ESTÁTICA

Mecánica de Fluidos Avanzada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

1. ESFUERZOS (1)

- Una partícula de fluido está sujeta a dos tipos muy diferentes de fuerzas:
  - ✓ La superficie de la partícula experimenta una fuerza por unidad de superficie llamada **tensión superficial**. Esta fuerza actúa entre moléculas en la superficie y los que están fuera en el medio circundante, pero todavía cerca de la superficie. La fuerza intermolecular que da lugar a la tensión superficial es de corto alcance (sólo es apreciable cuando las moléculas están más cerca de lo que sobre $1e^{-10}$ m).
  - ✓ Hay fuerzas de largo alcance que puede ser ejercida en todo el volumen de la partícula de fluido. Estos se llaman **fuerzas de cuerpo**.

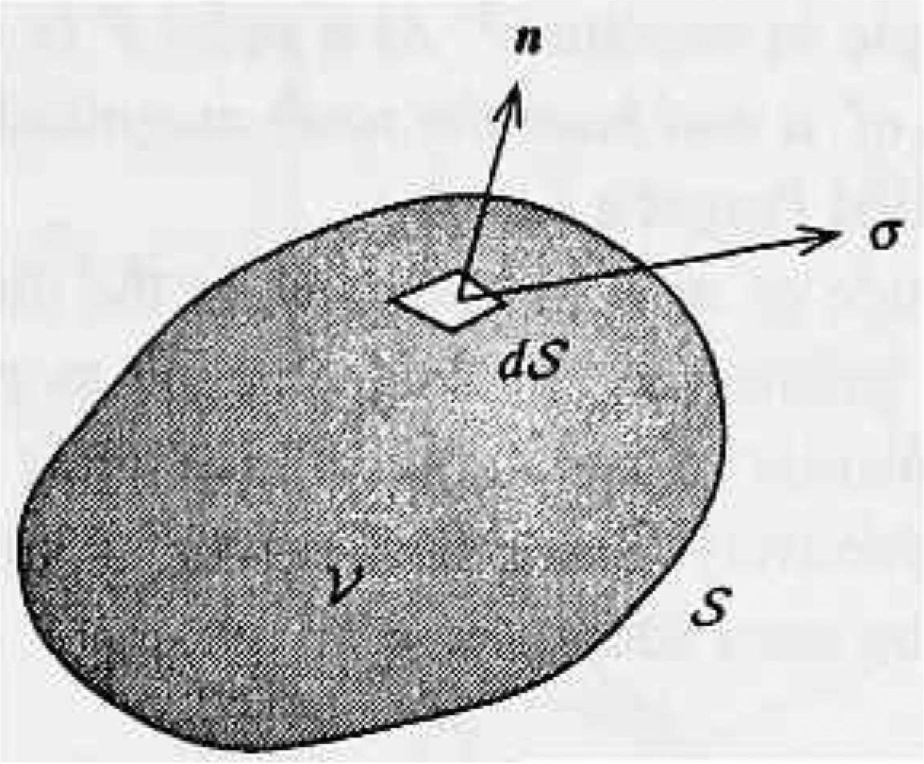
- En un fluido, los esfuerzos superficiales depende tanto de la posición relativa de las moléculas cerca de la superficie y del movimiento relativo promedio. Es conveniente subdividir los esfuerzos en estas dos categorías, la primera de la que llamaremos la presión p y el segundo al que llamamos esfuerzo viscoso τ. Cuando un fluido no tiene movimiento relativo, el único esfuerzo es la presión; sin embargo, cuando el fluido se mueve, habrá un componente de esfuerzo viscoso (esfuerzo de corte) cuya dirección y magnitud depende de la distorsión del elemento de fluido en movimiento.

1. ESFUERZOS (2)

- La fuerza de cuerpo más común que afecta el movimiento de los fluidos es la fuerza de gravedad ejercida sobre una partícula de fluido por toda la tierra. Aunque la fuerza de gravedad entre las moléculas de una partícula de fluido es extremadamente débil, debido al efecto acumulado de masas produce una fuerza importante.

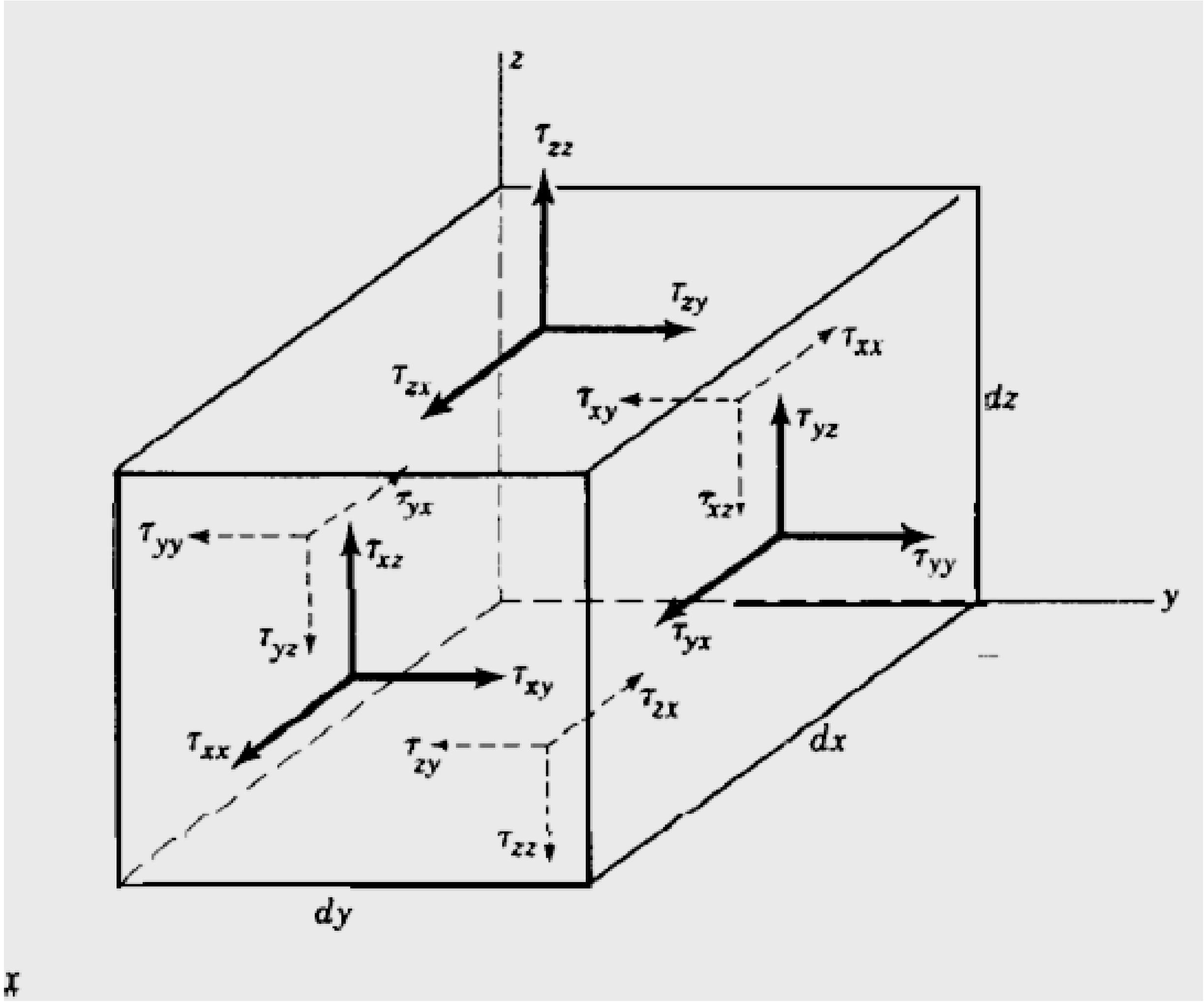
2. ESFUERZOS EN UN FLUIDO (1)

- Cuando se comprime un fluido aplicando una fuerza hacia dentro las fronteras fluidas, las moléculas son obligadas a estar más juntas. Esta fuerza se transmite en todo el fluido a través de las moléculas, y como consecuencia las moléculas se repelen entre sí con más fuerza. Esta fuerza intermolecular media se denomina **esfuerzo interno**.



- Dado un volumen de fluido rodeado por el mimo fluido, el exterior actúa sobre la superficie S con un "esfuerzo", y la superficie reacciona con un esfuerzo de igual magnitud pero sentido opuesto.
- Para analizar el esfuerzo sobre un elemento de fluido dentro del volumen de control, deberemos considerar los esfuerzos en las tres direcciones sobre cada plano del fluido: **tensor de esfuerzos.**

2. ESFUERZOS EN UN FLUIDO (2)

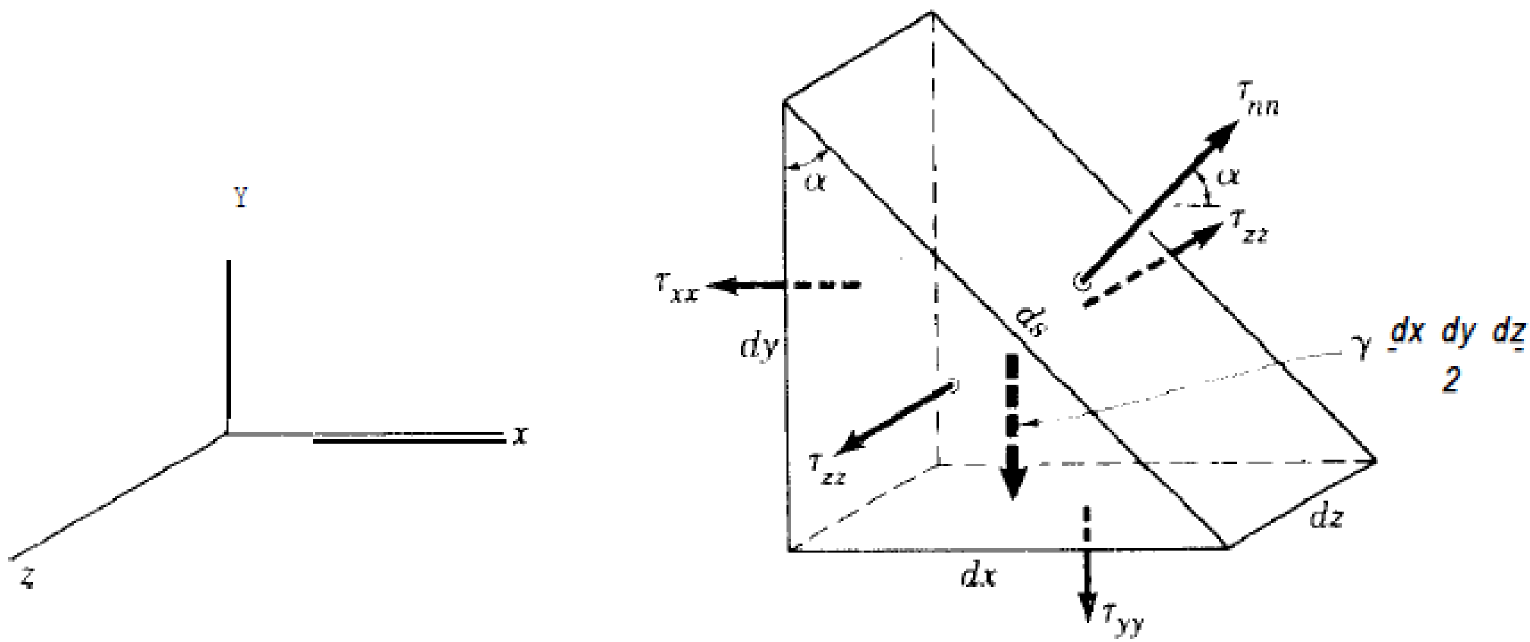


$$\tau = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

2. ESFUERZOS EN UN FLUIDO (3)

- En un fluido estático, donde no hay movimiento, el vector de esfuerzos no puede tener una orientación diferente a la normal, porque no hay dirección preferida.

- En un punto P en un fluido estático, σ debe tener la dirección de **n** y la misma magnitud para todas las direcciones de n: **Ley de Pascal.**



2. ESFUERZOS EN UN FLUIDO (4)

- Analizando la dirección X:

$$-\tau_{xx}\, dydz + \tau_{nn}\, ds\, dz\, \cos\alpha = 0$$

pero el Cos α es dy/ds; reemplazando se obtiene:

$$\tau_{xx} = \tau_{nn}$$

- En forma similar, en la dirección "y":

$$-\tau_{yy}\, dx\, dz + \tau_{nn}\, dzds\, \operatorname{sen}\alpha - \gamma \frac{dx\, dy\, dz}{2} = 0$$

como Sen α es dx/ds, se obtiene:

$$-\tau_{yy} + \tau_{nn} - \gamma \frac{dy}{2} = 0$$

2. ESFUERZOS EN UN FLUIDO (5)

- Para una masa muy pequeña, dy=0:

$$\tau_{yy} = \tau_{nn}$$

- En un fluido en reposo o con movimiento uniforme, el esfuerzo en un punto es independiente de la dirección. A esta cantidad se le llama “presión hidrostática”.

- Al ser un esfuerzo normal, podemos escribir que:

$$\frac{dF}{dS} = (-p)n$$

3. FUERZA DE PRESIÓN (1)

- Integrando la expresión anterior:

$$\textbf{fuerza de presión} = \iint_S (-p\mathbf{n})\, dS$$

- Si aplicamos el **Teorema de Gauss**, la expresión anterior puede escribirse en función del volumen de fluido como:

$$\iiint_{\mathcal{V}} (-\nabla p)\, d\mathcal{V}$$

esto significa que -∇***p*** es la "fuerza de presión por unidad de volumen".

$$\textbf{fuerza de presión}\ \textit{por unidad de volumen} = -\nabla p$$

- Se observa que la fuerza tendrá dirección opuesta a la gradiente.

EJEMPLO

- Cerca de la superficie de la tierra, la presión atmosférica p disminuye con el aumento z altitud sobre el nivel del mar aproximadamente como:

$$p = p_0 \exp(-\alpha z)$$

donde P_o es la presión a nivel del mar de $1,0133 \times 10^5$ Pa y $\alpha = 1.2 \times 10^{-4} m^{-1}$. Calcular la fuerza de presión por unidad de volumen en z = 0 y z = de 5 km.

4. PRESIÓN DENTRO DE UN CAMPO GRAVITACIONAL (1)

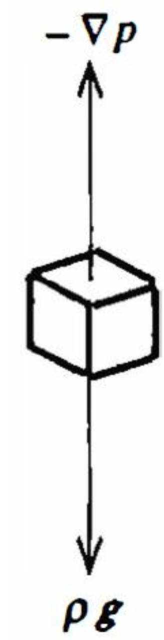
- Un elemento líquido en una piscina o estanque permanece inmóvil porque hay un equilibrio de fuerzas que actúan en la dirección vertical: la fuerza de la gravedad que actúa hacia abajo es equilibrada por la fuerza ascendente de la presión.

- Para una unidad de volumen de fluido, la masa es ρ de modo que la fuerza de la gravedad por unidad de volumen se convierte en:

$$\textbf{fuerza gravitacional}\text{ por unidad de volumen} = \rho \mathbf{g}$$

- Para que un fluido permanezca inmóvil cuando se somete a un campo de fuerza gravitatoria, la suma de la fuerza de presión por unidad de volumen y la fuerza gravitacional por unidad de volumen debe ser cero:

$$\boxed{-\nabla p + \rho \mathbf{g} = 0}$$



es decir, la **presión varía en la misma dirección que la gravedad**!

Asimismo, **la gradiente de presiones es ρg**!

4. PRESIÓN DENTRO DE UN CAMPO GRAVITACIONAL (2)

- Si integramos la expresión anterior a lo largo de una línea contenida dentro del fluido (de densidad constante) y entre dos puntos (integral de línea):

$$-\int_1^2 \nabla p \cdot d\mathbf{c} + \int_1^2 \rho \mathbf{g} \cdot d\mathbf{c} = 0$$

- La primera integral puede integrarse rápidamente como:

$$\int_1^2 \nabla p \cdot d\mathbf{c} = p_2 - p_1$$

- La segunda integral requiere un artificio: expresar la gravedad en función del vector posición.

$$\begin{aligned} \nabla(\mathbf{g} \cdot \mathbf{R}) &= \nabla(g_x x + g_y y + g_z z) \\ &= \mathbf{i}_x \frac{\partial}{\partial x}(g_x x) + \mathbf{i}_y \frac{\partial}{\partial y}(g_y y) + \mathbf{i}_z \frac{\partial}{\partial z}(g_z z) \\ &= \mathbf{g} \end{aligned}$$

4. PRESIÓN DENTRO DE UN CAMPO GRAVITACIONAL (3)

- La expresión se reduce a:

$$-(p_2 - p_1) + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{R}_2 - \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{R}_1 = 0$$

$$p_1 - \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{R}_1 = p_2 - \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{R}_2$$

- Ya que la gravedad sigue la dirección z:

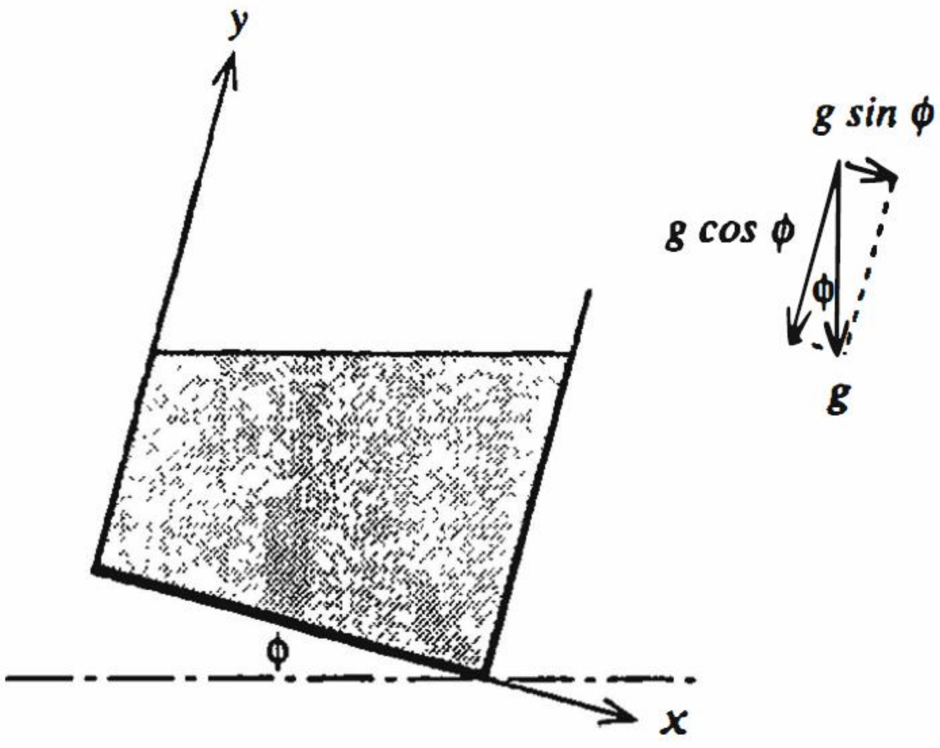
$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2$$

- Es decir:

$$p + \rho g z = constant$$

EJEMPLO

- Un tanque de agua rectangular va a ser instalado con un ángulo ϕ respecto a la horizontal (ver figura). Deducir una expresión para p {x, y}.



4. PRESIÓN DENTRO DE UN CAMPO GRAVITACIONAL (4)

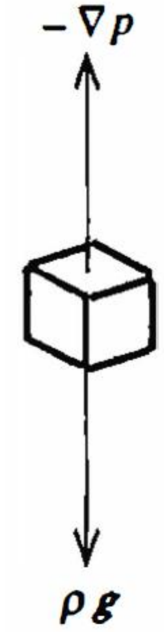
- Otra alternativa a esta ecuación consiste en multiplicar por un elemento diferencial de volumen dV e integrar en un volumen finito V:

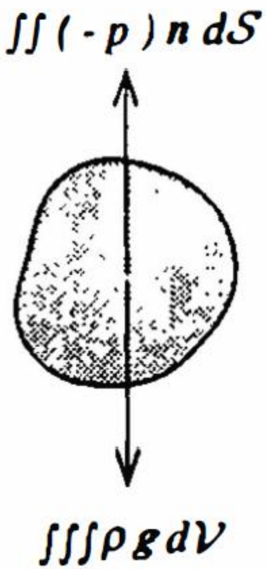
$$\iiint_{\mathcal{V}} (-\nabla p)\, d\mathcal{V} + \iiint_{\mathcal{V}} \rho \mathbf{g}\, d\mathcal{V} = 0$$

- Aplicando el Teorema de Gauss:

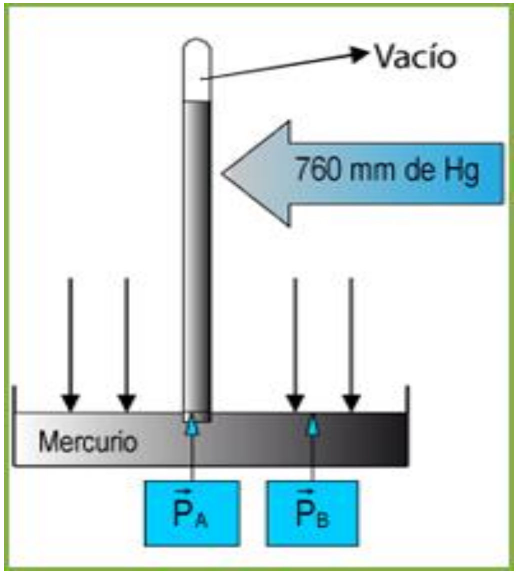
$$\iint_{S} (-p)\mathbf{n}\, dS + \iiint_{\mathcal{V}} \rho \mathbf{g}\, d\mathcal{V} = 0$$

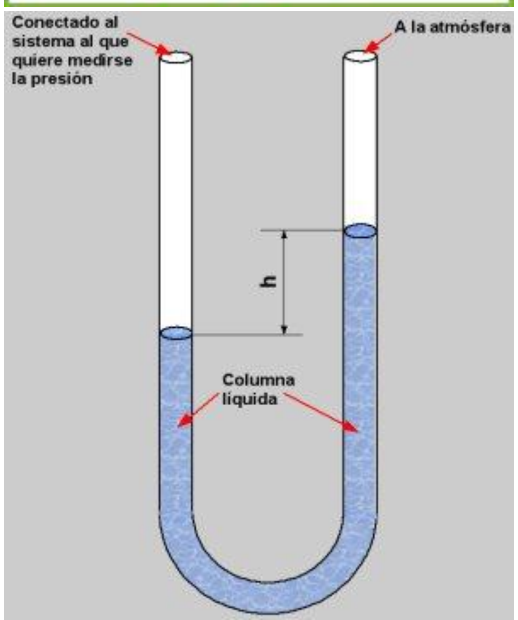
- Esta ecuación establece que la fuerza de presión que actúa en la superficie de un volumen de fluido, más la fuerza de gravedad que actúa sobre el fluido en el interior del volumen suman cero.



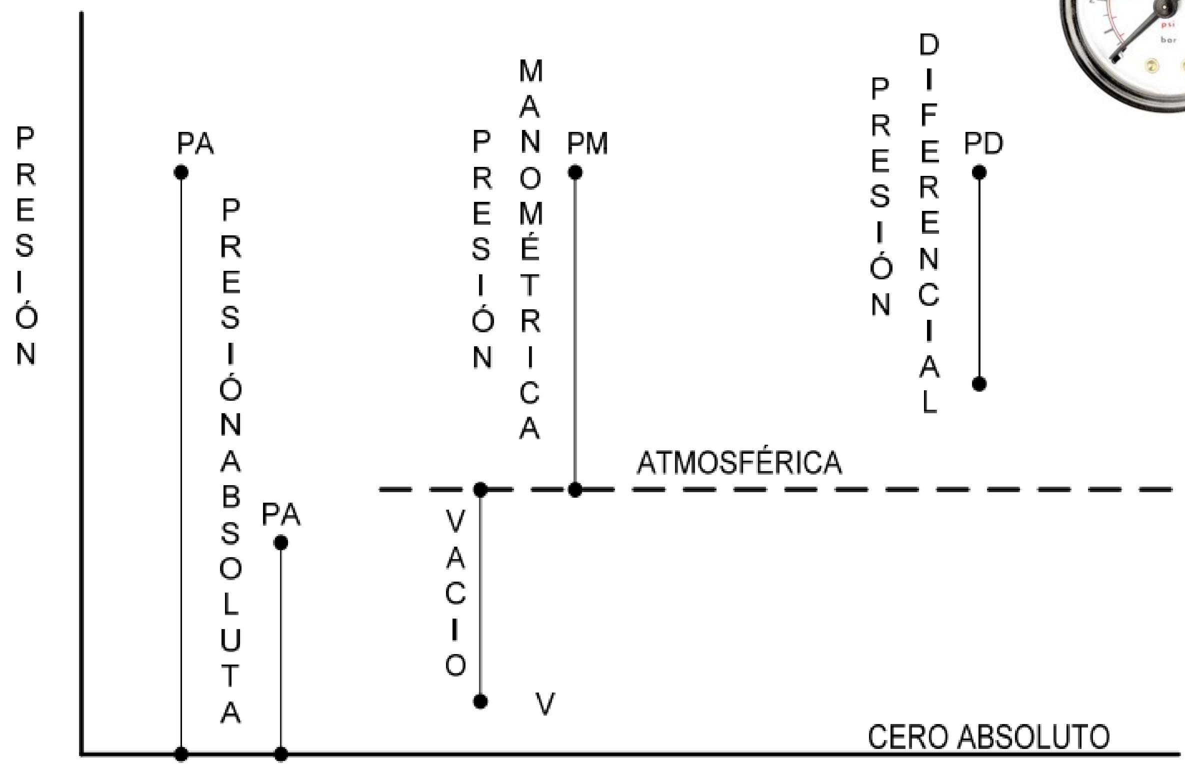


5. PRESIÓN: MEDICIÓN (1)





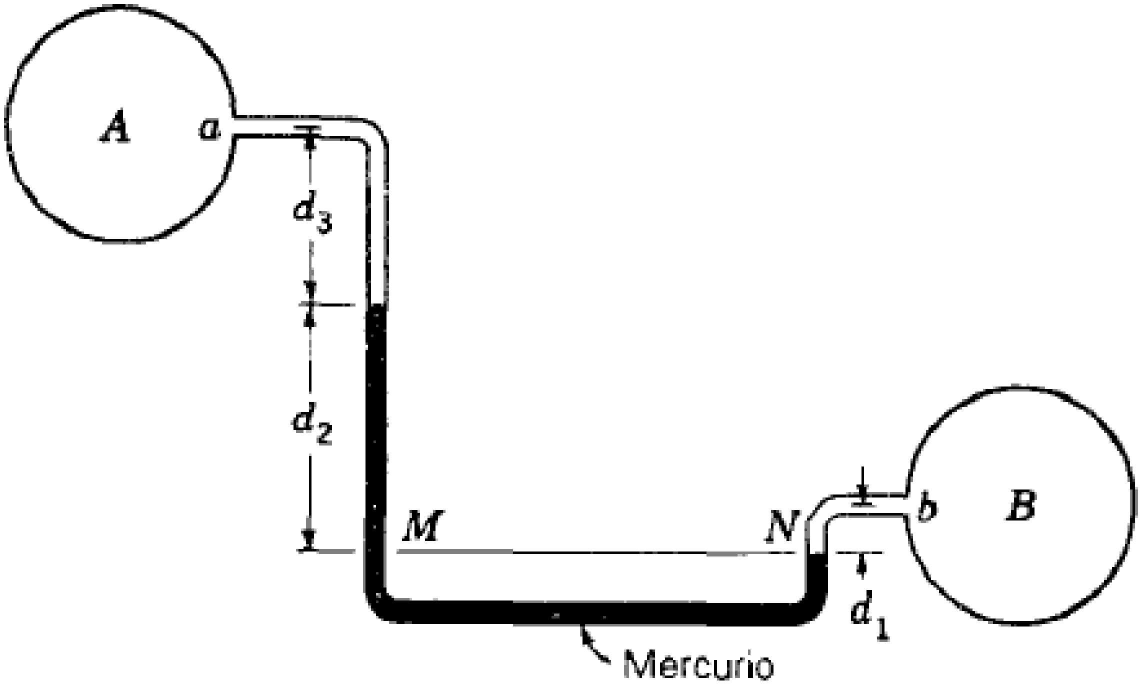
CLASES DE PRESIÓN QUE MIDEN LOS INSTRUMENTOS



EJEMPLO 1

- El manómetro diferencial mide la diferencia de presiones entre dos regiones. En la figura, la presión será la misma en M y N. Demostrar que:

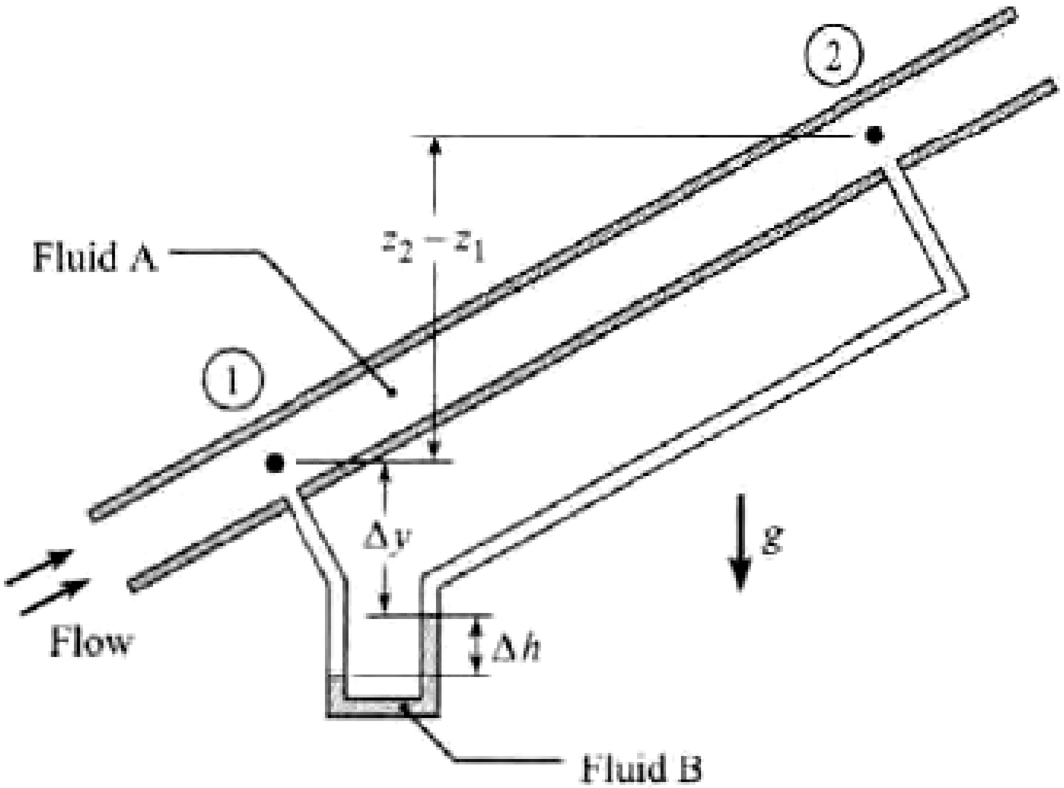
$$p_b - p_a = \gamma_{Hg} d_2 + \gamma_A d_3 - \gamma_B d_1$$



EJEMPLO 2

- Demostrar que en el tubo mostrado se cumple:

$$\left(\frac{p_1}{\gamma_A}+z_1\right)-\left(\frac{p_2}{\gamma_A}+z_2\right)=\Delta h\left(\frac{\gamma_B}{\gamma_A}-1\right)$$



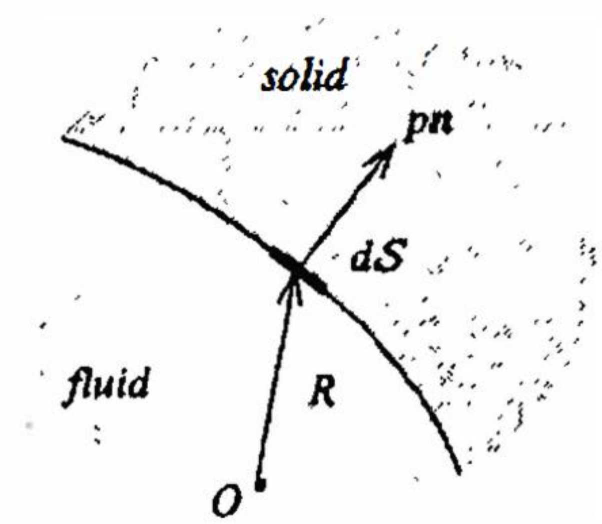
6. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES SÓLIDAS (1)

- Si un fluido está en contacto con una superficie sólida, sus moléculas ejercen presión sobre ella.

- Podemos definir un diferencial de fuerza y de torque de la siguiente manera:

$$d\mathbf{F} = p\mathbf{n}\,dS$$

$$d\mathbf{T} = \mathbf{R} \times p\mathbf{n}\,dS$$



- Integrando:

$$\mathbf{F} = \iint p\mathbf{n}\,dS$$

$$\mathbf{T} = \iint (\mathbf{R} \times p\mathbf{n})\,dS$$

6. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES SÓLIDAS (2)

- Las infinitas fuerzas de presión que actúan en la superficie pueden ser sustituidos por una resultante F que actúa en un punto R_{cp}, llamado **centro de presión**, ubicada en un punto tal que permita dar el mismo momento T:

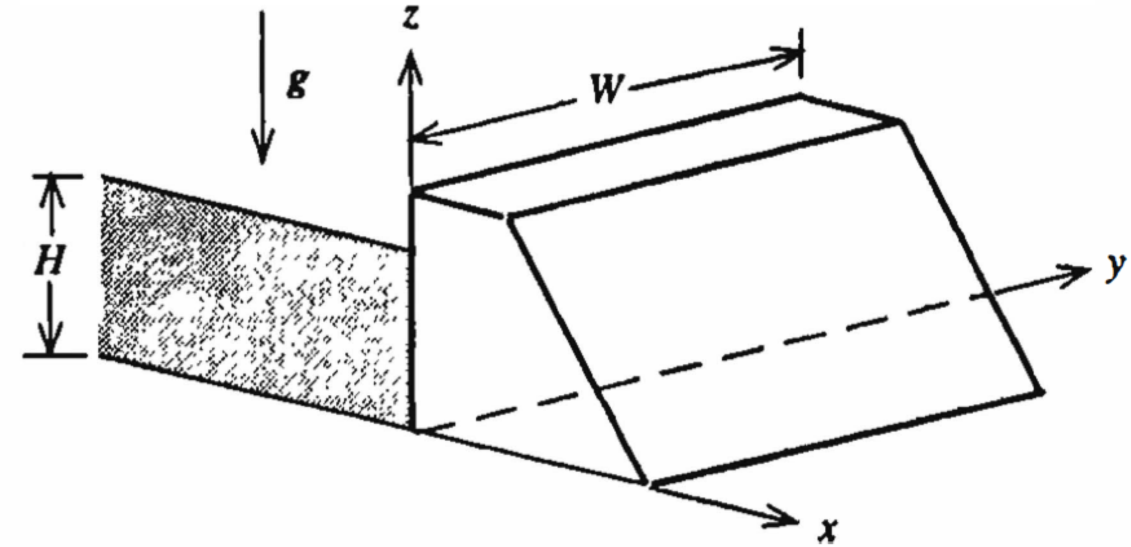
$$\mathbf{R}_{cp} \times \mathbf{F} \equiv \mathbf{T}$$

- Si se calcula momentos sobre el centro de presiones:

$$\begin{aligned}\mathbf{T} &= \iint (\mathbf{R} - \mathbf{R}_{cp}) \times p\mathbf{n}\, dS = \iint (\mathbf{R} \times p\mathbf{n})\, dS - \mathbf{R}_{cp} \times \iint p\mathbf{n}\, dS \\ &= \mathbf{T} - \mathbf{R}_{cp} \times \mathbf{F} \\ &= 0\end{aligned}$$

6. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES SÓLIDAS (3)

- Una estructura usualmente está envuelta total o parcialmente por la atmósfera; así:

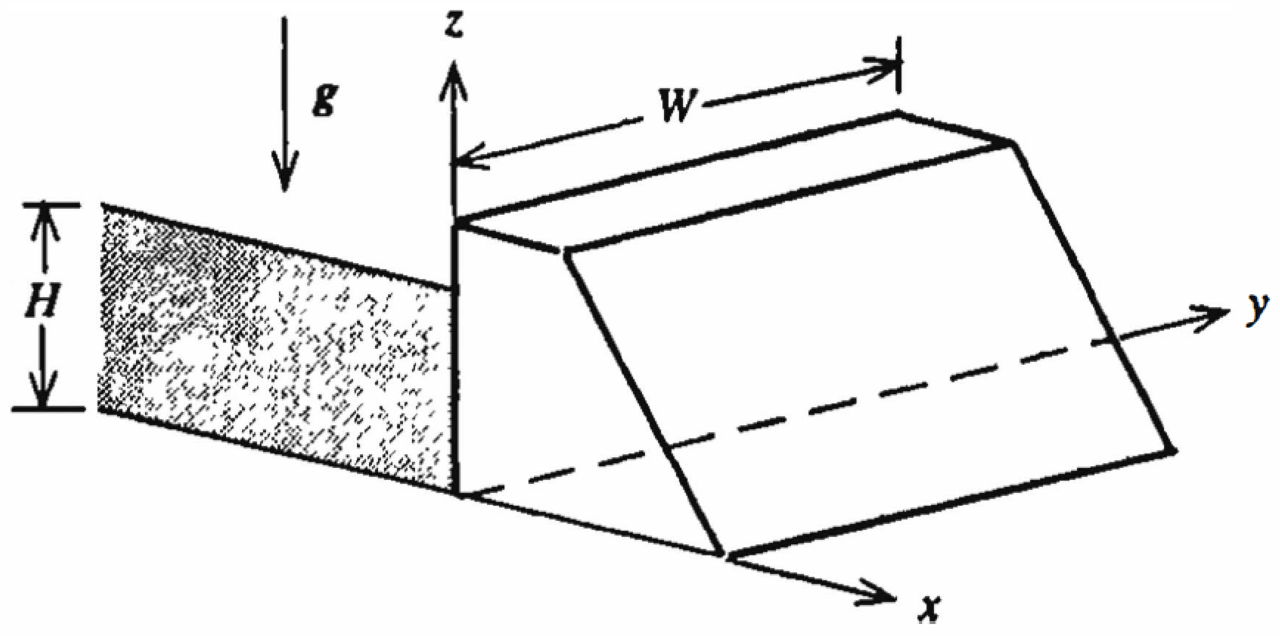


$$
\begin{aligned}
\mathbf{F} &= \iint p\mathbf{n}\, d\mathcal{S} \\
&= \iint (p - p_{at})\mathbf{n}\, d\mathcal{S} + \iint p_{at}\mathbf{n}\, d\mathcal{S} \\
&= \iint (p - p_{at})\mathbf{n}\, d\mathcal{S} - \iiint \nabla p_{at}\, d\mathcal{V} \\
&= \iint (p - p_{at})\mathbf{n}\, d\mathcal{S} + 0
\end{aligned}
$$

- Por lo tanto ***una presión uniforme aplicada a la superficie de una estructura no produce ninguna fuerza neta o momento sobre la estructura***.

EJERCICIO

- Analice el equilibrio de la estructura mostrada.



7. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS (1)

- Sea una superficie plana con un sistema de ejes coordenados xy ubicado sobre su superficie y con el CP como origen de coordenadas; luego el vector posición de un punto cualquiera S será:

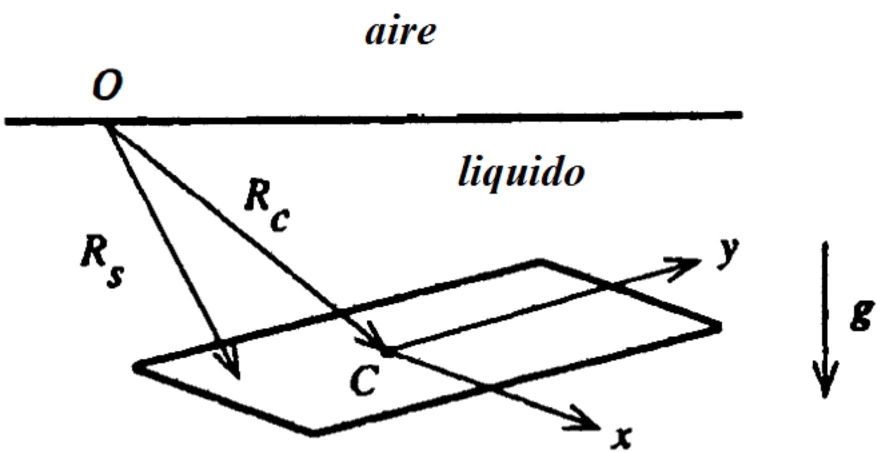
$$\mathbf{R}_s = \mathbf{R}_C + x\mathbf{i}_x + y\mathbf{i}_y$$

- Por definición, el centroide es:

$$\mathbf{R}_C \equiv \frac{1}{S}\iint \mathbf{R}_s \, dS$$

- Ya que hay equilibrio hidrostático, evaluando el punto S y un punto sobre la superficie de agua O:

$$p_S - \rho\mathbf{g}\cdot\mathbf{R}_S = p_O - \rho\mathbf{g}\cdot\mathbf{R}_O$$



7. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS (2)

- Ya que g.R=0 sobre la superficie liquida, la expresión será:

$$p_s - \rho\mathbf{g}\cdot\mathbf{R}_s = p_a$$

$$p_s = p_a + \rho\mathbf{g}\cdot\mathbf{R}_s = \underbrace{p_a + \rho\mathbf{g}\cdot\mathbf{R}_C} + \rho(g_x x + g_y y)$$

$$= p_C + \rho(g_x x + g_y y)$$

- Si C es el centro de gravedad de la superficie plana, los momentos sobre los ejes x e y de una presión unitaria uniformemente distribuida sobre la superficie debe ser cero; luego:

$$\iint x\,dS = 0; \quad \iint y\,dS = 0$$

7. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS (3)

- Luego, la fuerza sobre la superficie será:

$$\mathbf{F} = \mathbf{n} \iint p_s \, dS$$

$$= \mathbf{n} \iint p_C \, dS + \rho \mathbf{n} \iint (g_x x + g_y y) \, dS$$

$$= (p_c A) \, \mathbf{n}$$

- Es decir, ***la fuerza F que actúa sobre una superficie plana que tiene cualquier orientación es igual al producto de la presión en el centroide C y el área de la placa A***, y actúa en dirección normal a la placa.

7. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS (3)

- Como ya se mencionó, el centro de presión Cp es el punto de la superficie plana sobre la que el momento de la fuerza de presión es cero:

$$\iint p(x - x_{cp})\, dS = 0; \quad \iint p(y - y_{cp})\, dS = 0$$

donde Xcp y Ycp son las distancias medidas respecto al centroide.

- Reemplazando las presiones en la primera ecuacion:

$$\iint [p_C(x - x_{cp}) + \rho(g_x x + g_y y)(x - x_{cp})]\, dS = 0$$

$$-p_C x_{cp} A + \rho g_x \underbrace{\iint x^2 S} + \rho g_y \underbrace{\iint xy\, dS} = 0$$

$$-p_C x_{cp} A + \rho(g_x I_{xx} + g_y I_{xy}) = 0$$

7. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES PLANAS (4)

- Despejando:

$$x_{cp} = \frac{\rho(g_x I_{xx} + g_y I_{xy})}{p_C A}$$

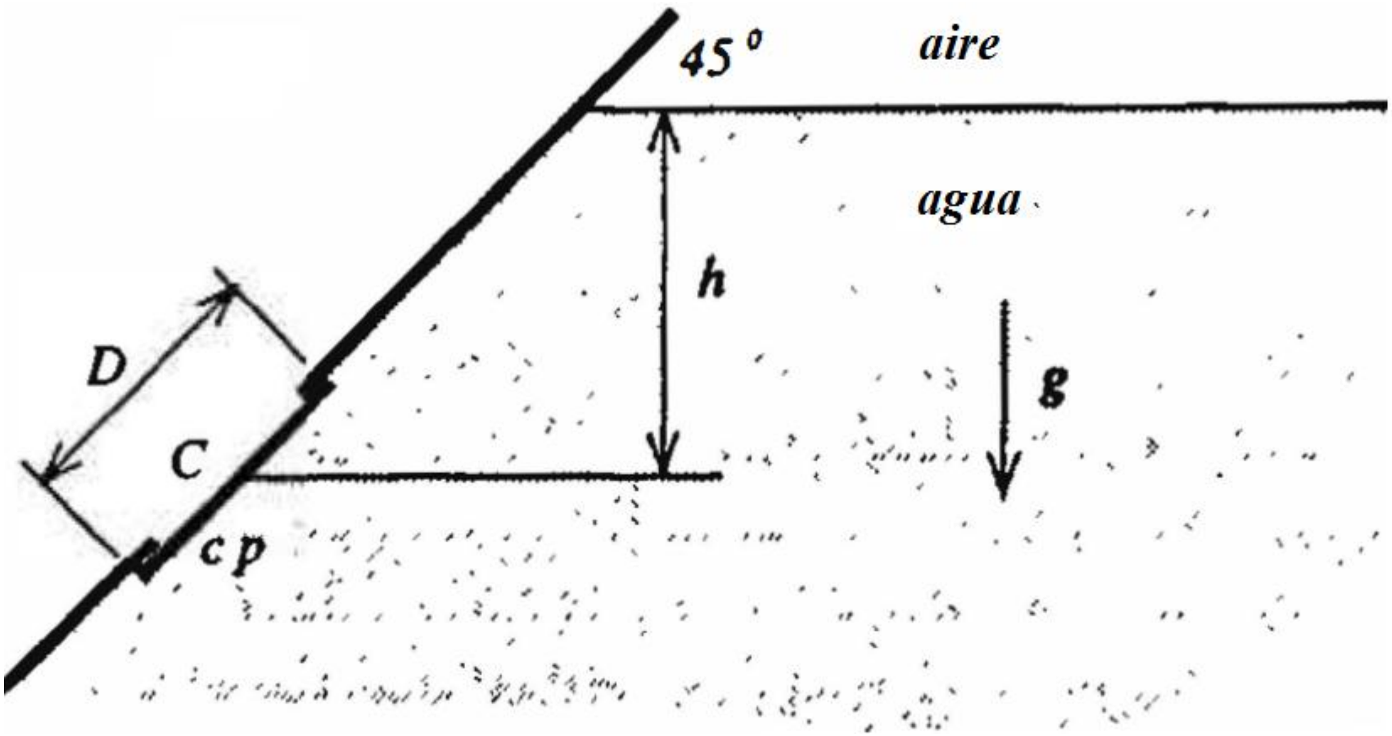
$$y_{cp} = \frac{\rho(g_y I_{yy} + g_x I_{xy})}{p_C A}$$

- Finalmente, el momento de la fuerza de presión respecto al origen O es igual al momento de la fuerza actuando sobre el centro de presiones:

$$\boxed{\mathbf{T} = (\mathbf{R}_C + x_{cp}\mathbf{i}_x + y_{cp}\mathbf{i}_y) \times (p_c A)\,\mathbf{n}}$$

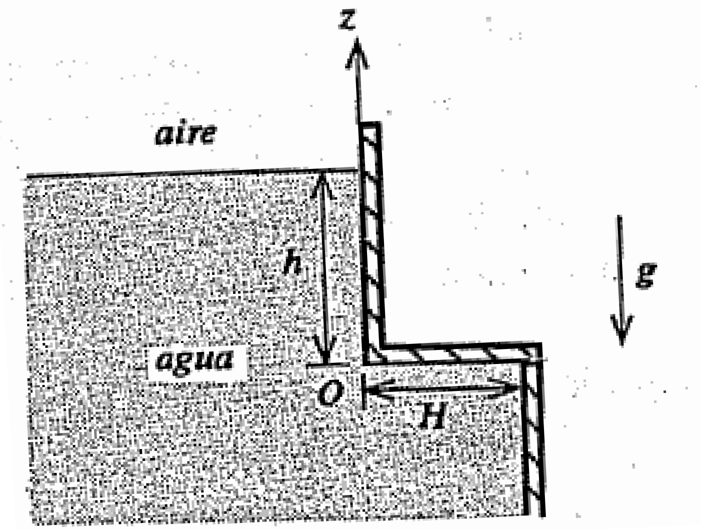
EJERCICIO

- Una placa plana circular de diámetro D = 1m cierra una abertura en el casco de un barco a una distancia h = 3 m por debajo de la superficie del agua. El plano de la placa está a 45° respecto a la vertical. Si la densidad del agua, ρ = 1000 kg/m3, calcular la fuerza total ejercida sobre la placa por el agua y la distancia entre el centro de presión Cp y el centroide de la placa circular. ($I_{yy} = \pi D^4 / 64$).



EJERCICIO

Un depósito de agua está cerrado en uno de sus extremos mediante una barrera. En la parte superior de la barrera se encuentra un canal en forma de L que sirve de contención al agua cuando su nivel rebasa la parte superior de la barrera en una cantidad h, según se aprecia en la figura P 2.6. El canal está articulado en el punto O, de forma que es capaz de girar en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, pero no en el sentido en que giran las manecillas del reloj. Si el nivel del agua h es lo suficientemente alto, la fuerza de presión sobre la cara vertical del canal en forma de L conservará un momento en el sentido en que giran las manecillas del reloj que sobrepasará al momento en sentido opuesto producto de la fuerza de presión sobre el tramo horizontal del canal, y éste permanecerá vertical e impedirá que se escape el agua debajo de él. Calcule el valor mínimo de la razón h/H que garantice que el canal no girará.



8. PRESIÓN SOBRE SUPERFICIES CURVAS

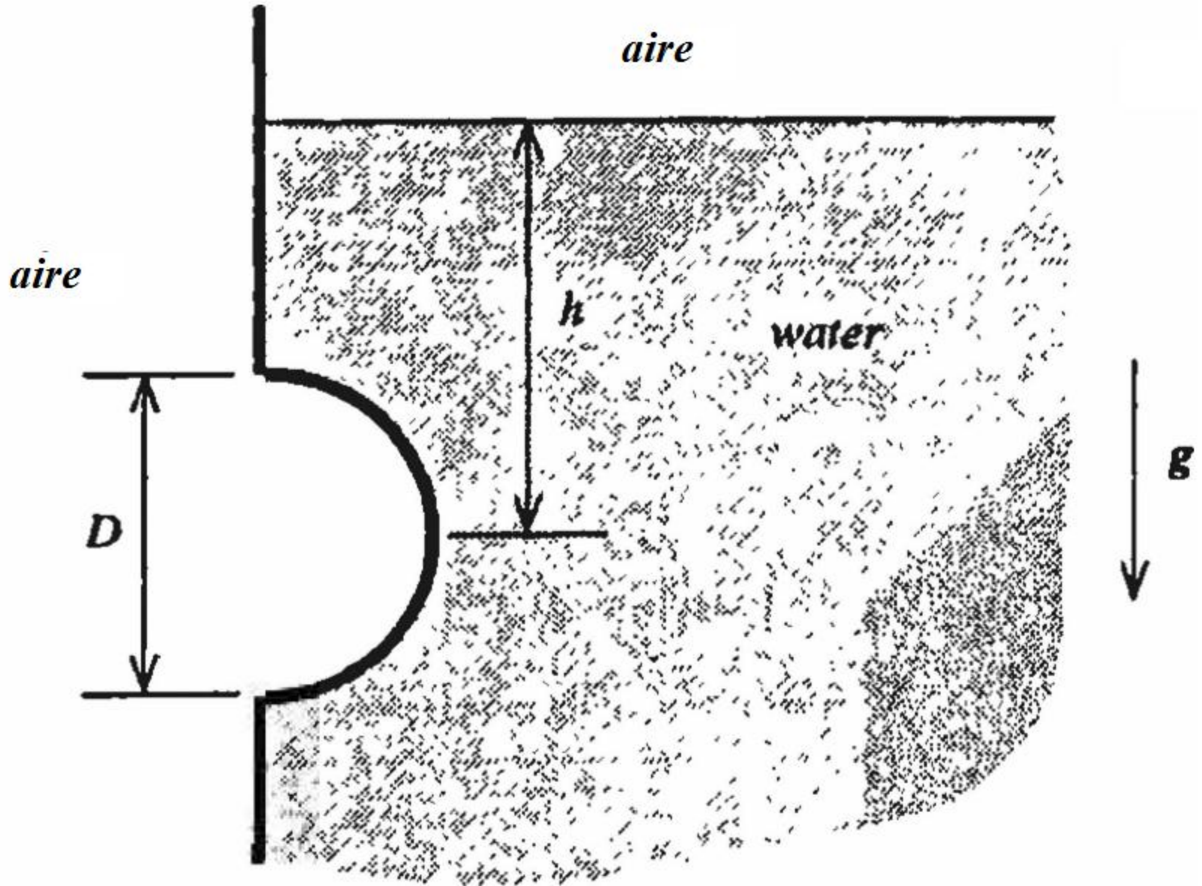
- Para superficies curvas, no hay ninguna simplificación general de las expresiones de la fuerza F y el momento T correspondiente a los de superficies planas.

- Para superficies curvas que son porciones de formas regulares, tales como esferas, cilindros o conos, puede ser posible definir un sistema de coordenadas que hace que sea fácil determinar dS y la normal n (para resolver las integrales propuestas).

- Alternativamente, puede ser posible formar una superficie imaginaria cerrada S, de la que la superficie curva es parte. Mediante la realización de una fuerza y el equilibrio momento en esta superficie imaginaria S que encierra un volumen de fluido, será posible resolver para la fuerza y de momento desconocido que actúa sobre la superficie curva dada.

EJERCICIO

- En el lado plano de un tanque de almacenamiento de agua hay una superficie semiesférica de diámetro D a una distancia h por debajo de la superficie del agua. Deducir expresiones para la fuerza horizontal Fh y fuerza ascendente Fv ejercida sobre la superficie semiesférica por el agua circundante.

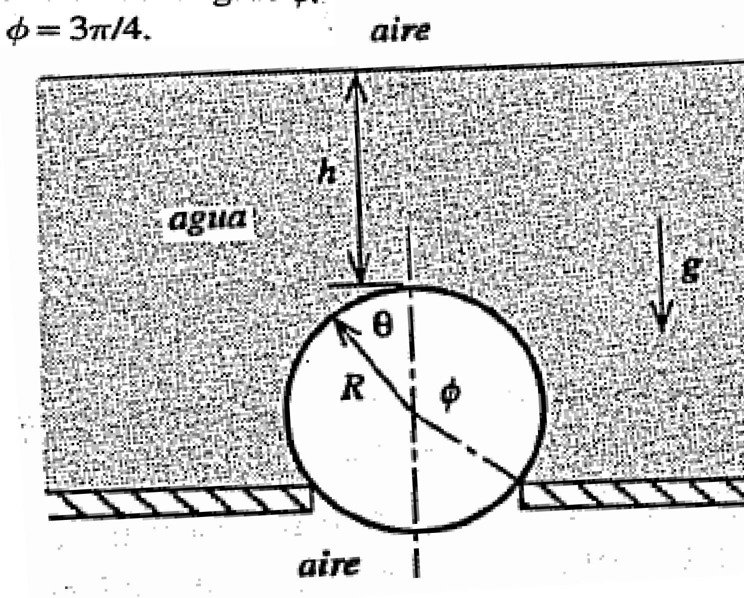


EJERCICIO

La válvula que se encuentra en el fondo del tanque de un inodoro consta de una esfera de radio R y masa despreciable la cual cierra una abertura circular que se encuentra en el fondo del tanque, como se aprecia en la figura P 2.7. La línea de contacto entre la esfera y la abertura forma un ángulo ϕ con la vertical (véase la Fig. P 2.7). La interfaz aire-agua en la parte superior del tanque se encuentra a una distancia h por encima de la esfera.

La presión del agua en la parte superior de la superficie de la esfera mantendrá a ésta en su lugar a menos que la abertura sea demasiado pequeña, v.g., si ϕ es muy cercana a π. (Si $\phi = \pi$, habría una fuerza hacia arriba igual a ρg multiplicada por el volumen de la esfera.)

(a) Deduzca una expresión para la presión manométrica $p\{\theta\}$ en la superficie de la esfera como función del ángulo θ, medido respecto de la vertical, en términos de los parámetros R, h y la densidad del agua ρ. (b) Obtenga una expresión para la fuerza neta F hacia abajo, debida a la presión del agua sobre la esfera, como función del ángulo ϕ. (c) Calcule el valor mínimo de h/R tal que haga que $F \geq 0$ cuando $\phi = 3\pi/4$.



9. PRESIÓN SOBRE CUERPOS SUMERGIDOS (1)

- Si un cuerpo completamente encerrado por una superficie sólida se encuentra inmerso en un fluido, la fuerza de presión total que actúa sobre el cuerpo es llamado fuerza de flotación y se denota por F_b; esta fuerza será:

$$\mathbf{F}_b = \iint_{\mathcal{S}} p\mathbf{n}\, d\mathcal{S}$$

$$= -\iiint_{\mathcal{V}} \nabla p\, d\mathcal{V}$$

$$= -\iiint_{\mathcal{V}} \rho\, \mathbf{g}\, d\mathcal{V}$$

$$= -\rho\, \mathbf{g}\, \mathcal{V}$$

- ***La fuerza de presión (fuerza de empuje) en un cuerpo sumergido es igual en magnitud pero de dirección opuesta a la fuerza de gravedad que actúa sobre el fluido desplazado***: Principio de Arquímedes

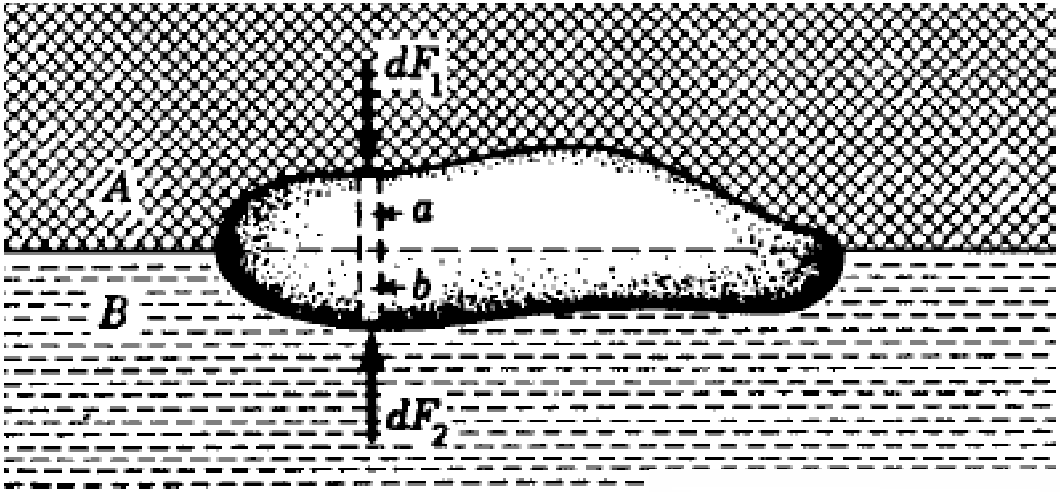
9. PRESIÓN SOBRE CUERPOS SUMERGIDOS (2)

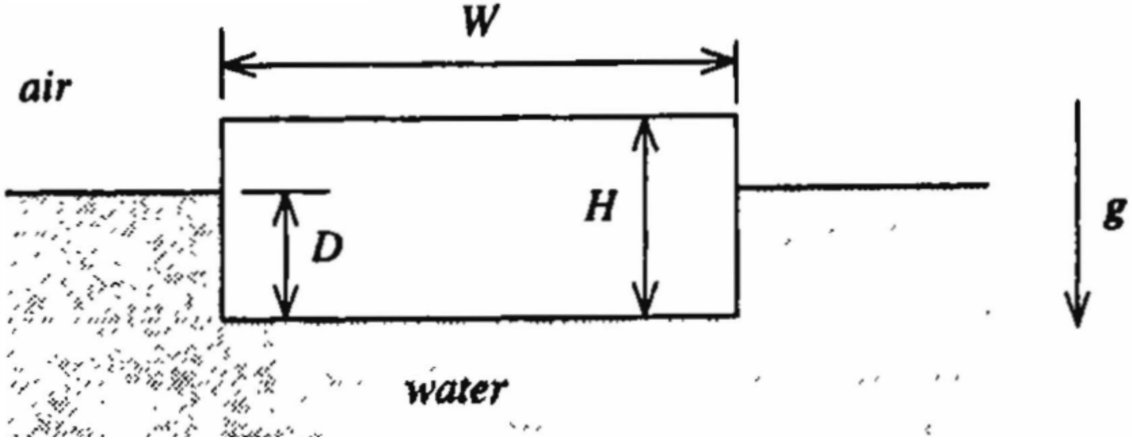
- El centro de flotación queda definidio como el centro de masa del volumen de fluido desplazado:

$$\mathbf{R}_b \equiv \frac{1}{\mathcal{V}} \iiint_{\mathcal{V}} \mathbf{R}\, d\mathcal{V}$$

9. PRESIÓN SOBRE CUERPOS SUMERGIDOS (3)

- Si el cuerpo se encuentra sumergido en la interfaz entre dos fluidos no miscibles:





10. EQUILIBRIO DE CUERPOS SUMERGIDOS(1)

1. EQUILIBRIO ESTÁTICO

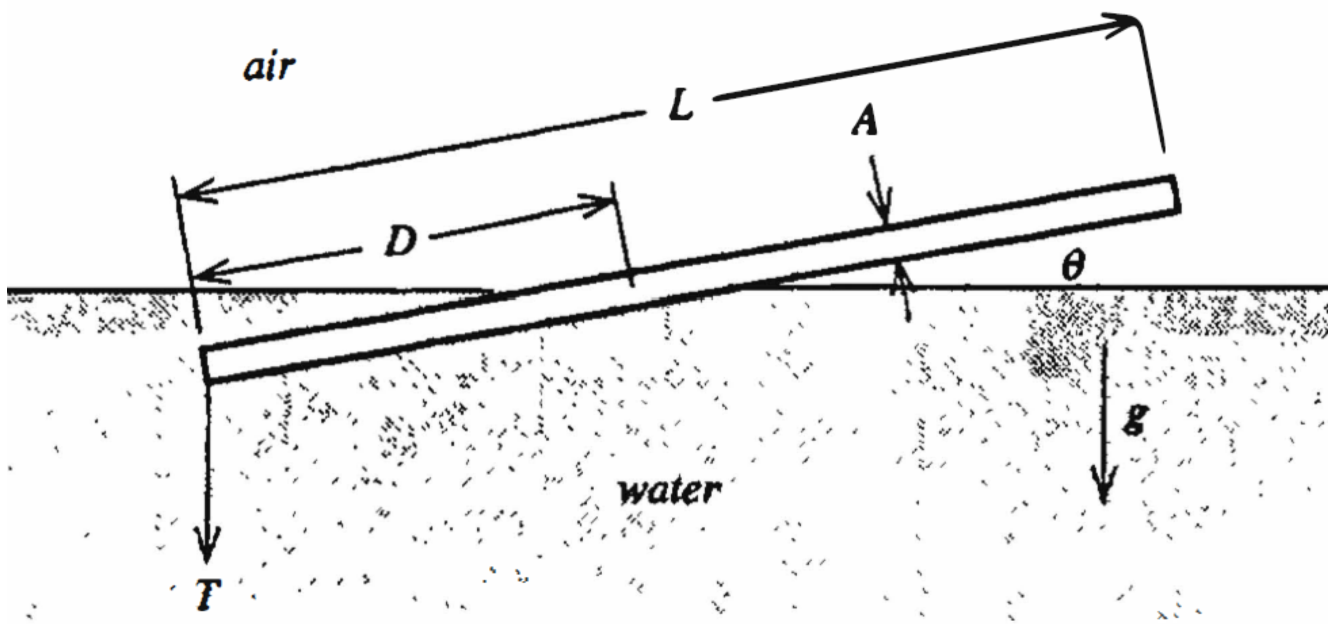
- Un cuerpo de masa M sumergido en un fluido no se moverá si las fuerzas (y sus momentos) que actúan sobre el cuerpo suman cero. Las fuerzas se componen de la fuerza de flotación F_b, la fuerza gravitacional Mg y cualquier fuerza externa F_{ex} que pueda estar presente:

$$M\mathbf{g} - \rho \mathcal{V} \mathbf{g} + \mathbf{F}_{ex} = 0$$

$$\mathbf{R}_g \times M\mathbf{g} - \mathbf{R}_b \times \rho \mathcal{V} \mathbf{g} + \mathbf{R}_{ex} \times \mathbf{F}_{ex} = 0$$

EJERCICIO

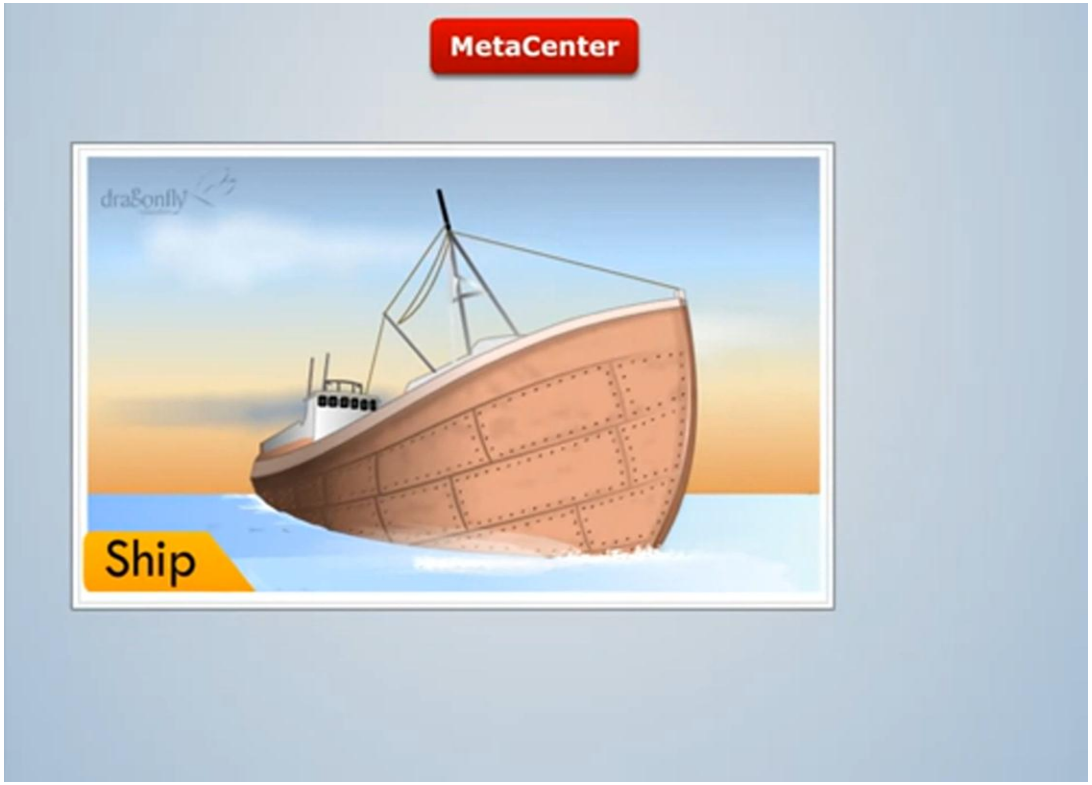
Un palo delgado que flota en un estanque está anclado por una cuerda atada a uno de sus extremos, como se aprecia en la figura E 2.6, de modo que el extremo amarrado se encuentra sumergido y el otro queda sólo en contacto con el aire. El palo forma un ángulo θ con la horizontal. Éste tiene una longitud L con un área de sección transversal A y una densidad ρ_p que es menor a la densidad del agua ρ_w.* Obtenga las expresiones para la longitud D de la parte sumergida del palo y la tensión T en la cuerda del ancla, en términos de los parámetros ρ_p, ρ_w, A y L.



10. EQUILIBRIO DE CUERPOS SUMERGIDOS(2)

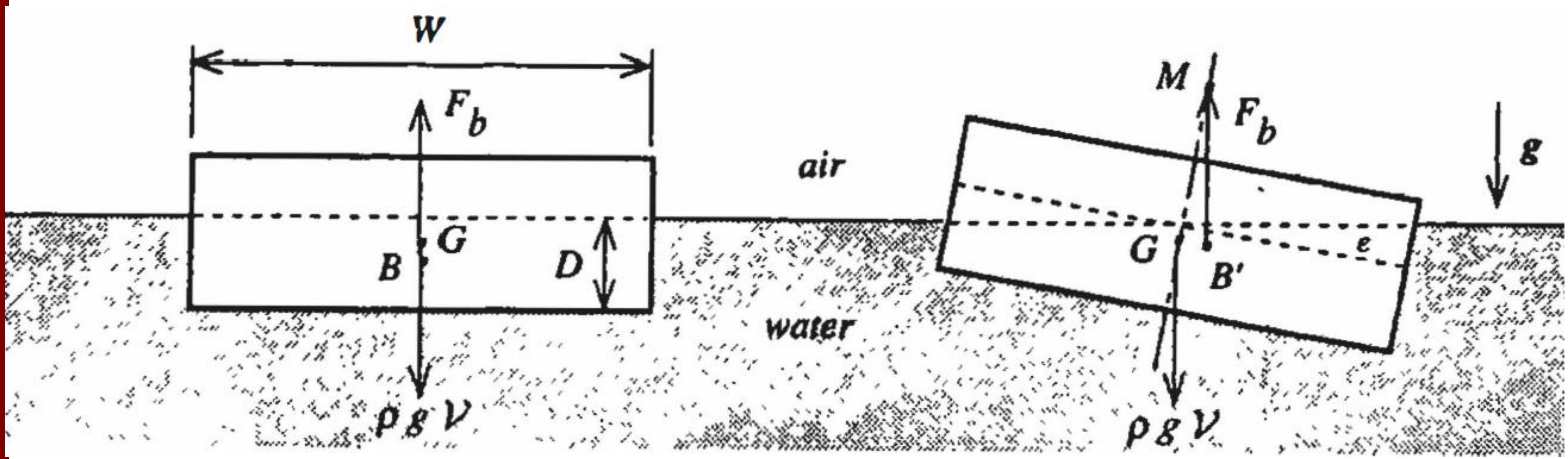
2. EQUILIBRIO ESTABLE

- Un cuerpo de masa M sumergido que sufre la acción de una fuerza desestabilizadora, debe ser capaz de retornar a su posición inicial; de lo contrario se dice que tiene un equilibrio inestable.



10. EQUILIBRIO DE CUERPOS SUMERGIDOS(3)

- Se puede concluir que la estabilidad de un cuerpo flotante se mejora haciendo que el ancho W grande y el calado D pequeño y manteniendo el centro de masa lo más bajo posible



11. FLUIDOS ESTRATIFICADOS

- Cuando la densidad del fluido es una función conocida de la altura z, la presión p {z} como una función de la altura se puede encontrar mediante la integración de la ecuación de balance de fuerza hidrostática:

$$-(\nabla p) \cdot \mathbf{i}_z + \mathbf{g} \cdot \mathbf{i}_z \, \rho\{z\} = 0$$

$$-\left(\frac{dp}{dz}\right) - g\,\rho\{z\} = 0$$

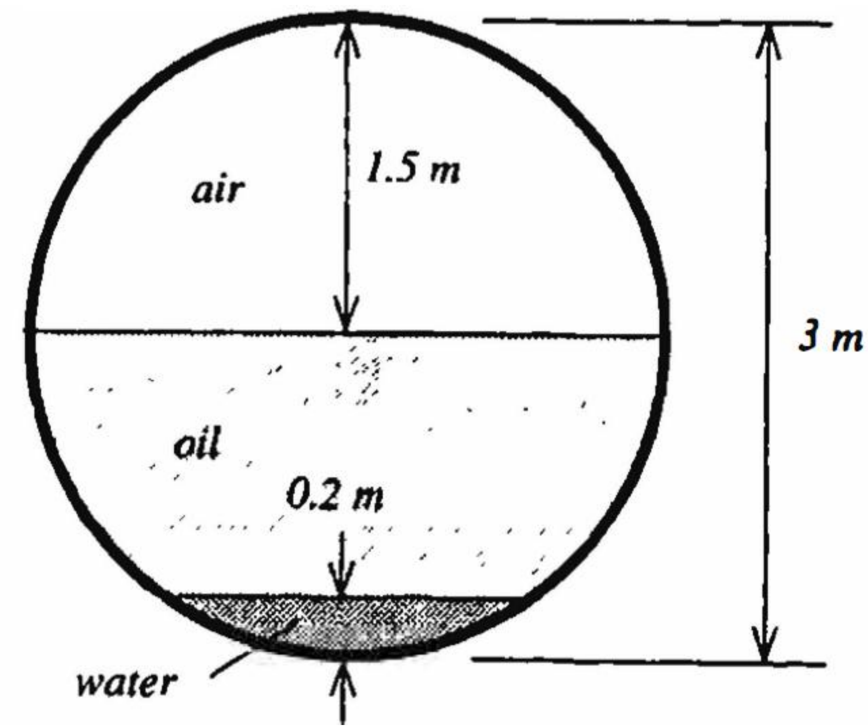
$$dp + g\,\rho\{z\}\,dz = 0$$

$$\int_{p_0}^{p\{z\}} dp + g \int_{z_0}^{z} \rho\{z\}\,dz = 0$$

$$p\{z\} = p_0 - g \int_{z_0}^{z} \rho\{z\}\,dz$$

EJERCICIO

Un tanque cilíndrico horizontal donde se almacena aceite combustible y cuyo diámetro interno mide 3 m está lleno a la mitad con líquido. El líquido consta de una capa de aceite combustible ($SG = 0.87$) que está encima de otra capa de agua de 0.2 m de espesor, como se aprecia en la figura E 2.8. La mitad superior del tanque tiene un tubo de respiración hacia la atmósfera. Calcule la presión manométrica en el fondo del tanque.



EJERCICIO

- La gravedad específica de un líquido varía linealmente desde 1.0 en la superficie hasta 1.1 a una profundidad de 10m. Calcule la presión en h=10m.

12. PRESIÓN ATMOSFÉRICA (1)

- Ya que la presión varía con el espesor de la capa de fluido (o la profundidad), la presión atmosférica también variará.
- Para distancias verticales pequeñas, puede ignorarse la variación de presión con la altura en los gases. Para distancias grandes, no.
- La atmósfera se divide en cuatro capas: la troposfera (más cercana la Tierra), la estratosfera, la mesosfera, y la ionosfera.
- Como el espesor de la atmósfera varía alrededor del globo, los cálculos de base en la atmósfera estándar, que es en la latitud 40° .

12. PRESIÓN ATMOSFÉRICA (2)