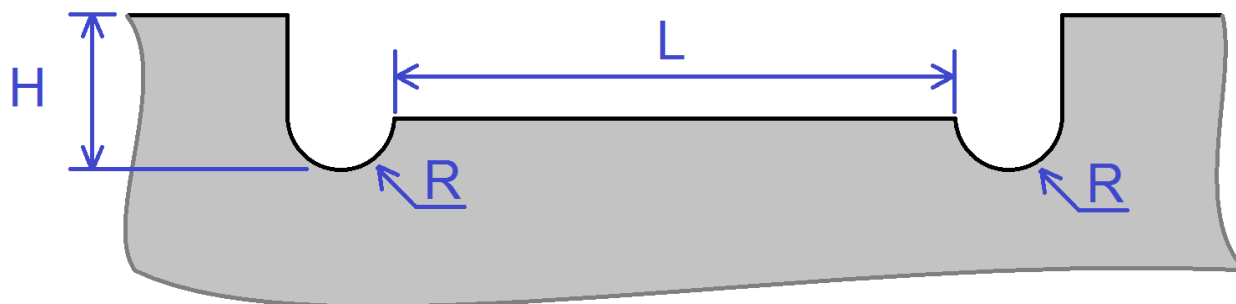
c) Definir el punto de funcionamiento (H_m , Q y η).

d) Sabiendo que el rendimiento del motor eléctrico es del 68% y el precio del kWh es 0,12€, calcular lo que cuesta bombear 1 m³.

Datos: $P_{vapor}=0,25 \text{ mca}$; $z_{bomba}=8 \text{ m}$; $P_{atm}=1 \text{ atm}$.

Resultados: $H_{mi}=24+4,099 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2+9,67 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,852}$ (mca; l/s); Ambas dan suficiente altura para el caudal demandado y la bomba A tiene mejor rendimiento pero, tiene problemas de cavitación, por lo que se elegirá la bomba B; $Q=60,64$ l/s, $H_m=58,45$ m, $\eta=64,69\%$; $0,0434$ €/m³.

7. (12,5%) Se debe realizar el diseño para la renovación de la calzada de un pueblo. Esta calzada debe ser de hormigón en bruto y tener la forma que se muestra en la imagen:

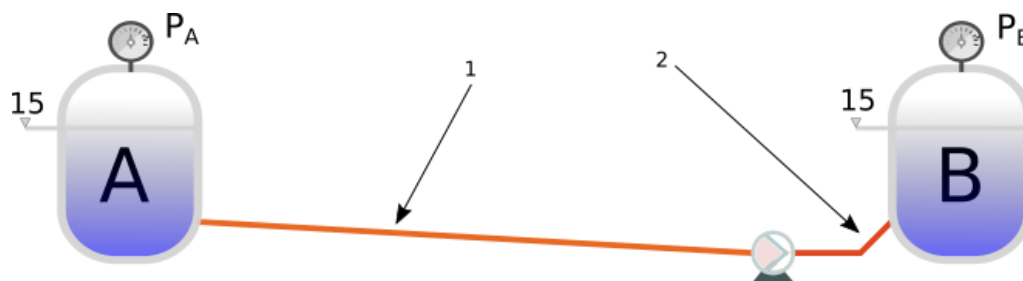


La longitud L debe ser de 6 metros, ya que debe tener una anchura suficiente para dos coches. La pendiente de la calzada será variable entre 0,05 y 1 milésimas.

- Calcular el **radio R** que deben tener los canales semicirculares laterales si el caudal resultante de las peores lluvias para el verano varía entre 10 l/s y 15 l/s y el margen de seguridad que se desea mantener es del 8% del diámetro.
- Si el diámetro de los canales laterales debe ser múltiplo de 5 cm, seleccionar la dimensión de dichos canales.
- Calcular el valor de la altura H si el caudal resultante de las peores lluvias invernales oscila entre 200 l/s y 250 l/s y el margen que se desea mantener es de 5 cm.
- Redondear el valor de H para un múltiplo de 5 cm y anotar los valores definitivos de la calzada.

Resultados: $R=0,238$ m; $D=50$ cm; $H=49,58$ cm; $H=50$ cm, $R=0,25$ m, $L=6$ m.

8. (12,5%) Para el caso en el que el fluido vaya de A a B, calcular la **máxima diferencia de presiones** $\Delta p=p_A-p_B$ (kPa) en los tanques de la figura para que el **flujo en el conducto 1** anterior a la bomba sea **laminar**.



Datos: la viscosidad absoluta del fluido es $3,15 \cdot 10^{-3}$ PI y su peso específico es 10290 N/m³. La altura manométrica de la bomba es $H_m=5,25$ mca para el caudal asociado a la máxima diferencia de presiones. La tubería 1 es de hierro galvanizado, de 40 mm de diámetro y 200 m de longitud. La tubería 2 es de cobre de 14 mm de diámetro y 30 m de longitud.

Nota: iterar sólo cuando sea obligatorio. Limitar a 3 iteraciones en caso de que sea obligatorio o hasta que la variación del valor de la variable a calcular sea inferior al 5%.

Resultado: $\Delta p=11,75$ kPa.

MECÁNICA DE FLUIDOS EXAMEN FINAL. 29 de Mayo de 2025

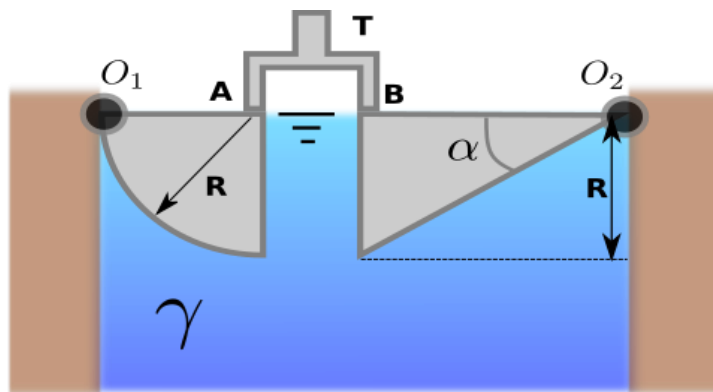
1. (12,5%) El sistema de la figura está formado por dos cuerpos de peso despreciable y un tope T. Los cuerpos están en contacto con un fluido con un peso específico γ , tal y como se puede ver en la imagen. El primer cuerpo tiene forma de un cuarto de cilindro de radio R y está articulado en el punto O_1 . El segundo cuerpo tiene forma triangular, altura vertical de valor R, ángulo no conocido α , y está articulado en el punto O_2 . La anchura normal respecto a la imagen de ambos cuerpos es b. El tope T realiza un contacto puntual en los puntos A y B.

Responde a las siguientes preguntas, en función de las variables R, b, γ y α :

d) Calcular la componente horizontal y vertical de las fuerzas hidrostáticas sobre la pared curva de la compuerta en forma de cuarto de cilindro.

e) Calcular la reacción R_A en el punto A del tope T e indicar su sentido.

f) ¿Cuál debería ser el ángulo α de la compuerta triangular para que las reacciones R_A y R_B en los puntos A y B del tope T sean iguales?



NOTA: A la hora de calcular cualquier fuerza hidrostática, es **OBLIGATORIO** dibujar el correspondiente **prisma de presiones acotado**.

DATO: Centroide del cuarto de círculo: $x_G = 4 \cdot R / (3 \cdot \pi)$.

Resultados: $F_H = (1/2) \cdot \gamma \cdot R^2 \cdot b$, $F_V = \gamma \cdot \pi \cdot R^2 / 4 \cdot b$; $R_A = \gamma \cdot R^2 \cdot b \cdot [(\pi/4) - (1/3)]$; $\alpha = 36,4^\circ$.

2. (10%) En un depósito presurizado de 1,5 m de diámetro se almacena un fluido de $s=0,77$. Se le realiza un orificio lateral al depósito para colocar un tubo piezométrico abierto. Tras colocar el tubo, el fluido asciende por el tubo hasta que el menisco del tubo piezométrico está una altura $h=22$ cm por encima de la superficie del fluido en el depósito.

El tubo piezométrico es de sección cuadrada de 1 mm de lado, y la relación entre las fuerzas de adhesión y cohesión es $F_{adh}/F_{coh}=4/3$. Calcular cuál es la presión de aire en la cámara que se encuentra en la parte superior del depósito (mbar).

DATOS: $\sigma=70$ dyn/cm.

Resultado: $p=14,74$ mbar.

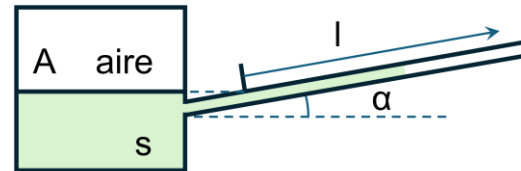
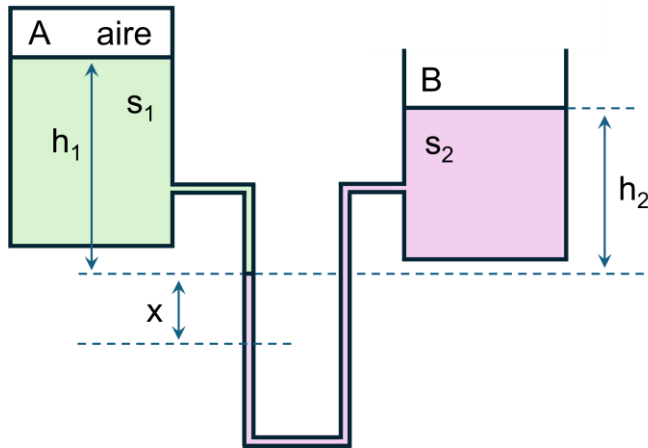
3. (10%) Se cuenta con dos micromanómetros, uno de líquidos inmiscibles y el otro de tubo inclinado. El micromanómetro de tubo inclinado tiene como líquido agua, y cuenta con un ángulo α sobre la horizontal de 4 grados. Teniendo como uno de los fluidos el agua para el micromanómetro de líquidos inmiscibles, se pide:

a) Calcular cual será la densidad **máxima y mínima** que deberá tener el otro fluido en el micromanómetro de líquidos inmiscibles para tener, como mínimo, la misma precisión para medir variaciones de presión que el de tubo inclinado. Para la imagen adjunta, indicar en cada caso cual será el fluido s_1 y s_2 .

b) Si para el micromanómetro de líquidos inmiscibles se escoge como segundo fluido la parafina ($s=0,9$), calcular cual deberá de ser el ángulo del micromanómetro de tubo inclinado para que

ambos cuentan con exactamente la misma precisión. Indicar nuevamente cual será el fluido s_1 y s_2 .

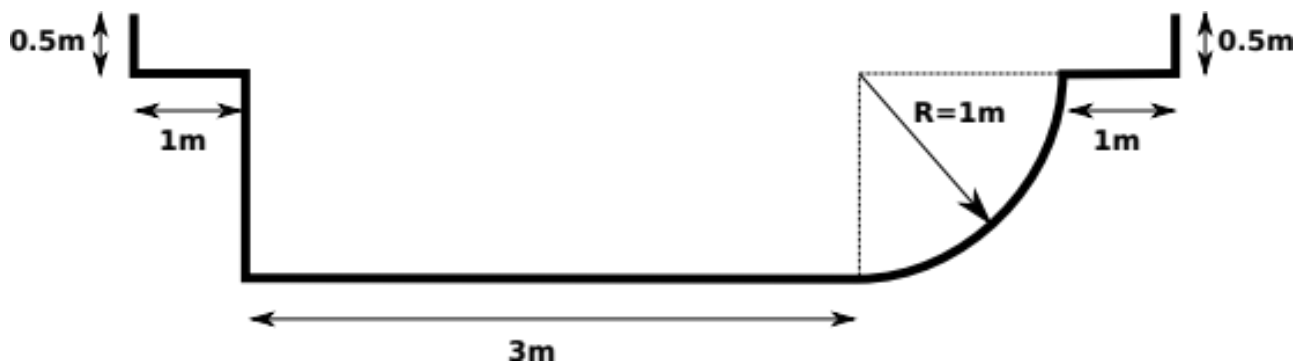
Nota: Considérese en ambos casos, la medición de variación de presión se hace a través de una precisión de 1 mm en sus tramos de medición correspondientes. Considérese también que todos los depósitos son de grandes dimensiones.



Resultados: $s_{2\text{máx}}=1,07$ y $s_1=1$, $s_2=1$ y $s_{2\text{mín}}=0,93$; $\alpha=5,739^\circ$.

4. (7,5%) Para el canal de la figura, se pide:

- Calcular el caudal máximo que puede transportar el canal siendo de hormigón en bruto con una pendiente de 2 milésimas.
- Si el canal tuviera que ser reemplazado por un canal semicircular de hormigón acabado, transportando el mismo caudal, calcular el radio exacto que debería tener.



Resultados: $Q=17,313 \text{ m}^3/\text{s}$; $R=1,786 \text{ m}$.

5. (10%) Se desean estudiar las variaciones de presión producidas durante la maniobra de una compuerta que se colocará en la tubería principal presurizada de una presa. Se ha deducido que el cambio de presión (ΔP) depende de la velocidad del fluido en el conducto (v), la densidad del fluido (ρ), la viscosidad del fluido (μ), el diámetro del tubo (D), el grado de apertura de la compuerta (θ), la aceleración de la gravedad (g) y el tiempo de cierre de la válvula (t). El grado de apertura de la compuerta se representa como porcentaje de la apertura total.

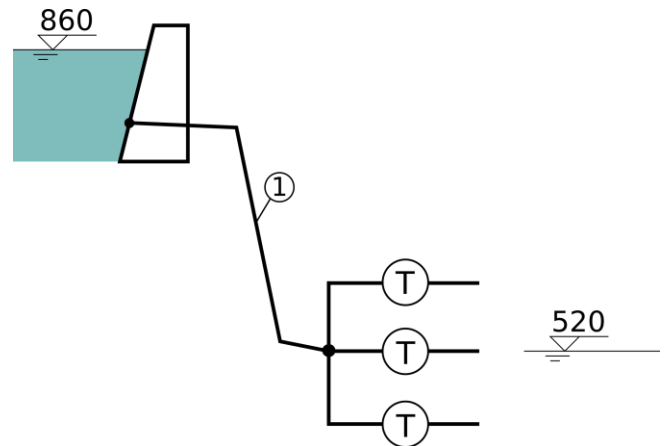
- Determinar las variables adimensionales con las variables repetidas v , ρ y D . Indicar claramente el procedimiento empleado y los pasos dados.
- ¿Se puede conseguir una semejanza dinámica absoluta con un modelo a escala reducida si en los ensayos del modelo se utiliza agua de las mismas propiedades? Razona tu respuesta.

c) La tubería construida para las pruebas tiene 25 cm, siendo el modelo 12 veces menor que el prototipo. Calcular el cambio de presión que se produciría en el prototipo si la diferencia de presión medida en el modelo fuera de 3,6 bar durante una maniobra de 8 segundos.

d) En las condiciones del apartado anterior, ¿cuánto tiempo deberá realizarse la maniobra de cierre en el prototipo si se desea provocar el cambio de presión mencionado? y ¿cuál sería la relación entre caudales de modelo y prototipo?

Resultados: $\pi_1 = \Delta p / (\rho \cdot v^2)$, $\pi_2 = \theta$, $\pi_3 = \mu / (\rho \cdot D \cdot v)$, $\pi_4 = g \cdot D / v^2$, $\pi_5 = t \cdot v / D$; Teniendo en cuenta los parámetros π_3 y π_4 , la semejanza dinámica absoluta a escala reducida es imposible; $\Delta p_p = 0,025$ bar; $t_p = 1152$ s, $Q_m / Q_p = 0,0833$.

6. (15%) Una central hidroeléctrica se alimenta de un embalse a 860 metros de altitud. En la central existen tres turbinas iguales, en paralelo, que turbinan en conjunto un total de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Tras turbinarla, el agua se vierte a otro embalse situado a 520 metros. El tubo principal que llega a la central (tubo 1) es de hormigón, tiene 1,2 km y su diámetro es de 2400 mm, siendo $k=20$ el factor de paso del conjunto de elementos que se encuentran en este tubo principal. Los tubos que alimentan las turbinas son de acero comercial, cada uno de ellos mide 28 metros de longitud y tiene 1000 mm de diámetro. En la figura adjunta se muestra el esquema de la central.



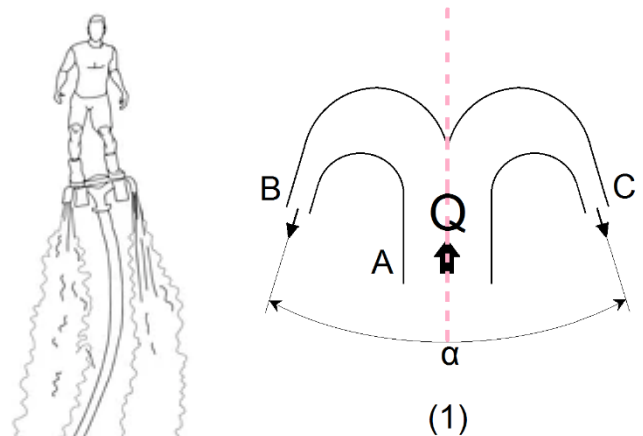
Calcular la potencia hidráulica de la central, usando la expresión de Darcy-Weisbach.

Resultado: $P_{\text{hidr central}} = 19,836 \text{ MW}$.

7. (10%) Se pretende diseñar un flyboard con una bomba flotando sobre el agua del mar ($S_{\text{mar}}=1,05$), que proporcione el caudal y la presión necesarios para el funcionamiento del sistema.

El caudal del agua de mar se introducirá por la tubería conectada a la sección A y saldrá por las secciones B y C, que forman un ángulo α de 10° , generando el impulso ascendente necesario. El sistema es simétrico respecto al eje central.

Gracias a la bomba, cuando el sistema y el usuario están a una altura de $z_A=10 \text{ m}$ sobre el mar, se han medido en A un caudal de entrada de $Q=28,4 \text{ l/s}$ y una presión de 4,40 mcl ($S_{\text{liquido}}=0,5$).



Sabiendo que el flyboard y su material de uso pesan 45 kg y que el peso del fluido en el interior del flyboard es despreciable, para un funcionamiento correcto del sistema, ¿cuál es el peso máximo del usuario?

Datos: $D_A=42 \text{ mm}$; $D_B=D_C=30 \text{ mm}$; $C_{cA}=1$; $C_{cB}=C_{cC}=0,98$; $C_{vA}=1$, $C_{vB}=C_{vC}=0,9545$.

Resultado: $W=82,56 \text{ kg}$.

8. (10%) En una instalación hidráulica por la que circula glicerina (s_{glic}), se estudia un diafragma, similar al empleado en las prácticas de laboratorio. Dicho diafragma, colocado en un conducto de sección A_1 , tiene un orificio de sección A_2 . Se ha conectado aguas arriba y aguas abajo del

diafragma, un manómetro de tipo U con un líquido manométrico de densidad relativa s_m , que ofrece una lectura R .

a) Obtener la expresión de caudal medido por el diafragma en función de las variables dadas en el enunciado y de los distintos coeficientes de velocidad, contracción y/o descarga. Existen dos opciones posibles, en función del fluido manométrico seleccionado, cualquiera de ellas es válida. Representar el esquema del sistema formado por el aparato deprimógeno y el manómetro tipo U.

b) Para la opción seleccionada en el apartado a), elegir el líquido manométrico más adecuado para medir ligeras variaciones de caudal. Se dispone de diferentes fluidos: etanol, agua, tetracloruro de carbono y mercurio.

Datos: $\rho_{\text{eta}}=0,81 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, $\rho_{\text{agua}}=1,0 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, $\rho_{\text{CCl}_4}=1,52 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, $\rho_{\text{merc}}=13,60 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, $\rho_{\text{glic}}=1,26 \text{ [g/cm}^3\text{]}$.

Resultado: Si se selecciona un fluido manométrico más ligero que la glicerina, el más adecuado sería el agua. Por el contrario, si el fluido manométrico seleccionado es más pesado, el tetracloruro de carbono debería ser el elegido. En ambos casos el caudal depende de la variación de presión y esta, depende de la relación de fluidos manométricos: $[1-(\gamma_m/\gamma_o)]$ en el primer caso y $[(\gamma_m/\gamma_o)-1]$, en el segundo.

9. (15%) Se dispone de una instalación de bombeo con agua que comunica dos depósitos abiertos, elevándola una diferencia cotas positiva de $\Delta z=32 \text{ m}$. Dicha instalación está equipada con una bomba que gira a 2960 r.p.m., modelo IN-100-200.bF y rodete de 214 mm de diámetro. Todas las tuberías son de fundición, siendo la tubería de aspiración de 15 m de longitud y diámetro 200 mm, mientras que la tubería de impulsión tiene una longitud de 150 m y un diámetro de 150 mm. En la impulsión se dispone de una válvula de regulación.

Para el monitorizado de la instalación se dispone de la siguiente instrumentación:

- Un manómetro Bourdon de presión absoluta en la aspiración,
- Un manómetro de fuelle en la impulsión, y
- Un caudalímetro electromagnético, también en la impulsión, que suministra una señal eléctrica en mA, dando valores entre 4 y 20 mA; esta señal es proporcional al fondo de escala del equipo que varía entre 0 l/s y 150 l/s.

Se pide:

a) Deducir, empleando la ecuación de **Hazen-Williams**, la expresión de la curva característica de la instalación $[H \text{ (m)} \text{ y } Q \text{ (l/s)}]$ y dibujarla sobre el anexo de curvas proporcionado.

b) Determinar gráficamente cuál debería ser, de acuerdo con los datos facilitados, el punto de funcionamiento de la bomba (Q , H , η , P_{abs} , $NPSH_{\text{req}}$), indicando claramente los valores obtenidos tanto en la gráfica como en la resolución del ejercicio.

c) Si la bomba se encuentra 4,6 m por encima del depósito inferior, determinar si existe riesgo de cavitación.

d) Calcular las lecturas de los manómetros Bourdon (torr) y de fuelle (MPa) situados aguas arriba y aguas abajo de la bomba.

e) Siendo el rendimiento del motor eléctrico del 83% y el coste del kW·h de 0,1 €, calcular el costo diario del funcionamiento de la instalación, sabiendo que está en marcha 16 horas al día.

DATOS: $p_{\text{atm}}=1,04 \text{ atm}$; $p_v/\gamma=0,2 \text{ mca}$.

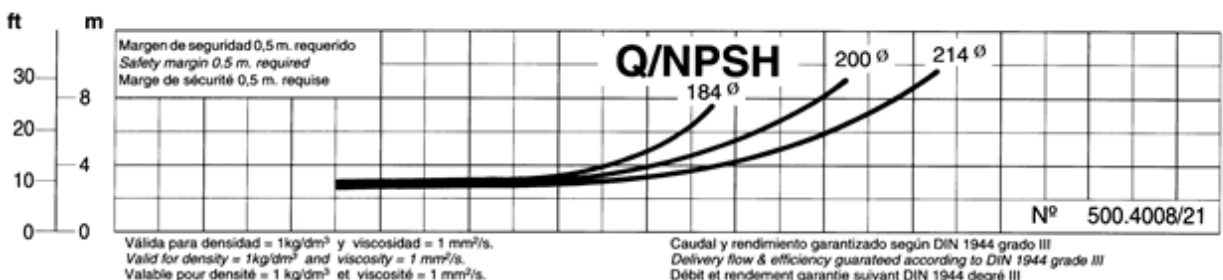
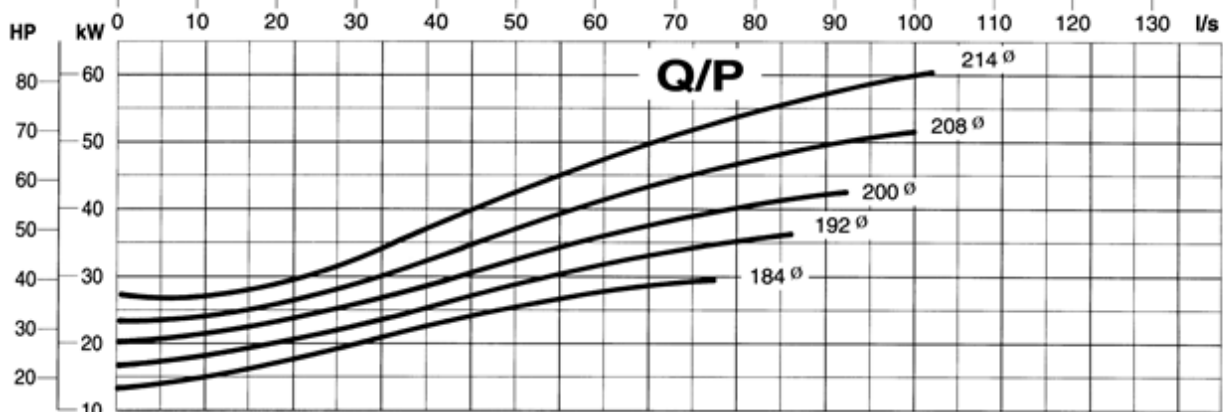
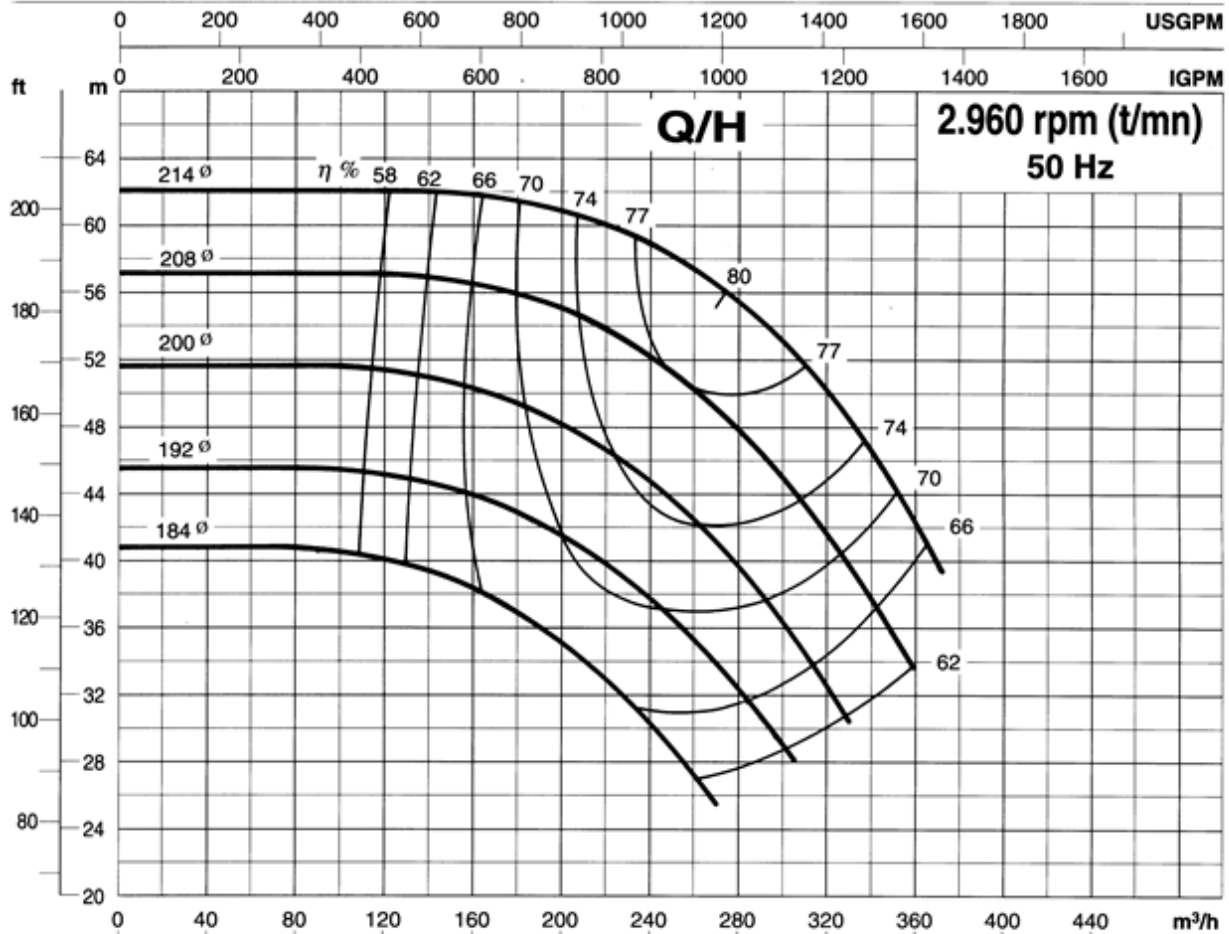
Resultados: $h_{\text{mi}}=32+6,64 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,852}$; $Q=80,5 \text{ l/s}$, $h_{\text{mi}}=54,5 \text{ m}$, $\eta=\%78,7$, $NPSH_{\text{esk}}=4,7 \text{ m}$, $P_{\text{abs}}=54,63 \text{ kW}$; $NPSH_{\text{disp}} > NPSH_{\text{req}}$, no hay cavitación; $p_{\text{bourdon}}/\gamma=388,21 \text{ torr}$, $p_{\text{fuelle}}=0,473 \text{ Mpa}$; 105,31 €/día.



Curvas características para bombas
Characteristics curves for centrifugal pumps
Courbes caractéristiques pour pompes

IN

100-200.bF



MECÁNICA DE FLUIDOS

EXAMEN FINAL. 23 de Junio de 2025

1. (10%) El volumen inicial de un cilindro con un pistón que contiene dióxido de carbono es $0,1 \text{ m}^3$. El volumen del gas contenido en el pistón varía al aplicarle presión. Se sabe que su presión absoluta inicial es 100 kPa y el proceso de expansión / compresión del gas es isoterma, siendo la temperatura de 300 K . El gas se comprime hasta un volumen de $0,04 \text{ m}^3$.

- a) Presión manométrica final (p_1) si el gas se comporta como un gas ideal (dyn/cm^2).
- b) Densidad final del gas (UTM/m^3).
- c) Coeficiente de compresibilidad cúbico del dióxido de carbono tras ser comprimido en unidades del SI. Justifica la respuesta.

DATOS: $p_{\text{atm}}=1 \text{ atm}$, $R=0,082 \text{ (atm}\cdot\text{l)/(mol}\cdot\text{K)}$, $M=44 \text{ g/mol}$.

Soluciones: $1486,75 \cdot 10^3 \text{ dyn/cm}^2$; $0,45 \text{ UTM/m}^3$; $4 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$.

2. (15%) Se bombea agua desde un depósito cuya superficie libre se encuentra a cota 30 m a otro depósito presurizado que se encuentra a cota 17 m . El manómetro situado en la parte superior del depósito indica una lectura de $1,96 \text{ bar}$. El conducto de aspiración de la bomba tiene una longitud de 200 m y un diámetro de 250 mm , mientras que el conducto de impulsión tiene una longitud de 400 m y un diámetro de 300 mm . La salida del depósito es de ángulos vivos ($k=0,5$), mientras que la entrada al depósito inferior tiene un factor de paso de $k=1$. A lo largo del conducto de impulsión hay tres codos de radio medio (cada codo tiene una $L_{\text{eq}}=2 \text{ m}$) y una válvula de regulación parcialmente abierta ($k=6$). Todas las tuberías son de hierro forjado.

- a) Deducir, empleando la ecuación de **Hazen-Williams**, la expresión de la curva característica de la instalación y dibujar dicha curva en el papel milimetrado.

Sabiendo que se quiere obtener una velocidad en el conducto de impulsión en torno a 1 m/s ,

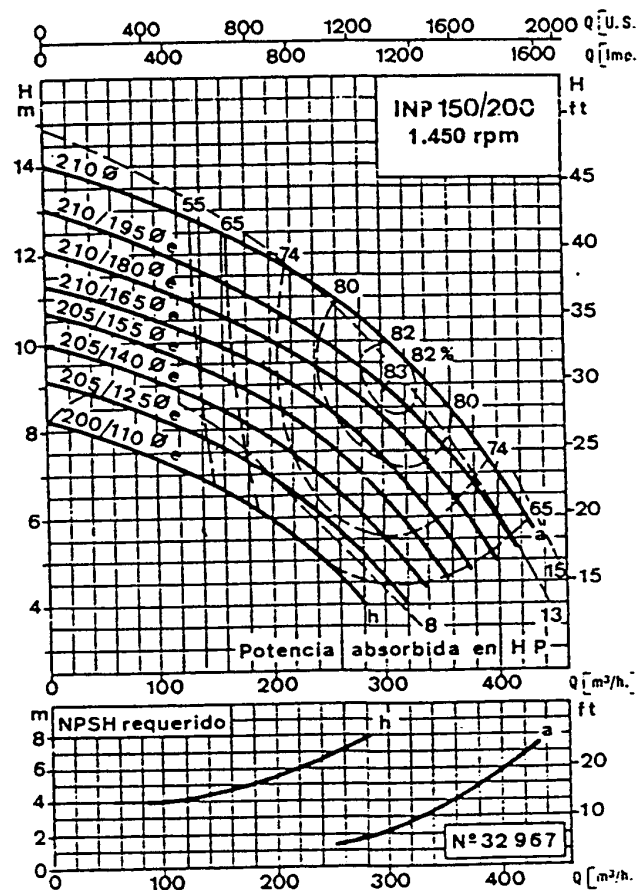
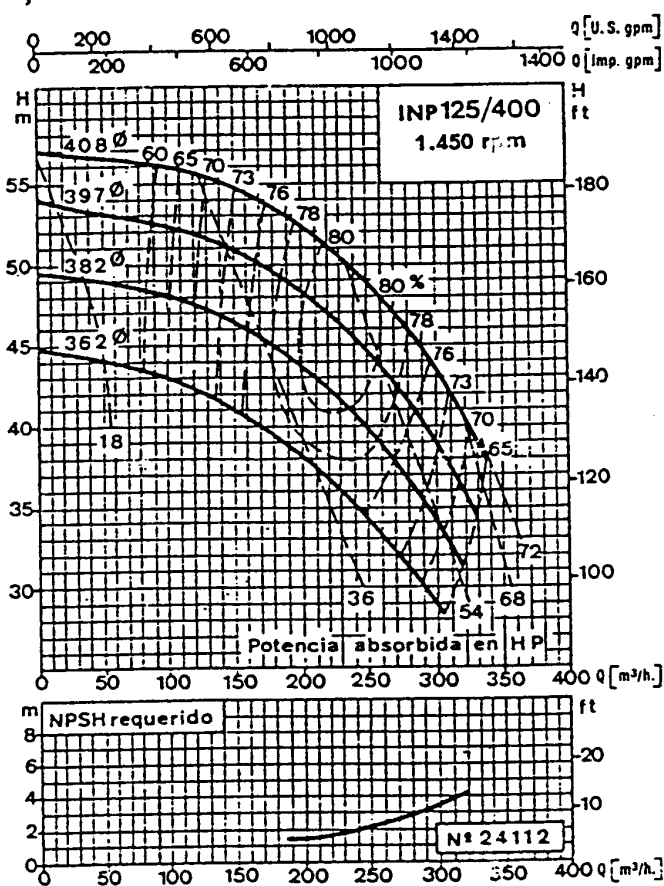
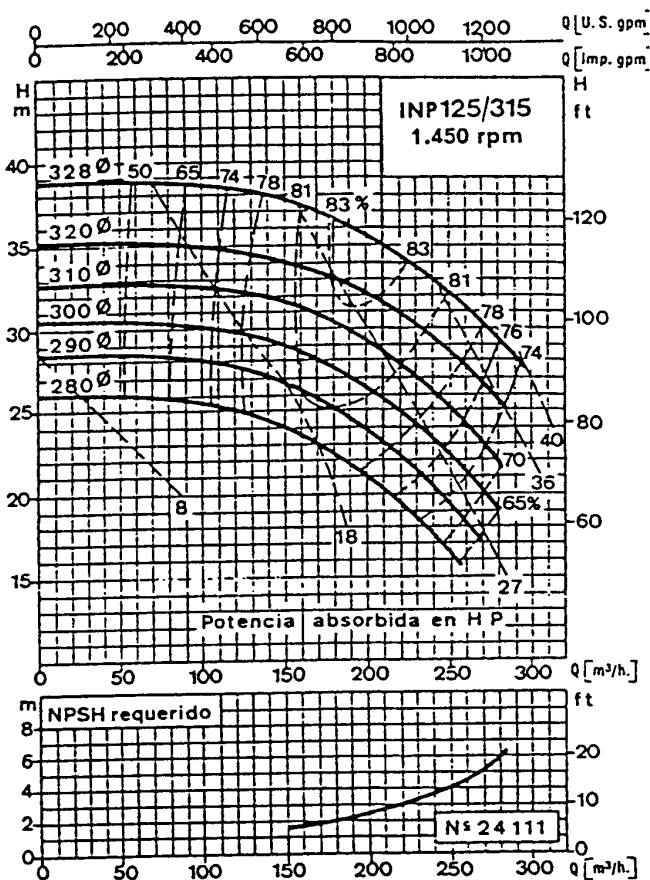
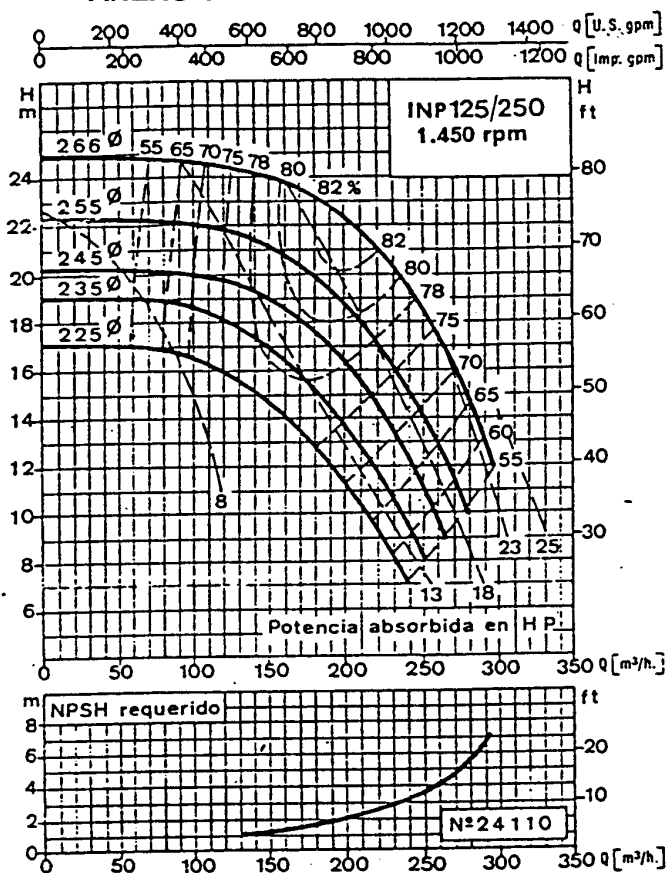
- b) Escoger la bomba más adecuada para dichas condiciones.
- c) Determinar el punto de funcionamiento de la bomba (Q , H , η , P_{abs} , NPSH_{req}).
- d) Determinar si existe o no, riesgo de cavitación.
- e) Si se reduce la lectura del manómetro a la mitad y, se maniobra la válvula para mantener el punto de funcionamiento previo, calcular el nuevo factor de paso de dicha válvula. ¿Se cierra o se abre? Dibujar la nueva curva en el papel milimetrado.

DATOS: $p_{\text{atm}}=1 \text{ atm}$; $p_v/\gamma=0,2 \text{ mca}$; $z_{\text{bomba}}=27 \text{ m}$.

NOTA: A4 horizontal, escala del papel milimetrado: $1 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ mca}$ y 4 l/s .

Soluciones: $h_{\text{mi}}=7+1,07 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,852}+8,21 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$; INP 150/200 D210; $76,39 \text{ l/s}$, $10,76 \text{ m}$, $\%80,4$, $1,7 \text{ m}$; no hay riesgo de cavitación; se cierra la válvula, $k_{\text{válv}}=175,79$.

ANEXO 1

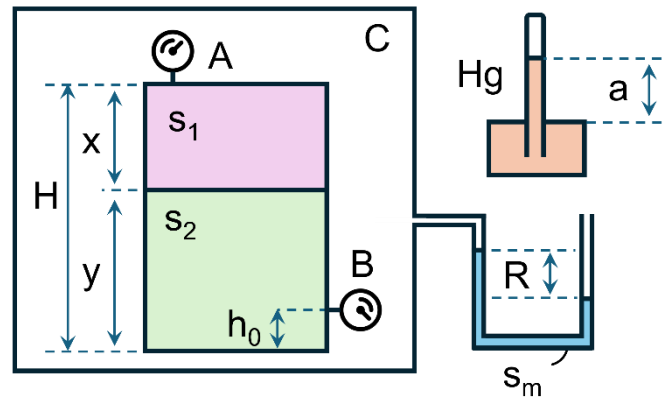


3. (10%) Se cuenta con la instalación de depósitos presurizados con los manómetros mostrados en la imagen. El manómetro A mide una presión relativa de $1,66 \cdot 10^4$ Pa, mientras que el manómetro B indica una medición de $1,13 \text{ kg/cm}^2$.

Un nuevo operario recientemente incorporado en la instalación desconoce si el manómetro B mide presiones absolutas o manométricas.

Partiendo de los datos proporcionados, se pide:

- Determinar la medición **en mca** de un manómetro de presiones absolutas (D) conectado al mismo punto en el que está conectado el manómetro A.
- Determinar **de forma justificada** si el manómetro B mide presiones manométricas o absolutas.
- Calcular los valores de x e y indicados en la figura.



Datos: $s_1=4$; $s_2=9$; $H=1,5 \text{ m}$; $h_0=0,1 \text{ m}$; $R=0,2 \text{ m}$; $s_m=8$; $a=760 \text{ mmHg}$.

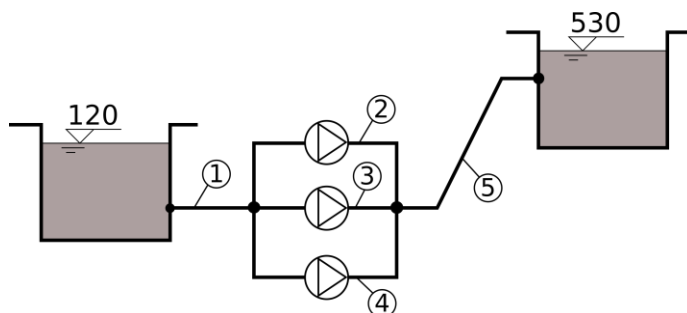
Soluciones: 10,43 mca; manométrica; 59,88 cm, 90,12 cm.

4. (7,5%) Se desea analizar el funcionamiento hidráulico de un vertedero en V de un río mediante un modelo a escala reducida. Se ha determinado que el caudal (Q) que pasa por el vertedero depende de las siguientes variables: nivel de agua en el vertedero (H), ángulo del vertedero (α) y aceleración de la gravedad (g).

Determinar las variables adimensionales que describen el proceso. Indicar claramente el procedimiento empleado y los pasos seguidos.

Soluciones: $\pi_1=\alpha$, $\pi_2=Q/(H^{5/2} \cdot g^{1/2})$.

5. (15%) Se desea diseñar una instalación de bombeo de petróleo crudo ($s=0,86$) en el desierto. La instalación bombeará petróleo del pozo al depósito, para su posterior transporte por gravedad. El diseño del bombeo se realizará mediante el esquema de la figura, con los diámetros y longitudes de la tabla para las tuberías. Se utilizarán dos bombas de forma habitual (2 y 4), la tercera (3) es para el caso de que alguna de las otras dos se averíe, por lo que será diferente. Todos los tubos son de hierro fundido y en el desierto la temperatura media se estima en 30°C durante el funcionamiento de las bombas.



Conducto	1	2	3	4	5
Longitud (m)	10	5	3	5	400
Diámetro (mm)	200	100	?	100	300

- Calcular el caudal bombeado por la instalación si se conoce que las pérdidas de carga del tramo 5 son de 1,46 mca. La longitud equivalente de los diferentes elementos situados en ese tramo (tubería 5) es de 27 m.

b) Calcular la potencia bruta de cada una de las bombas de los tramos 2 y 4 (ambas son iguales y bombean el caudal total de la instalación) si el rendimiento de las bombas es de 0,88.

Nota 1: $v_{\text{petr}}(30^\circ\text{C}) = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ para el petróleo. Las iteraciones se realizarán únicamente cuando sean imprescindibles.

Nota 2: No existe flujo en el conducto 3 mientras la bomba 3 no esté en marcha.

Soluciones: 69,38 l/s; 137,35 kW.

6. (10%) Si la lectura del vacuómetro de la figura es de 0,4 kg/cm², calcular las componentes horizontales y verticales de la fuerza hidrostática realizada por un fluido de densidad relativa $s=2$ sobre la compuerta ABCD. La compuerta ABCD está formada por dos cuartos de cilindro de radio $R=1 \text{ m}$ y un prisma de sección cuadrada de lado $R=1 \text{ m}$, siendo el ancho normal a la imagen $b=1,2 \text{ m}$.

NOTA: A la hora de calcular cualquier fuerza hidrostática, es **OBLIGATORIO** dibujar el correspondiente prisma de presiones acotado.

Soluciones: $F_H = 35,28 \text{ kN} (\leftarrow)$, $F_v = 60,47 \text{ kN} (\uparrow)$.

7. (12,5%) La sección del tubo de hormigón acabado de la figura está formada por medio hexágono y medio círculo. Los lados del hexágono tienen una longitud L y ángulos de 60° como muestra la figura. La tubería recorre una distancia de 10 km, perdiendo 11 m de altura en su trayecto.

a) Si sólo se utiliza la parte hexagonal de la sección, calcular la longitud L exacta para transportar un caudal máximo de $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Suponer en adelante que la tubería se ha construido con una longitud $L=1 \text{ m}$. Para minimizar el riesgo de que el conducto entre en carga cuando el conducto se llene, se pretende que el tramo superior H o berma indicada en la figura sea de 20 cm.

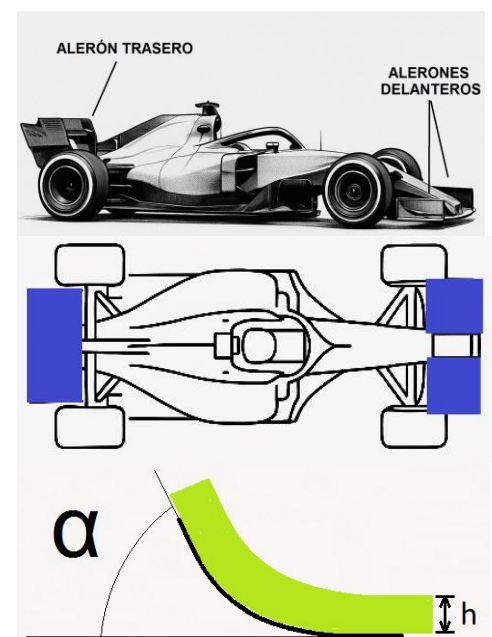
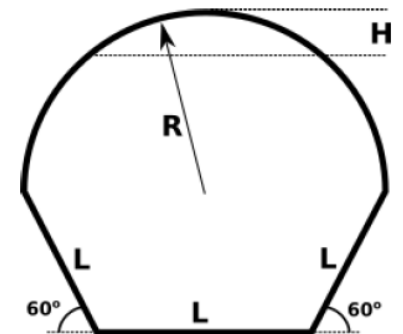
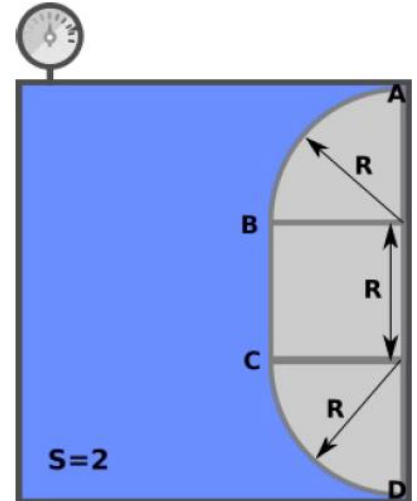
b) ¿Cuál es el caudal máximo transportable en estas condiciones?

Soluciones: 98,99 cm; $5,07 \text{ m}^3/\text{s}$.

8. (10%) Se está diseñando un coche experimental que se asemeja a un coche de fórmula 1. El coche tendrá un peso de 200 kg y su centro de gravedad se encuentra más cercano al eje trasero que al delantero.

Los alerones delanteros y traseros pueden considerarse como álabes fijos. En la parte frontal tiene dos alerones con anchura $L=0,95 \text{ m}$ y $\alpha=20^\circ$, y en la parte posterior, un único alerón de anchura $L=1,8 \text{ m}$ y $\alpha=15^\circ$.

En los tres alerones, los flujos que entran tienen una altura de $h=50 \text{ cm}$. Los flujos de salida de los alerones frontales no afectan al flujo de entrada en el alerón trasero, es decir, se pueden



analizar de forma independiente. Para una velocidad del coche de 200 km/h calcular:

- e) La fuerza horizontal y vertical por efecto del aire en cada alerón.
- f) ¿Qué pérdida de potencia se produce en el coche al circular a esa velocidad con los alerones descritos?

DATOS: $\rho_{\text{aire}} = 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$.

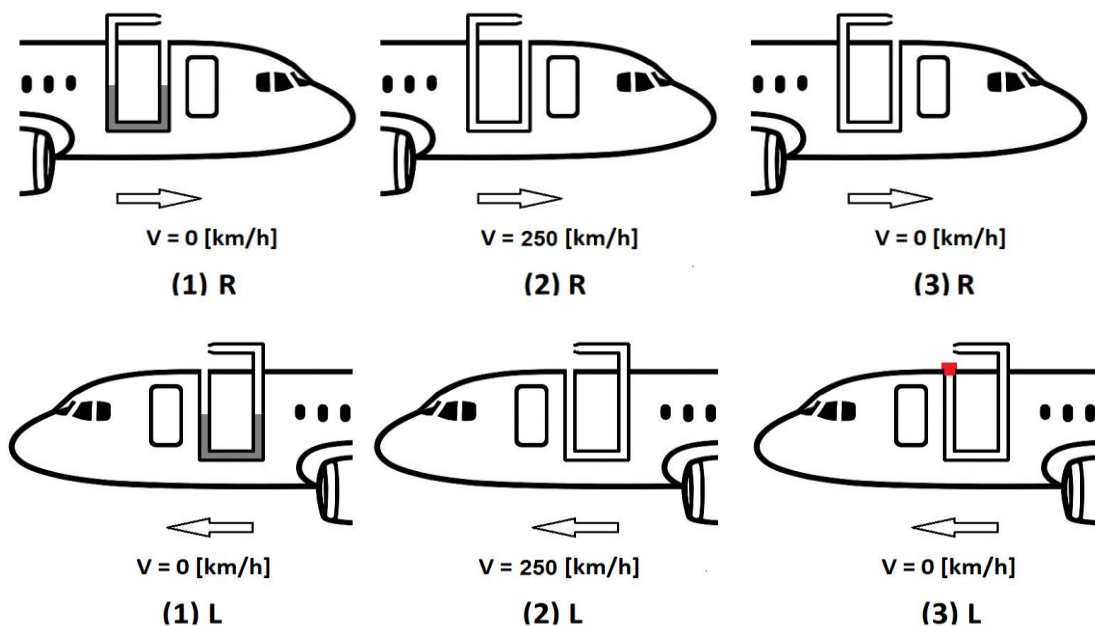
NOTA 1: El caso en el que el coche está en movimiento y el aire en reposo es el mismo que en el que el coche está parado y el aire en movimiento.

NOTA 2: La fricción entre el coche y el suelo y las fuerzas de fricción entre el coche y el aire son despreciables.

Soluciones: Alerones delanteros: 106,1 N, 601,7 N; Alerón trasero: 113,6 N, 862,7 N; 18098,51 W.

9. (10%) Para poder determinar la velocidad de un avión, se emplean un tubo Pitot y un piezómetro abierto. La lectura de la velocidad del avión que obtiene el piloto se basa en la diferencia de altura del líquido manométrico empleado. Para evitar problemas de seguridad, lleva un tubo de Pitot y un piezómetro abierto a cada lado del avión, como se muestra en las figuras (1) R y (1) L. El fluido manométrico en ambos casos es mercurio.

En la imagen (1) R y (1) L se muestran el sistema con Pitot + Piezómetro abiertos con el avión parado en tierra a una velocidad $v = 0 \text{ km/h}$ en ambos casos.



a) Representar, los líquidos manométricos en las figuras (2) R y (2) L y, obtener la ecuación que define la velocidad del avión en función de la lectura manométrica.

b) Calcular la lectura (mm) del manómetro en cada sistema, (2) R y (2) L, cuando el avión vuela a una velocidad de 250 km/h a una altura de $z = 9000$ metros.

Durante el vuelo a 9000 metros de altura y 250 km/h de velocidad, se produce un problema y se bloquea la entrada del piezómetro abierto (L), tal y como se representa en el estado (3) L. En la figura (3) R, por el contrario, el piezómetro abierto sigue abierto. Mientras el avión vuela en esas

condiciones a 250 km/h, el problema no se va a notar, pero si con este problema cambia la altura o la velocidad, aparecerán lecturas contradictorias en los sistemas (R) y (L).

c) Representar los líquidos manométricos en los sistemas (3) R y (3) L en el caso de aterrizar con el problema descrito, una vez el avión se encuentre quieto.

d) ¿Qué velocidad mostrará cada sistema? Utilizar la ecuación obtenida en el apartado a).

Datos: $p_{\text{tierra}}=1,01 \text{ bar}$; $p_{9000 \text{ m}}=308 \text{ mbar}$; $\rho_{\text{aire}} [z=0 \text{ m}]=1,2 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{aire}} [z=9000 \text{ m}]=0,61 \text{ kg/m}^3$.

NOTA: Despreciar el proceso de compresión/expansión del aire dentro del manómetro.

Soluciones: $v=[2 \cdot g \cdot (S_m/S_{\text{aire}}-1) \cdot R]^{1/2}$; 11,04 mm; 342,04 m/s.