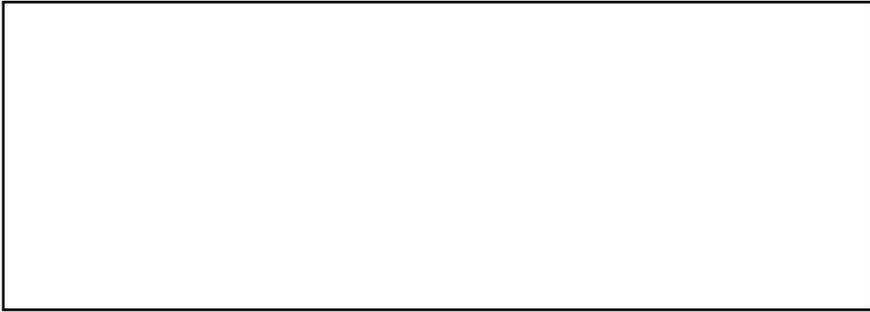


APUNTES FÍSICA I

Carlos Antonio Suarez





“DEDICATORIA”

APUNTES FÍSICA I

de CARLOS ANTONIO SUAREZ

© CARLOS ANTONIO SUAREZ

1^{ra} Edición

Diseño, diagramación y Edición:

EDITORIAL UTOPIÁS de Jorge Navone

Ushuaia - Tierra del Fuego

www.editorialutopias.com

Todos los derechos reservados

I.S.B.N: 978-987-3767-

Impreso en Argentina

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Queda estrictamente prohibida, sin la autorización escrita del autor, bajo las sanciones establecidas por las leyes pertinentes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.

**1 - FUERZAS Y PRESIONES
EN LOS LÍQUIDOS**

ESTÁTICA DE LOS FLUIDOS

Normalmente se considera a la materia, dividida en dos estados: Sólido y Líquido. El estado **Sólido** es el que posee forma propia. **Los fluidos** sin embargo toman la forma del recipiente que los contiene; a su vez estos se subdividen en líquidos y gases. La diferencia entre ambos radica en que los gases ocupan el volumen total del recipiente que los contiene o bien donde están alojados, mientras que los líquidos **no**.

La estática de los fluidos comprende la hidrostática y la neumostática.

La **hidrostática** estudia el comportamiento de los líquidos en equilibrio (en reposo, se considera que las aceleraciones que sufre el líquido como consecuencia de la rotación de la Tierra es despreciable en el referencial que se estudia)

HIDROSTÁTICA

Se estudiarán únicamente los líquidos ideales. Un líquido ideal se caracteriza por:

a) **incompresible:** es decir que su volumen no puede ser disminuido por más grandes que sean las fuerzas que se le aplican

b) **no viscoso** sin definir el coeficiente de viscosidad en forma rigurosa, puede decirse que se considera un líquido como no viscoso si es posible despreciar tanto las fuerzas tangenciales (de rozamiento) entre las capas internas adyacentes del líquido como las que se ejercen entre el líquido y las paredes del recipiente

De acuerdo con esto por ejemplo, la miel está muy lejos del comportamiento de líquido no viscoso. En cambio en el agua, la viscosidad es tan pequeña que podemos considerarla como un líquido ideal. Porque además es prácticamente incompresible.

Por tanto podemos decir que los líquidos tiene escasa compresibilidad, es decir que sometidos a grandes presiones, la variación de volumen que experimenta son prácticamente despreciables

Se denomina **coeficiente o módulo de compresibilidad “c”** a la reducción de la unidad de volumen de un fluido cuando se ejerce una unidad de presión a una determinada temperatura. Por ello, si a un líquido que ocupa un volumen V se lo somete a un incremento de presión Δp , su volumen se reducirá ΔV y su coeficiente de compresibilidad será:

$$c = \frac{\Delta V}{\Delta p \cdot V}$$

DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO

En la estática de los fluidos es necesario la utilización de dos

conceptos: el de densidad y el de peso específico de un cuerpo. Tomemos **un cuerpo homogéneo**. Se llama así aquellos cuerpos en los cuales las **propiedades físicas en todos sus puntos son las mismas**

Para entender el concepto de densidad realicemos el siguiente ejercicio:

Dividamos a un cuerpo en muchos trozos de muy variadas formas y tamaños. En general cada uno de ellos tendrá una masa y un volumen propio, distinto de los demás trozos. Pero si se realiza el cociente entre la masa y volumen de cada uno de los trozos, los resultados que se obtienen es que todos son iguales a un mismo valor. Este valor es al que se lo denomina **densidad (σ)**

$$\sigma = \frac{M}{V}$$

La densidad absoluta de una sustancia homogénea es el cociente entre la masa de un trozo de dicha sustancia y su volumen.

De lo anterior se concluye que la densidad de una sustancia homogénea es una característica intrínseca (esto significa que le es propia a cada sustancia), que **no** depende de la masa, ni del volumen del cuerpo formado por dicha sustancia.

Unidades

Sistema C.G.S	g/cm ³
Sistema M.K.S	Kg/m ³
Sistema técnicout	m/m ³

Ejemplos de densidad

$$\sigma_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3 \quad \sigma_{\text{cobre}} = 8,9 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} \text{ como } m/V \text{ es la densidad } \Rightarrow \rho = \sigma \cdot g$$

PESO ESPECÍFICO DE UN CUERPO

Es el cociente entre su peso u su volumen. Análogamente a la densidad, el peso específico de un cuerpo no depende del tamaño, forma o peso del cuerpo sino de la sustancia por la que está formado y también del valor de la aceleración de la gravitatoria del lugar donde se efectúa la medición.

$$\rho = \frac{P}{V} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}}$$

Unidades:

Sistema C.G.S	dina/cm ³
Sistema M.K.S.	N/m ³
Sistema técnico	Kgf/m ³

Existe la siguiente relación entre el peso específico y la densidad de un cuerpo homogéneo

El peso específico de un cuerpo homogéneo es igual al producto entre la densidad de la sustancia de la que está constituido el cuerpo y la aceleración gravitatoria del lugar donde se efectúa la medición. Debemos tener en cuenta que solo en un lugar donde la aceleración gravitatoria tiene un valor normal de 9.80663 m/s², un cuerpo de por ejemplo 1 kg/m³ de densidad, tiene un peso específico de 1 kg/m³

Se define también la **densidad relativa de una sustancia A con respecto a una sustancia B**. Como el cociente entre sus densidades absolutas.

$$\sigma_{r,A,B} = \frac{\sigma_A}{\sigma_B}$$

De igual forma el **peso específico relativo de un cuerpo A respecto a otro B** se define como el cociente entre sus pesos específicos absolutos

PRESIÓN MEDIDA SOBRE UNA SUPERFICIE

Para entender el concepto de presión que se ejerce sobre una superficie, es menester pensar en los siguientes ejemplos: - un clavo

penetra fácilmente en una madera de punta, pero no de cabeza.—Un faquir se acuesta sobre una cama de clavos, pero nunca sobre uno solo.—Una mujer se hunde más sobre la arena cuando lleva calzado de tacos altos que si usa mocasines.

En cada uno de estos casos, la causa de los diferentes comportamientos no radica solamente en el valor de la fuerza ejercida. Sino que también interviene el área de la superficie sobre la cual actúa la fuerza.

Estos ejemplos entre otros muchos más que se pueden encontrar en la vida cotidiana; justifica la conveniencia de definir una nueva magnitud que tenga en cuenta ambos factores, es decir, la fuerza aplicada y el área de la superficie sobre la cual actúa la fuerza.

DEFINICIÓN

Se llama presión (media) producida por una fuerza \vec{F} aplicada normalmente sobre una superficie de área A al cociente entre el módulo de la fuerza y el área de la superficie sobre la que actúa

$$P = \frac{|\vec{F}|}{A}$$

Por ejemplo: Si suponemos un libro de 600 g, apoyado en una mesa sobre su tapa, 20cm x 15 cm, la presión media ejercida sobre la mesa será:

$$P = \frac{600g}{300cm^2} = 2 \frac{g}{cm^2}$$

Este ejemplo muestra que sobre cada centímetro cuadrado de mesa se ejerce una fuerza de 2 gramos (suponiendo que la fuerza total está uniformemente distribuida en los 300 cm²)

Si el mismo libro lo apoyamos de canto y la superficie de apoyo es de 15cm x 4 cm. La presión media será:

$$P = \frac{600g}{60cm^2} = 10 \frac{g}{cm^2}$$

Como se observa, la presión es 5 veces mayor que en el caso anterior, a pesar de que el peso del libro es el mismo en ambos casos. Y no ha variado bajo ninguna circunstancia externa.

Unidades de presión

Sistema	CGS	dina/cm ² = 1 baria
Sistema	MKS	N/m ² = 1 pascal
Sistema	Técnico	Kgf/m ²

Si la fuerza aplicada forma un ángulo con la normal a la superficie, la presión se define como el cociente entre la componente de la fuerza normal a la superficie y el área de dicha superficie

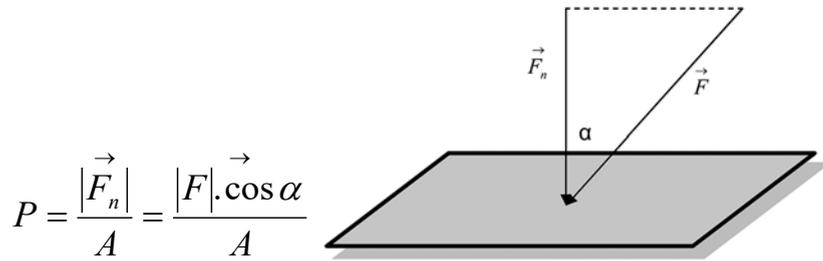


Figura 1

Por razones de alcance de este capítulo, y de requerir conceptos de matemática avanzados, no se define presión en un punto.

PRESIÓN EN UN PUNTO INTERIOR DE UN LÍQUIDO EN REPOSO

Consideremos un punto R dentro de un recipiente que contiene a un líquido en equilibrio y una superficie plana S de área A que contenga a R. El líquido ejerce sobre cada punto de la cara I de la superficie S fuerzas tales que su resultante es normal a S. Si realizamos el cociente entre esa resultante y el área A de dicha superficie, obtenemos la presión media que el líquido ejerce sobre la cara I de la superficie S.

Sí ahora tomamos superficies planas alrededor del punto R cada vez más pequeñas, pero siempre contenidas en el mismo plano de S y repetimos los procesos anteriores. Obtenemos la presión en el

punto R para esa orientación de las superficies sobre las cuales actúa.

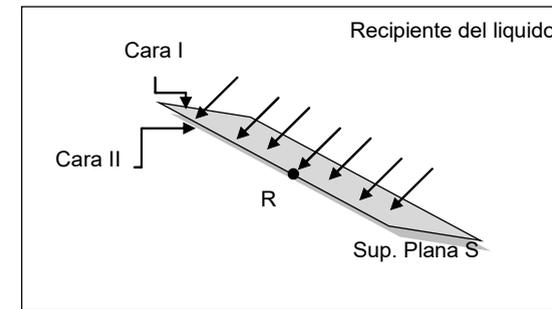


Figura 2

Pero para un mismo punto R podemos tomar muchas orientaciones posibles, obteniendo los correspondientes valores de la **presión en el punto R** para esas tantas orientaciones.

La experiencia demuestra que todos estos valores son iguales, es decir, que podemos simplemente hablar de la presión en el punto R, sin necesidad de explicitar la orientación de la superficie sobre la cual se la calcula..

Vemos que la presión queda completamente determinada con las especificaciones de un número y su unidad. **Esto significa que la presión es una magnitud escalar**, a la cual no es necesario asignarle dirección y sentido. La que es una magnitud vectorial es la fuerza y no la presión.

PROPIEDAD FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Sí realizamos experiencias hidrostáticas utilizando un instrumento para medir presiones en el seno de un líquido, llamado manómetro, se obtendrán los siguientes resultados.

- En distintos puntos en el interior de un mismo líquido homogéneo en equilibrio, situado sobre un mismo plano horizontal (a igual nivel) **la presión es la misma**
- Puntos a distintos niveles en un mismo líquido homogéneo, están sometidos a distintas presiones. Siendo **mayor** la presión cuando **más profundo** este el punto en cuestión

Realizando mediciones, verificamos que si tomamos dos puntos A y B en un mismo líquido, cuyo desnivel $\Delta d_{A,B}$ la diferencia de presiones entre dichos puntos será $\Delta P_{A,B}$. Esto muestra que la diferencia de presiones es proporcional a los desniveles.

$$\Delta P_{AB} \propto \Delta d_{AB} \text{ (presión proporcional a la diferencia de niveles)}$$

$$\Delta P_{AB} = P_B - P_A$$

Esto significa que si tomamos otro punto C, en el interior del seno del líquido, con su respectivo desnivel medido desde el punto A, y sea por ejemplo este desnivel el doble que el desnivel entre el punto A y B. Su diferencia de presiones con respecto a A, será también el doble de la diferencia de presiones entre los puntos A y B.

- Si consideramos ahora pares de puntos que **se encuentran**

siempre al mismo desnivel pero ubicados en el interior de distintos líquidos homogéneos en reposo, se verifica que la diferencia de presiones es proporcional al peso específico de los líquidos

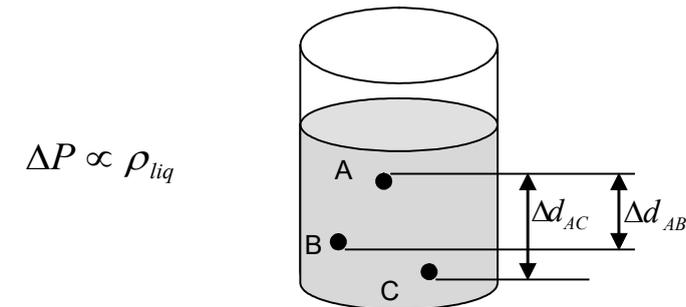


Figura 3

Esto significa que sí utilizamos un líquido cuyo peso específico sea, por ejemplo, la tercera parte del otro, la diferencia de presiones en el interior del primer líquido será tres veces menor que la diferencia de presiones entre el correspondiente par de puntos en el segundo líquido.

Podemos resumir los resultados anteriores diciendo que la diferencia de presiones es proporcional al producto entre el peso específico del líquido y el desnivel que exista entre estos puntos.. Por tanto:

$$\Delta P_{AB} \propto \rho_{liq} \cdot \Delta d_{AB}$$

Para poder escribir una igualdad es necesario introducir una constante de proporcionalidad K:

$$\Delta P_{AB} = k \rho_{liq} \Delta d_{AB}$$

Experimentalmente se demuestra que esta constante de proporcionalidad es igual a 1, si las tres magnitudes intervinientes se miden en el mismo sistema de unidades. Por tanto:

$$\Delta P_{AB} = \rho_{liq} \Delta d_{AB}$$

Este resultado se conoce como **la propiedad fundamental de la hidrostática** y se enuncia: “La diferencia de presiones entre dos puntos interiores de un mismo líquido, **ideal homogéneo en equilibrio** es igual al producto entre el peso específico del líquido y el desnivel entre dichos líquidos”

Notemos qué, en cuanto a la diferencia de presiones, la posición horizontal de los puntos no interesa, sino solo su ubicación horizontal, esto es su desnivel respecto del sistema de referencia adoptado para la medición de los desniveles.

Este resultado puede ser aplicado tanto en líquidos ideales homogéneos en equilibrio contenidos en recipientes abiertos a la atmósfera como también en recipientes herméticamente cerrados.

Consideremos a continuación el caso de un recipiente **abierto** a la atmósfera conteniendo un líquido ideal en reposo, tal como indica la figura. La superficie libre del líquido está en contacto con el aire, el cual por ser un fluido situado en un campo gravitacional, el mismo ejerce una presión, la cual llamamos presión atmosférica (p_a). Un punto ubicado sobre la superficie del líquido estará sometido a la presión atmosférica. Si aplicamos la propiedad fundamental de la

hidrostática entre el punto Q y cualquier otro punto del interior del líquido, tal como por ejemplo el punto R, ubicado a una profundidad h_R obtenemos:

$$p_R = p_a + \rho_{liq} \cdot h_R$$

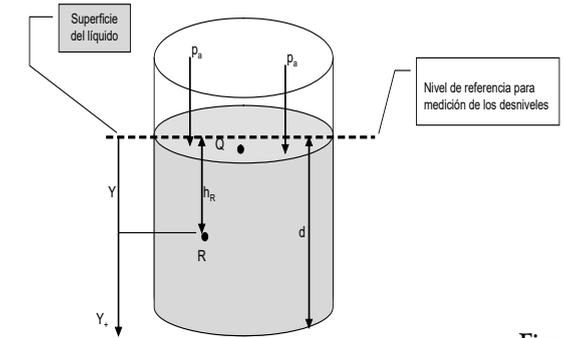


Figura 4

La presión en un punto interior de un líquido ideal en reposo con su superficie superior abierta a la atmósfera es igual a la presión atmosférica más el producto del peso específico del líquido y la profundidad a la cual se encuentra el punto

Si introducimos un eje de coordenadas vertical con sentido positivo hacia abajo y origen en la superficie del líquido. Tendremos que para un punto genérico ubicado en el seno del líquido, la presión del mismo será

$$p = p_a + \rho_{liq} \cdot h$$

En el interior de un líquido ideal en reposo, la presión aumenta linealmente con la profundidad, ya que la función de la presión responde a una ecuación lineal, donde la altura es la variable independiente, el peso específico del líquido representa a la pendiente,

y la presión atmosférica es la ordenada al origen. Por tal razón la representación gráfica será:

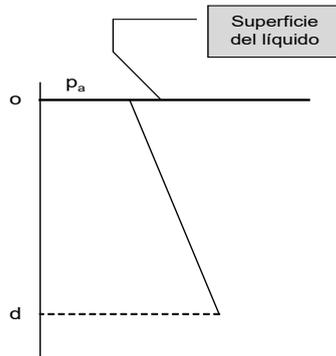


Figura 5

PRESIÓN MANOMÉTRICA

De la figura 4 podemos ver que si $P_R = P_a + \rho_{liq} \cdot h_R$ podemos tomar la diferencia de presiones.

$$P_R - P_a = \rho_{liq} \cdot h_R$$

La diferencia de presiones, esto es, la diferencia entre la presión que soporta un punto R cualquiera en el interior del líquido ideal, y la presión atmosférica representa el exceso de presión del punto R con respecto a la presión atmosférica. A este valor se lo llama **presión manométrica** P_{man}

$$P_R - P_a = P_{manR} \text{ (presión manométrica del punto R)}$$

El motivo de este nombre es que, normalmente, este es el valor que indican los manómetros (instrumentos que miden la presión). Por tanto:

$$P_{manR} = \rho_{liqR} \cdot h_R$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Calculemos la profundidad a la que deberíamos hundirnos en un lago (con sus aguas en reposo) para que la presión a esa profundidad sea el doble de la presión atmosférica. La presión atmosférica vale 1033 g/cm^2 .

$$P_R = P_a + \rho_{liq} \cdot h_R \quad \rho_{liq} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ (del agua)}$$

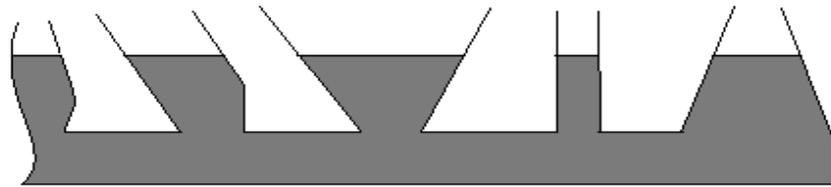
$$2P_a = P_a + \rho_{liq} \cdot h_R \quad h = \frac{P_a}{\rho} = \frac{1033 \text{ g/cm}^2}{1 \text{ g/cm}^3} = 1033 \text{ cm} = 10,33 \text{ m}$$

VASOS COMUNICANTES CON EL MISMO LÍQUIDO

Todos los puntos sobre la superficie libre de un líquido homo-

géneo en reposo, están a la misma presión (en este caso a la atmosférica)

Por lo tanto de la propiedad fundamental de la hidrostática se deduce que la diferencia entre sus alturas es nula, es decir, están al mismo nivel. Esto significa que la superficie libre de un líquido debe ser horizontal y este resultado es independiente de la forma que tengan los recipientes que contengan al líquido.



VASOS COMUNICANTES CON DISTINTOS LÍQUIDOS (NO MISCIBLES)

Sí dos líquidos que no se mezclan, como por ejemplo agua y aceite, se colocan en un tubo en U tal como muestra la figura. El nivel de las superficies libres no es el mismo en ambos tubos, ya que no se trata de un líquido homogéneo.

Sí consideramos los puntos 1 y 2 de la interface entre ambos líquidos no miscibles, ubicados en el mismo plano horizontal, será que $P_1 = P_2$ pues ambos puntos pertenecen al mismo líquido y están al mismo nivel.

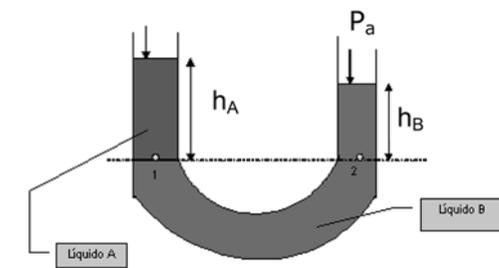


Figura 7

$$\text{Cómo } \begin{cases} P_1 = P_a + \rho_A \cdot h_A \\ P_2 = P_a + \rho_B \cdot h_B \end{cases}$$

para la condición $P_a + \rho_A \cdot h_A = P_B + \rho_B \cdot h_B$

$$\text{Luego } \frac{h_A}{h_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A}$$

Esta relación expresa que la altura libre alcanzada por la superficie libre de los líquidos medidas respecto al plano horizontal que pasa por la superficie de separación entre ambos líquidos, son inversamente proporcionales a sus respectivos pesos específicos.

TEOREMA DE PASCAL

El teorema de pascal trata sobre lo que sucede en un líquido en

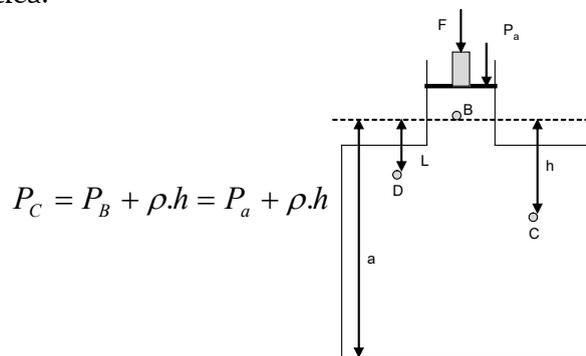
reposo, cuando se aplica sobre ésta una sobrepresión, por ejemplo por medio de una fuerza ejercida sobre un pistón.

Sí $|\vec{F}|$ es el valor de la fuerza normal aplicada sobre el pistón y A el área de la superficie de éste. El valor de la fuerza sobre el área A será la sobrepresión, llamada así porque es una presión que se agrega a la presión ya existente antes de la aplicación de la fuerza.

El teorema de pascal dice:

La sobrepresión ejercida sobre un líquido ideal en equilibrio se transmite con igual valor a todos los puntos del líquido.

Aunque en algunos tratados sobre hidrostática el de pascal es un principio y como tal se acepta sin demostrar, en este apartado vamos a demostrarlo, utilizando para ello el teorema fundamental de la hidrostática.



Antes de aplicar la fuerza F es $P_B = P_a$ ya que el peso del pistón se puede despreciar.

Cuando la fuerza F está aplicada, será:

$$P'_B = P_a + \frac{|\vec{F}|}{A}$$

y

$$P'_C = P'_B + \rho.h = P_a + \frac{|\vec{F}|}{A} + \rho.h \text{ restando, resulta que}$$

$$P'_C - P_C = \frac{|\vec{F}|}{A} \quad \text{y} \quad P'_B - P_B = \frac{|\vec{F}|}{A}$$

Como se puede observar de las últimas ecuaciones, la diferencia entre la sobrepresión y la presión en el punto son iguales al cociente entre el módulo de la fuerza aplicada y el área respectiva del pistón, y esto se cumple tanto para el punto B como para el punto C. Esto significa que la sobrepresión aplicada en el punto B se transmitió con igual valor al punto genérico C. Con esto se demuestra que el teorema de Pascal donde **la sobrepresión ejercida se transmite con igual intensidad en todas direcciones.**

PRENSA HIDRÁULICA

Los gatos hidráulicos para vehículos, las prensas hidráulicas compactadoras, estampadoras, etc. Son alguno de los ejemplos basados en un mismo principio de funcionamiento, el cual puede ser pensado como la aplicación principal del teorema de Pascal.

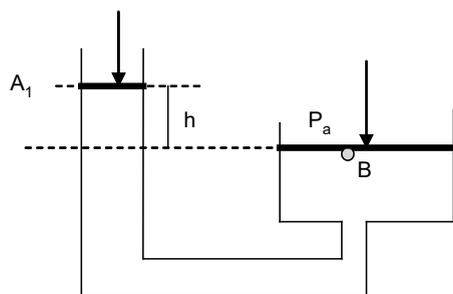
Las prensas hidráulicas consisten básicamente en dos conjun-

tos cilindro-pistón, conectados por un sistema de cañerías y depósito de líquido herméticamente cerrado y libre de aire.

Sí aplicamos la fuerza \vec{F}_1 en un pistón de área 1 deberemos aplicar otra fuerza \vec{F}_2 en el otro pistón de área 2 para mantener el líquido en reposo. En base al esquema, la presión en el punto B será:

$$P_B = P_a + \frac{|\vec{F}_2|}{A_2}, \text{ pero también}$$

$$P_B = P_a + \rho \cdot h + \frac{|\vec{F}_1|}{A_1}$$



(suponemos despreciable el peso de los pistones y el área 1 es pequeña, con lo que todos los puntos del pistón de la izquierda están prácticamente al mismo nivel). Por lo tanto:

$$P_a + \frac{|\vec{F}_2|}{A_2} = P_a + \rho \cdot h + \frac{|\vec{F}_1|}{A_1} \Rightarrow \frac{|\vec{F}_2|}{A_2} = \rho \cdot h + \frac{|\vec{F}_1|}{A_1}$$

Normalmente en las condiciones de trabajo de la prensa, los valores son tales que el término peso específico por la altura es despreciable frente a los demás valores. Por tanto la ecuación anterior será:

$$\frac{|\vec{F}_2|}{A_2} = \frac{|\vec{F}_1|}{A_1}$$

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Arquímedes encontró que un cuerpo sumergido en un líquido en reposo es aparentemente más liviano que en el aire. Se dio cuenta que está perdida de peso es debida a las fuerzas que el líquido ejerce sobre el cuerpo.

consideremos un cuerpo de forma cilíndrica tal como indica la figura 9, cuyo peso específico es ρ_c el área de las bases es A y de altura d , sumergido en un líquido totalmente homogéneo en reposo de peso específico ρ_L . Las fuerzas horizontales se anulan mutuamente.

$$\vec{F}_D = P_D \cdot A \text{ como } P_D = P_a + \rho_L \cdot (L + d) \Rightarrow$$

$$\vec{F}_D = (P_a + \rho_L \cdot (L + d)) \cdot A \text{ y}$$

$$\vec{F}_B = P_B \cdot A \text{ como } P_B = P_a + \rho_L \cdot L \Rightarrow$$

$$\vec{F}_B = (P_a + \rho_L \cdot L) \cdot A$$

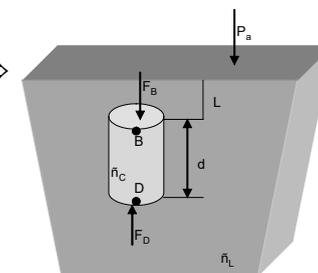


Figura 9

Como se puede observar la presión en el punto D es mayor que la presión en el punto B, esto se debe a que el punto D está a mayor profundidad que el punto B.

Por tanto el fluido ejerce una fuerza resultante sobre el cuerpo, que está en sentido vertical hacia arriba. A esta fuerza resultante la llamamos **Empuje**, por tanto el empuje que recibe el cuerpo es la

diferencia entre las fuerzas verticales F_D y F_B . La ecuación correspondiente será:

$$\vec{E} = \vec{F}_D - \vec{F}_B$$

$$\vec{E} = [(P_a + \rho_L \cdot (L + d)) \cdot A] - [(P_a + \rho_L \cdot L) \cdot A] \text{ desarrollando la ecuación}$$

$$\vec{E} = \rho_L \cdot d \cdot A \text{ pero el producto de } (d \cdot A) \text{ es el volumen del cuerpo}$$

$$\vec{E} = \rho_L V_C$$

Es decir que el empuje que recibe el cuerpo es el producto del peso específico del líquido y el volumen del cuerpo.

Debemos notar que en el momento en que el cuerpo se sumerge en el líquido, el nivel del mismo asciende, debido a que el cuerpo **desaloja** del espacio donde se encuentra el volumen del líquido igual al suyo. Esto significa que el volumen del líquido desalojado es igual al volumen del cuerpo $V_{LD} = V_C$. Esto nos muestra que una forma de medir el volumen de un cuerpo es conociendo el volumen del líquido desalojado por el mismo cuando este se sumerge en un cierto líquido, el que tiene un peso específico determinado. Pero

$$\rho_L \cdot V_{LD} = P_{LD} \text{ donde } P_{LD} \text{ es el peso del líquido desalojado}$$

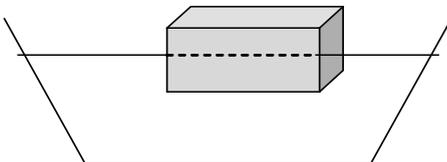
$$\therefore \vec{E} = P_{LD}$$

El desarrollo anterior vale para el caso de un cuerpo cilíndrico totalmente sumergido, pero se puede verificar que es mucho más general y que su resultado se generaliza para cualquier cuerpo que se encuentre sumergido en el seno de un líquido. El principio de Arquímedes se puede enunciar de la siguiente forma: *La resultante de todas las fuerzas que un líquido ideal, homogéneo, en reposo ejerce sobre un cuerpo totalmente o parcialmente sumergido, llamada empuje, es una fuerza vertical dirigida hacia arriba. El modulo del empuje es igual al peso del volumen del líquido desalojado.*

Cuando el cuerpo se encuentra parcialmente sumergido, tal como muestra la figura. El volumen del líquido desalojado será menor que el volumen total del cuerpo. En este caso el volumen del líquido desalojado V_{LD} será igual al volumen de la parte sumergida del cuerpo V_{CS} es decir la parte del cuerpo que se encuentra por debajo de la superficie libre del líquido. Por tanto el peso del líquido desalojado será:

$$P_{LD} = \rho_L \cdot V_{LD} = \rho_L \cdot V_{CS}$$

en consecuencia

$$\vec{E} = \rho_L \cdot V_{CS}$$


Se dice comúnmente que el peso de un cuerpo es menor cuando está sumergido en un líquido que en el aire. Ello no es así. El peso del cuerpo es el mismo aunque se encuentre sumergido. Lo que sucede es que está actuando la fuerza de empuje que es la que ejerce el líquido sobre el cuerpo, la misma es una fuerza opuesta al peso. Por ejemplo sí se cuelga el cuerpo de un dinamómetro (aparato para