



Universidad Autónoma del Estado de México  
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**Unidad Académica Profesional Tianguistenco**

**Programa educativo:  
Ingeniería en Plásticos**

**Unidad de Aprendizaje: Mecánica de Fluidos  
Unidad 2. Estática de fluidos**

**Por: M. en C. Isaias Alcalde Segundo**

Octubre de 2017



## UNIDAD 2.- ESTÁTICA DE FLUIDOS

2.1 Principio de Pascal

2.2 Principio de Arquímedes

2.3 Variación de la presión con la profundidad

2.4 Dispositivos de medición de la presión

2.5 Fuerzas sobre superficies planas

2.6 Fuerzas en superficies curvas

2.7 Fuerzas en fluidos estratificados

2.8 Flotación y estabilidad



## 2.1 Principio de Pascal



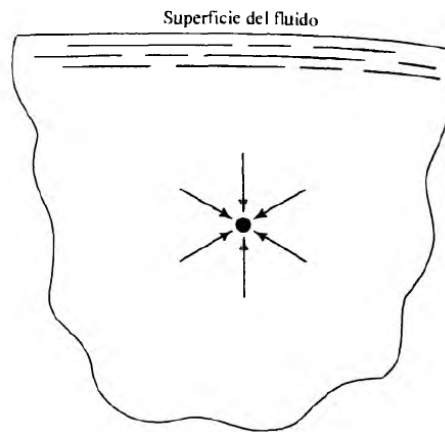
Retrato de Blaise Pascal  
(1623-1662)

Entre sus diversas aportaciones, realizó investigaciones sobre los fluidos, aclarando los conceptos de presión:

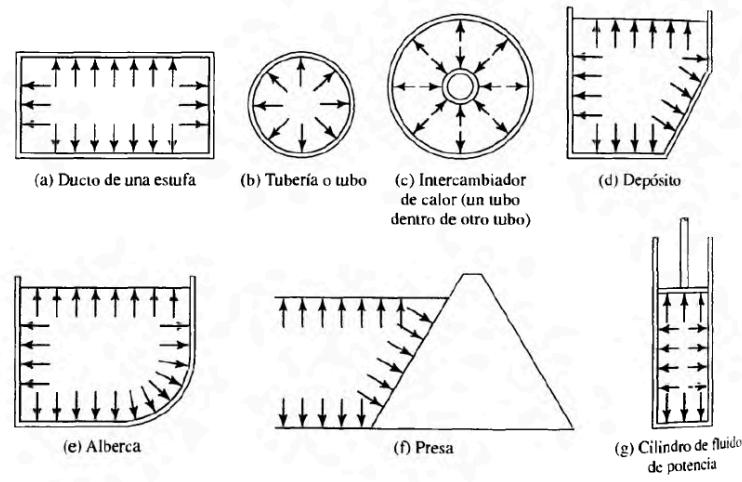
- La presión actúa de modo uniforme en todas las direcciones de un volumen pequeño de fluido.
- En un fluido confinado por fronteras sólidas, la presión actúa de manera perpendicular a la pared.



## Presión en algunos cuerpos.- Leyes de Pascal



La presión actúa sobre un volumen pequeño de fluido de modo uniforme y en todas direcciones



Dirección de la presión del fluido sobre las fronteras

*“La presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido”.*



## Presión

Se define como la fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia.

La unidad de la presión en el SI es el N/m<sup>2</sup>, llamada pascal (Pa).

$$p = \frac{F}{A}$$

Al realizar cálculos que involucran la presión de un fluido, se deben efectuar en relación de alguna presión de referencia. Es normal que la atmósfera sea la presión de referencia.



## Presión

La presión que arroja la medición del fluido se llama **presión manométrica**.

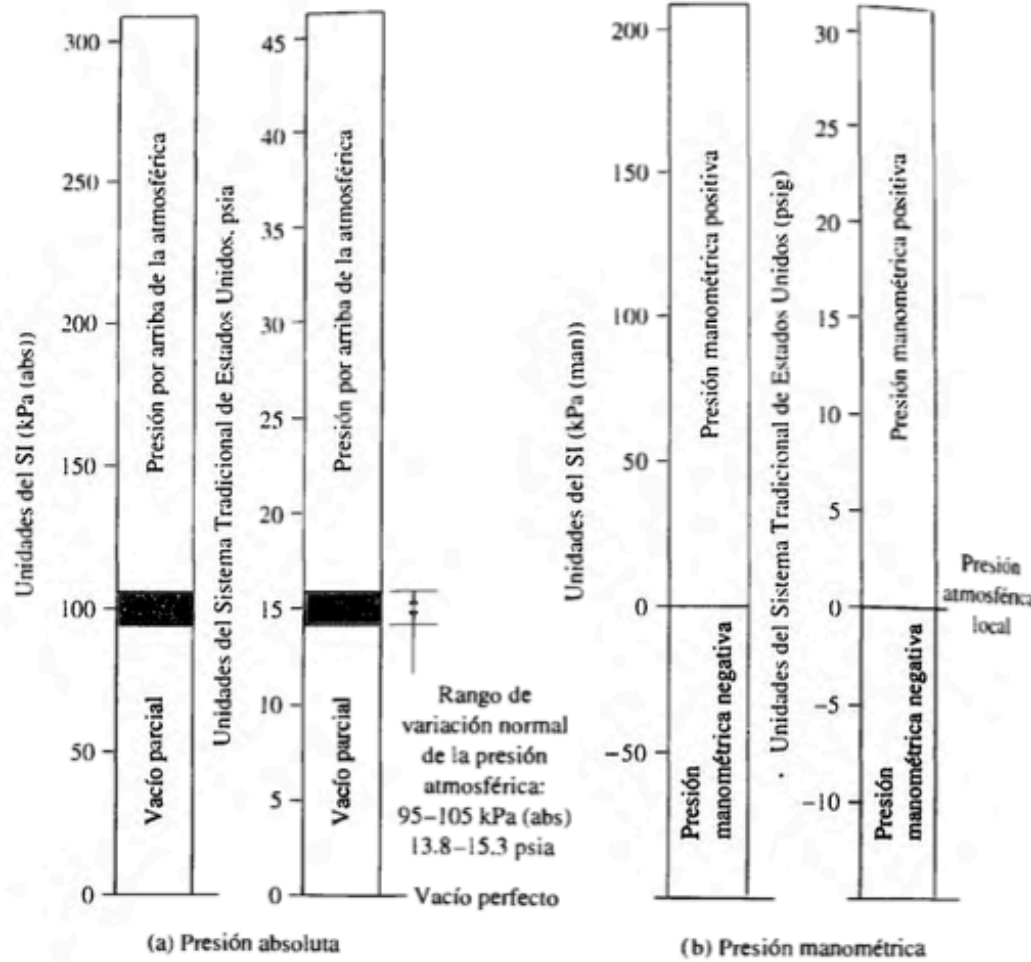
La presión que se mide en relación con un vacío perfecto se denomina **presión absoluta**.

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$



## Los siguientes conceptos permiten comprender mejor la ecuación anterior.

- Un vacío perfecto es la presión más baja posible. Por tanto, una presión absoluta siempre será positiva.
- Una presión manométrica superior a la presión atmosférica siempre es positiva.
- Una **presión manométrica inferior** a la presión atmosférica es negativa y en ocasiones se le llama *vacío*.
- Una presión manométrica se expresará en las unidades de Pa(man) o psig.
- La presión absoluta ha de expresarse en las unidades de Pa(abs) o psia.
- La magnitud de la presión atmosférica varía con la ubicación y condiciones climáticas. La presión barométrica, como la que se emite en los reportes del clima, es un indicador de la variación continua de la presión atmosférica.
- El rango de variación normal de la presión atmosférica cerca de la superficie de la Tierra es de 95 kPa(abs) a 105 kPa(abs) aproximadamente, o bien de 13.8 psia a 15.3 psia. Al nivel del mar, la presión atmosférica estándar es de 101.3 kPa(abs) o 14.69 psia.



Comparación entre las presiones absoluta e manométrica





## Relación entre la presión y la elevación

En un líquido homogéneo en reposo el cambio de presión, debido a un cambio en la elevación, se calcula por medio de:

$$\Delta p = \gamma h$$

Donde:

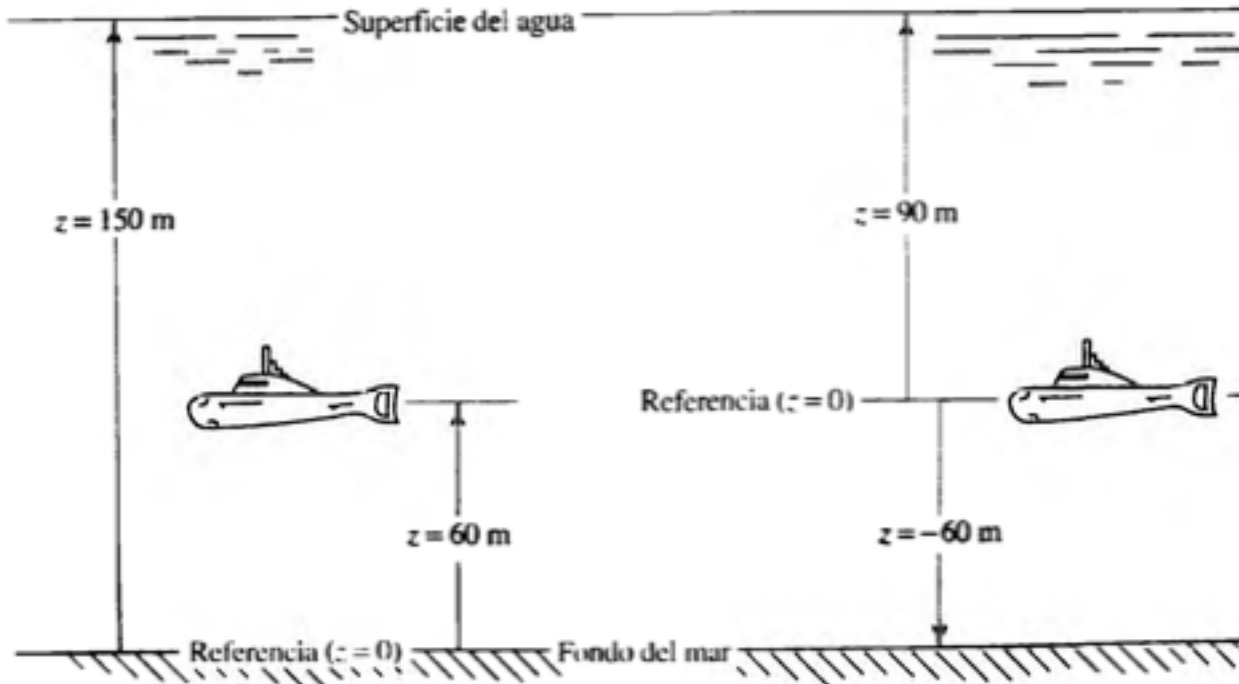
$\Delta p$  = Cambio en la presión

$\gamma$  = Peso específico del líquido

$h$  = Cambio en la elevación



## Relación entre la presión y la elevación





## Densidad, peso específico y gravedad específica

**Densidad:** es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{Kg}{m^3} = \frac{slugs}{ft^3}$$

**Peso específico:** es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \frac{w}{V} = \frac{N}{m^3} = \frac{libras}{ft^3}$$

**Gravedad específica, g.e:** a) es la razón de la densidad de una sustancia a la densidad del agua a 4°C. b) es la razón del peso específico de una sustancia al peso específico del agua a 4°C.



## Relación de la gravedad específica

$$g.e = \frac{\gamma_{sust}}{\gamma_{agua}} = \frac{\rho_{sust}}{\rho_{agua}}$$

Donde:

$\gamma_{sust}$  y  $\rho_{sust}$  es el peso específico y la densidad de la sustancia que se va a determinar su gravedad específica, g. e.

$$\gamma_{agua} 4^{\circ}C = 9.81 \frac{kN}{m^3} = 62.4 \frac{libras}{ft^3}$$

$$\rho_{agua} 4^{\circ}C = 1000 \frac{Kg}{m^3} = 1.94 \frac{slugs}{ft^3}$$

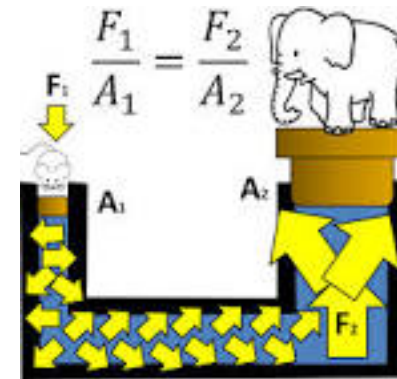
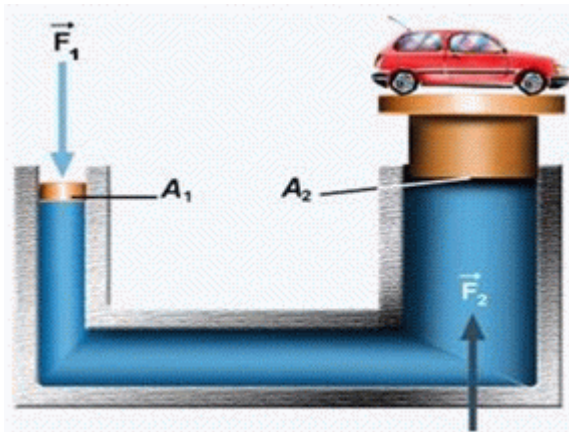
La definición matemática de la **gravedad específica** es:

$$g.e = \frac{\gamma_{sust}}{9.81 \frac{kN}{m^3}} = \frac{\rho_{sust}}{1000 \frac{kg}{m^3}}$$

$$g.e = \frac{\gamma_{sust}}{62.4 \frac{libras}{ft^3}} = \frac{\rho_{sust}}{1.94 \frac{slugs}{ft^3}}$$



# Principio de Pascal



Principio de Flotabilidad

Aplicación del Principio de Arquímedes y principio de Pascal

*la presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.*<sup>1</sup>





## 2.2 Principio de Arquímedes



Arquímedes de Siracusa (287 a.C. – 212 a.C) fue un físico, ingeniero, inventor, astrónomo y matemático griego.

Es considerado uno de los científicos más importantes de la Antigüedad clásica.

Las aportaciones más importantes de Arquímedes a la física son las relativas a la hidrostática y el equilibrio de los cuerpos.



## 2.2 Principio de Arquímedes



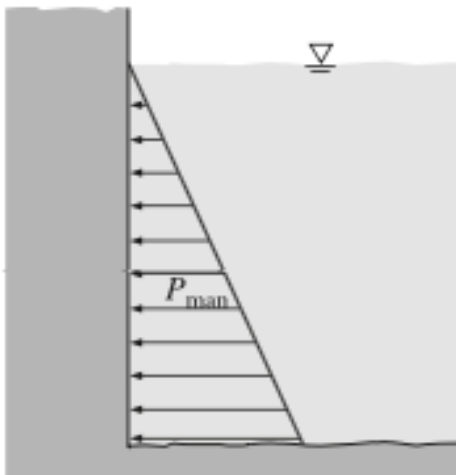
*Típica Ilustración de Arquímedes en la famosa bañera donde floreció su brillante idea del principio que lleva su nombre*

El principio de Arquímedes: *“Todo cuerpo sumergido en agua recibe de parte de este líquido un impulso de abajo a arriba igual al peso del volumen de agua que desaloja.”*

Aquí radica el fundamento de la hidrostática y sus aplicaciones han sido innumerables



## 2.3 Variación de la presión con la profundidad



La presión de un fluido aumenta con la profundidad porque descansa más fluido sobre las capas más profundas, y el efecto de este “peso adicional” sobre una capa más profunda se equilibra por un aumento en la presión.

$$P_{abajo} = P_{arriba} + \rho g |\Delta z| = P_{arriba} + \gamma |\Delta z|$$

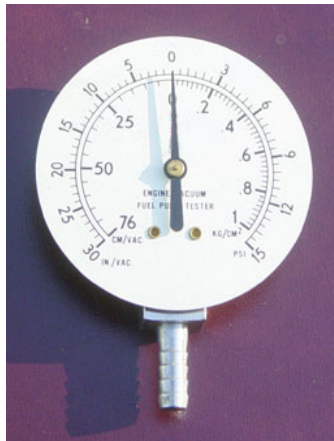
Donde:

“abajo” se refiere al punto que está a una elevación menor (a mayor profundidad en el líquido) y “arriba” se refiere al punto que está a una elevación mayor.





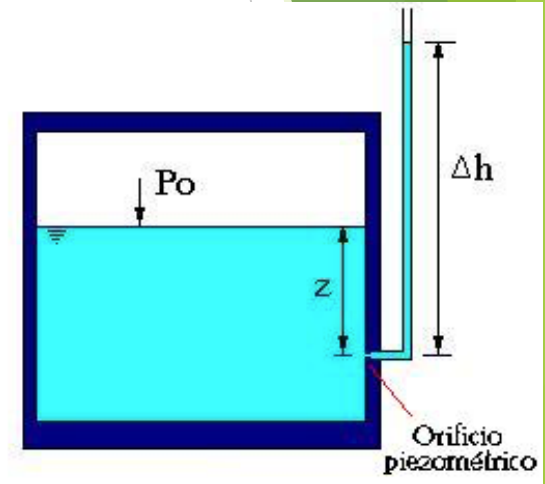
## 2.4 Dispositivos para medir la presión



Manómetro de Bourdon



Transductor de presión o  
Transmisor de presión



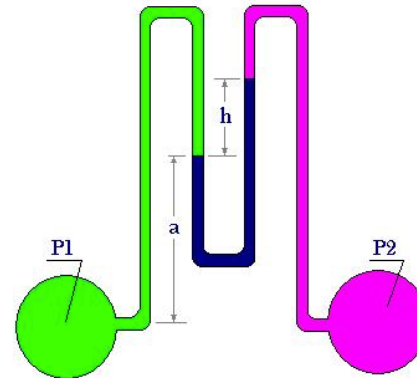
Columna piezométrica



## 2.4 Dispositivos para medir la presión



Manómetro de simple



Manómetro diferencial





## 2.5 Fuerzas sobre superficies planas

Una placa expuesta a un líquido , como una válvula de compuerta en una presa, la pared de un tanque de almacenamiento de líquidos o el casco de un barco en reposo, queda sometida a la presión del fluido distribuida sobre su superficie.

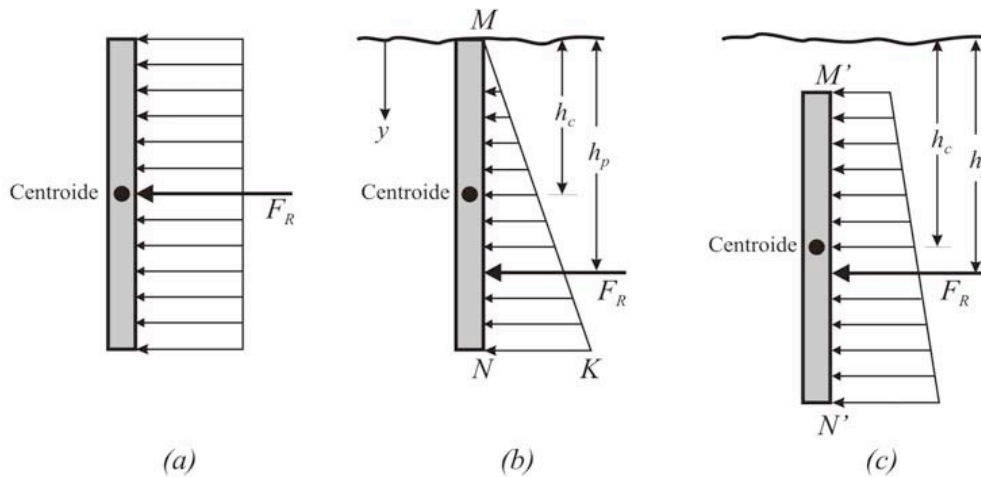
Sobre una superficie plana las fuerzas hidrostática forman un sistema de fuerzas paralelas y, a menudo, se necesita determinar la **magnitud de la fuerza** y su punto de aplicación, el cual se llama **centro de presión**.



## 2.5 Fuerzas sobre superficies planas

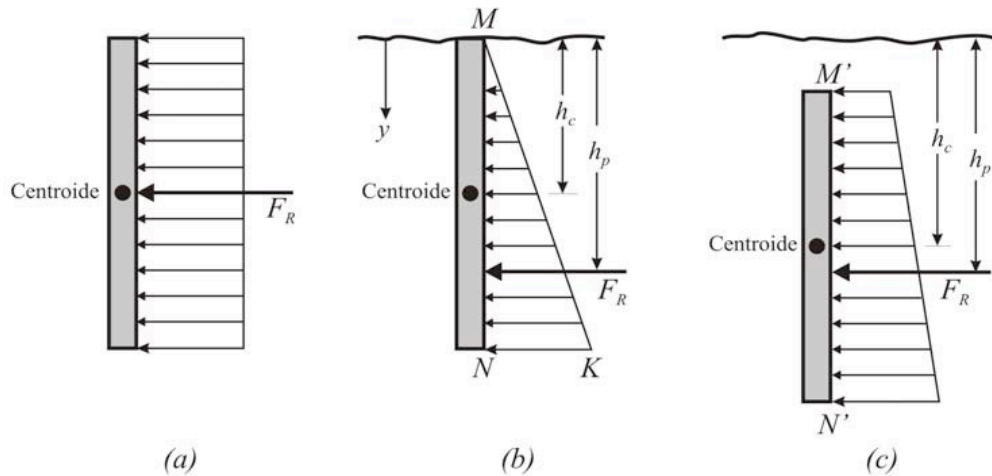
La presión absoluta en cualquier punto de la placa es:

$$P = P + \rho gh = P + \rho g y \sin \theta$$



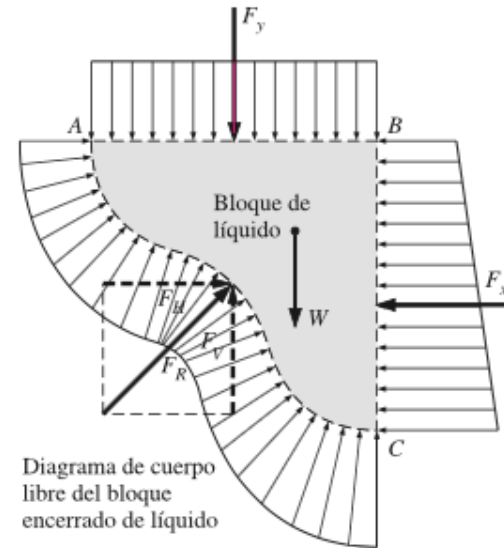
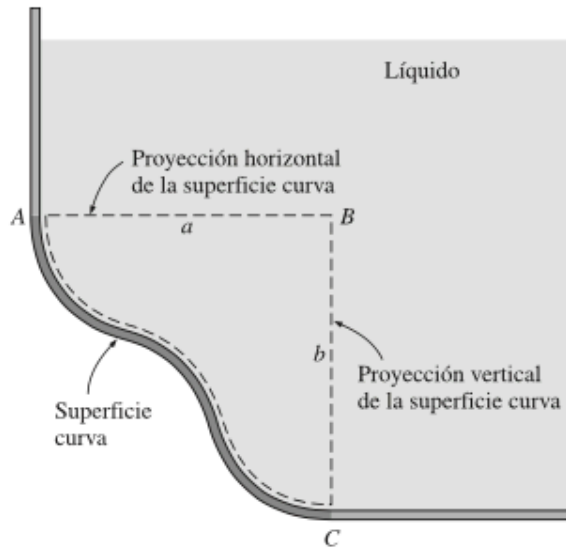


# Fuerzas hidrostáticas sobre una superficie plana vertical





## 2.6 Fuerzas en superficies curvas



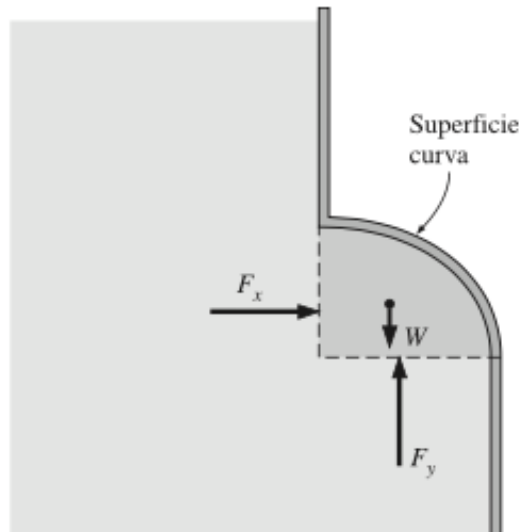


## 2.6 Fuerzas en superficies curvas

- Para una superficie curva sumergida, la determinación de la fuerza hidrostática resultante se necesita la integración de las fuerzas de presión que cambian de dirección a lo largo de la superficie curva.
- La manera más fácil de determinar la fuerza hidrostática resultante  $F_R$  que actúa sobre una superficie curva bidimensional es determinar las componentes horizontal y vertical  $F_H$  y  $F_V$  por separado.
- Esto se realiza cuando se considera el diagrama de cuerpo libre del bloque de líquido encerrado por la superficie curva y las dos superficies planas (una horizontal y la otra vertical) que pasan por los dos extremos de la superficie curva.



## 2.6 Fuerzas en superficies curvas



La fuerza resultante que actúa sobre la superficie sólida curva es igual y opuesta a la que actúa sobre la superficie líquida curva (tercera ley de Newton).

*Componente horizontal de la fuerza sobre la superficie curva:  $F_H = F_x$*

*Componente vertical de la fuerza sobre la superficie curva:  $F_V = F_y + W$*





## 2.6 Fuerzas en superficies curvas

Por tanto, se infiere que:

- a) La componente horizontal de la fuerza hidrostática que actúa sobre una superficie curva es igual (en magnitud y respecto a la línea de acción) a la fuerza hidrostática que actúa sobre la proyección vertical de esa superficie curva.
- b) La componente vertical de la fuerza hidrostática que actúa sobre una superficie curva es igual a la fuerza hidrostática que actúa sobre la proyección horizontal de esa superficie curva, más (menos, si actúa en la dirección opuesta) el peso del bloque de fluido.



## 2.6 Fuerzas en superficies curvas

La magnitud de la fuerza hidrostática resultante que actúa sobre la superficie curva es:

$$F_R = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

Y la tangente del ángulo que forma con la horizontal es:

$$\tan \alpha = \frac{F_V}{F_H}$$

Estas observaciones son válidas para todas las superficies curvas, sin importar si se encuentran arriba o abajo del líquido.



## 2.7 Fuerzas en fluidos estratificados

Régimen de flujo multifásico en pozos horizontales o casi horizontales en el cual los fluidos se separan en diferentes capas y los fluidos más ligeros circulan por encima de los más pesados.

El flujo estratificado es más probable que se produzca a bajas tasas de flujo y en secciones planas o descendentes de pozos horizontales.

En secciones ascendentes y a medida que se incrementa la tasa de flujo, la interfaz entre los fluidos se mezcla y se hace irregular; por lo tanto, se utiliza frecuentemente el término flujo estratificado ondulado.



## ¿por qué los barcos flotan?



Un cuerpo en un fluido, ya sea que flote o esté sumergido, experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del fluido que desplaza.

Principio de Arquímedes

$$F \uparrow b = \gamma \downarrow f V \downarrow d$$

donde:

F = Fuerza de flotación

$\gamma$  = Peso específico del fluido

V = Volumen desplazado del fluido





## ¿Cómo funciona un submarino?



### Principio de Flotabilidad

Aplicación del Principio de Arquímedes y principio de Pascal

*la presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.*<sup>1</sup>





## 2.8 Flotación y estabilidad

- Cuando un cuerpo está parcialmente o totalmente sumergido en el fluido que le rodea, una fuerza de empuje actúa sobre el cuerpo. Dicha fuerza tiene dirección hacia arriba y su magnitud es igual al peso del fluido que ha sido desalojado por el cuerpo.

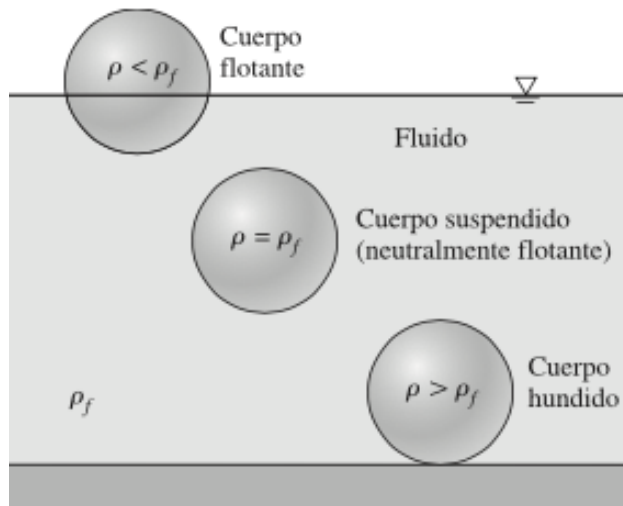
$$F_B = B = \rho_o gV$$

- Esta fuerza que tiende a levantar el cuerpo se llama fuerza de flotación (bouyant forcé),  $F_b$  o  $B$ .





## 2.8 Flotación y estabilidad



- Un objeto menos denso que un fluido flotará manteniendo sumergida sólo una parte de sus volumen, Si esta parte tiene un volumen  $V_s$  y si el volumen total es  $V$ , la fuerza de empuje vale  $rgV_s$ .

$$\rho_o g V_s = \rho_o g V$$

$$\frac{\rho}{\rho_o} = \frac{V_s}{V}$$

- *El cociente de las densidades es igual a la fracción de volumen sumergido.*



## 2.8 Flotación y estabilidad

- Para los cuerpos flotantes, el peso del cuerpo completo debe ser igual a la fuerza de flotación, la cual es el peso del fluido cuyo volumen es igual al de la parte sumergida de ese cuerpo; es decir:

$$FB = W \rightarrow \rho_f g V_{sum} = \rho_{prom,cuerpo} g V_{total} \rightarrow \frac{V_{sum}}{V_{total}} = \frac{\rho_{prom,cuerpo}}{\rho_f}$$

- Por lo tanto, la fracción sumergida del volumen de un cuerpo flotante es igual a la razón de la densidad promedio del cuerpo a la densidad del fluido.





## Bibliografía

- Çengel, Y. A., Cimbala, J. M. (2012). *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Mott. R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México. Pearson.
- White, F.M. (2008). *Mecánica de Fluidos*. México. McGraw Hill.
- Potter, M. C. y Wiggert, D. C. (2002). *Mecánica de Fluidos*. México. Edición Thompson.