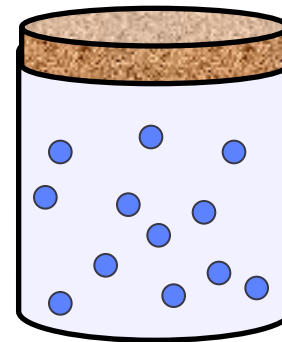
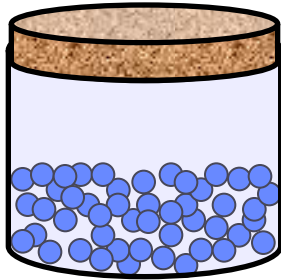


# Presiones y Fluidos

# Fluidos I: Presión

→ ¿Que es un fluido?

- Se denomina fluido a aquellos cuerpos que pueden fluir y adoptan la forma del recipiente que los contiene.
- Los fluidos se dividen en líquidos y gases, dependiendo de sus fuerzas (moleculares) de cohesión interna.
- Características principales:
  - Líquidos: tienen un volumen definido y son casi incompresibles.
  - Gases: ocupan todo el recipiente que los contiene y son fácilmente compresibles (están formados por moléculas muy separadas entre sí).



→ Densidad:

1. Definición: la cantidad de masa (materia) por unidad de volumen de una sustancia.

$$d = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V}$$

2. En el SI  $[d] = \text{Kg}/\text{m}^3$ .

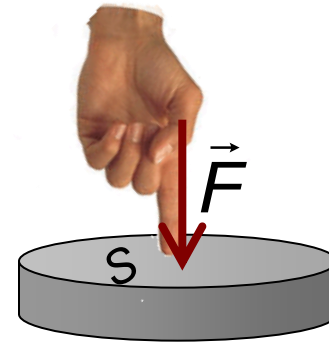
# Fluidos II: Presión

## → Concepto de Presión:

1. **Definición:** la fuerza ejercida (perpendicularmente) sobre una superficie, por unidad de área (o superficie).



$$P = \frac{F}{S}$$



2. Unidad de presión en el S.I es el Pascal ( $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ ).
3. La presión nos da una medida de la capacidad para deformar, que tiene una fuerza que está actuando sobre una superficie. A mayor presión, el efecto "deformador" será mayor.

# Fluidos II: Presión

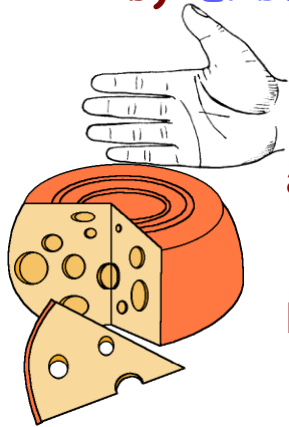
$$P = \frac{F}{S}$$

Ejemplos:

1. Calcula la presión de una fuerza de 15N ejercida sobre el queso por:

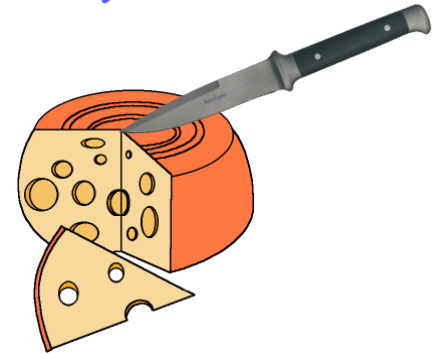
a) El borde de la mano (dimensiones: largo=10cm, ancho=1cm)

b) El borde de un cuchillo (dimensiones: largo=10cm, ancho=0,1mm)



a) 
$$P = \frac{F}{S} = \frac{15\text{N}}{10\text{cm}^2} \times \frac{10^4\text{cm}^2}{1\text{m}^2} = 15000\text{ Pa} = 15\text{ kPa}$$

b) 
$$P = \frac{F}{S} = \frac{15\text{N}}{10\text{mm}^2} \times \frac{10^6\text{mm}^2}{1\text{m}^2} = 1500000\text{Pa} = 1,5\text{ MPa}$$

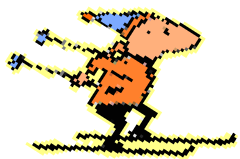


¿Por qué un cuchillo corta mejor las cosas que un martillo? ¿Por qué es bueno afilarlo?

2. Calcula la presión ejercida sobre la nieve por un esquiador de 80Kg de masa si:

a) Camina sobre sus pies (dimensiones: largo=30cm, ancho=5cm)

b) Se desliza sobre sus esquís (dimensiones: largo=1,8m, ancho=15cm)



a) 
$$P = \frac{mg}{S} = \frac{800\text{N}}{2 \times 150\text{cm}^2} \times \frac{10^4\text{cm}^2}{1\text{m}^2} =$$

b) 
$$P = \frac{mg}{S} = \frac{800\text{N}}{2 \times (1,8 \times 0,15)\text{m}^2} =$$

# Fluidos II: Presión

$$P = \frac{F}{S}$$

→ Unidades de Presión:

a) Pascal:  $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$

b) Kilo de presión: La presión ejercida por una masa de 1Kg sobre una superficie de  $1\text{cm}^2$

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{s} = \frac{1\text{Kg} \cdot 9,8}{0,0001\text{m}^2} = 98000\text{Pa} = 9,8 \cdot 10^4 \text{Pa}$$

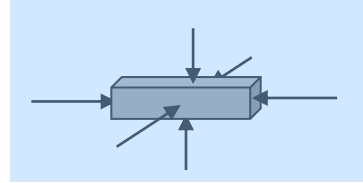
El Pascal es muy pequeño para medir las presiones típicas en la atmósfera o en los mares por eso se utilizan unidades más “grandes”

- Atmósfera (atm)=  $1\text{atm}=101.325 \text{ Pa}$
- bar:  $1\text{bar}=10^5 \text{ Pa}$
- milibar (mb):  $1\text{mb}=100 \text{ Pa}$
- milímetros de mercurio (mmHg):  $760\text{mmHg}=1\text{atm}=1,013\text{bar}=101.325 \text{ Pa}$

# Fluidos III: Presión en Fluidos

## → La presión en los fluidos:

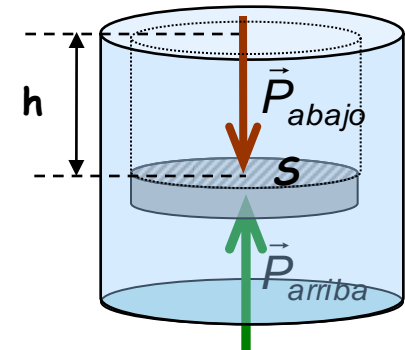
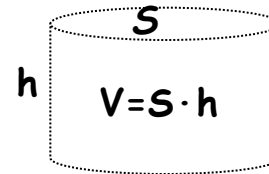
- Los fluidos (líquidos y gases) en equilibrio ejercen sobre las paredes de los recipientes que los contienen y sobre los cuerpos contenidos en su interior fuerzas que actúan siempre perpendicularmente a las superficies.



- En el interior de un fluido la presión se ejerce en todas las direcciones.
- Si el fluido está en equilibrio, en cada punto la presión en cada dirección tiene que ser igual

## → Principio fundamental de la hidrostática:

$$P_{arriba} = P_{abajo} = \frac{\text{Peso}_{\text{liquido}}}{S} = \frac{m_{\text{liquido}}g}{S} =$$
$$P = \frac{d(V)g}{S} = \frac{d(S \cdot h)g}{S} = d \cdot h \cdot g$$



*"La presión ejercida por un fluido de densidad  $\rho$  en un punto situado a una profundidad  $h$  de la superficie es igual a la presión ejercida por una columna de fluido de altura  $h$  y vale:*

$$P = d \cdot h \cdot g$$

# Fluidos III: Presión en Fluidos

→ Principio fundamental de la hidrostática (otra versión):

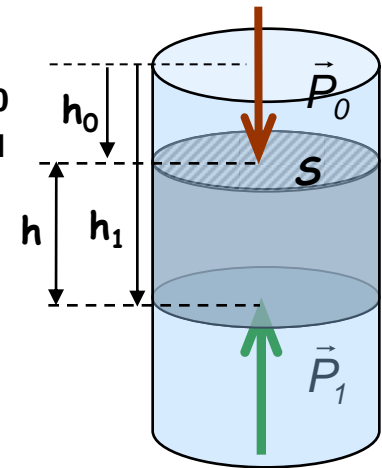
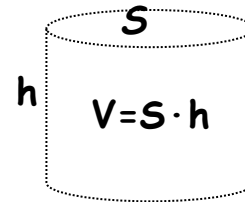
*"La diferencia de presión entre dos puntos de un fluido a distintas profundidades tiene el valor de la presión ejercida por la columna de fluido que los separa:"*

$$P_1 = P_0 + \frac{\text{Peso}_{\text{líquido}}}{S} = P_0 + \frac{(\rho \cdot S \cdot h) \cdot g}{S} = P_0 + \rho \cdot h \cdot g$$

$h_0$  = profundidad del punto 0  
 $h_1$  = profundidad del punto 1

$$h = h_1 - h_0$$

$$P_1 - P_0 = \rho \cdot h \cdot g$$



## Ejemplos

**3.** Qué presión soporta un buzo sumergido en el mar a 10 metros de profundidad si a nivel del mar la presión vale 1atm (Densidad agua del mar =  $1030 \text{ kg/m}^3$ )  
(Compara esta presión con el valor de presión normal a nivel del mar)

$$P_1 = P_0 + \rho \cdot h \cdot g = 101300 \text{ Pa} + (1030 \text{ Kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2}) = 2,043 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 204 \text{ kPa}$$

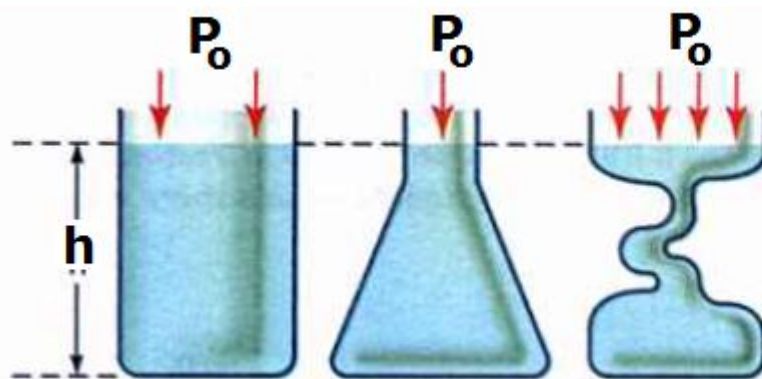
## Observación:

$$P = \rho gh$$

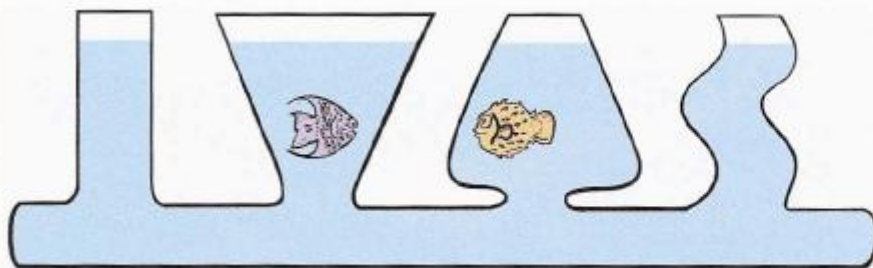
Diagram illustrating the variables in the pressure equation  $P = \rho gh$ :

- $\rho$  (density) is labeled as "constante" (constant).
- $g$  (gravity) is labeled as "constante" (constant).
- $h$  (depth) is labeled as "variable".

La presión depende de la profundidad  $h$



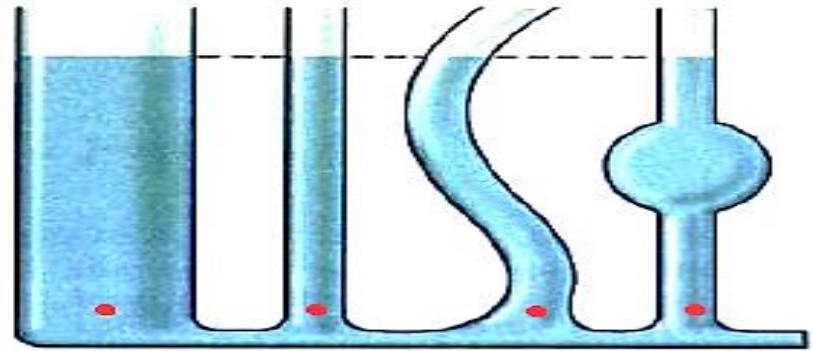
$$P_1 = P_2 = P_3$$



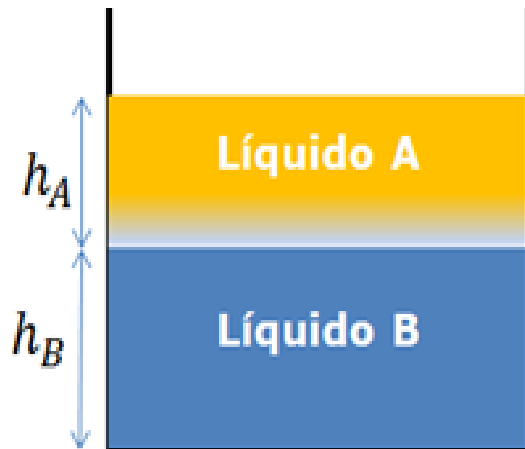
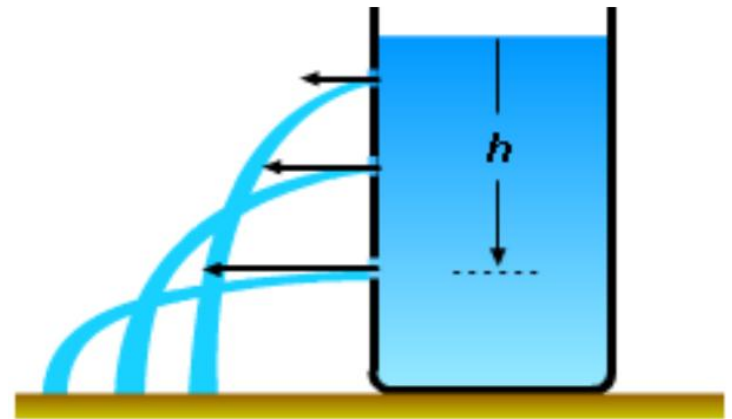
¿Qué pez está sometido a mayor presión?



1.- Puntos a una misma profundidad, soportan la misma presión



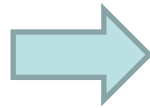
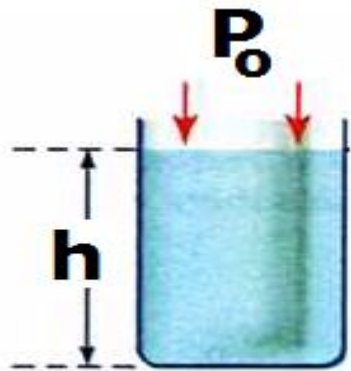
2.- La presión hidrostática aumenta con la profundidad  $h$



$$P_{total} = P_A + P_B$$

$$P_{total} = (\rho_A \cdot g \cdot h_A) + (\rho_B \cdot g \cdot h_B)$$

- La presión absoluta: considera la presión hidrostática mas la presión atmosférica que actúa en la superficie del liquido

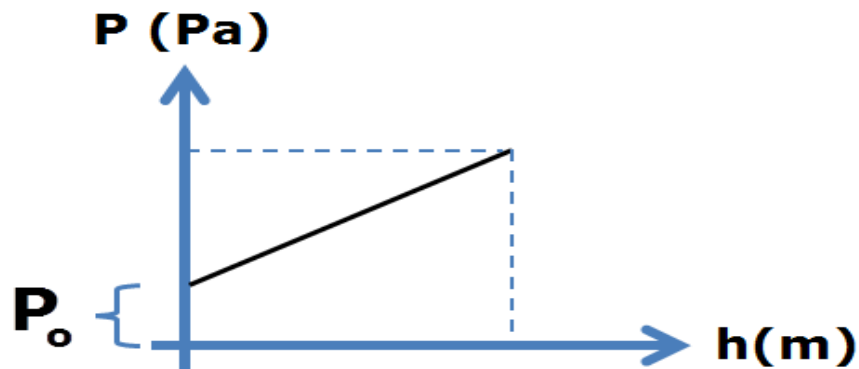


$$P = \rho gh + P_0$$



**Presión  
absoluta**

- Relación lineal entre presión y densidad



$$P = \rho gh + P_0$$

$$y = mx + n$$

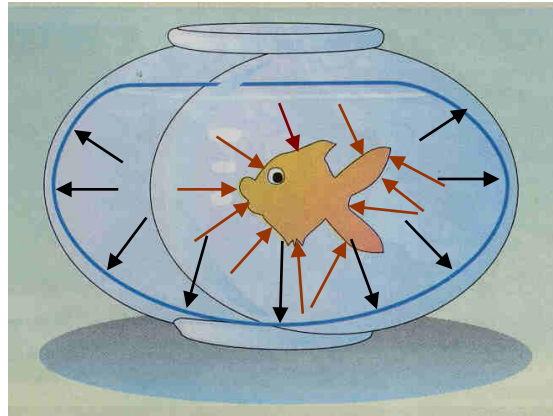
**Pendiente**

**coeficiente  
de posición**

6

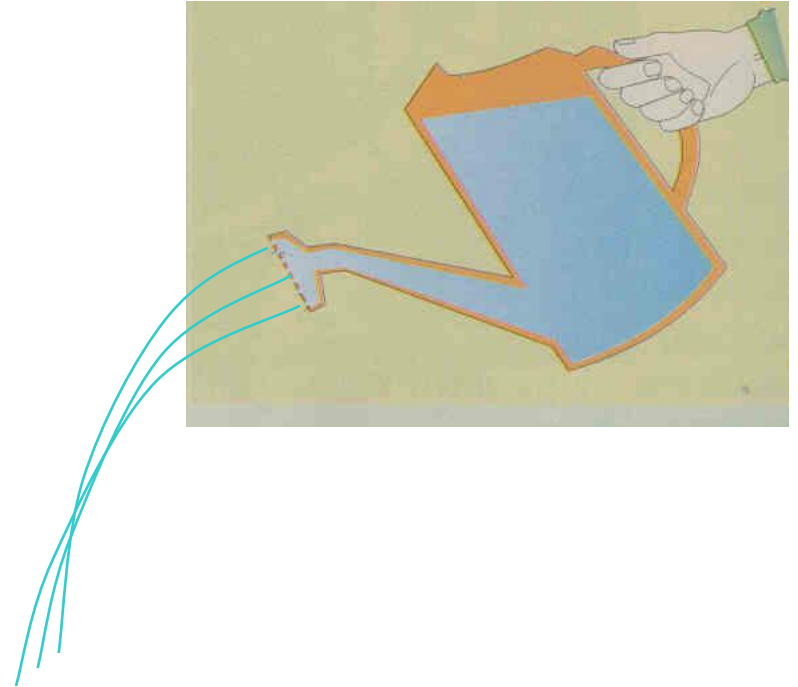
Dibuja las fuerzas ejercidas por el líquido sobre las paredes de la vasija y sobre el pez que contiene.

Dibuja de un color las fuerzas sobre las paredes y de otro color las fuerzas sobre el pez.



7 La figura muestra una regadera. Dibuja la trayectoria de los chorros que salen por ella.

Dado que las fuerzas debidas a la presión hidrostática son perpendiculares a la superficie sobre la que se ejercen, los chorros de agua salen perpendicularmente a los agujeros de la regadera y con mayor alcance cuanto mayor es la profundidad.



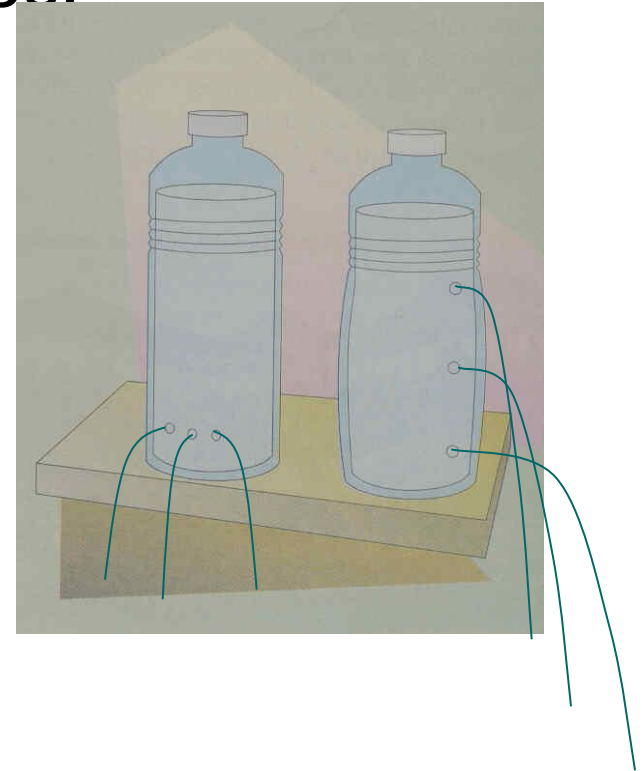
Los dibujos muestran dos botellas a las que se les ha hecho unos agujeros. Dibuja la trayectoria de los chorros de agua que salen por los orificios.

8

Dado que las fuerzas debidas a la presión hidrostática son perpendiculares a la superficie sobre la que se ejercen, los chorros de agua salen perpendiculares a los agujeros de las botellas y con mayor alcance cuanto mayor es la profundidad.

Dibuja los chorros de la botella de la izquierda

Dibuja los chorros de la botella de la derecha

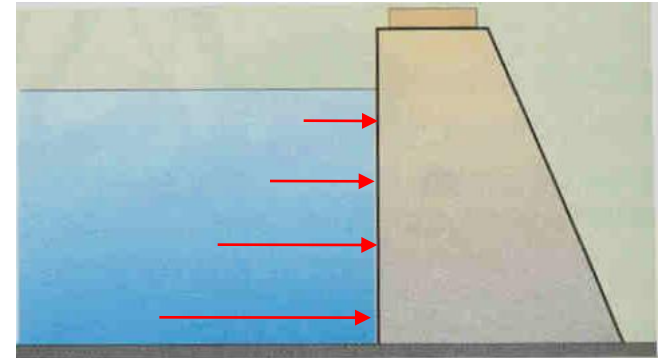


9

## Explica por qué la pared de una presa es más ancha en su base.

Como la presión aumenta con la profundidad, las fuerzas sobre la pared de la presa crecen desde la parte superior hacia la base. Por lo tanto la pared de la presa debe reforzarse en su parte inferior.

Dibuja fuerzas sobre la pared de la presa que ilustren la afirmación anterior.

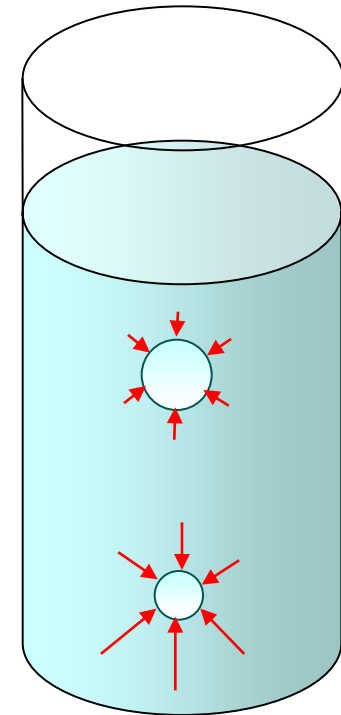


10

¿Por qué una burbuja de aire que sube a través de un líquido se agranda a medida que se aproxima a la superficie?

La razón es que las fuerzas que actúan sobre la burbuja van disminuyendo a medida que asciende por el líquido, ya que a medida que sube disminuye la profundidad del líquido y la presión hidrostática.

Dibuja fuerzas sobre la burbuja a dos profundidades diferentes.

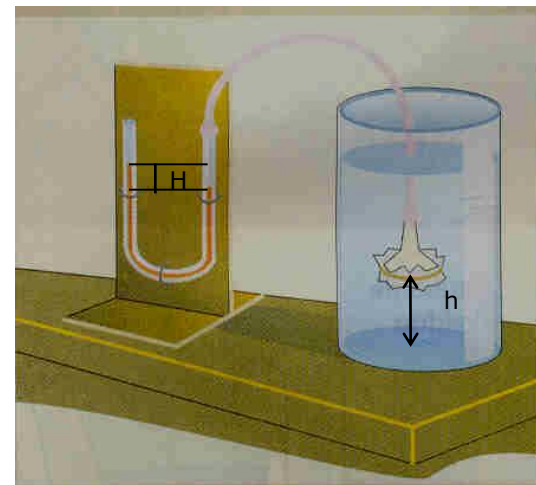
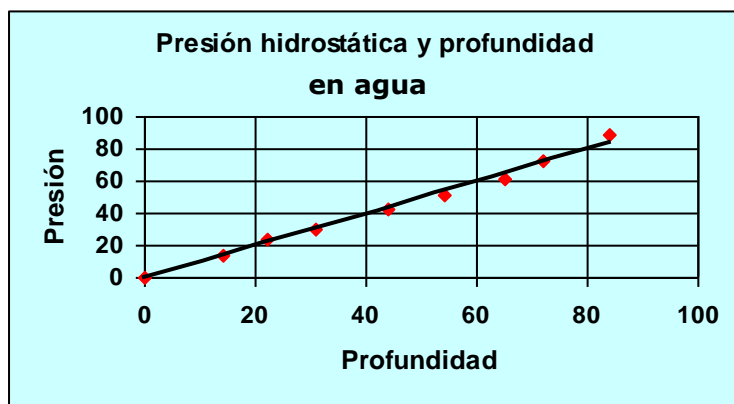


11

La figura muestra el dispositivo experimental para investigar la dependencia de la presión hidrostática con la profundidad y la densidad del líquido. A medida que el embudo del extremo del tubo de goma aumenta su profundidad ( $h$ ), mayor es el desnivel ( $H$ ) del líquido coloreado en el tubo en U, que es el medidor de presión. La tabla siguiente muestra los resultados experimentales obtenidos utilizando agua tanto en el tubo en U como en el recipiente de vidrio. (a) Representa gráficamente la presión ( $H$ ) frente a la profundidad ( $h$ ). (b) Analiza el resultado obtenido.

H (mm)	0	14	22	31	44	54	65	72	84
h (mm)	0	14	24	30	42	51	61	72	89

Haz la representación gráfica



¿Qué indica la forma de la representación gráfica?

Que la representación gráfica sea una línea recta indica que existe proporcionalidad directa entre la presión hidrostática y la profundidad de líquido, en este caso agua.



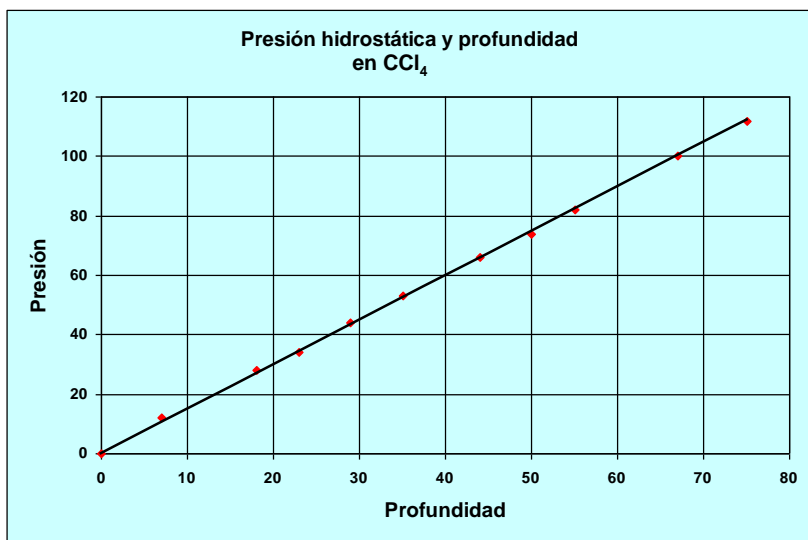
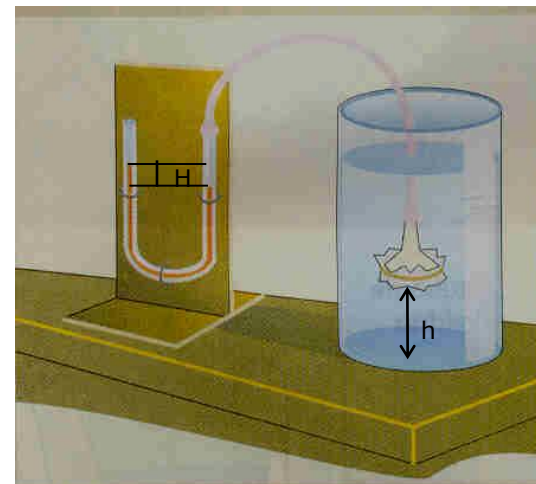


12

La figura muestra el dispositivo experimental para investigar la dependencia de la presión hidrostática con la profundidad y la densidad del líquido. A medida que el embudo del extremo del tubo de goma aumenta su profundidad ( $h$ ) mayor es el desnivel ( $H$ ) del líquido coloreado en el tubo en U, que es el medidor de presión. La tabla siguiente muestra los resultados experimentales obtenidos utilizando agua en el tubo en U y tetracloruro de carbono en el recipiente de vidrio. (a) Representa gráficamente la presión ( $H$ ) frente a la profundidad ( $h$ ). (b) Analiza el resultado obtenido.

H (mm)	0	12	28	34	44	53	66	74	82	100	112
h (mm)	0	7	18	23	29	35	44	50	55	67	75

Haz la representación gráfica



¿Qué indica la forma de la representación gráfica?

Que la representación gráfica sea una línea recta indica que existe proporcionalidad directa entre la presión hidrostática y la profundidad de líquido, en este caso tetracloruro de carbono.



13

- Representa en un mismo gráfico las dos tablas de los dos ejercicios anteriores.
- Calcula la pendiente de cada una de las líneas obtenidas. Compara los valores de las respectivas pendientes con las densidades de los líquidos utilizados.
- Interpreta el apartado anterior.

Haz la representación gráfica

Calcula las pendientes

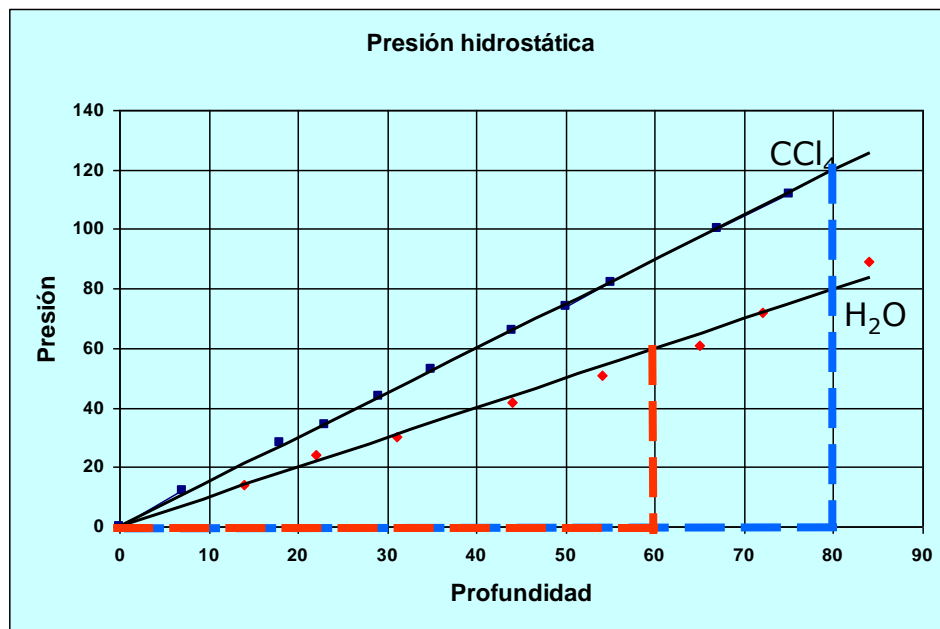
La pendiente de la recta para el agua viene dada por el cociente indicado por la línea discontinua roja:

$$60/60 = 1$$

La pendiente de la recta para el tetracloruro de carbono viene dada por el cociente indicado por la línea discontinua azul:

$$120/80 = 1,5$$

Las densidades respectivas son  $1 \text{ g/cm}^3$ , para el agua, y  $1,59 \text{ g/cm}^3$ , para el tetracloruro de carbono.



¿Qué significan los anteriores resultados?

La pendiente de las rectas es la densidad del líquido utilizado. Una misma presión puede obtenerse con dos profundidades distintas de líquidos diferentes, lo que muestra que la presión es directamente proporcional a la densidad del líquido, además de ser directamente proporcional a la profundidad.



14

- (a) Calcula la presión hidrostática a 80 m por debajo de la superficie del mar, siendo la densidad del agua del mar  $1050 \text{ kg/m}^3$ .
- (b) Calcula la presión ejercida por el agua en el fondo de una piscina de 2,10 m de profundidad.

Realiza los cálculos del apartado (a)

Se calcula mediante la ecuación fundamental de la hidrostática:

$$p = d \cdot h \cdot g = 1050 \cdot 80 \cdot 9,8 = 8,23 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Realiza los cálculos del apartado (b)

Se calcula mediante la ecuación fundamental de la hidrostática:

$$p = d \cdot h \cdot g = 1000 \cdot 2,10 \cdot 9,8 = 20580 \text{ Pa}$$



Un buzo se encuentra a 15 m de profundidad en el mar (densidad del agua del mar = 1050 kg/m<sup>3</sup>).

15

- (a) ¿Cuál es la presión hidrostática a esa profundidad?  
(b) ¿Cuál es el incremento de presión si el buzo desciende 10 m más?

Realiza los cálculos del apartado (a)

Se calcula mediante la ecuación fundamental de la hidrostática:

$$p = d \cdot h \cdot g = 1050 \cdot 15 \cdot 9,8 = 1,54 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Realiza los cálculos del apartado (b)

Se calcula mediante la ecuación fundamental de la hidrostática. Se puede calcular la nueva presión a 25 m de profundidad y restar de la anterior, o realizar el siguiente cálculo:

$$p_1 = d \cdot h_1 \cdot g \quad ; \quad p_2 = d \cdot h_2 \cdot g$$

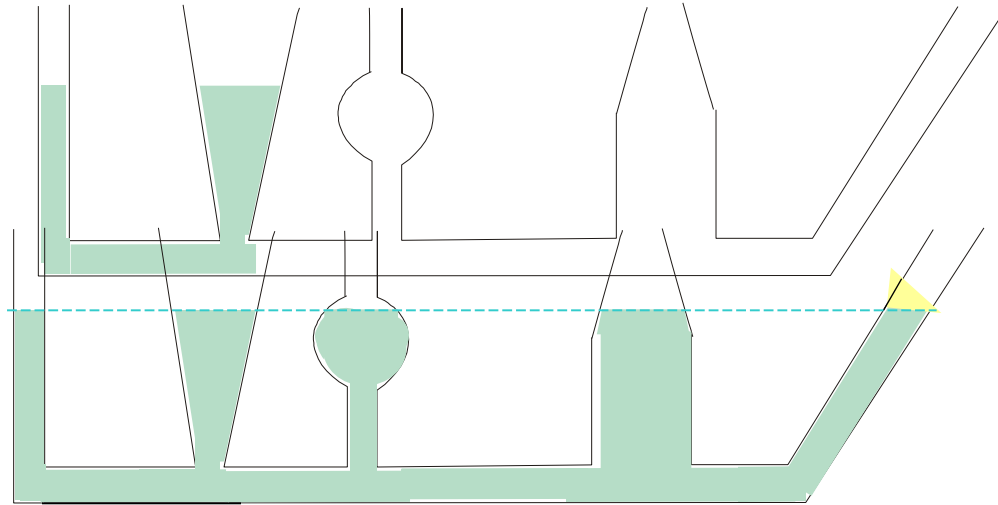
$$\Delta p = p_2 - p_1 = d \cdot h_2 \cdot g - d \cdot h_1 \cdot g = d \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\Delta p = 1050 \cdot 9,8 \cdot (25 - 15) = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



16

La figura muestra varios recipientes de distinta forma unidos por su base (**vasos comunicantes**) en los que se introduce un líquido. Solamente se ha dibujado el nivel de líquido en los dos primeros vasos. Dibuja cómo quedará el nivel de líquido en los vasos restantes .



El nivel del líquido en todos los vasos es el mismo, lo que indica que la presión ejercida por un líquido depende solamente de la profundidad y no de la forma del recipiente, lo que se denominó la **paradoja hidrostática**.



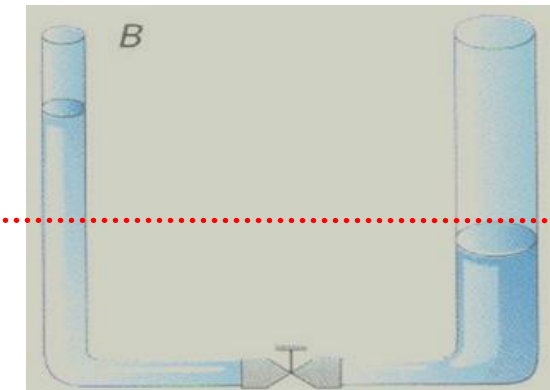
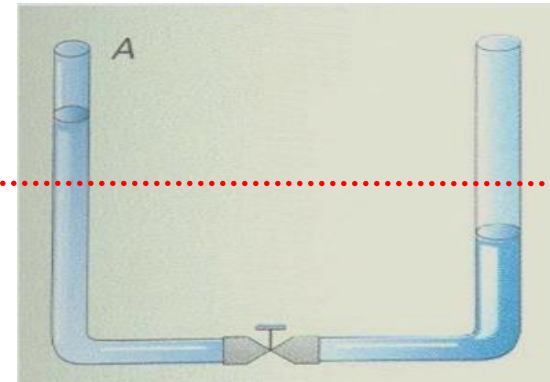
17

Observa las figura A y B. Los dos tubos están separados por la parte inferior mediante una llave. ¿Qué ocurrirá cuando abramos la llave? Indica la situación final sobre el propio dibujo mediante una línea.

Al abrir la llave, dado que la presión sobre el fondo es mayor en la rama izquierda que en la rama derecha, fluirá líquido de la rama izquierda hacia la rama derecha hasta que se igualen las presiones sobre el fondo, lo que sucede cuando las alturas de líquido se igualan. Esto sucede tanto en la figura A como en la figura B, puesto que la presión hidrostática, fijado el líquido, depende únicamente de la altura de líquido y no de la cantidad del mismo.

Señala con una línea el nivel de líquido en las dos ramas de las dos figuras, justificando la posición de la línea.

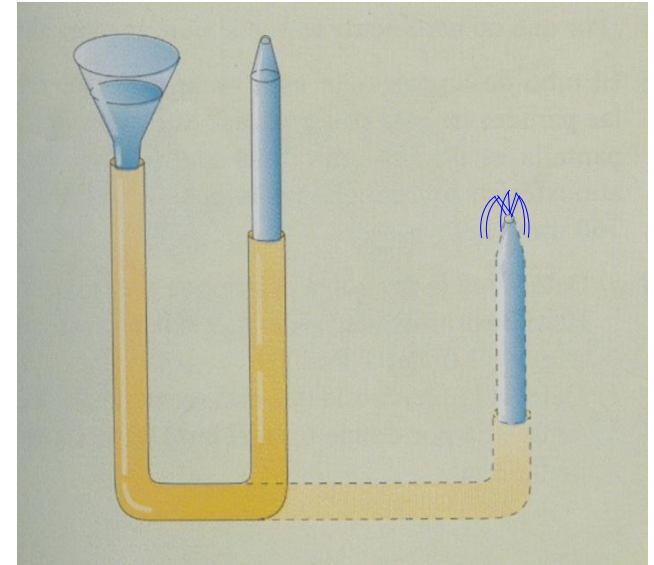
En la figura A la línea se sitúa entre los niveles originales, algo más cerca del nivel de la rama derecha por tener el radio un poco mayor. El fenómeno es el mismo, pero más acusado, en la figura B.



18

La figura muestra un embudo y un tubo de vidrio llenos de agua conectados mediante un tubo de goma. ¿Qué ocurrirá cuando desplazemos el tubo de goma hasta la posición punteada? ¿Por qué?

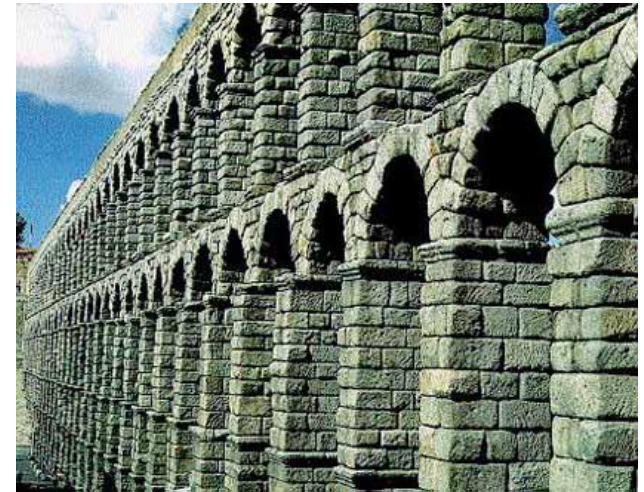
En la posición inicial el nivel del líquido en los dos vasos comunicantes es el mismo. En la posición final, dado que la presión sobre el fondo es mayor en la rama izquierda, fluirá líquido hacia la rama derecha, por lo que el tubo de vidrio será un surtidor hasta que el nivel de líquido en la rama izquierda coincida con el extremo superior del tubo de vidrio.



19

La figura es una fotografía del acueducto de Segovia.  
¿Consideras necesarios los acueductos para transportar agua a través de un valle? ¿Cómo lo harías?

Los acueductos eran grandes proyectos de ingeniería, considerando las épocas en las que fueron diseñados, y de gran utilidad para suministrar agua a núcleos urbanos. Actualmente son innecesarios por dos razones: por una parte pueden sustituirse por tuberías y suministrar agua a las poblaciones, sin más condicionantes, si las fuentes de agua están más elevadas que los núcleos de población, simplemente por el funcionamiento de los vasos comunicantes; de no cumplirse la última condición el agua se bombea para que llegue a los puntos de utilización, pero siempre a través de tuberías que aseguran una mayor higiene.

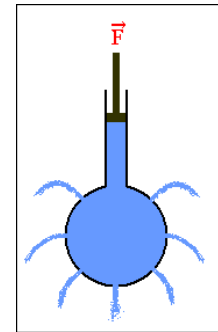
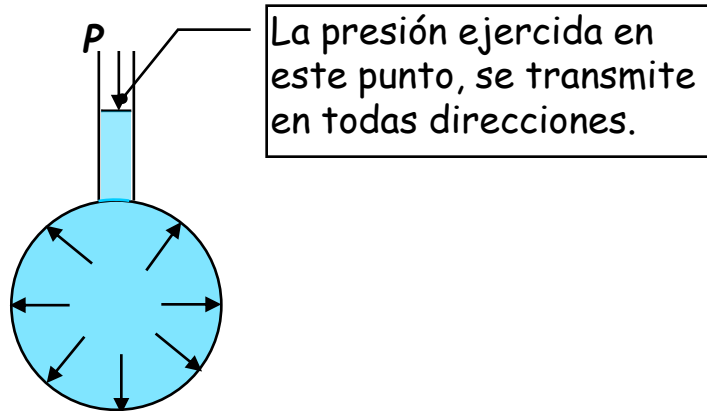




# Fluidos IV: Principio de Pascal

## → Transmisión de presiones en los líquidos: Principio de Pascal:

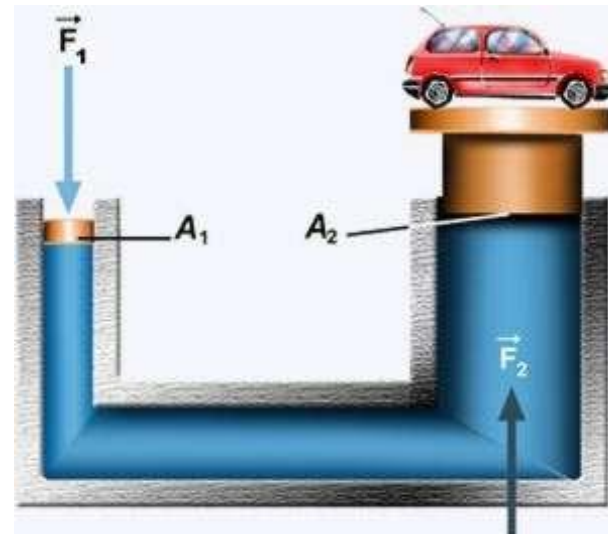
“Cualquier presión  $P$  ejercido sobre un fluido incompresible (líquido) encerrado en un recipiente indeformable se transmite por igual (en todas las direcciones y con la misma intensidad) a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene”.



## → Prensa hidráulica

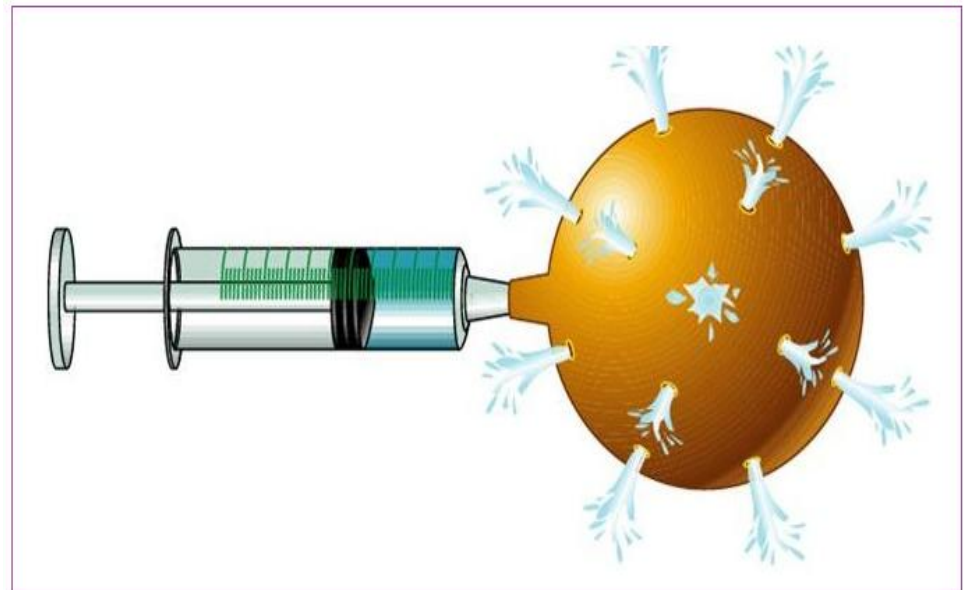
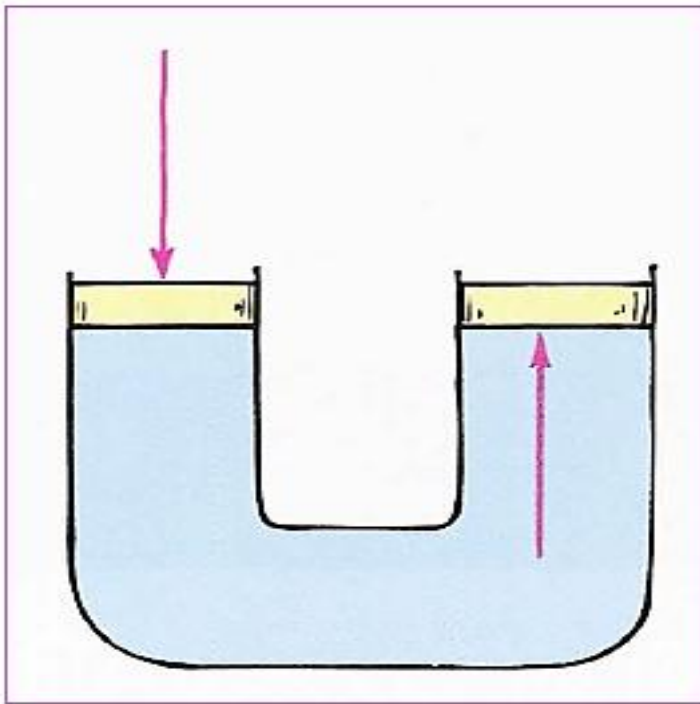
$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$



## PRINCIPIO DE PASCAL

“Al aplicar una presión extra en un punto de un fluido en reposo, el aumento de presión se transmite por igual a todos los puntos del fluido”



20

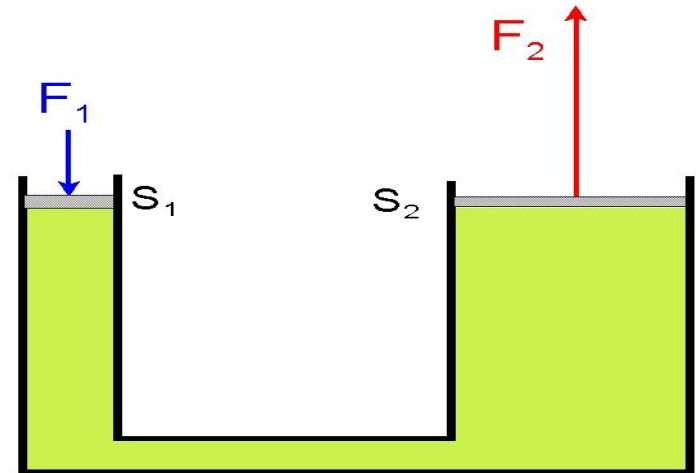
En una máquina hidráulica, una fuerza de 400 N se aplica a un émbolo de 5,0 cm<sup>2</sup> de superficie. ¿Qué presión se transmite a través del líquido? Si la superficie del otro émbolo es de 25 cm<sup>2</sup>, ¿cuál es la fuerza ejercida por éste?

La presión que se transmite es la ejercida sobre el émbolo, según el principio de Pascal. Su valor es:

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{400}{5 \cdot 10^{-4}} = 8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Sobre el otro émbolo se ejerce la misma presión, por lo que la fuerza que se ejerce sobre él, y que el puede ejercer sobre el exterior es:

$$F_2 = p \cdot S_2 = 8 \cdot 10^5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 2000 \text{ N}$$



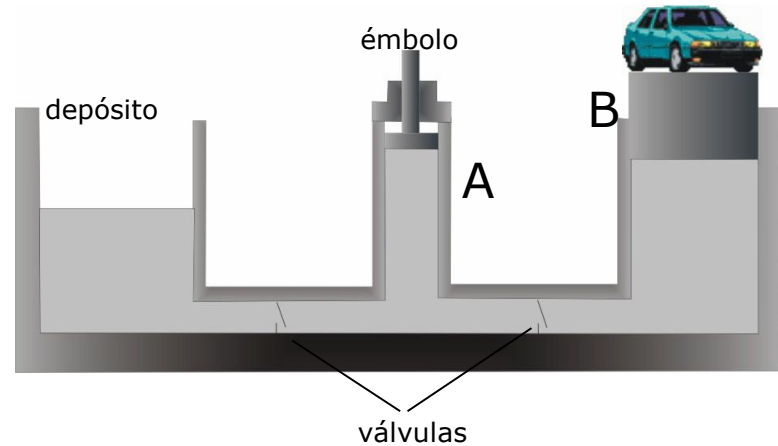
La figura muestra el esquema de un elevador hidráulico.

(a) Explica su funcionamiento.

21

(b) Un automóvil de 1500 kg se encuentra sobre el émbolo de superficie  $6,0 \text{ m}^2$ . ¿Qué fuerza debe ejercerse sobre el otro émbolo, cuya superficie es de  $500 \text{ cm}^2$ , para poder elevar el automóvil?

Al ejercer una fuerza sobre el émbolo pequeño (A), el líquido en contacto con él queda sometido a una presión que se transmite a todos los puntos del fluido según el Principio de Pascal. La mayor superficie del émbolo B hace que la fuerza ejercida por el mismo sea mucho mayor que la aplicada sobre el émbolo pequeño. El sistema de válvulas permite volver a llenar el émbolo A cuando llega al fondo. En el dibujo no se incluye el sistema de vaciado del cilindro correspondiente al émbolo B.



Igualando las presiones en los dos émbolos:

$$p_A = p_B \Rightarrow \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

$$F_A = \frac{F_B}{S_B} \cdot S_A = \frac{1500 \cdot 9,8}{6,0} \cdot 0,05 = 122,5 \text{ N}$$



22

La figura muestra el esquema del freno hidráulico de un coche. A partir de la información que aparece en el esquema, determina:

- La presión ejercida sobre el émbolo A (teniendo en cuenta que cuando se aprieta el pedal a fondo se queda en equilibrio, de modo que la fuerza resultante es cero y el momento total respecto al pivote también es cero).
- La presión que se transmite por el fluido.
- La fuerza sobre el émbolo C.

(a)

Si no consigues identificar las fuerzas sobre el pedal, haz clic y observa la figura.

$F_1$  es la fuerza que ejerce el pivote sobre el pedal.  
 $F_2$  es la fuerza que ejerce el pie sobre el pedal.  
 $F_3$  es la fuerza que ejerce el émbolo sobre el pedal.

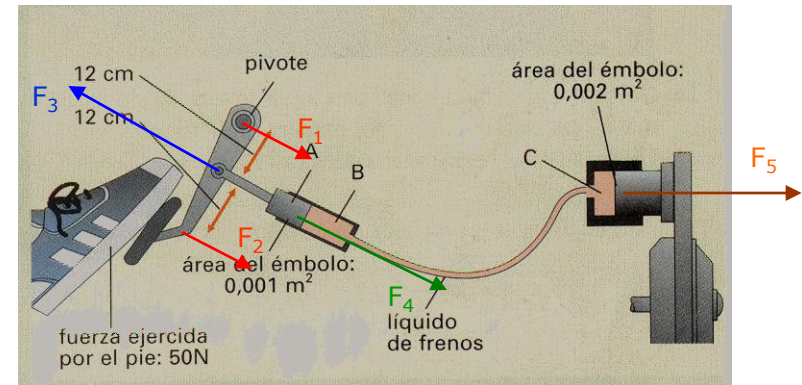
Los momentos de las fuerzas  $F_2$  y  $F_3$  respecto al pivote deben ser iguales y opuestos (el momento de  $F_1$  respecto al pivote es cero porque su distancia es cero).

$$F_2 \cdot l = F_3 \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow F_3 = 2 \cdot F_2 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ N}$$

(b)

Calcula la presión en el líquido de frenos.

$$p = \frac{F_4}{S_1} = \frac{100}{0,001} = 10^5 \text{ Pa}$$



¿Cuál es la fuerza que actúa sobre el émbolo A?

Por la tercera ley de Newton la fuerza que ejerce el pedal sobre el émbolo es igual y de sentido opuesto a la fuerza que el émbolo ejerce sobre el pedal, o sea  $F_4 = 100 \text{ N}$ .

(c)

Calcula la fuerza sobre el émbolo C

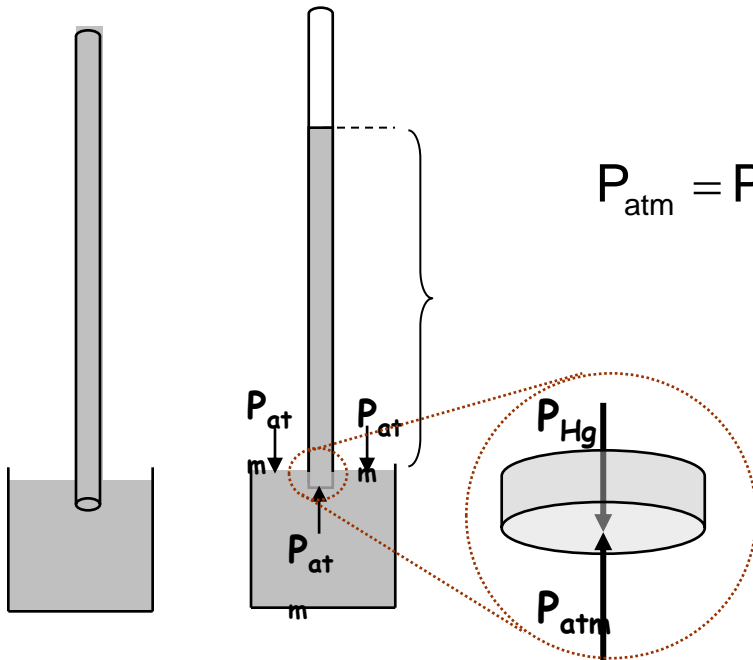
$$F_5 = p \cdot S_2 = 10^5 \cdot 0,002 = 200 \text{ N}$$



# Fluidos V: Presión Atmosférica

→ La presión atmosférica:

- Los gases también son fluidos y “pesan”.
- Vivimos sumergidos en un océano de aire: La atmosfera.
- La atmósfera ejerce una presión sobre nosotros: esta presión cumple el ppo. fundamental de la hidrostática.
- La presión atmosférica será mayor cuanto “más profundo estemos en ese océano” → a nivel del mar mayor presión que en una montaña.
- Torricelli en 1643 fue el primero en medir el valor de esta presión usando un tubo de vidrio relleno de mercurio. El instrumento se denomina barómetro.



$$P_{\text{atm}} = P_{\text{Hg}} = \frac{W_{\text{Hg}}}{S} = \frac{m_{\text{Hg}} g}{S} = \frac{V_{\text{Hg}} d_{\text{Hg}} g}{S} = \frac{\cancel{S} h d_{\text{Hg}} g}{\cancel{S}}$$

$$P_{\text{atm}} = d_{\text{Hg}} g h$$

# Fluidos V: Presión Atmosférica

→ La presión atmosférica:

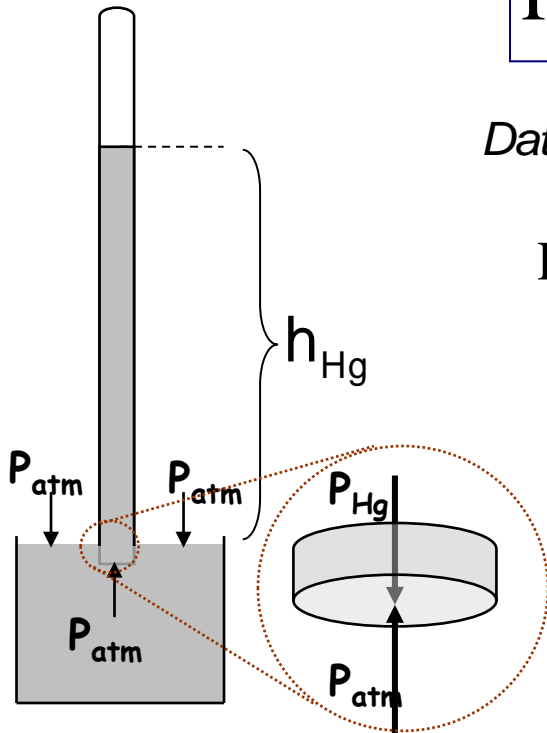
- La presión era directamente proporcional a la altura de la columna de mercurio (h).
- Por ello, se adoptó como medida de la presión el mm de mercurio (mmHg).
- La presión considerada como normal, al nivel del mar, se corresponde con una columna de mercurio (Hg) de altura 760 mm.

$$P_{\text{atm}} = P_{\text{Hg}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_{\text{Hg}}$$

$$\text{Datos : } d_{\text{Hg}} = 13600 \text{ Kg/m}^3 \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad h_{\text{Hg}} = 0,76 \text{ m}$$

$$P_{\text{atm}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_{\text{Hg}} = 13600 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,8 \cdot 0,76$$

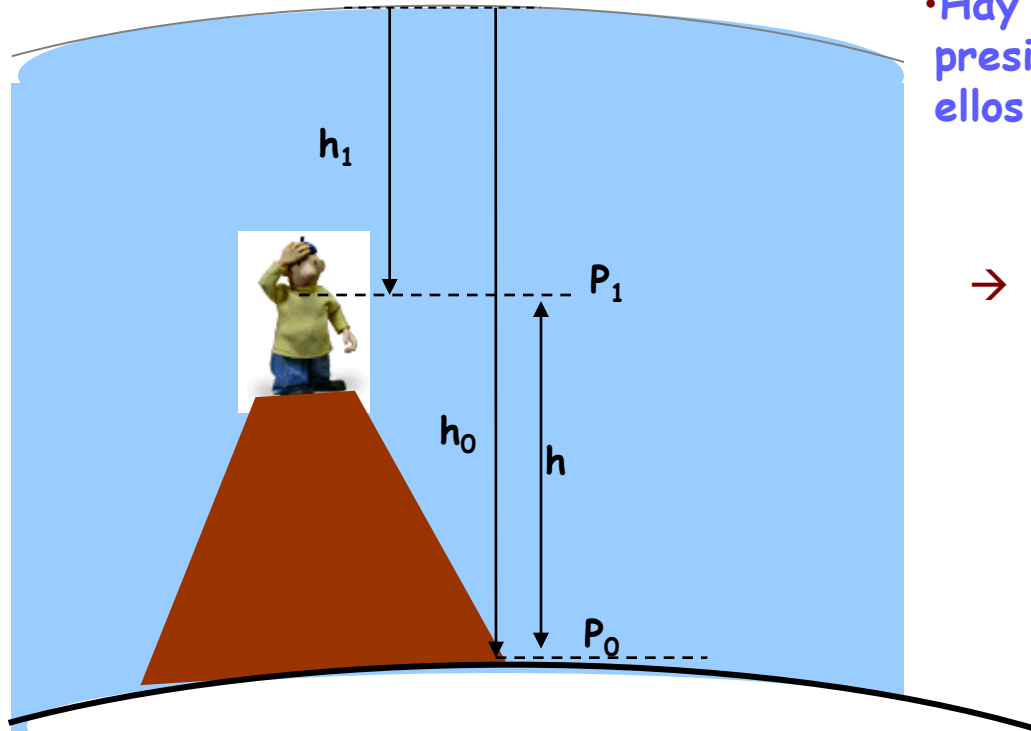
$$P_{\text{atm}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_{\text{Hg}} \approx 101,300 \text{ Pa}$$



# Fluidos V: Presión Atmosférica

→ La presión atmosférica:

- Los gases también son fluidos y “pesan”.
- Vivimos sumergidos en un océano de aire: La atmosfera.
- La atmósfera ejerce una presión sobre nosotros: esta presión cumple el ppo. fundamental de la hidrostática.
- La presión atmosférica será mayor cuanto “más profundo estemos en ese océano” → a nivel del mar, mayor presión que en una montaña.



- Hay una relación entre la diferencia de presión entre dos puntos y la altura entre ellos

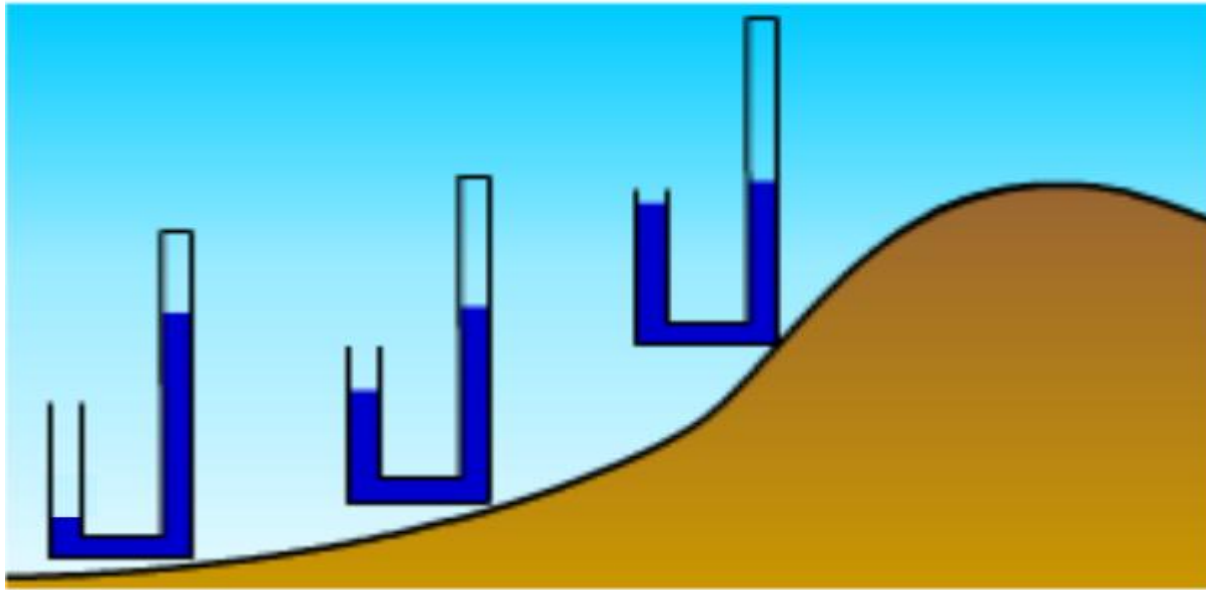
→ Aplicando el ppo fundamental de la hidrostática:

$$P_0 - P_1 = d_{\text{aire}} \cdot h \cdot g$$



# PRESION ATMOSFERICA Y ALTURA

## LA PRESIÓN DISMINUYE



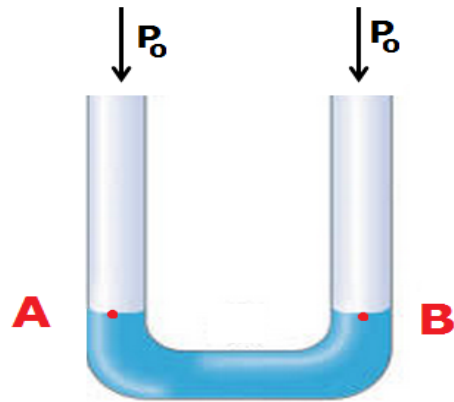
¿Cuánto disminuye?  
¿Podemos construir un altímetro?

Experimentalmente se determinó que:  
*Por cada 100 m de ascenso la presión atmosférica disminuyen en 1 atm*

## variación de la presión atmosférica

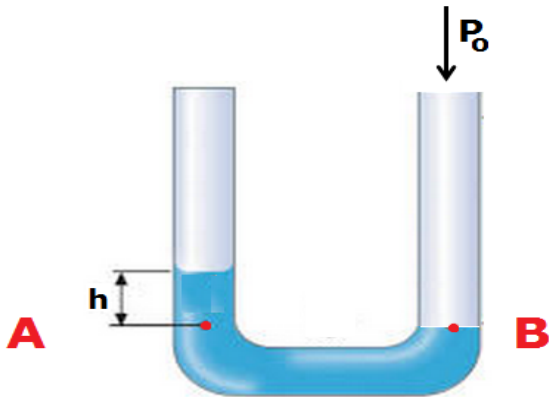
altura (m)	P <sub>0</sub> (cmHg)
0	76
500	72
1 000	67
2 000	60
3 000	53
4 000	47
5 000	41
6 000	36
7 000	31
8 000	27
9 000	24
10 000	21

**BAROMETRO:** Permite medir la presión atmosférica



**a) La presión atmosférica actúa sobre los dos brazos; los líquidos se equilibran**

**Dos puntos a una misma altura; soportan igual presión sobre ellos**

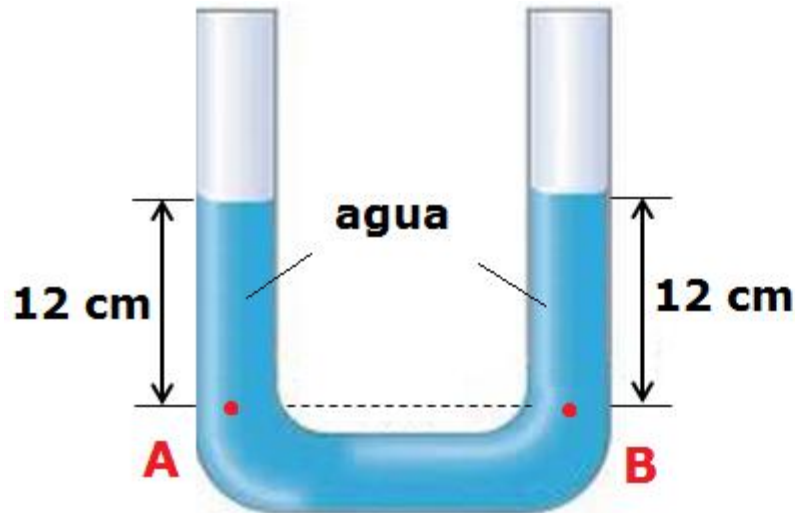


**b) La presión actúa sobre el brazo derecho, se produce un desnivel**

***Mientras mayor sea la presión atmosférica; mayor será el desnivel***

## VASOS COMUNICANTES

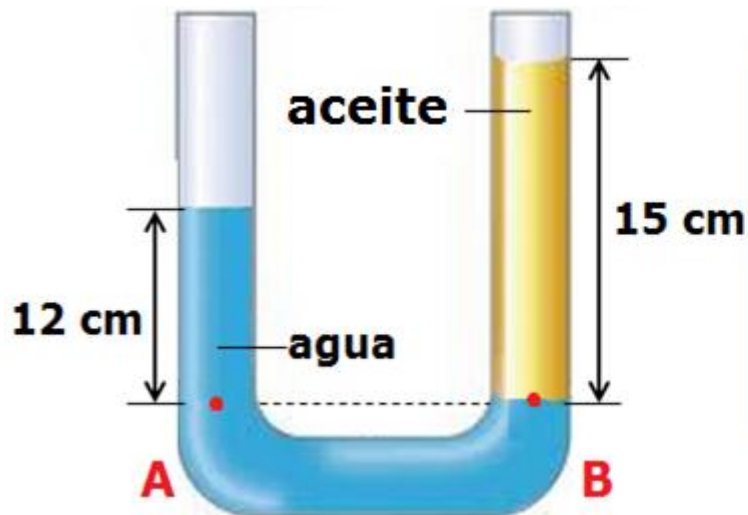
- Vasos comunicantes con un mismo liquido



- Los puntos A y B soportan la misma presión

- El líquido alcanza la misma altura en ambos brazos

- Vasos comunicantes con diferentes líquidos: permiten medir densidad



- Los puntos A y B soportan la misma presión

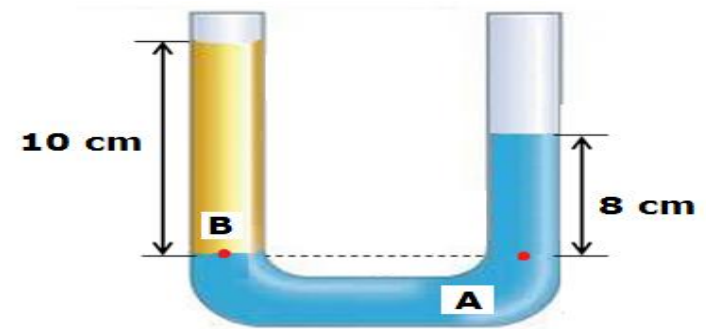
- En A: 12 cm de agua

- En B: 15 cm de aceite

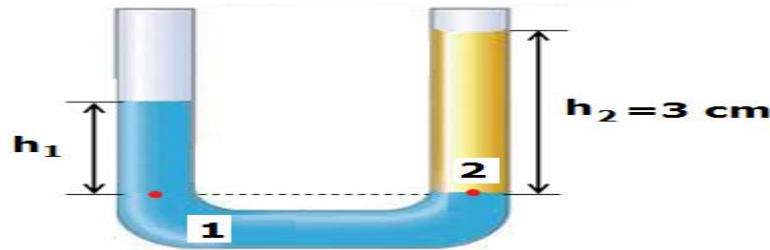
- Las alturas NO son las mismas

**Determina la densidad del aceite**

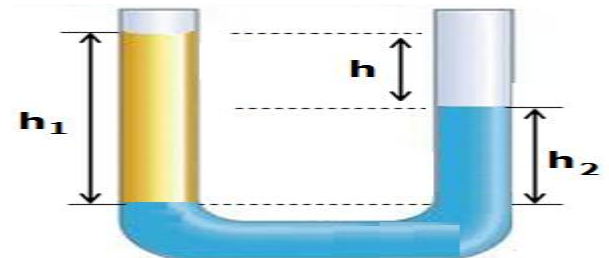
4.- En la figura, el liquido A tiene una densidad de  $5 \text{ gr/cm}^3$ . Determina la Densidad del liquido B



5.- Los líquidos de la figura no se mezclan y están en equilibrio. La densidad. Sabiendo que  $\rho_1 = 1,2 \text{ gr/cm}^3$  y  $\rho_2 = 0,8 \text{ gr/cm}^3$ . Determina la altura  $h_1$



6.- En el tubo en U de la figura se encuentran dos líquidos cuyas densidades respectivas son:  $\rho_1 = 0,8 \text{ gr/cm}^3$  y  $\rho_2 = 1 \text{ gr/cm}^3$ . Sabiendo que  $h = 2 \text{ cm}$ . Determina  $h_1$  y  $h_2$



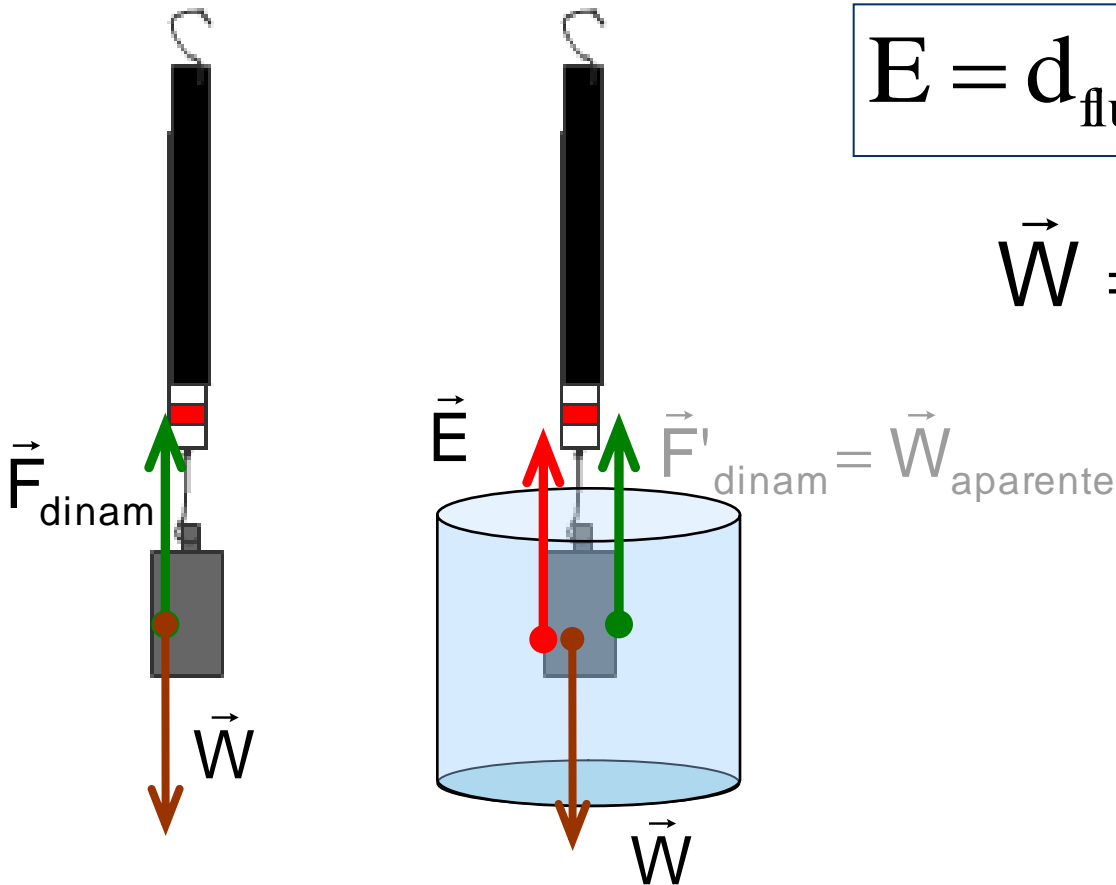
# Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

## Principio de Arquímedes:

*"Todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba (denominada empuje) cuyo valor es igual al peso del agua desalojada por el cuerpo"*

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g$$

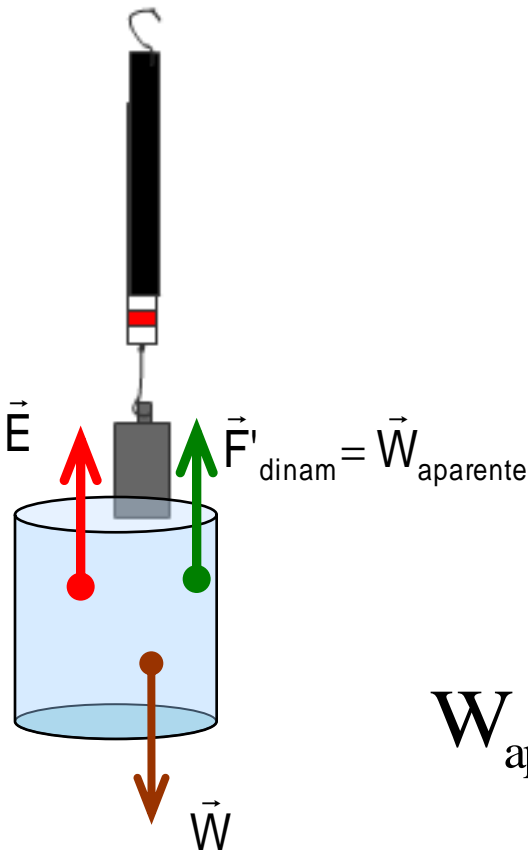
$$\vec{W} = \vec{W}_{\text{aparente}} + \vec{E}$$



# Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

## Principio de Arquímedes:

*"Todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba (denominada empuje) cuyo valor es igual al peso del agua desalojada por el cuerpo"*



$$\vec{W} = \vec{W}_{\text{aparente}} + \vec{E}$$

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g$$

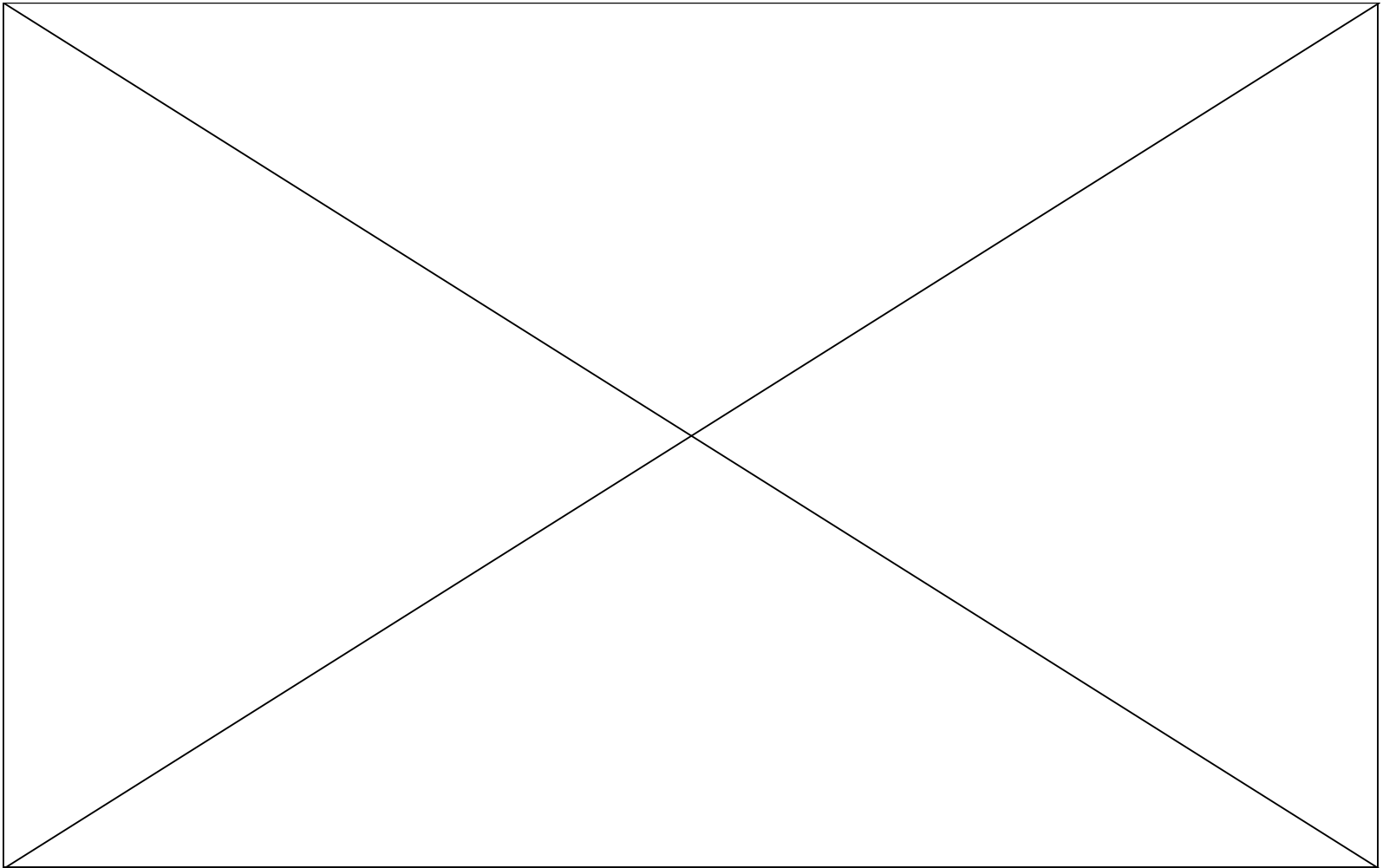
$$W = d_{\text{cuerpo}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g$$

$$W_{\text{aparente}} = W - E = (d_{\text{cuerpo}} - d_{\text{fluido}}) \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g$$

# Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

Principio de Arquimedes:

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{cuerpo}} \cdot g$$



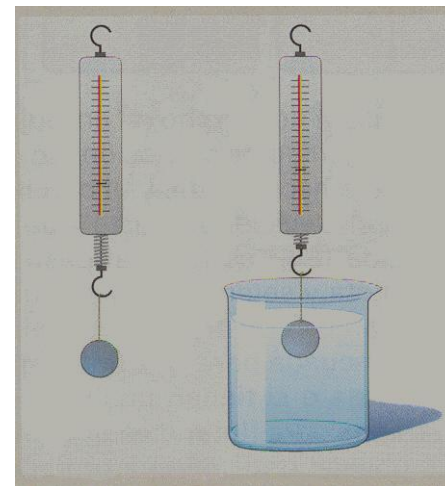
23

Para la comprobación experimental del principio de Arquímedes se utilizan dos esferas del mismo tamaño, una de aluminio y otra de acero, cuyos volúmenes, medidos en una probeta de 1 cm<sup>3</sup> de precisión, son de 17 cm<sup>3</sup>. El peso y el peso aparente sumergido en agua se determinan con sendos dinamómetros de 1,0 N (con precisión de 0,02 N) para el cilindro ligero y de 5,0 N (con precisión de 0,1 N) para el cilindro pesado. Los resultados se muestran en la tabla. Razona si los resultados son una comprobación aceptable del principio de Arquímedes.

Analiza los resultados de la tabla

Esfera	P (N)	Pa (N)	E (N)
Aluminio	0,48	0,32	0,16
Acero	1,4	1,2	0,2

Para dos volúmenes idénticos el empuje de un mismo líquido debe ser el mismo, pero que no lo sea no invalida la experiencia por dos motivos: el volumen medido con la probeta está sujeto a una imprecisión de  $\pm 1 \text{ cm}^3$  por un lado; por otra parte las imprecisiones de los dinamómetros son de  $\pm 0,02 \text{ N}$  y  $\pm 0,1 \text{ N}$  respectivamente, lo que indica que la medida del empuje para la esfera de aluminio está comprendida entre 0,14 y 0,18 N y para la esfera de acero entre 0,1 y 0,3 N



Haz el cálculo del empuje por el principio de Arquímedes y compara con el análisis de la tabla.

El valor teórico del empuje sería:

$$E = d_L \cdot V_S \cdot g = 1000 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 9,8 = 0,17 \text{ N}$$

Los valores anteriores contienen a éste, por lo que se comprueba el principio de Arquímedes.





24

Una piedra pesa 5,0 N. Cuando se sumerge en agua, el peso aparente es de 3,0 N. Sabiendo que la densidad del agua es 1,0 g/cm<sup>3</sup>, determina:

- (a) el empuje; (b) el peso del agua desplazada; (c) la masa de agua desplazada; (d) el volumen de agua desplazada; (e) el volumen de la piedra; (f) la masa de la piedra; (g) la densidad de la piedra.

Calcula el apartado (a)

$$E = P - P_a = 5,0 - 3,0 = 2,0 \text{ N}$$

Calcula el apartado (b)

2,0 N por el principio de Arquímedes

Calcula el apartado (c)

$$m = P/g = 2,0/9,8 = 0,2 \text{ kg}$$

Calcula el apartado (d)

$$V = m/d = 0,2/1000 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 200 \text{ cm}^3$$

Calcula el apartado (e)

Dado que se sumerge completamente el volumen de la piedra coincide con el volumen de agua desalojada, es decir, 200 cm<sup>3</sup>

Calcula el apartado (f)

$$M = P/g = 5,0/9,8 = 0,5 \text{ kg}$$

Calcula el apartado (g)

$$d = m/V = 500/200 = 2,5 \text{ g/cm}^3$$



25

Un objeto pesa 60 N en el aire y 40 N sumergido en agua.  
Calcula la densidad del objeto.

Calcula el empuje

$$E = P - P_a = 60 - 40 = 20 \text{ N}$$

Calcula el volumen del objeto

El volumen del objeto coincide con el de agua desplazada, ya que está sumergido. Por tanto  $V = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Calcula la densidad del objeto

$$d = m/V = 6,1/(2 \cdot 10^{-3}) = 3061 \text{ kg/m}^3$$

Calcula la masa y el volumen de agua desalojada

$$m = E/g = 20/9,8 = 2,0 \text{ kg}$$

$$V = m/d = 2,0/1000 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Calcula la masa del objeto

$$m = P/g = 60/9,8 = 6,1 \text{ kg}$$



26

Un bloque de aluminio (densidad =  $2700 \text{ kg/m}^3$ ) tiene un volumen de  $0,50 \text{ m}^3$ . ¿Cuál es su peso? ¿Cuál es su peso aparente si se sumerge completamente en agua? (densidad del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$ )

Calcula el peso

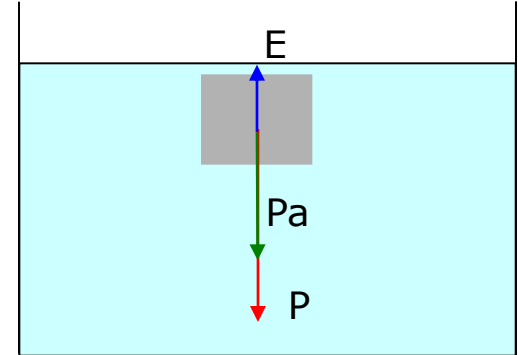
$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g = 2700 \cdot 0,50 \cdot 9,8 = 13230 \text{ N}$$

Calcula el empuje

$$E = d_L \cdot V \cdot g = 1000 \cdot 0,5 \cdot 9,8 = 4900 \text{ N}$$

Calcula el peso aparente

$$P_a = P - E = 13230 - 4900 = 8330 \text{ N}$$



27

Un objeto tiene un volumen de  $50 \text{ cm}^3$  y pesa  $4,4 \text{ N}$  en el aire. Sumergido totalmente en un líquido su peso aparente es de  $4,0 \text{ N}$ . Calcula la densidad del líquido.

Calcula el empuje

$$E = P - P_a = 4,4 - 4,0 = 0,4 \text{ N}$$

Calcula la masa del líquido desplazado

$$m = E/g = 0,4/9,8 = 0,04 \text{ kg}$$

Calcula la densidad del líquido

El volumen de líquido desplazado es igual al volumen del cuerpo puesto que está totalmente sumergido. Por tanto:

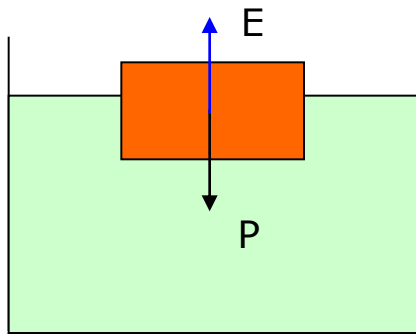
$$d = m/v = 0,04 / 5 \cdot 10^{-5} = 800 \text{ kg/m}^3$$



28

Un iceberg asoma 1/9 de su volumen total. Sabiendo que la densidad del agua del mar es  $1050 \text{ kg/m}^3$ , calcula la densidad del hielo.

Haz un esquema con un cuerpo flotando en un líquido y establece la condición de equilibrio.



Para que un cuerpo flote su peso aparente debe ser cero, luego se cumple:  $P = E$



Calcula la densidad del hielo

De la condición anterior  $P = E$  se deduce:

$$d_C \cdot V_C \cdot g = d_L \cdot V_{\text{sumergido}} \cdot g$$

$$d_C = \frac{V_{\text{sumergido}}}{V} \cdot d_L = \frac{\frac{8}{9}V}{V} \cdot 1050 = 933 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



29

Colocamos en un recipiente con agua (densidad = 1,0 g/cm<sup>3</sup>) trozos de diferentes materiales cuyas densidades vienen dadas en la tabla.

(a) ¿Cuáles flotarán y cuales se hundirán?

(b) ¿Cuáles de los anteriores materiales flotarán en mercurio cuya densidad es 13,6 g/cm<sup>3</sup>?

Establece la condición de equilibrio de un cuerpo flotando.

material	cobre	aluminio	madera	polietileno	vidrio
d (g/cm <sup>3</sup> )	8,9	2,7	0,70	0,90	2,5

Para que un cuerpo flote su peso aparente debe ser cero, luego se cumple:  $P = E$ . Por tanto:

$$d_C \cdot V_C \cdot g = d_L \cdot V_S \cdot g$$

$$d_C \cdot V_C = d_L \cdot V_S$$

Cuando un cuerpo flota el volumen del cuerpo es superior al volumen sumergido, por lo que la densidad del cuerpo debe ser menor que la del líquido para poder flotar.

Indica qué materiales flotarán en agua

Madera y polietileno

Indica qué materiales flotarán en mercurio

Todos



(a) ¿Por qué se utiliza mercurio y no agua en un barómetro?  
¿A qué altura llegaría el agua en un barómetro de agua un día en el que la presión atmosférica fuese de 780 mmHg?

30

(b) Una bomba aspirante no se puede utilizar si el agua que debe extraer está a una profundidad superior a 10 m. ¿Por qué?

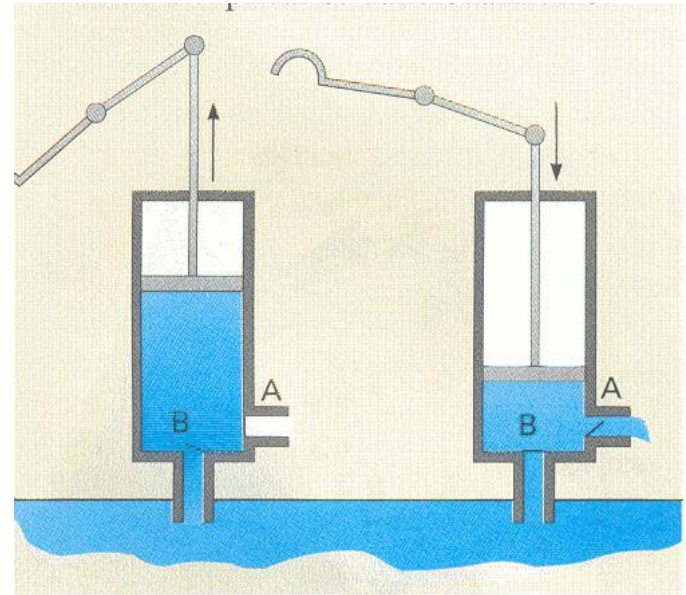
Contesta al apartado (a)

El barómetro se utiliza para medir la presión atmosférica. Si se utilizase un barómetro de Torricelli de agua, la columna de agua debería tener una altura tal que la presión hidrostática igualase la presión atmosférica, por lo que su altura debería ser:

$$h = p/(d \cdot g) = 1,03 \cdot 10^5 / (1000 \times 9,8) = 10,5 \text{ m}$$

Contesta al apartado (b)

En la bomba aspirante, cuyo esquema se muestra en la figura adjunta, el agua asciende por la presión atmosférica, y ésta no puede ser muy superior a la presión hidrostática de una columna de agua de 10 m, por lo que no funciona para mayores profundidades.



31

- (a) Aspiramos un refresco con una caña, tapamos con el dedo su extremo superior, la sacamos del vaso y el refresco no sale de la caña. ¿Por qué?
- (b) ¿Por qué un barómetro puede utilizarse como altímetro?

Contesta al apartado (a)

Porque la presión atmosférica es muy superior a la presión hidrostática de la columna de refresco que hay en el interior de la caña.

Contesta al apartado (b)

La presión atmosférica es debida a la columna gaseosa de la atmósfera. Dado que la altura de dicha columna disminuye al separarse de la superficie terrestre, la presión atmosférica también disminuye, y un barómetro puede calibrarse para medir alturas a partir de la superficie terrestre. Sin embargo dicho altímetro debería calibrarse cada vez que se utiliza, puesto que la presión atmosférica varía de un día para otro.





32

- (a) El tubo de un televisor está vacío. ¿Por qué crees que tiene las paredes gruesas?
- (b) Si la superficie de la pantalla es de  $500 \text{ cm}^2$ , ¿qué fuerza ejerce la presión atmosférica sobre dicha pantalla si el barómetro marca  $750 \text{ mmHg}$ ?

Contesta al apartado (a)

El tubo de un televisor debe estar vacío para permitir que los electrones alcancen la pantalla del televisor. Las paredes del tubo del televisor son gruesas para poder resistir las fuerzas debidas a la presión atmosférica.

Contesta al apartado (b)

Calculamos la presión en Pa:  $750 \text{ mm Hg} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} / 760 \text{ mm Hg} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

De la definición de presión se deduce:  $F = p \cdot S = 1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,05 = 5000 \text{ N}$



33

- a) Determina la presión a la que está sometido un submarinista a 12 m de profundidad, si la presión atmosférica es  $1,1 \cdot 10^5$  Pa, y la densidad del agua del mar  $1050 \text{ kg/m}^3$ .
- (b) Calcula la fuerza que actúa sobre el vidrio de las gafas del submarinista si su superficie es  $0,025 \text{ m}^2$ .

Contesta al apartado (a)

El submarinista estará sometido a la presión hidrostática más la presión atmosférica. Calculamos la presión hidrostática:  $p_h = d \cdot h \cdot g = 1050 \cdot 12 \cdot 9,8 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

La presión total será:  $p = p_h + p_{\text{atm}} = 1,2 \cdot 10^5 + 1,1 \cdot 10^5 = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Contesta al apartado (b)

De la definición de presión se deduce:  $F = p \cdot S = 2,3 \cdot 10^5 \cdot 0,025 = 5750 \text{ N}$



## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 1** : Con un dinamómetro, medimos el peso de un objeto, y resultó ser de 2,5 N. Al introducirlo por completo en agua y volver a medir, el dinamómetro nos marca 2,1 N. Determinar el empuje ejercido por el líquido.

$$\left. \begin{array}{l} W = 2,5N \\ W_{ap} = 2,1N \end{array} \right\} \Rightarrow W_{ap} = W - E \Rightarrow E = W - W_{ap} = 0,4N$$

**Ejemplo 2** : Una piedra pesa 300 N en el aire y 280 N sumergida en el agua. ¿Cuál es el volumen de la piedra?

$$\begin{aligned} E = W - W_{ap} = 20N &\Rightarrow E = d_{agua} \cdot g \cdot V_{cuerpo} \\ \Rightarrow V_{cuerpo} &= \frac{E}{d_{agua} \cdot g} = \frac{20N}{1Kg / l \cdot 9,8m / s^2} = 2,04l \end{aligned}$$

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 3** : Calcula la densidad de un trozo de mineral que pesa 28 N en el aire y 24 N en el agua.

$$E = W - W_{ap} = 4N \Rightarrow V_{cuerpo} = \frac{E}{d_{agua} \cdot g} = \frac{4}{1Kg / l \cdot 9,8m / s^2} = 0,408l$$

$$W = m_{cuerpo} g = 28N \Rightarrow m_{cuerpo} = \frac{W}{g} = 2,86Kg$$

$$d_{cuerpo} = \frac{m_{cuerpo}}{V_{cuerpo}} = \frac{2,86Kg}{0,408l} \approx 7Kg / l$$

**Ejemplo 4** : Un objeto de 10000 N de peso ocupa un volumen de  $10m^3$ . ¿Flotará en un tanque lleno de aceite cuya densidad es de  $935kg/m^3$ ?

$$E = d_{aceite} \cdot g \cdot V_{cuerpo} = 935Kg / m^3 \cdot 9,8m / s^2 \cdot 10m^3 = 9,16 \cdot 10^4 N$$

$$W = 1 \cdot 10^4 N < E$$

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 5** : Un trozo de cobre se pesa y tiene un peso de 4,4N. Sumergido en agua tiene un peso de 3,9N y sumergido en un líquido desconocido pesa 3,65N. Calcula:

- la densidad del cobre
- la densidad del líquido desconocido.

Datos: Tome  $g=10\text{m/s}^2$ . Densidad del agua=  $1\text{g/cm}^3=10^3\text{Kg/m}^3$ .

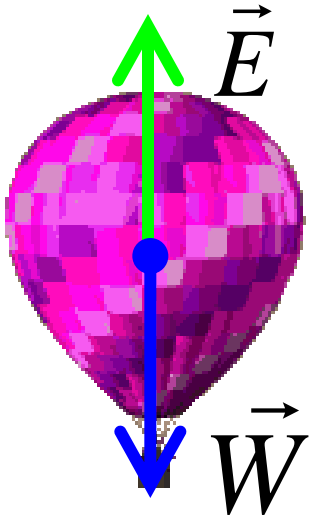
$$\left. \begin{array}{l} W = 4,4N \\ W_{ap1}^{agua} = 3,9N \\ W_{ap2}^{liq} = 3,65N \end{array} \right\} \begin{array}{l} E_1 = W - W_{ap1} = 0,5N \\ \Rightarrow V_{cuerpo} = \frac{E}{d_{agua} \cdot g} = \frac{0,5N}{1Kg / l \cdot 9,8m / s^2} = 0,05 l \end{array}$$

$$W = m_{cuerpo} g = 4,4N \Rightarrow m_{cuerpo} = \frac{W}{g} = 0,449Kg$$

$$\rho_{cuerpo} = \frac{m_{cuerpo}}{V_{cuerpo}} \approx 8,80Kg / l \quad \rho_{liquido} = \frac{E_2}{V_{cuerpo} \cdot g} = \frac{W - W_{ap2}}{V_{cuerpo} \cdot g_{53}}$$

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 6** : Una sonda atmosférica (globo) se llena de Helio. Si el material científico que lleva pesa 5Kg ¿qué volumen mínimo tiene que tener para empezar a "volar"? ¿Qué aceleración tendrá si su volumen son 6m<sup>3</sup>?  $d(\text{aire})=1,3 \text{ g/litro}$   $d(\text{He})= 0,179\text{Kg/m}^3$



$$E = d_{\text{aire}} \cdot g \cdot V_{\text{globo}}$$

$$W = W_{\text{material}} + d_{\text{Helio}} \cdot g \cdot V_{\text{globo}}$$

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 6** : Una sonda atmosférica (globo) se llena de Helio. Si el material científico que lleva pesa 5Kg ¿qué volumen mínimo tiene que tener para empezar a "volar"? ¿Qué aceleración tendrá si su volumen son  $6\text{m}^3$ ??

**Ejemplo 7** : Un globo aerostático tiene una masa de 100 kg. Lleva dos tripulantes de 60 y 70 kg respectivamente.

- ¿Cuál debe ser el volumen del globo para que el empuje del aire sea de 350 N? (densidad del aire =  $1,3 \text{ kg/m}^3$ )
- Cual debe ser el volumen mínimo del globo para que empiece a "volar" (=flotar en el aire) (densidad del aire caliente= $0,8 \text{ kg/m}^3$ )

Hay una relación entre la diferencia de presión entre dos puntos y la altura entre ellos

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 8** : Se coloca un tablón de madera, de 2 m de largo, 50 cm de alto y 1 m de ancho, en un lago de aguas tranquilas. La densidad de la madera es  $550 \text{ kg/m}^3$  y la del agua  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

- a) ¿Cual es el volumen sumergido del tablón?
- b) ¿Cuántas personas de peso medio 800 N pueden subirse al tablón sin hundirlo totalmente?



## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 9** : Si la densidad del hielo es  $900 \text{ kg/m}^3$ , ¿está justificada la expresión "la punta del iceberg" para expresar que lo que se desconoce de un tema es mucho mayor que lo que se conoce? Compruébalo haciendo el siguiente ejercicio

- a) Sabiendo que la densidad del agua del mar es  $1050 \text{ kg/m}^3$ , ¿qué porcentaje de su volumen está sumergido?
- b) Si se encontrase agua en Marte, ¿podrían seguir manteniendo los "marcianos" el anterior enunciado para "sus" icebergs?

Hay una relación entre la diferencia de presión entre dos puntos y la altura entre ellos

$$P_0 - P_1 = d_{\text{aire}} \cdot h \cdot g$$

## Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

**Ejemplo 10** : Un náufrago de 70 kg está perdido en una isla desierta de la que desea escapar. Para ello cuenta con un gran panel de corcho de 0,1 m de espesor con la que desea hacerse una balsa. Calcular la superficie mínima de este corcho que deberá cortar para conseguir flotar. (densidad corcho = 0,24 g/ml)?

Hay una relación entre la diferencia de presión entre dos puntos y la altura entre ellos

$$P_0 - P_1 = d_{\text{aire}} \cdot h \cdot g$$

# Fluidos VI: Empuje, Principio de Arquímedes

## Teoria Cuestiones:

1. ¿Pesan menos los cuerpos sumergidos en el interior de líquidos?  
¿Por qué cuesta menos levantarlos una vez inmersos?.
2. Explica por qué se flota mejor en el mar que en las piscinas.  
¿Dónde se flotaría mejor en aceite o en agua?
3. Explica porque vuela un globo aerostático. ¿Y porque flota un barco o un submarino si están hechos de acero y el acero tiene una densidad mucho mayor que el agua?
4. Explica cómo crees que funciona la vejiga natatoria de los peces.  
¿Y el mecanismo de inmersión de un submarino?