

TEORÍA DE FLUIDOS - HIDROSTÁTICA

LA PRESIÓN

Las fuerzas producen deformaciones sobre los cuerpos. Estas deformaciones no dependen solo del valor de la fuerza, sino también de la superficie sobre la que se aplica.

Una misma fuerza puede producir diferentes efectos.

La magnitud que mide la deformación que produce una fuerza sobre un cuerpo se llama presión.

Presión es el cociente entre la fuerza aplicada sobre una superficie y el valor de dicha superficie. (Es la fuerza por unidad de superficie)

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

La unidad en el S.I. es el Pascal (1 Pa = 1 N / m²)

En meteorología se usa la unidad de presión llamada bar y un submúltiplo el milibar

(1 bar = 10⁵ Pa)

El efecto de una fuerza no depende sólo de la intensidad de ésta, sino también de la superficie sobre la que se ejerce. Si la superficie es muy grande, el efecto de la fuerza se reparte por toda ella y la presión ejercida es menor.

(Por ejemplo una persona se hundirá menos en la nieve si usa unas raquetas de esquí que si solo calza unas botas, porque la superficie de las raquetas es mayor)

PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Los **fluidos** son las sustancias que permiten que sus partículas se puedan desplazar libremente unas sobre otras. Pueden ser líquidos o gases, y tienen las siguientes características:

Líquidos:

- No tienen forma propia.
- Tienen volumen propio.
- No se pueden comprimir (son muy poco compresibles)
- Las partículas se mueven libremente en el interior del líquido sometidas a unas fuerzas que las mantienen unidas.

Gases:

- No tienen forma propia ni volumen (adoptan el volumen y la forma del recipiente que los contiene)
- Se pueden comprimir fácilmente.
- Sus partículas se mueven libremente.

Los fluidos en general ejercen fuerzas perpendiculares sobre las paredes del recipiente que los contiene.

PRESIÓN Y FUERZAS EN EL INTERIOR DE LOS LÍQUIDOS

El recipiente que contiene un líquido soporta una presión en todas sus superficies. Esta presión es debida a la fuerza del peso del líquido.

Esta presión también actúa sobre las partículas del propio líquido (las capas superiores ejercen una fuerza sobre las capas inferiores, la fuerza del peso). Por tanto en el interior del propio líquido tendremos una presión originada por su propio peso, que se denomina presión hidrostática.

Esta presión en el interior del líquido depende únicamente de la profundidad y de la densidad del líquido, pero no depende del volumen que tengamos.

Principio fundamental de la hidrostática

La presión hidrostática ejercida por un líquido es directamente proporcional a la profundidad "h" y a la densidad del líquido "d", de acuerdo con esta expresión:

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

Las unidades deberán ser las del S.I., la densidad en Kg/m³; la profundidad en m; y el valor de la gravedad $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

La presión en el interior del líquido ejerce fuerzas sobre cualquier superficie

$$F = P \cdot S$$

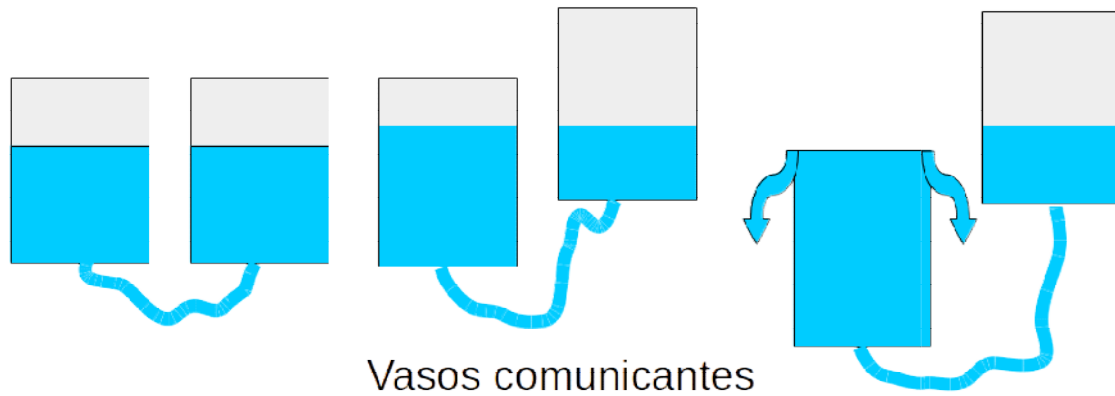
Dichas fuerzas son perpendiculares a las superficies y dependen de la profundidad: a mayor profundidad, mayor será la presión y mayor será la fuerza correspondiente.

Hay que tener en cuenta que los líquidos son incompresibles, sin embargo los gases si se pueden comprimir, de hecho se comprimen por su peso y su densidad varía con la altura. Como consecuencia, la ecuación anterior del principio fundamental de la hidrostática no se cumplirá para los gases, pero la podremos utilizar para hallar el incremento de presión entre dos lugares con diferente altura.

APLICACIONES DEL PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Entre las principales aplicaciones del principio fundamental de la hidrostática tenemos los vasos comunicantes y el principio de Pascal.

Los vasos comunicantes son varios recipientes comunicados por su base. En ellos, independientemente de la cantidad de líquido que contengan, la presión es la misma en todos los puntos que se encuentren a la misma profundidad h. Por ello, la presión en la superficie del líquido será la misma en todos los recipientes y estos siempre estarán llenos hasta la misma altura.



Aplicaciones de los vasos comunicantes:



PRINCIPIO DE PASCAL

En el siglo XVII Blaise Pascal realizó varias experiencias que pusieron de manifiesto que cualquier fuerza ejercida en un punto de un líquido se transmitía al resto del líquido.

La presión aplicada en un punto de un líquido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones en el interior del líquido.

Esto se conoce como el Principio de Pascal, y tiene importancia en el diseño de máquinas de sistemas hidráulicos como la prensa hidráulica.

Aplicación del Principio de Pascal: la Prensa Hidráulica

Una prensa hidráulica consta de dos recipientes de distinto tamaño A y B llenos con un líquido y conectados por una tubería. En el recipiente pequeño se ejerce una fuerza F_A sobre un émbolo de superficie S_A , que producirá una presión P_A .

Por el principio de Pascal, la presión se transmite por el líquido de forma que en el émbolo del recipiente B la presión P_B es igual a P_A

$$P_A = P_B \Rightarrow \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

Al ser la superficie del recipiente B mayor que la superficie del recipiente A, la fuerza F_B será mayor que la fuerza F_A , para que la presión sea la misma. De esta forma la prensa hidráulica logra multiplicar la fuerza.

FUERZA DE EMPUJE EN FLUIDOS. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Los líquidos ejercen unas fuerzas sobre los cuerpos sumergidos en ellos. Podemos considerar que los líquidos ejercen una fuerza hacia arriba, o fuerza de empuje, sobre los cuerpos sumergidos en ellos. Por eso notamos que los cuerpos parecen pesar menos dentro del agua. Esta pérdida de peso es aparente y se debe al empuje.

El empuje podemos calcularlo como la diferencia entre el peso real del cuerpo (en el aire) y el peso aparente (dentro del líquido)

$$E = P_{real} - P_{aparente}$$

(El empuje es una fuerza y por tanto se mide en Newton)

Principio de Arquímedes

En el siglo II a.C. el físico y matemático Arquímedes ya comprobó la existencia de las fuerzas de empuje que ejercen los líquidos sobre los cuerpos sumergidos en ellos.

Llegó a la siguiente ecuación: $E = d_l \cdot V_s \cdot g$

En esta ecuación, "d_l" es la densidad del líquido; "V_s" es el volumen de la parte sumergida.

El principio de Arquímedes dice así: **"Todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta una fuerza de empuje, vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo"**

El peso del líquido desalojado podemos calcularlo fácilmente:

$$p = mg \rightarrow p = dVg$$

FLOTACIÓN DE LOS CUERPOS

Hay cuerpos que al introducirlos en los líquidos flotan, otros por el contrario se hunden.

Según el valor de las fuerzas peso y empuje que actúan sobre un cuerpo, se pueden dar tres casos:

- Un cuerpo flota en un líquido cuando el peso es menor que el empuje

$$P < E \rightarrow d_{cuerpo} < d_{liquido}$$

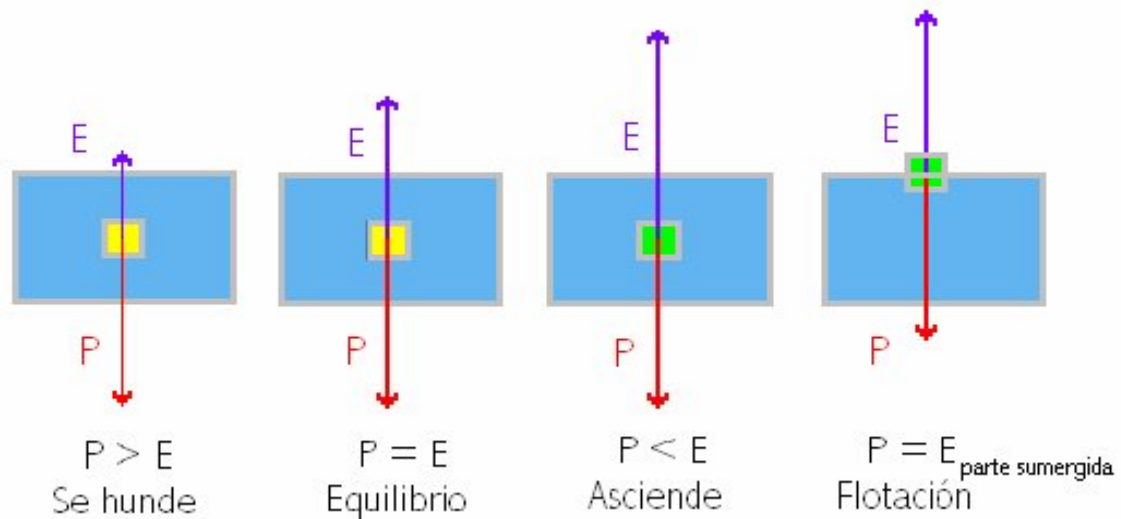
Un cuerpo flota cuando su densidad es menor que la densidad del líquido.

- Un cuerpo está en equilibrio en el interior de un fluido cuando el peso es igual al empuje.
- Un cuerpo se hunde en un líquido cuando el peso es mayor que el empuje

$$P > E \rightarrow d_{\text{cuerpo}} > d_{\text{líquido}}$$

Un cuerpo se hunde cuando su densidad es mayor que la densidad del líquido.

Cuando un cuerpo flota en la superficie de un líquido, una parte de éste emerge mientras que el resto permanece hundido. En esta situación son iguales el peso del cuerpo y la fuerza de empuje que corresponde a la parte sumergida del cuerpo.



Se produce un equilibrio entre el peso del cuerpo (completo) y el empuje debido a la parte sumergida. Por tanto tendríamos:

$$P = m g \text{ (peso del cuerpo)}$$

$$E = d_l V_s g \text{ (empuje de la parte sumergida)}$$

Ambas fuerzas serían iguales, pero hay que tener en cuenta que en el peso hablamos de la masa total del cuerpo, y que en el empuje solo usamos el volumen de la parte sumergida del cuerpo, luego habrá que calcularlo.

Para calcular la parte de volumen sumergida, usaremos la densidad del cuerpo, y los datos que nos indique el problema.

PRESIÓN EN GASES

Los gases están formados por partículas con total libertad para moverse. Sus partículas se encuentran muy separadas, y esto hace que no se comporten como los líquidos, pues se pueden comprimir. Es por eso que no todas las leyes anteriores de los líquidos se pueden aplicar a los gases.

- El principio de Pascal no se puede aplicar a los gases puesto que estos se comprimen y no transmiten totalmente la presión.
- El principio fundamental de la hidrostática no se puede aplicar tal cual a los gases porque su densidad no es constante y varía con la altura.

Podemos utilizar este principio para calcular la diferencia de presiones entre dos puntos que tengan diferente altura, pero que estén lo suficientemente próximos como para que la densidad del gas no varíe.

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

- El principio de Arquímedes si se puede aplicar a los gases de la misma forma que a los líquidos. Cualquier cuerpo dentro de un gas sufre un empuje igual al peso de gas desalojado.

$$E = V_c \cdot d_{gas} \cdot g$$

ATMÓSFERA Y PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera es la masa de aire que rodea a la Tierra. A causa de su peso produce una presión, la presión atmosférica, sobre todos los cuerpos colocados en su interior.

En el año 1643, el físico italiano E. Torricelli tomó un tubo de vidrio de un metro de longitud, cerrado por un extremo y lo llenó de mercurio. Tapó con el dedo el extremo libre del tubo, lo invirtió y lo introdujo por el extremo abierto en un recipiente que también contenía mercurio.

Al retirar el dedo, observó que el nivel del mercurio en el tubo de vidrio descendía hasta quedar una columna de mercurio de 76 cm de longitud.

Torricelli concluyó que la presión que ejercía el aire en la superficie libre del recipiente que contenía el mercurio, la presión atmosférica, era igual a la presión ejercida por una columna de mercurio de 76 cm de longitud.

El cálculo de esa presión fue sencillo:

$$P = d_{mercurio} gh = 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76 \cong 101.300 Pa \rightarrow P_{atm} \cong 101.300 Pa$$

A medida que ascendemos, la columna de aire que queda sobre nuestras cabezas disminuye, por ello la presión atmosférica disminuye con la altitud.

MEDIDA DE LA PRESIÓN EN GASES

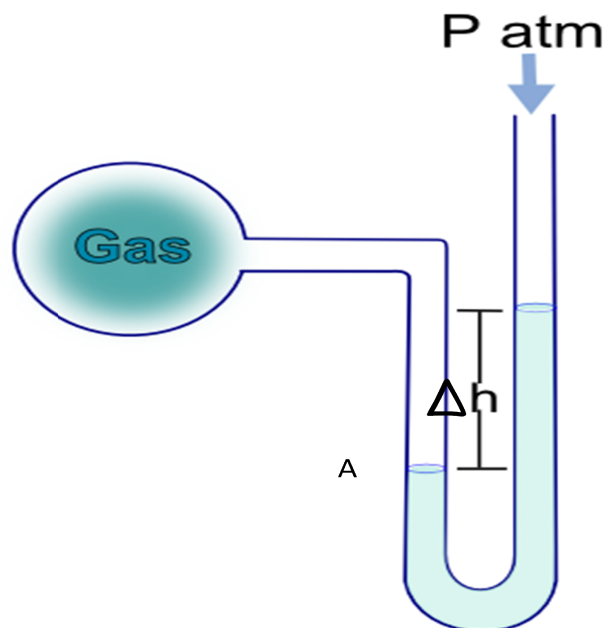
La presión atmosférica la medimos con un **barómetro**.

La presión de un gas en un recipiente cerrado, la medimos con un **manómetro**.

El manómetro simple de ramas abiertas o manómetro en U, consta de una goma transparente en forma de U, con un líquido en su interior.

Se conecta uno de los tubos o ramas al recipiente del gas. Este empuja la columna de líquido hasta que se alcanza el equilibrio. La presión del gas, que será la del punto A, es igual a la presión atmosférica más la presión de la columna del líquido que está por encima de esa altura.

$$p_{\text{gas}} = p_{\text{atmosférica}} + d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot \Delta h$$



1. Un contenedor de 500 kg ejerce sobre el suelo una presión de 490 Pa. ¿Cuánto mide la superficie de su base? Sol. 10 m^2
2. ¿Qué fuerza debemos aplicar sobre una superficie de 5 m^2 para conseguir ejercer una presión de 350 Pa? Sol. 1750 N
3. Una persona de 75 kg de masa se encuentra de pie. Si la superficie de cada una de sus botas es de 300 cm^2 , calcula la presión que ejerce sobre el suelo esta persona. Sol. 12 250 Pa
4. Una persona de 60 kg se sienta sobre una silla de 4 kg. Si la superficie de contacto de cada una de sus patas con el suelo es de 5 cm^2 , calcula la presión ejercida sobre el suelo. Sol. 313600 Pa
5. Calcula la presión que ejerce contra el suelo una caja de zapatos, cuya masa es de 350 g, cuando se encuentra apoyada sobre cada una de sus caras (todas con forma rectangular). Las dimensiones de la caja son $40 \times 20 \times 15 \text{ cm}$ Sol. 42,87 Pa ; 57,17 Pa; 114,33 Pa
6. El agua contenida en una probeta alcanza una altura de 8 cm. Sabiendo que la densidad del agua es 1000 kg/m^3 , calcula:
 - a) La presión hidrostática sobre el fondo de la probeta
 - b) La presión en un punto situado a 5 cm del fondo del recipienteSol. a) 784 Pa b) 294 Pa
7. Un depósito de 5 m de altura está lleno de agua hasta la mitad. Halla la presión sobre el fondo del depósito.
Sol. 24500 Pa
8. Un batiscafo se encuentra sumergido en el mar a una profundidad de 10 km. Calcula:
 - a) La presión ejercida por el agua sobre la parte superior del submarino
 - b) La fuerza que el agua ejerce sobre una escotilla circular de $0,25 \text{ m}^2$.Sol. a) 100940000 Pa b) 25235000 N
9. El agua contenida en una bañera alcanza una altura de 40 cm. Si el tapón de la bañera tiene 9 cm^2 , ¿qué fuerza mínima hay que aplicar para levantarlo? (despreciar el peso del tapón) Sol, 3,5 N
10. Un objeto cuya densidad es 3200 kg/m^3 se encuentra sumergido a 20 m de profundidad en el fondo del mar (densidad del agua de mar = 1025 kg/m^3)
 - a) Calcula la presión que soporta el objeto por parte del fluido.
 - b) Calcula el volumen del cuerpo si se sabe que tiene una masa de 480 g.Sol. a) 200 900 Pa b) 150 cm^3
11. Un elevador hidráulico tiene dos pistones cuyas superficies respectivas son 20 cm^2 y 500 cm^2 . Si ejercemos una fuerza de 900 N sobre el pistón pequeño, ¿cuál será el valor de la fuerza ejercida por el pistón grande? Sol. 22500 N

12. Queremos levantar un vehículo de 2000 kg de masa con un elevador hidráulico cuyos pistones tienen respectivamente 30 cm^2 y 750 cm^2 de superficie. ¿Qué fuerza debemos aplicar en el pistón pequeño? Sol. 784 N

13. Queremos construir una prensa hidráulica de manera que al aplicar una fuerza de 700 N sobre el pistón menor se obtenga una fuerza de 35000 N en el pistón mayor. Si la superficie del pistón menor es de 15 cm^2 , ¿cuánto debe medir el pistón mayor? Sol. 750 cm^2

14. El líquido contenido en un depósito alcanza un nivel de 5 m. La presión del agua sobre el fondo del depósito es de 131690 Pa. Calcula la densidad del líquido expresada en g/cm^3 . Sol. $2,69 \text{ g/cm}^3$

15. Una columna de mercurio ($d = 13600 \text{ kg/m}^3$) tiene una altura de 1 m. Calcula qué altura debe tener una columna de agua para ambas ejerzan la misma presión hidrostática sobre sus respectivas bases. Sol. 13,6 m

16. Un cuerpo de 1200 g sumergido en agua tiene un peso aparente de 10,26 N. Calcula el empuje ejercido por el agua sobre dicho cuerpo. Sol. 1,5 N

17. El empuje ejercido sobre un cuerpo de 2500 kg de masa al sumergirlo en agua es de 3140 N. ¿Cuál será su peso aparente? Sol. 21360 N

18. Al sumergir una esfera de hierro de 250 cm^3 de volumen en cierto líquido, observamos que experimenta un empuje de 1,94 N. Calcula la densidad del líquido. Sol. 792 kg/m^3

19. Una cadena de plata de 126 g se sumerge en agua, observando que sufre un empuje de 0,1176 N. Con estos datos, calcula:

a) El volumen de la cadena.

b) La densidad de la plata.

Sol. a) 12 cm^3

b) 10500 kg/m^3

20. Un bloque de madera de $2,5 \text{ m}^3$ de volumen flota en agua. Sabiendo que la densidad de la madera es 600 kg/m^3 , calcula qué parte del volumen total del bloque que queda bajo el agua. Sol. $1,5 \text{ m}^3$

21. Un trozo de corcho de 500 cm^3 flota en agua. Si la densidad del corcho es 310 kg/m^3 , calcula qué parte del volumen total del corcho queda fuera del agua. Sol. 345 cm^3

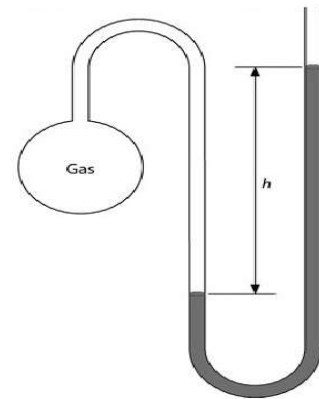
22. ¿Qué peso máximo puede soportar una balsa cuyo volumen en madera es de $0,5 \text{ m}^3$ y su densidad $0,5 \text{ g/cm}^3$ sin sumergirse completamente en el agua? Sol. 2450 N

23. Calcula qué porcentaje del volumen total de un iceberg sobresale del agua del mar sabiendo que la densidad del hielo es de 920 kg/m^3 y la densidad del agua del mar 1025 kg/m^3 Sol. 10%

24. Un esquimal se desplaza en el mar sobre un bloque de hielo de 1 m^3 de volumen. ¿Cuál es el peso máximo que puede tener la persona sin hundirse completamente el hielo? Densidad Hielo = 920 kg/m^3 ; Densidad Agua Mar = 1040 kg/m^3 Sol. 120 kg

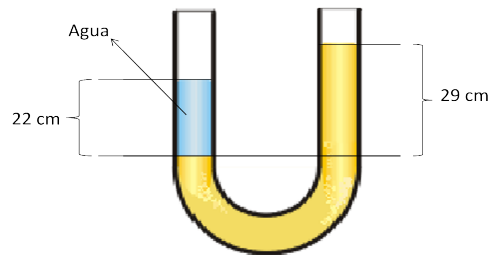
25. Al medir la presión con un manómetro en U de mercurio (densidad del mercurio = 13600 kg/m^3), el desnivel de éste en el tubo es de 10 cm. ¿Cuál será la presión del gas?

Sol. 86 cm de Hg ó 1,13 atm



26. En un tubo en U hay cierta cantidad de agua. Por una de las ramas se vierte un líquido inmiscible con el agua y que alcanza una altura de 29 cm. La rama con agua queda con una altura de 22 cm. Determina la densidad del líquido.

Sol. 759 kg/m^3



27. La presión al nivel del mar vale 1 atm. Calcula la presión atmosférica en un lugar situado a 1350 m sobre el nivel del mar. Dato: densidad del aire 1293 kg/m^3 Sol. 84 194 Pa

28. Un barómetro señala 760 mm de Hg en la parte baja de un edificio y 74 cm de mercurio en la parte alta. Calcula la altura de dicho edificio. Sol. 209 m

29. Un montañero asciende una montaña. Si la presión que midió al pie de la misma fue de 710 mm de Hg y en la cima fue de 600 mm de Hg, ¿qué altura subió? Datos: densidad del aire $1,3 \text{ kg/m}^3$; $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 101\,300 \text{ Pa}$. Sol. 1150 m

30. Un "zeppelin" relleno con helio tiene una masa de 14000 kg entre estructura, cabina de carga, etc. Si su volumen de hinchado máximo es de $40\,000 \text{ m}^3$, calcula la carga máxima que podrá transportar.

Datos: densidad helio = $0,4 \text{ kg/m}^3$; densidad aire = $1,3 \text{ kg/m}^3$ Sol. 22 000 kg

