

FIGURA 5-9

Considerando ahora el depósito aisladamente, con el agua y la piedra dentro de él; las fuerzas que actúan se representan en la figura 5-9c, donde S es la fuerza ejercida por la balanza de resorte sobre el sistema aislado. La condición de equilibrio conduce a la ecuación:

$$T + S = W + W$$

Restando la primera de la segunda ecuación, se obtiene:

$$S = W - W$$

Que representa, que la indicación de la balanza de resorte ha aumentado en una cantidad igual al empuje.

4.- Medida de la presión.

En 1643 Torricelli ideó un método para medir la presión atmosférica, inventando el barómetro de mercurio. El barómetro de mercurio es un tubo largo de vidrio que se llena de mercurio y se invierte después en una cuba que contiene también mercurio. Como se indica en la figura 5-10. El espacio situado en la parte superior de la columna de mercurio solo contiene vapor de mercurio, cuya presión, a la temperatura ambiente, es tan pequeña que puede despreciarse. Demostrándose fácilmente a partir de la ecuación 5-3a que la presión atmosférica es:

$$p_0 = \rho gh$$

La mayor parte de los aparatos empleados para medir presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia, y miden la diferencia entre la presión real y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica.

En un fluido la presión real en un punto se llama presión absoluta. La presión manométrica se da sobre la presión atmosférica o debajo de ella.

de cilindro recto, de altura h y radio r, sumergido en un fluido de densidad  $\rho$ . Las fuerzas horizontales que ejerce el fluido sobre el cilindro son una resultante neta, y no se indican. El cilindro ejerce una fuerza hacia abajo sobre la cara superior del cilindro, y se da por:

$$F_1 = p_1 A = (p_0 + \rho gh) A$$

hacia y es la profundidad de la cara superior del cilindro.

Para la cara inferior:

$$F_2 = p_2 A = (p_0 + \rho g(h+h)) A$$

El empuje, o fuerza resultante hacia arriba es:

$$F_b = F_2 - F_1 = \rho g h A$$

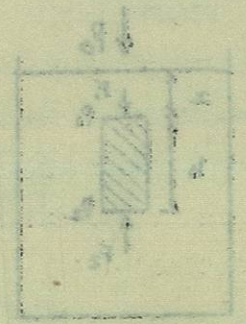


FIGURA 5-8

Como la es el volumen del cuerpo, y  $\rho g$  es el peso por unidad de volumen de fluido, por lo tanto,  $\rho g h A$  será el peso de un volumen de fluido igual al volumen del cuerpo o, como suele decirse, el peso del fluido desplazado. Por lo tanto se puede decir que "un cuerpo sumergido en un fluido es empujado hacia arriba con una fuerza igual al peso del fluido desplazado".

Este es el principio de Arquímedes. Cuando el cuerpo no está totalmente sumergido en el fluido, el empuje es igual al peso de un volumen de fluido igual al volumen de la porción sumergida del cuerpo. Si un cuerpo puede desplazarse en un fluido igual al peso de un volumen de fluido igual al peso del cuerpo, y en caso contrario se hundirá en el fluido.

Ejemplo 5-2. Un depósito lleno de agua es colocado sobre una balanza de resorte, que se indica un peso total W.

Una piedra de peso W está suspendida de una cuerda y se introduce en el agua. Las paredes del depósito no se mueven. (Figura 5-9a). ¿Cuál será ahora la indicación en la escala de la balanza? El empuje sobre la piedra es  $\rho g V$ , donde V es el volumen de la piedra. La fuerza en la figura 5-9b, donde B es el empuje, y T la tensión de la cuerda. Como  $T + B = W$ .

$$W = B + T$$



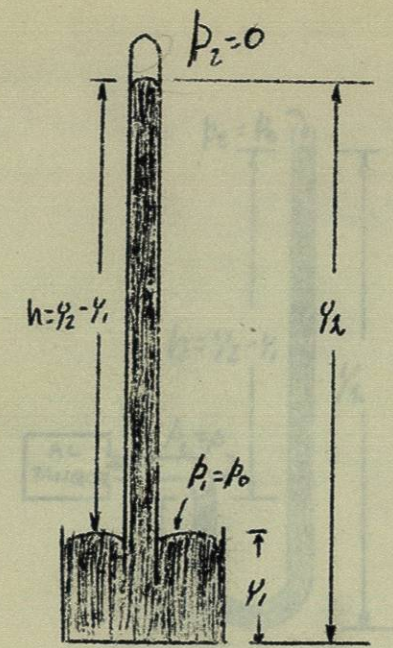


FIGURA 5-10

Un manómetro que lee presiones debajo de la atmosférica se le llama manómetro de vacío. La presión atmosférica en un lugar disminuye con la altitud y varía de un día a otro debido a que la atmósfera no se encuentra en reposo.

La columna de mercurio del barómetro tiene una altura de 76cm al nivel del mar, pero varía con la presión atmosférica.

La presión equivalente a la que ejercen los 76cm de mercurio, a  $0^\circ\text{C}$  y bajo condiciones normales de la aceleración de la gravedad,  $g = 32.174 \frac{ft}{seg^2} = 980.665 \frac{cm}{seg^2}$ , se llama una atmósfera. A la temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , la densidad del mercurio  $\rho = 13.5950 \frac{grs}{cm^3}$ , por lo tanto una atmósfera equivale a:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ atm.} &= (13.5950 \frac{grs}{cm^3}) (980.665 \frac{cm}{seg^2}) (76cm) \\
 &= 1.013 \times 10^5 \frac{Nt}{mt^2} \\
 &= 2116 \frac{lb}{ft^2} \\
 &= 14.7 \frac{lb}{in^2}
 \end{aligned}$$

El tipo mas sencillo de manómetro es el tubo abierto representado en la figura 5-11, que sirve para medir la presión manométrica.

Se trata de un tubo en forma de U que contiene un líquido; un extremo del tubo se conecta al sistema (tanque cuya presión  $p$  se desea medir, mientras que el otro extremo esta en comunicación con la atmósfera.



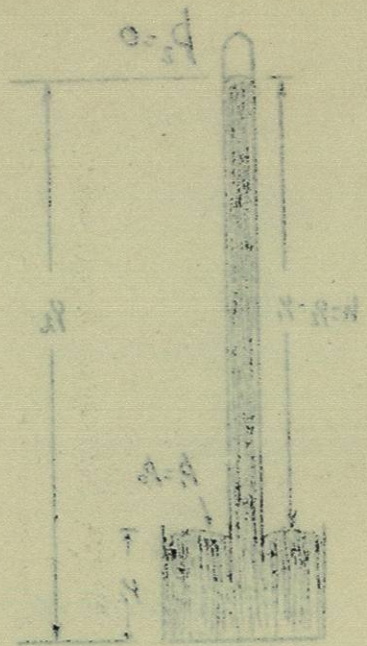


FIGURA 5-10

El manómetro que se muestra en la figura 5-10 es un tubo vertical que contiene un líquido. La presión en la parte superior del tubo es  $p_0$  y la altura del líquido es  $h$ . La presión en la parte inferior del tubo es  $p$ . La diferencia de presión entre la parte superior y la parte inferior del tubo es  $p - p_0 = \rho g h$ .

$$p - p_0 = \rho g h$$

$$p - 14.7 = 1.013 \times 10^5 \times \frac{16}{12}$$

$$p - 14.7 = 1.35 \times 10^5$$

$$p = 1.36 \times 10^5 \text{ atm}$$

El tipo más sencillo de manómetro es el tubo en U que se muestra en la figura 5-11. Este tubo contiene un líquido y se conecta a un tanque que contiene un gas a una presión  $p$ . La diferencia de alturas entre las dos columnas de líquido es  $h$ . La presión en la parte superior de la columna de la izquierda es  $p$  y la presión en la parte superior de la columna de la derecha es  $p_0$ . La diferencia de presión entre la parte superior de la columna de la izquierda y la parte superior de la columna de la derecha es  $p - p_0 = \rho g h$ .

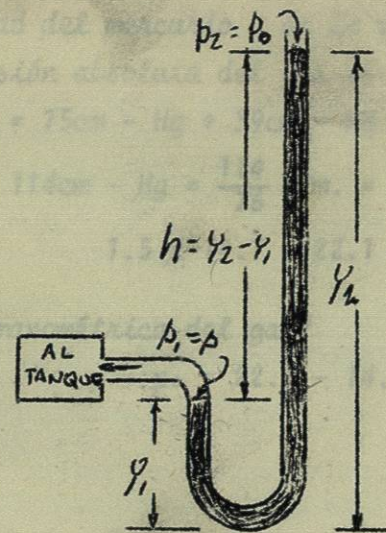


FIGURA 5-11

La presión debida a la columna de la izquierda es:  $p + \rho g y_1$   
 mientras que la debida a la columna de la derecha es:  $p_0 + \rho g (y_1 + h)$   
 ( $\rho$  es la densidad del líquido del manómetro). Como las dos presiones están referidas al mismo punto, son iguales; por lo tanto:  
 $p + \rho g y_1 = p_0 + \rho g (y_1 + h)$   
 $p - p_0 = \rho g h$

La diferencia de alturas  $h$  entre las dos columnas líquidas es proporcional a la diferencia de presiones  $p - p_0$ .  
 A la diferencia de presiones  $p - p_0$ , se le denomina presión manométrica, mientras que a la presión  $p$  se le llama presión absoluta.  
 Si el recipiente contiene un gas con una presión grande, en el tubo se usa un líquido denso como el mercurio; cuando se miden pequeñas presiones de gas se puede emplear agua.

Ejemplo 5-4.

El manómetro abierto de mercurio de la figura 5-11, se conecta a un tanque de gas. La diferencia de alturas entre las dos columnas que contienen mercurio es de 39cm, cuando un barómetro cercano marca 75cm de mercurio. ¿Cuál es la presión absoluta del gas? en cm-Hg, atm,  $\frac{1b}{in}$ .

La presión del gas es la que se encuentra en la parte superior de la columna de mercurio de la izquierda. Y a la vez es igual a la presión que obra al --



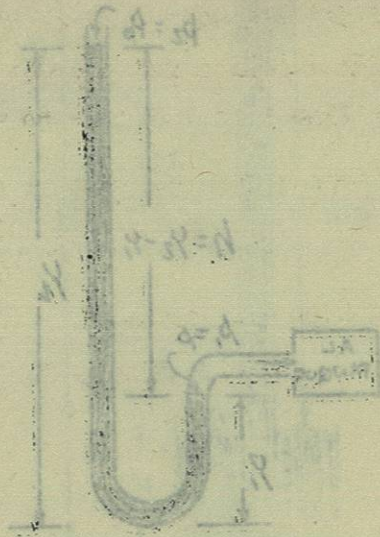


FIGURA 2-11

La presión absoluta de la columna de la izquierda es:

$$p + p_0$$

La presión que se aplica a la columna de la derecha es:

$$p + \rho g h + p_0$$

Como las presiones en los brazos de la columna de mercurio son iguales, por lo tanto:

$$p + p_0 = p + \rho g h + p_0$$

La diferencia de alturas  $h$  entre los dos brazos de mercurio es proporcional a la diferencia de presiones  $p - p_0$ .

A la diferencia de presiones  $p - p_0$ , se le denomina presión manométrica, mientras que a la presión  $p$  se le llama presión absoluta.

Si el recipiente contiene un gas con una presión grande, en el tipo de una columna de mercurio como el mostrado, cuando se miden pequeñas presiones de gas se puede emplear agua.

Ejemplo 2-4.

El manómetro abierto de mercurio de la figura 2-11, se conecta a un tanque de gas. La diferencia de alturas entre las dos columnas de mercurio es de 36 cm, cuando un barómetro muestra 75 cm de mercurio. ¿Cuál es la presión absoluta del gas en cm-Hg, atm,  $\frac{lb}{in^2}$ .

La presión del gas es la que se encuentra en la parte superior de la columna de mercurio de la izquierda. Y a la vez es igual a la presión que ejerce el

mismo nivel en la columna de la derecha. La presión en este punto es igual a la presión atmosférica más la presión que ejerce la columna extra, bajo condiciones normales de la densidad del mercurio y de la gravedad.

Por lo tanto, la presión absoluta del gas es:

$$p = 75 \text{ cm - Hg} + 36 \text{ cm - Hg} = 111 \text{ cm - Hg.}$$

$$111 \text{ cm - Hg} = \frac{111}{76} \text{ atm.} = 1.46 \text{ atm.}$$

$$1.46 \times 14.7 = 21.5 \frac{lb}{in^2}$$

¿Cuál es la presión manométrica del gas?

$$p - p_0 = 21.5 - 14.7 = 6.8 \frac{lb}{in^2}$$