I.T.I. FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Física de ondas, electricidad y moderna
Guía 3 – Grado 11°
2025
Fluidos

Los líquidos y los gases se conocen como fluidos porque fluyen libremente y tienden a llenar los recipientes que los contienen. Los fluidos ejercen fuerzas sobre las paredes de los recipientes donde están contenidos. Esas fuerzas actúan sobre áreas definidas y originan una condición de presión. En la prensa hidráulica se utiliza la presión del fluido para elevar cargas pesadas. La estructura de los depósitos de agua, las presas y los grandes tanques de aceite se diseñan, en gran parte, tomando en cuenta la presión. En el diseño de barcos, submarinos y globos meteorológicos se deben tomar en cuenta la presión y la densidad del fluido circundante.

TRABAJO

Antes de estudiar la estática y la dinámica de fluidos, es importante entender la relación entre el peso de un cuerpo y su volumen. Por ejemplo, nos referimos al plomo o al hierro como materiales pesados, mientras que a la madera y al corcho los consideramos ligeros. Lo que en realidad queremos expresar es que un bloque de madera es más ligero que un bloque de plomo si ambos son de tamaño similar. Los términos ligero y pesado son de carácter comparativo. Como se ilustra en la figura 1, es posible que un bloque de plomo pese lo mismo que un bloque de madera si su tamaño relativo difiere en forma considerable. Por otra parte, 1 ft^3 de plomo pesa más de 6 veces lo que pesa 1 ft^3 de madera.

La cantidad que relaciona el peso de un cuerpo con su volumen se conoce como peso específico.

> *El peso específico D de un cuerpo se define como la relación de su peso W entre su volumen V. Las unidades son el newton por metro cúbico (N/m^3) y la libra por pie cúbico (lb/ft^3).*

$$D = \frac{W}{V} \qquad W = DV$$

Por lo tanto, si un objeto de 20 lb ocupa un volumen de 4 ft^3, tiene un peso específico Slb/ft^3.

El peso de un cuerpo no es constante sino que varía de acuerdo al lugar. Una relación más útil para la densidad aprovecha el hecho de que la masa es una constante universal, independientemente de la gravedad.

> La densidad o masa específica p de un cuerpo se define como la relación de su masa m con respecto a su volumen V.

$$p = \frac{m}{V} \qquad m = pV$$

Las unidades de la densidad son el resultado del cociente de unidad de masa entre unidad de volumen, por ejemplo, gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, o slugs por pie cúbico.

La relación entre peso específico y densidad se determina recordando que W = mg. Por consiguiente,

$$D = \frac{mg}{V} = pg$$

En las unidades del SUEU, la materia se describe generalmente en términos de su peso. Por esta razón, el peso específico se usa con más frecuencia cuando se trabaja con este sistema de unidades. En cambio, en las unidades del SI, la masa es la cantidad más conveniente y se prefiere emplear la densidad de masa. La Tabla 1 muestra los pesos específicos y las densidades de algunas sustancias ordinarias.

Otro método para indicar las densidades de las sustancias es por medio de su gravedad específica, la cual compara su densidad con la del agua. Por ejemplo, una sustancia que es la mitad de densa que el agua tendrá una gravedad específica de 0.5.

> La gravedad específica de una sustancia se define como la relación de su densidad con respecto a la densidad del agua a 4°C (1000 kg/m^3).

Un mejor nombre para esta cantidad es densidad relativa, pero el término gravedad específica se usa más ampliamente.

PRESIÓN

La eficiencia de una cierta fuerza a menudo depende del área sobre la que actúa. Por ejemplo, una mujer que usa tacones puntiagudos daña más los pisos que si usara tacones anchos. Aun cuando la dama ejerce la misma fuerza hacia abajo en ambos casos, con los tacones agudos su peso se reparte sobre un área mucho menor. A la fuerza normal por unidad de área se le llama presión. Simbólicamente, la presión P está dada por

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

donde A es el área donde se aplica la fuerza perpendicular F. La unidad de presión resulta de la relación entre cualquier unidad de fuerza entre la unidad de área. Por ejemplo, newtons por metro cuadrado y libras por pulgada cuadrada. En el sistema SI de unidades, al N/m^2 se le llama pascal (Pa). El kilopascal (kPa) es la unidad de medida más apropiada para la presión de fluidos.

$$1\ \mathrm{kPa} = 1000\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} = 0.145\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{in}^2}$$

PRESIÓN DEL FLUIDO

Es importante la diferencia entre cómo actúa la fuerza sobre un fluido y cómo lo hace sobre un sólido. Puesto que el sólido es un cuerpo rígido, puede soportar que se le aplique una fuerza sin que cambie apreciablemente su forma. Por otra parte, un líquido puede soportar una fuerza únicamente en una superficie o frontera cerrada. Si el fluido no está restringido en su movimiento, empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante, en lugar de deformarse elásticamente.

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene siempre actúa en forma perpendicular a esas paredes.

Ésta es una característica propia de los fluidos que hace que el concepto de presión sea muy útil. Si se perforan agujeros a los lados y al fondo de un barril con agua (fig. 2), se demuestra que la fuerza ejercida por el agua es en cualquier parte perpendicular a la superficie del barril.

Al reflexionar un momento se deduce que el líquido también ejerce una presión hacia arriba. Cualquier persona que haya tratado de mantener una balsa por debajo de la superficie del agua se convence de inmediato de la existencia de una presión hacia arriba. En realidad nos damos cuenta de que

Los fluidos ejercen presión en todas direcciones.

La figura 3 muestra un líquido bajo presión. Las fuerzas actúan sobre la cara del émbolo, sobre las paredes del recipiente y sobre las superficies del objeto suspendido, como se aprecia en la figura.

De igual manera que los grandes volúmenes de objetos sólidos ejercen grandes fuerzas contra el lugar que los soporta, los fluidos ejercen gran presión al aumentar la profundidad. El fluido en el fondo de un recipiente siempre está sometido a una presión mayor que la que experimenta cerca de la superficie. Esto se debe al peso del líquido que se encuentra arriba. Sin embargo, es preciso señalar una diferencia entre la presión ejercida por los sólidos y la que se produce en el caso de los líquidos. Un objeto sólido puede ejercer únicamente una fuerza hacia abajo debido a su peso. A cualquier profundidad en un fluido la presión es la misma en todas direcciones. Si esto no fuera cierto, el fluido podría fluir bajo la influencia de una presión resultante hasta que se alcanzara una nueva condición de equilibrio.

Puesto que el peso del fluido que está por arriba de un punto en cuestión es proporcional a su densidad, la presión a cualquier profundidad es también proporcional a la densidad del fluido. Esto puede visualizarse considerando una columna rectangular de agua cuyas dimensiones van desde la superficie hasta la profundidad h, como se muestra en la figura 4. El peso de la columna completa actúa sobre el área A en el fondo de la columna.

Partiendo de la ecuación, podemos escribir el peso de la columna como

$$W = DV = DAh$$

donde D es la densidad de peso del fluido. La presión (peso por unidad de área) a la profundidad h está dada por

$$P = \frac{W}{A} = Dh$$

o bien, en términos de densidad,

$$P = Dh = \rho gh$$

La presión del fluido en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie del fluido.

En el ejemplo 3 no se mencionó la forma o el tamaño del tanque de almacenamiento del agua. Tampoco se dio información acerca de la trayectoria que sigue el agua o el tamaño de las tuberías que conectan el tanque con la toma de la casa. ¿Debemos suponer que nuestra respuesta es correcta cuando se fundamenta tan sólo en la diferencia de niveles del agua? ¿No tienen algún efecto la forma o el área del depósito sobre la presión del líquido? Para responder estas preguntas, debemos recordar algunas de las características ya estudiadas acerca de los fluidos.

Considere una serie de recipientes que se comunican entre sí y que tienen diferentes áreas y formas, como muestra la figura 5. Parecería a primera vista que el mayor volumen contenido en el recipiente A ejercería mayor presión en el fondo que el recipiente D. El efecto de tal diferencia de presión forzaría al líquido a elevarse más en el recipiente D. Sin embargo, si se llenan los recipientes con líquido se demuestra que los niveles son iguales en todos los recipientes.

Parte del problema de entender esta paradoja proviene de la confusión de los términos presión y fuerza total. Como la presión se mide en términos de la unidad de área, no consideramos el área total cuando se resuelven problemas que incluyen a la presión. Por ejemplo, en el recipiente A el área del líquido en el fondo del recipiente es mucho mayor que el área del fondo del recipiente D. Esto significa que el líquido en el recipiente A ejercerá una fuerza total mayor en el fondo que el líquido del recipiente D. Pero la fuerza más grande se aplica sobre un área mayor, por lo que la presión es la misma en ambos recipientes.

Si el fondo de los recipientes B, C y D tuvieran la misma área podríamos decir que las fuerzas totales también son iguales en el fondo de estos recipientes. (Por supuesto, las presiones son iguales a cualquier profundidad). Se puede preguntar por qué las fuerzas totales pueden ser iguales cuando los recipientes B y C contienen un mayor volumen de agua. El agua adicional en cada caso se apoya mediante componentes verticales de las fuerzas ejercidas por las paredes del recipiente sobre el fluido. (figura 6.)

Cuando las paredes del recipiente son verticales, las fuerzas que actúan sobre los lados no tienen componentes hacia arriba. Por lo tanto, la fuerza total al fondo de un recipiente es igual al peso de una columna recta de agua sobre el área de la base.

MEDICIÓN DE LA PRESIÓN

La presión que se estudió en la sección previa se debe únicamente al propio fluido y puede calcularse a partir de la ecuación. Desafortunadamente, este caso no es el más frecuente. Cualquier líquido en un recipiente abierto, por ejemplo, está sujeto a la presión atmosférica además de la presión debida a su propio peso. Puesto que el líquido es relativamente incompresible, la presión externa de la atmósfera se trasmite por igual a través del volumen del líquido. El primero en enunciar este hecho fue el matemático francés Bias Pascal (1623-1662), y se conoce como ley de Pascal. En general, se enuncia como sigue:

Una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite uniformemente a través del volumen del líquido.

La mayoría de los dispositivos que permiten medir la presión directamente miden en realidad la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica. El resultado obtenido se conoce como la presión manométrica.

$$Presión\ absoluta = presión\ manométrica + presión\ atmosférica$$

La presión atmosférica al nivel del mar es 101.3 kPa, o 14.7 lb/in^2. Debido a que la presión atmosférica participa en gran número de cálculos, con frecuencia se usa una unidad de presión de 1 atmósfera (atm), definida como la presión media que la atmósfera ejerce al nivel del mar, es decir, 101.3 kPa.

Un aparato muy común para medir la presión manométrica es el manómetro de tubo abierto, mostrado en la figura 7. El manómetro consiste en un tubo en forma de U que contiene un líquido, que generalmente es mercurio. Cuando ambos extremos del tubo están abiertos, el mercurio busca su propio nivel ya que se ejerce 1 atm de presión en cada uno de los extremos abiertos. Cuando uno de los extremos se conecta a una cámara presurizada, el mercurio se eleva en el tubo abierto hasta que las presiones se igualan. La diferencia entre los dos niveles de mercurio es una medida de la presión manométrica: la diferencia entre la presión absoluta en la cámara y la presión atmosférica en el extremo abierto. El manómetro se usa con tanta frecuencia en situaciones de laboratorio que la presión atmosférica y otras presiones se expresan a menudo en centímetros de mercurio o pulgadas de mercurio.

Por lo general, la presión atmosférica se mide en el laboratorio con un barómetro de mercurio. El principio de su operación se muestra en la figura 8. Un tubo de vidrio, cerrado en un extremo, se llena de mercurio. El extremo abierto se tapa y el tubo se invierte en una cubeta de mercurio. Si no se tapa el extremo abierto, el mercurio fluye hacia afuera del tubo hasta que la presión ejercida por la columna de mercurio equilibra exactamente la presión atmosférica que actúa sobre el mercurio de la cubeta. Puesto que la presión en el tubo sobre la columna de mercurio es cero, la altura de la columna por arriba del nivel del mercurio en la cubeta indica la presión atmosférica. Al nivel del mar, una presión atmosférica de 14.7 lb/in^2 hará que el nivel del mercurio en el tubo se estabilice a una altura de 76 cm, o 30 in.

En resumen, podemos escribir las siguientes medidas equivalentes de la presión atmosférica:

$$\begin{aligned} 1\text{ atm} &= 101.3\text{ kPa} = 14.7\text{ lb}/in^2 = 76\text{ cm de mercurio} \\ &= 30\text{ in de mercurio} = 2116\text{ lb}/ft^2 \end{aligned}$$

PRENSA HIDRÁULICA

La aplicación más frecuente de la ley de Pascal es la prensa hidráulica, que se ilustra en la figura 9. De acuerdo con el principio de Pascal, una presión aplicada al líquido en la columna izquierda se transmitirá íntegramente al líquido de la columna de la derecha. Por lo tanto, si una fuerza de entrada F_i actúa sobre un émbolo de área A_i, causará una fuerza de salida F_0 que actúa sobre un émbolo de área A_0 de modo que

$$Presión\ de\ entrada = presión\ de\ salida$$

$$\frac{F_i}{A_i} = \frac{F_0}{A_0}$$

La ventaja mecánica ideal de tal dispositivo es igual a la relación de la fuerza de salida con respecto a la fuerza de entrada. Simbólicamente escribimos

$$M_I = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_0}{A_0}$$

Una pequeña fuerza de entrada puede ser multiplicada para producir una fuerza de salida mucho mayor utilizando simplemente un émbolo de salida con una área mucho mayor que la del émbolo de entrada. La fuerza de salida está dada por

$$F_0 = F_1 \frac{A_0}{A_i}$$

De acuerdo con los métodos desarrollados para las máquinas simples, el trabajo de entrada debe ser igual al trabajo de salida si despreciamos la fricción. Si la fuerza de entrada F_i recorre una distancia si mientras la fuerza de salida F_0 viaja una distancia s_0, podemos escribir

$$Trabajo\ de\ entrada = trabajo\ de\ salida$$

$$F_i s_i = F_0 s_0$$

Esta relación conduce a otra expresión útil para la ventaja mecánica ideal de una prensa hidráulica:

$$M_I = \frac{F_0}{F_i} = \frac{s_i}{s_0}$$

Observe que la ventaja mecánica se gana a expensas de la distancia de entrada. Por esta razón, la mayoría de las aplicaciones utilizan un sistema de válvulas para permitir que el pistón de salida se eleve por una serie de impulsos cortos del pistón de entrada.

El principio de la prensa hidráulica se aprovecha en múltiples dispositivos mecánicos y de ingeniería. Entre los ejemplos más comunes están: la dirección hidráulica de vehículos (servodirección), el gato hidráulico, los amortiguadores y el sistema de frenos de los automóviles.

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

Cualquier persona que está familiarizada con la natación y otros deportes acuáticos ha observado que los objetos parecen perder peso cuando se sumergen en agua. En realidad, el objeto puede incluso flotar en la superficie debido a la presión hacia arriba ejercida por el agua. Un antiguo matemático griego, Arquímedes (287-212 a.C.), fue el primero que estudió el empuje vertical hacia arriba ejercido por los fluidos. El principio de Arquímedes se enuncia en la siguiente forma:

> *Un objeto que se encuentra parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente (empuje) igual al peso del fluido desalojado.*

El principio de Arquímedes se puede demostrar estudiando las fuerzas que ejerce el fluido sobre un cuerpo que se encuentra suspendido en él. Considere un disco de área A y de altura H que está totalmente sumergido en un fluido, como se muestra en la figura 10. Recuerde que la presión a cualquier profundidad h en el fluido está dada por

$$P = pgh$$

donde p es la densidad de masa del fluido y g es la aceleración de la gravedad. Por supuesto, si deseamos representar la presión absoluta dentro del fluido, tenemos que sumar también la presión externa ejercida por la atmósfera. La presión total hacia abajo P1 ejercida sobre la parte superior del disco, según la figura 10, es por lo tanto:

$$P_1 = P_a + pgh_1 \quad \text{(hacia abajo)}$$

donde P_a es la presión atmosférica y h_1 es la profundidad en la parte superior del disco. En forma similar, la presión hacia arriba P_2 en la parte inferior del disco es

$$P_2 = P_a + pgh_2 \quad \text{(hacia arriba)}$$

donde h_2 es la profundidad medida en la parte inferior del disco. Puesto que h_2 es mayor que h_1, la presión registrada en la parte inferior del disco es mayor que la presión en su parte superior, lo cual da por resultado una fuerza neta hacia arriba. Si representamos la fuerza hacia abajo como F_1 y la fuerza hacia arriba como F_2, podemos escribir

$$F_1 = P_1A \qquad F_2 = P_2A$$

La fuerza neta hacia arriba ejercida por el fluido sobre el disco se llama empuje y está dada por

$$\begin{aligned} F_B &= F_2 - F_1 = A(P_2 - P_1) \\ &= A(P_a + pgh_2 - P_a - pgh_1) \\ &= Apg(h_2 - h_1) = ApgH \end{aligned}$$

donde H = $h_2 - h_1$ es la altura del disco. Finalmente, si recordamos que el volumen del disco es V = AH, obtenemos este importante resultado:

$$F_B = Vpg = mg$$

$$empuje = peso\ del\ fluido\ desalojado$$

que es el principio de Arquímedes.

Al aplicar este resultado debemos recordar que la ecuación nos permite calcular únicamente el empuje ocasionado por la diferencia de presiones. No representa en realidad la fuerza resultante. Un cuerpo se sumergirá si el peso del fluido que desaloja (el empuje) es menor que el peso de dicho cuerpo. Si el peso del fluido desalojado es exactamente igual al peso del cuerpo sumergido, éste ni se hunde ni se va hasta arriba. En este caso, el cuerpo estará en equilibrio. Si el peso del fluido desalojado excede al peso del cuerpo sumergido, el cuerpo se elevará hasta la superficie y flotará. Cuando el cuerpo flota y alcanza el equilibrio en la superficie, desplazará su propio peso de líquido. La figura 11 demuestra esto mediante el uso de un recipiente cilíndrico con vertedero y un vaso para recibir el fluido desalojado por un bloque de madera.

FLUJO DE FLUIDOS

Las dificultades matemáticas a las que hay que enfrentarse cuando se intenta describir el movimiento de un fluido son formidables. La tarea se facilitará si hacemos ciertas suposiciones. Ante todo, consideraremos que todos los fluidos en movimiento muestran una corriente laminar o flujo aerodinámico.

> *El flujo aerodinámico es el movimiento de un fluido en el cual cada partícula en el fluido sigue la misma trayectoria (pasa por un punto particular) que siguió la partícula anterior.*

La figura 12 muestra las líneas de corriente de flujo de aire que pasan por dos obstáculos estacionarios. Observe que las líneas de corriente se rompen cuando el aire pasa sobre el segundo obstáculo, generando corriente turbulenta y remolinos. Estos pequeños remolinos representan el flujo turbulento y absorben gran parte de la energía del fluido, incrementando el arrastre por fricción a través del fluido.

Vamos a considerar, además, que los fluidos son incompresibles y que no presentan una fricción interna apreciable. En estas condiciones, se pueden hacer algunas predicciones acerca de la velocidad de flujo del fluido a lo largo de una tubería o de otro recipiente.

> *El gasto se define como el volumen de fluido que pasa a través de cierta sección transversal en la unidad de tiempo.*

Para expresar esta relación en forma cuantitativa, consideraremos el caso de un líquido que fluye a lo largo de una tubería como la que se ilustra en la figura 13, con una velocidad media v. En un intervalo de tiempo t, cada partícula en la corriente se mueve a través de una distancia vt. El volumen V que fluye a través de la sección transversal A está dado por

$$\mathrm{V} = \mathrm{Avt}$$

Por lo tanto, el gasto (volumen por unidad de tiempo) se puede calcular partiendo de

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{Avt}}{\mathrm{t}} = \mathrm{vA}$$

$$Gasto = velocidad \text{ x } secci\acute{o}n\, transversal$$

Las unidades de R expresan la relación de una unidad de volumen entre una unidad de tiempo. Ejemplos frecuentes de esto son: pies cúbicos por segundo, metros cúbicos por segundo, litros por segundo y galones por minuto.

Si el fluido es incompresible y no tomamos en cuenta los efectos de la fricción interna, el gasto R permanecerá constante. Esto significa que una variación en la sección transversal en la tubería, como se muestra en la figura 14, da por resultado un cambio en la velocidad del líquido, de tal modo que el producto vA permanece constante.

Simbólicamente escribimos

$$\mathrm{R}_1 = \mathrm{v}_1\mathrm{A}_1 = \mathrm{v}_2\mathrm{A}_2$$

Un líquido fluye con más rapidez a través de una sección estrecha de tubería y más lentamente a través de secciones más amplias. Este principio es la causa de que el agua fluya más rápido cuando las orillas de un arroyo en algunas partes están más cercanas entre sí.

PRESIÓN Y VELOCIDAD

La velocidad de un fluido aumenta cuando fluye a través de un angostamiento. Un incremento en la velocidad únicamente se puede deber a la presencia de una fuerza de aceleración. Para acelerar un líquido que, entra a la constricción, la fuerza de empuje proveniente de la sección transversal amplia debe ser mayor que la fuerza de resistencia de la constricción. En otras palabras, la presión en los puntos A y C, en la figura 15 debe ser mayor que la presión en B. Los tubos insertados en la tubería sobre dichos puntos indican claramente la diferencia de presión. El nivel del fluido en el tubo situado sobre la parte angosta es más bajo que el nivel en las áreas adyacentes. Si h es la diferencia de altura, la diferencia de presión está dada por

$$\mathrm{P_A} - \mathrm{P_B} = \mathrm{phg}$$

Esto es cierto si se supone que la tubería está en posición horizontal y que no se producen cambios de presión debido al cambio de energía potencial. El ejemplo 9, como se muestra en la figura 15, muestra el principio del medidor venturi. Partiendo de la determinación de la diferencia de la presión, este dispositivo hace posible el cálculo de la velocidad del agua en una tubería horizontal.

El efecto venturi tiene muchas otras aplicaciones tanto para líquidos como para gases. El carburador de un automóvil utiliza el principio venturi para mezclar vapor de gasolina y aire. El aire que pasa a través de una constricción en su camino hacia los cilindros, origina un área de baja presión a medida que aumenta su velocidad. La disminución en la presión se usa para enviar combustible a la columna de aire, donde s evaporiza rápidamente.

La figura 16 muestra dos métodos que se pueden usar para demostrar la disminución de la presión debida al aumento de velocidad. Un ejemplo más sencillo consiste en soplar aire por encima de la superficie de una hoja de papel, como se puede ver en la figura 16a. La presión en la corriente de aire por encima del papel se reducirá. Esto permite que el exceso de presión en la parte inferior empuje al papel hacia arriba.

Una segunda demostración requiere de un carrete, un disco de cartulina y un alfiler (figura 16b). El alfiler se clava a través del disco de cartulina y se coloca en uno de los extremos del carrete, como muestra la figura. Si se sopla a través del extremo abierto, descubrirá que el disco se adhiere más al otro extremo. Uno esperaría que el disco de cartulina se despegara de inmediato. La explicación es que el aire que fue soplado en el carrete debe escapar a través del estrecho espacio entre el disco y el extremo del carrete. Esta acción crea un área de baja presión, lo que permite que la presión atmosférica externa empuje al disco contra el carrete.

LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

En el estudio sobre fluidos, se han destacado cuatro parámetros: la presión P, la densidad r, la velocidad v y la altura h sobre algún nivel de referencia. El primero en establecer la relación entre estas cantidades y su capacidad para describir fluidos en movimiento fue el matemático suizo Daniel Bernoulli (1700-1782). Los pasos que condujeron al desarrollo de esta relación fundamental se pueden comprender considerando la figura 17.

Puesto que un fluido tiene masa, debe obedecer a las mismas leyes de la conservación establecidas para los sólidos. En consecuencia, el trabajo necesario para mover cierto volumen de fluido a lo largo de la tubería debe ser igual al cambio total en energía potencial y cinética. Consideremos el trabajo requerido para mover el fluido del punto a al punto b en la figura 17a. El trabajo neto debe ser la suma del trabajo realizado por la fuerza de entrada F_1 y el trabajo negativo efectuado por la fuerza de resistencia F_2.

$$Trabajo\ neto = F_1 s_1 - F_2 s_2$$

Pero $F_1 = P_1A_1$ y $F_2 = P_2A_2$, de modo que

$$Trabajo\ neto = P_1 A_1 s_1 - P_2 A_2 s_2$$

El producto del área y la distancia representa el volumen V del fluido que se mueve a través de la tubería. Puesto que este volumen es el mismo en la parte inferior que en la parte superior de la tubería, podemos sustituir

$$\mathrm{V} = \mathrm{A_1 s_1} = \mathrm{A_2 s_2}$$

y obtener

$$Trabajo\ neto = \mathrm{P_1V - P_2V} = \mathrm{(P_1 - P_2)V}$$

La energía cinética E_k de un fluido se define como $\frac{1}{2}mv^2$, donde m es la masa del fluido y v es su velocidad.
Puesto que la masa permanece constante, únicamente hay un cambio en la energía cinética ΔE_k debido a la diferencia de velocidad del fluido. En nuestro ejemplo, el cambio en la energía cinética es

$$\Delta \mathrm{E_k} = \frac{1}{2}\mathrm{mv_2^2} - \frac{1}{2}\mathrm{mv_1^2}$$

La energía potencial de un fluido a una altura h sobre algún punto de referencia se define como mgh, donde mg representa el peso del fluido. El volumen del fluido que se mueve a lo largo de la tubería es constante. Por consiguiente, el cambio en la energía potencial ΔE_p es el resultado del incremento de altura del fluido de h_1 a h_2:

$$\Delta \mathrm{E_p} = \mathrm{mgh_2 - mgh_1}$$

Ahora estamos preparados para aplicar el principio de la conservación de la energía. El trabajo neto realizado sobre el sistema debe ser igual a la suma de los incrementos en energía cinética y energía potencial. Por lo tanto,

$$\mathrm{Trabajo\ neto} = \Delta \mathrm{E_k} + \Delta \mathrm{E_p}$$

$$\mathrm{(P_1 - P_2)V} = \left(\frac{1}{2}\mathrm{mv_2^2} - \frac{1}{2}\mathrm{mv_1^2}\right) + \mathrm{(mgh_2 - mgh_1)}$$

Si la densidad del fluido es p, podemos sustituir V = m/p, lo que nos da

$$\mathrm{(P_1 - P_2)}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{p}} = \frac{1}{2}\mathrm{mv_2^2} - \frac{1}{2}\mathrm{mv_1^2} + \mathrm{mgh_2 - mgh_1}$$

Si se multiplica por p/m y se reordenan los términos se obtiene la ecuación de Bernoulli:

$$P_1 + pgh_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 = P_2 + pgh_2 + \frac{1}{2}pv_2^2$$

En vista de que los subíndices 1 y 2 se refieren a dos puntos cualesquiera, la ecuación de Bernoulli se puede enunciar en una forma más simple como

$$P + pgh + \frac{1}{2}pv^2 = constante$$

La ecuación de Bernoulli encuentra aplicación en casi todos los aspectos del flujo de fluidos. La presión P debe reconocerse como la presión absoluta y no la presión manométrica. Recuerde que p es la densidad y no el peso específico del fluido. Observe que las unidades de cada término de la ecuación de Bernoulli son unidades de presión.

APLICACIONES DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

En gran número de situaciones físicas, la velocidad, la altura o la presión de un fluido son constantes. En tales casos, la ecuación de Bernoulli adquiere una forma simple. Por ejemplo, cuando un líquido es estacionario, tanto v_1 como v_2 valen cero. La ecuación de Bernoulli nos mostrará que la diferencia de presiones es

$$P_2 - P_1 = pg(h_1 - h_2)$$

Esta ecuación es idéntica a la relación estudiada para fluidos en reposo. Otro resultado importante se presenta cuando no hay cambio en la presión ($P_1 = P_2$). En la figura 18 un líquido sale de un orificio situado cerca del fondo de un tanque abierto. Su velocidad cuando sale del orificio puede determinarse a partir de la ecuación de Bernoulli. Debemos suponer que el nivel del líquido en el tanque desciende lentamente en comparación con la velocidad de salida, de tal modo que la velocidad v_2 en la parte superior puede considerarse cero. Además, debe tomarse en cuenta que la presión del líquido tanto en la parte superior como en el orificio es igual a la presión atmosférica. Entonces, $P_1 = P_2$ y $v_2 = 0$, lo que reduce la ecuación de Bernoulli a

$$pgh_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 = pgh_2$$

o bien,

$$v_1^2 = 2g(h_2 - h_1) = 2gh$$

Esta relación se conoce como teorema de Torricelli:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Note que la velocidad de salida de un líquido a la profundidad h es la misma que la de un objeto que se dejara caer del reposo desde una altura h.
La velocidad a la cual un líquido fluye desde un orificio está dada por vA según la ecuación. La relación de Torricelli nos permite expresar el gasto en términos de la altura del líquido sobre el orificio. O sea,

$$R = vA = A\sqrt{2gh}$$

Un ejemplo interesante para demostrar el principio de Torricelli se muestra en la figura 19. La velocidad de descarga aumenta con la profundidad. Observe que el alcance máximo se logra cuando la abertura se encuentra a la mitad de la columna de agua. Aunque la velocidad de descarga aumenta por debajo del punto medio, el agua golpea el piso más cerca. Esto ocurre porque llega al piso más pronto. Las perforaciones equidistantes por encima y por abajo del punto medio tendrán el mismo alcance horizontal.

Como una aplicación final, considere el efecto venturi que describe el movimiento de un fluido a lo largo de una constricción. Si la tubería de la figura 20 es horizontal, podemos establecer que $h_1 = h_2$ en la ecuación de Bernoulli, lo que nos da

$$P_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}pv_2^2$$

Puesto que v_1 es mayor que v_2 se deduce que la presión P_1 debe ser menor que la presión P_2 para que se satisfaga la ecuación.

F I G U R A S

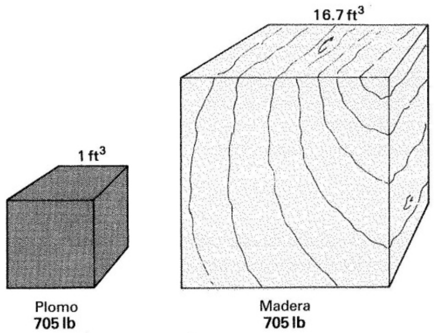

Fig. 1 Comparación de la relación peso y volumen para plomo y madera.

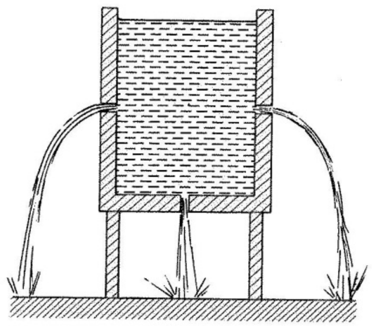

Fig. 2 Las fuerzas ejercidas por un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene son perpendiculares en todos los puntos.

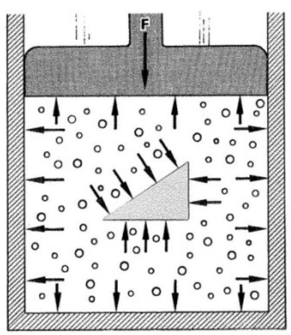

Fig. 3 Los fluidos ejercen presión en todas direcciones.

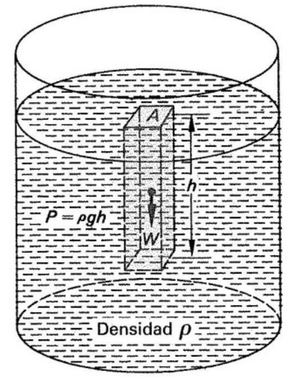

Fig. 4 Relación entre presión, densidad y profundidad.

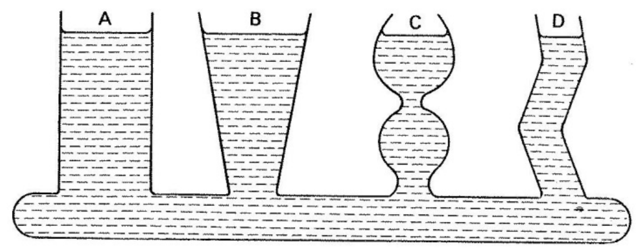

Fig. 5 El agua siempre busca su propio nivel lo cual indica que la presión es independiente del área o de la forma del recipiente.

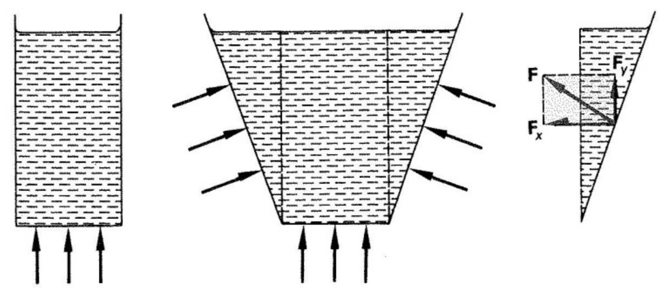

Fig. 6 La presión en el fondo de cada recipiente sólo es función de la profundidad del líquido y es la misma en todas direcciones. Puesto que el área en el fondo es la misma en ambos recipientes, la fuerza total ejercida sobre el fondo de cada uno de ellos es también igual.

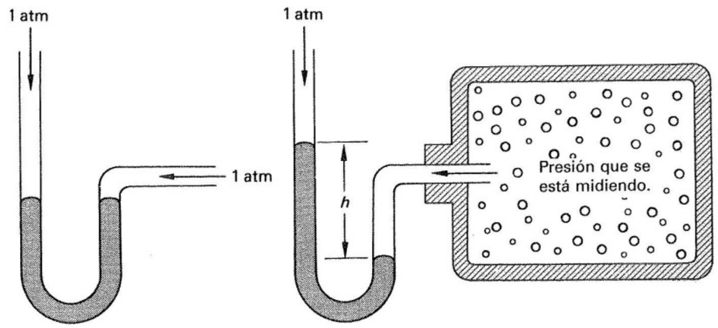

Fig. 7 Manómetro de tubo abierto. La presión se mide por la altura h de la columna de mercurio.

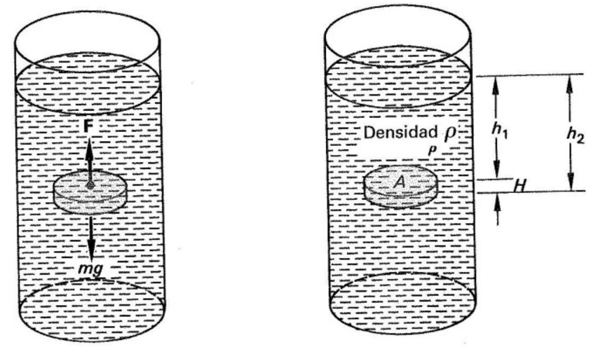

Fig. 10 El empuje que se ejerce sobre el disco es igual al peso del fluido que se desaloja.

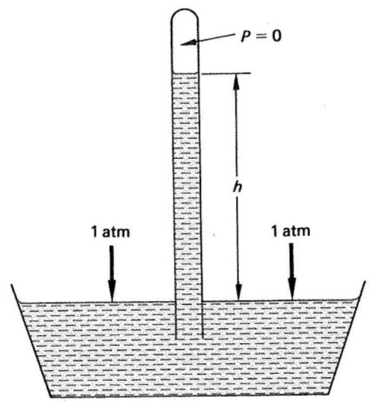

Fig. 8 Barómetro

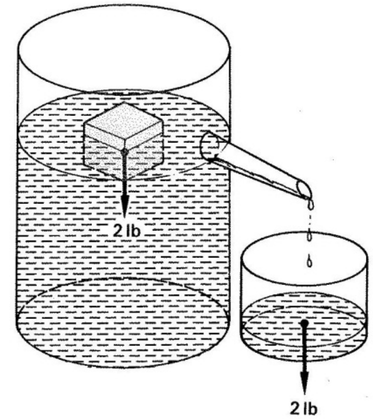

Fig. 11 Un cuerpo que flota desaloja su propio peso de fluido.

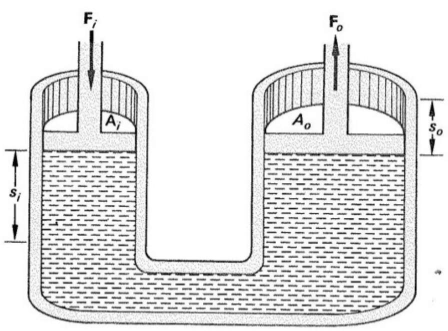

Fig. 9 Prensa hidráulica.

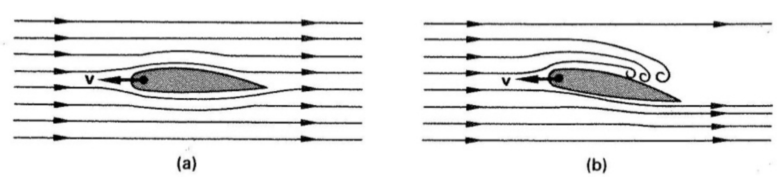

Fig. 12 Flujos laminar y turbulento en la trayectoria de un fluido.

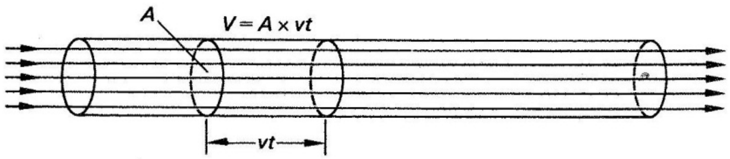

Fig. 13 Cálculo de la velocidad de un fluido que circula por un tubo.

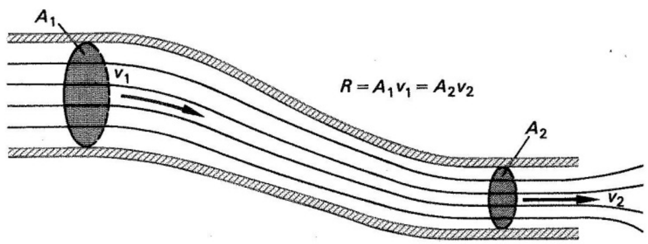

Fig. 14 En el flujo laminar, el producto de la velocidad del fluido por el área de la sección transversal del tubo es constante en cualquier punto.

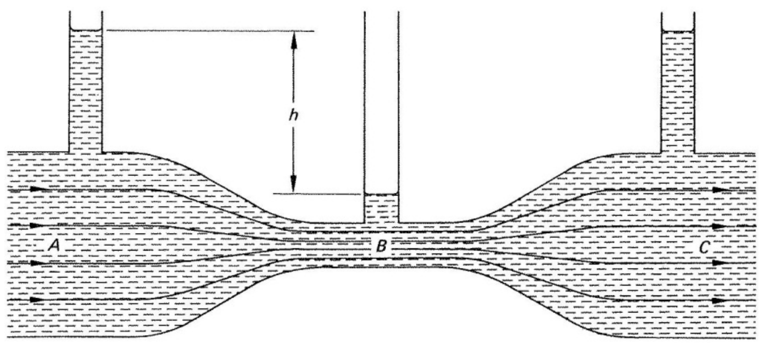

Fig. 15 El incremento de la velocidad de un fluido que se desplaza a través de una sección más estrecha de un tubo provoca una caída en la presión.

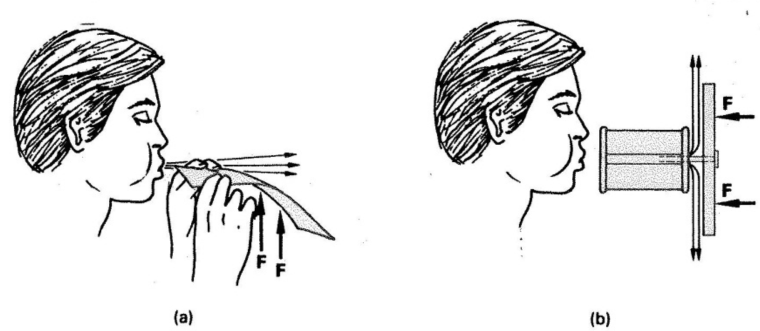

Fig. 16 Demostraciones de la disminución de presión que resulta de un incremento en las velocidades del aire.

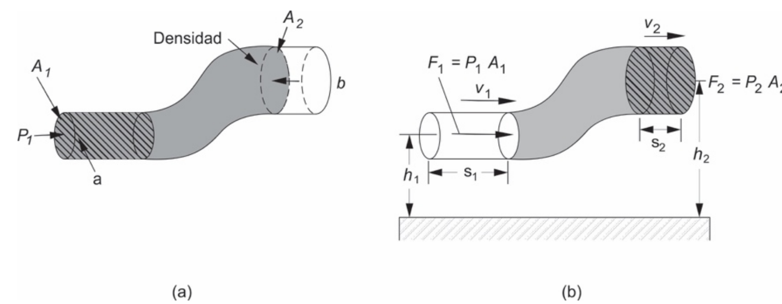

Fig. 17 Deducción de la ecuación de Bernoulli.

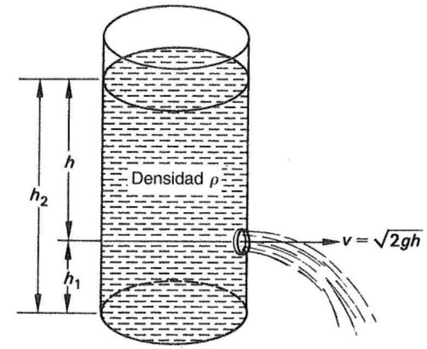

Fig. 18 Teorema de Torricelli.

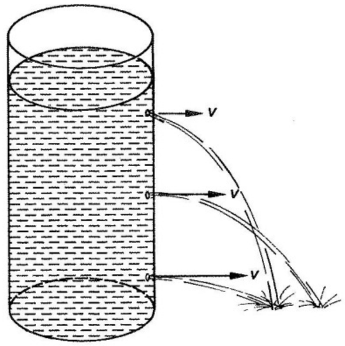

Fig. 19 La velocidad de descarga aumenta con la profundidad por debajo de la superficie, pero el alcance es máximo en el punto medio.

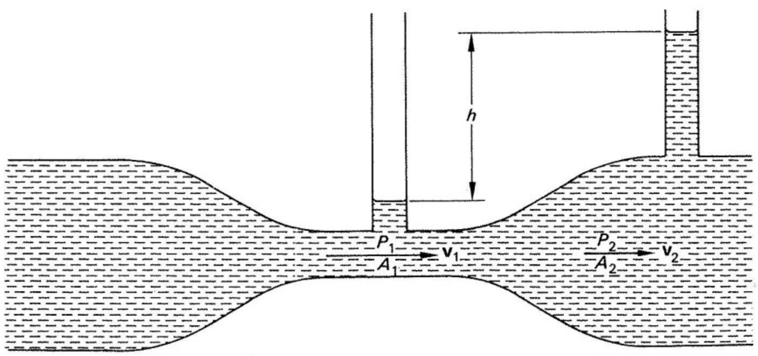

Fig. 20 Flujo de un fluido a lo largo de un estrechamiento en una tubería horizontal.

TABLA 1 DENSIDAD DE MASA Y PESO ESPECÍFICO

Sustancia	D,lb/ft^3	ρ g/cm^3	ρ kg/m^3
Sólidos:			
Aluminio	169	2.7	2,700
Latón	540	8.7	8,700
Cobre	555	8.89	8,890
Vidrio	162	2.6	2,600
Oro	1204	19.3	19,300
Hielo	57	0.92	920
Hierro	490	7.85	7,850
Plomo	705	11.3	11,300
Roble	51	0.81	810
Plata	654	10.5	10,500
Acero	487	7.8	7,800
Líquidos:			
Alcohol	49	0.79	790
Benceno	54.7	0.88	880
Gasolina	42	0.68	680
Mercurio	850	13.6	13,600
Agua	62.4	1.0	1,000
Gases (0°C):			
Aire	0.0807	0.00129	1.29
Helio	0.0110	0.000178	0.178
Hidrógeno	0.0058	0.000090	0.090
Nitrógeno	0.0782	0.00126	1.25
Oxígeno	0.0892	0.00143	1.43

E J E M P L O 1

Un tanque cilíndrico de gasolina tiene 3 m de longitud y 1.2 m de diámetro. ¿Cuántos kilogramos de gasolina es capaz de almacenar el tanque?

Solución
Primero se calcula el volumen:

$$V = \pi r^2 h = \pi(0.6)^2(3\text{ m}) = 3.39\text{ m}^3$$

Sustituyendo el volumen y la densidad de masa en la ecuación, obtenemos

$$m = pV = (680\text{ kg/m}^3)(3.39\text{ m}^3) = 2310\text{ kg}$$

E J E M P L O 2

Un zapato de golf tiene 10 tacos, cada uno con un área de 0.01 in^2 en contacto con el piso. Suponga que, al caminar, hay un instante en que los 10 tacos soportan el peso completo de una persona de 180 lb. ¿Cuál es la presión ejercida por los tacos sobre el suelo? Exprese la respuesta en unidades del SI.

Solución
El área total que está en contacto con el piso es 0.1 in^2 (10 x 0.01 in^2).

Sustituyendo en la ecuación queda

$$P = \frac{F}{A} = \frac{180\text{ lb}}{0.1\text{ in}^2} = 1800\text{ lb/in}^2$$

Convirtiendo a unidades del SI, obtenemos

$$P = \left(1800\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)\frac{1\text{kPa}}{0.145\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 1.24\text{ x }10^2\text{ kPa}$$

En la medida en que disminuye el área del zapato que está en contacto con el suelo, la presión se vuelve mayor. Es fácil darse cuenta de por qué se debe tomar en cuenta este factor cuando se va a construir el piso.

E J E M P L O 3

El émbolo más pequeño y el más grande de una prensa hidráulica tienen diámetros de 2 y 24 in, respectivamente.

(a) ¿Qué fuerza de entrada se requiere para proporcionar una fuerza total de salida de 2000 lb al émbolo grande?

(b) ¿Qué desplazamiento debe tener el émbolo pequeño para elevar el grande 1 in?

Solución (a)
La ventaja mecánica ideal es

$$M_I = \frac{A_0}{A_i} = \frac{\pi d_0^2/4}{\pi d_i^2/4} = \left(\frac{d_0}{d_i}\right)^2 = \left(\frac{24\ in}{2\text{ in}}\right)^2 = (12)^2 = 144$$

La fuerza de entrada requerida es

$$F_i = \frac{F_0}{M_I} = \frac{2000\text{ lb}}{144} = 13.9\text{ lb}$$

Solución (b)
Aplicando la ecuación, podemos calcular la distancia de entrada.

$$s_i = M_I s_0 = (144)(1\text{ in}) = 144\text{ in}$$

EJEMPLO CONCEPTUAL 4

Un corcho tiene un volumen de 4 cm^3 y una densidad de 207 kg/m^3.
(a) ¿Qué volumen del corcho se encuentra bajo la superficie cuando el corcho flota en agua?
(b) ¿Qué fuerza hacia abajo es necesaria para sumergir el corcho por completo?

Solución (a)
El corcho desplazará un volumen de agua igual a su propio peso. Recordando que 1 cm^3 = 1 x 10^{-6} m^3, el peso de 4 cm^3 de corcho es

$$W = \rho gV = (207\ kg/m^3)(9.8\ m/s^2)(4 \times 10^{-6}\ m^3)$$

$$= 8.11 \times 10^{-3}\ N$$

Puesto que W = ρgV, el volumen del agua desalojada es

$$V = \frac{W}{\rho g} = \frac{8.11 \times 10^{-3}\ N}{(1000\ kg/m^3)(9.8\ m/s^2)}$$

$$= 8.28 \times 10^{-7}\ m^3 \text{ o } 0.828\ cm^3$$

Por lo tanto, el volumen del corcho bajo el agua es también 0.828 cm^3.
Si el área de la superficie flotante fuera conocida, se podría calcular a qué profundidad se sumergiría el corcho en el agua. Observe que aproximadamente el 21 por ciento del corcho se encuentra bajo el agua.

Solución (b)
Para sumergir el corcho se debe ejercer una fuerza descendente F, además del peso W del corcho. La suma de estas fuerzas es igual al empuje F_B:

$$F + W = F_B$$

La fuerza necesaria F es por lo tanto igual a la diferencia entre el empuje y el peso del corcho.

$$F = F_B - W$$

El empuje es igual al peso de 4 cm3 de agua.

$$F_B = \rho gV = (1000\ kg/m^3)(9.8\ m/s^2)(4 \times 10^{-6}\ m^3)$$

$$= 39.2 \times 10^{-3}\ N$$

La fuerza requerida F para sumergir al corcho es

$$F = 39.2 \times 10^{-3}\ N - 8.11 \times 10^{-3}\ N = 31.1 \times 10^{-3}\ N$$

EJEMPLO 5

El agua fluye a través de una manguera de hule de 2 cm de diámetro a una velocidad d 4 m/s. (a) ¿Qué diámetro debe tener el chorro si el agua sale a 40 m/s? (b) ¿Cuál es el gasto en metros cúbicos por minuto?

Solución (a)
El gasto es constante, o sea que $A_1 v_1 = A_2 v_2$. Como el área A es proporcional al cuadrado del diámetro, tenemos

$$d_1^2 v_1 = d_2^2 v_2 \qquad \text{o bien} \qquad d_2^2 = \frac{v_1}{v_2}\, d_1^2$$

de donde

$$d_2^2 = \frac{4\ m/s}{20\ m/s}\,(2\ cm)^2 = 0.8\ cm^2$$

Sacando raíz cuadrada a cada término de la ecuación nos da

$$d_2 = 0.894\ cm$$

Solución (b)
Para calcular el gasto, primero debemos determinar el área de la manguera de 2 cm de diámetro.

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi(2\ \text{cm})^2}{4} = 3.14\ \text{cm}^2$$

$$= 3.14\ \text{cm}^2 \left(\frac{1 \times 10^{-4}\ \text{m}^2}{1\ \text{cm}^2}\right) = 3.14\ \text{cm}^2 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$$

El gasto es R = $A_1 v_1$, así que

$$R = (3.14 \times 10^{-4}\ \text{m}^2)(4\ \text{m/s}) = 1.26 \times 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s}$$

$$= (1.26 \times 10^{-3}\ \text{m}^3/\text{s})(60\ \text{s/min}) = 0.0754\ \text{m}^3/\text{min}$$

El mismo valor debe obtenerse considerando el producto $A_2 v_2$.

EJEMPLO CONCEPTUAL 6

Por un tubo Venturi como el de la figura 20 fluye agua inicialmente a 10 ft/s. Si h = 4 in, ¿qué velocidad tiene el agua en la parte donde está la constricción?

Solución
La diferencia de presión, a partir de la ecuación, es

$$P_2 - P_1 = pgh$$

La diferencia de presión, partiendo de la ecuación de Bernoulli, es

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}pv_1^2 - \frac{1}{2}pv_2^2$$

Combinando estas dos relaciones, tenemos

$$pgh = \frac{1}{2}pv_1^2 - \frac{1}{2}pv_2^2$$

Multiplicando ambos lados por 2/ p nos da

$$2gh = v_1^2 - v_2^2$$

Note que esta relación es similar a la de la caída libre de un cuerpo con una velocidad inicial v_2. Despejando v_1^2, tenemos

$$v_1^2 = 2gh\, v_2^2$$

$$= (2)(32\ \text{ft/s}^2)(0.333\text{ft}) + (10\ \text{ft/s})^2$$

$$= 21.3\frac{\text{ft}^2}{\text{s}^2} + 100\frac{\text{ft}^2}{\text{s}^2} = 121.3\text{ft}^2/\text{s}^2$$

Por lo tanto, la velocidad a lo largo de la constricción es

$$v_1 = \sqrt{121.3 = 11\ \text{ft/s}}$$

ESTRATEGIA PARA RESOLVER PROBLEMAS

Fluidos en reposo

1. Dibuje una figura y márquela con las cantidades proporcionadas y las que deben calcularse. Use unidades congruentes para el área, volumen, densidad y presión.
2. No confunda presión absoluta con presión manométrica o densidad con peso específico. Debe usar la presión absoluta a menos que el problema incluya una diferencia de presión. Tenga cuidado con las unidades si intenta usar peso específico, que es fuerza por unidad de volumen.
3. La diferencia de presión entre dos puntos es proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad en el fluido:

$$P_2 - P_1 = pgh \qquad p = \frac{m}{V} \qquad P = \frac{F}{A}$$

4. El principio de Arquímedes establece que un objeto total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza hacia arriba (empuje), igual al peso del fluido desalojado:

$$F_B = mg = pgV \qquad \text{(fuerza de empuje)}$$

5. Recuerde que el empuje depende tanto de la densidad como del volumen del fluido desalojado. No tiene ninguna relación con la masa o la densidad del objeto sumergido en el fluido. Si el objeto se encuentra totalmente sumergido, el volumen del objeto y el fluido desplazado son iguales. Este hecho puede aprovecharse para determinar empuje en esos casos.
6. Para un objeto que está flotando en el fluido, el empuje debe ser igual al peso del objeto. Esto significa que el peso del objeto debe ser igual al peso del fluido desalojado. Por consiguiente podemos escribir:

$$m_x g = m_f g \quad \text{o} \quad p_x V_x = p_f V_f$$

El subíndice x se refiere al objeto que flota y el subíndice f se refiere al fluido desalojado. Por ejemplo, si un objeto con un volumen de 3 m^3 flota con dos tercios de su volumen sumergido, entonces $V_x = 3\ m^3$ y $V_f = 2\ m^3$.

Problemas sobre gasto

1. Lea el problema cuidadosamente, y después de dibujar un esquema, haga una lista con la información proporcionada.
2. Recuerde que el gasto R representa el volumen del fluido que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo.
3. Cuando un volumen de fluido pasa de una sección transversal A_1 a otra A_2, el gasto no cambia.

$$R = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Asegúrese de utilizar unidades congruentes para el volumen y el área.

4. Puesto que el área A de una tubería es proporcional al cuadrado de su diámetro d, una forma más útil de expresar la ecuación anterior puede ser:

$$v_1 d_1^2 = v_2 d_2^2$$

5. Las unidades elegidas para la velocidad o el diámetro en una sección de la tubería deben serias mismas que se usen en la segunda sección de la tubería.

Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli

1. Lea el problema detalladamente y dibuje después un esquema indicando en él la información proporcionada como datos. Asegúrese de que las unidades sean congruentes en el caso de la presión, la altura y la densidad.
2. La altura h de un fluido se mide partiendo de un punto de referencia común al centro de masa del fluido. Por ejemplo, una constricción en una tubería horizontal como en la figura 20 no representa un cambio en altura ($h_1 = h_2$).
3. En la ecuación de Bernoulli, la densidad p es densidad de masa y las unidades apropiadas son kg/m^3 y slugs/ft^3.
4. Escriba la ecuación de Bernoulli para el problema y simplifique eliminando aquellos factores que no cambian:

$$P_1 + pgh_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 = P_2 + pgh_2 + \frac{1}{2}pv_2^2$$

5. Para un fluido estacionario $v_1 = v_2$ y el tercer término de cada lado se elimina; los términos de en medio desaparecen para una tubería horizontal ($h_1 = h_2$), y, si no hay cambio en la presión ($P_1 = P_2$), los primeros términos no aparecen y el resultado es el teorema de Torricelli
6. Sustituya las cantidades proporcionadas como datos y despeje la que no se conoce.

A C T I V I D A D

PREGUNTAS CON ESTILO PRUEBA SABER, DEBE SELECCIONAR LA RESPUESTA Y RESOLVER EL PROBLEMA PARA VERIFICAR SI SU RAZONAMIENTO ES EL APROPIADO

1. Un tanque de agua con forma cilíndrica tiene una altura de 2.5 m y un radio de 0.8 m. ¿Cuántos litros de agua puede almacenar el tanque? (Densidad del agua: 1000 kg/m^3, 1 m^3 = 1000 L).

A. 125 L
B. 150 L
C. 5027 L
D. 201 L

2. El agua fluye a través de una tubería con una velocidad de 6 m/s en una sección de área 0.02 m^2. Si la velocidad aumenta a 12 m/s, ¿cuál es el área de la nueva sección?

A. 0.005 m^2
B. 0.010 m^2
C. 0.015 m^2
D. 0.020 m^2

3. Un río tiene un ancho de 8 m, una profundidad de 2 m y una velocidad promedio de 3 m/s. ¿Cuál es el caudal del río en metros cúbicos por segundo?

A. 48 m^3/s
B. 52 m^3/s
C. 56 m^3/s
D. 60 m^3/s

4. Un objeto de 200 cm^3 y densidad 850 kg/m^3 flota en aceite de densidad 900 kg/m^3. ¿Qué fracción de su volumen está sumergida?

A. 0.89
B. 0.92
C. 0.94
D. 0.97

5. En una prensa hidráulica, el émbolo pequeño tiene un radio de 2 cm y el émbolo grande tiene un radio de 16 cm. Si el émbolo grande sube 1 cm, ¿cuánto debe bajar el émbolo pequeño?

A. 32 cm
B. 36 cm
C. 48 cm
D. 64 cm

6. Un médico aplica una fuerza de 20 N sobre el émbolo de una jeringa con un área de 0.005 m^2. ¿Cuál es la presión generada dentro de la jeringa?

A. 2.0×10^3 Pa
B. 4.0×10^3 Pa
C. 1.0×10^4 Pa
D. 4.0×10^4 Pa

7. Un elevador de 800 kg debe elevarse a 10 m en 5 segundos. ¿Qué potencia mínima debe tener el motor para lograrlo? (g = 9.8 m/s^2)

A. 1.451 kW
B. 12.80 kW
C. 15.680 kW
D. 19.60 kW

8. En un tubo Venturi, la velocidad del fluido en la parte ancha es 3 m/s y en la parte estrecha es 7 m/s. Si la densidad del fluido es 850 kg/m^3, ¿qué diferencia de altura en un manómetro de mercurio se observaría? (Densidad del mercurio = 13600 kg/m^3, g = 9.8 m/s^2)

A. 25.1 cm
B. 12.7 cm
C. 14.5 cm
D. 5.2 cm

9. Un líquido fluye con una velocidad de 5 m/s en una tubería de diámetro 10 cm. Si la tubería se reduce a un diámetro de 4 cm, ¿cuál es la nueva velocidad?

A. 20.0 m/s
B. 24.5 m/s
C. 31.2 m/s
D. 39.1 m/s

10. Un bloque de metal tiene una masa de 3 kg y un volumen de 400 cm^3. Si se sumerge completamente en agua, ¿cuál es su peso aparente? (Densidad del agua = 1000 kg/m^3, g = 9.8 m/s^2)

A. 22.4 N
B. 24.5 N
C. 27.8 N
D. 25.4 N

11. En un sistema hidráulico, la presión en el fluido es de 500 kPa. Si el área del émbolo grande es 0.5 m^2, ¿qué fuerza puede ejercer el émbolo grande?

A. 100 kN
B. 150 kN
C. 200 kN
D. 250 kN

12. Un elefante de 4000 kg se apoya en cuatro patas, cada una con un área de contacto de 0.1 m^2. ¿Cuál es la presión ejercida sobre el suelo? (g = 9.8 m/s^2)

A. 9.8×10^3 Pa
B. 3.92×10^4 Pa
C. 7.84×10^4 Pa
D. 9.80×10^4 Pa

13. Un automóvil de 1200 kg se mueve a 90 km/h. ¿Cuál es su energía cinética en kJ?

A. 123 kJ
B. 175 kJ
C. 210 kJ
D. 375 kJ

14. Un fluido de densidad 1000 kg/m^3 fluye por un tubo Venturi con una velocidad de 4 m/s en la parte ancha y 9 m/s en la parte estrecha. Si la presión en la parte ancha es 150 kPa, ¿cuál es la presión en la parte estrecha?

A. 134.3 kPa
B. 125.6 kPa
C. 117.5 kPa
D. 108.9 kPa

15. El agua fluye a 1.5 m/s por un tubo de radio 0.1 m. ¿Cuál es el caudal en litros por segundo?

A. 21 L/s
B. 4.7 L/s
C. 47.1 L/s
D. 94 L/s

16. Una esfera completamente sumergida en agua tiene un volumen de $0.002\ m^3$. ¿Cuál es el empuje que experimenta? (Densidad del agua = $1000\ kg/m^3$, $g = 9.8\ m/s^2$)

A. 19.6 N
B. 12.8 N
C. 9.8 N
D. 5.2 N

17. Un elevador hidráulico para autos tiene un pistón con un área de $0.2\ m^2$ y se aplica una fuerza de 300 N en un pistón más pequeño de $0.01\ m^2$. ¿Cuál será la fuerza máxima que el pistón grande puede ejercer sobre el auto?

A. 4000 N
B. 5000 N
C. 6000 N
D. 7000 N

18. Un bloque de 5 kg, reposa sobre el suelo con una base de $0.02\ m^2$. ¿Cuál es la presión ejercida sobre el suelo? ($g = 9.8\ m/s^2$)

A. 2.45×10^3 Pa
B. 4.90×10^3 Pa
C. 9.80×10^3 Pa
D. 1.96×10^4 Pa

19. Un gas ocupa un volumen de $4.0\ m^3$ a una presión de 200 kPa. Si se comprime hasta un volumen de $1.5\ m^3$ sin cambiar la temperatura, ¿cuál será su nueva presión?

A. 533.3 kPa
B. 620.5 kPa
C. 800.0 kPa
D. 1000.0 kPa

20. En un tubo Venturi, el diámetro en la sección ancha es de 6 cm y en la sección estrecha es de 3 cm. Si el agua fluye con una velocidad de 2 m/s en la parte ancha, ¿cuál es la velocidad en la parte estrecha?

A. 4 m/s
B. 6 m/s
C. 8 m/s
D. 10 m/s

21. El agua fluye por una manguera de diámetro 5 cm a una velocidad de 3 m/s. Si la boquilla reduce el diámetro a 2 cm, ¿cuál es la velocidad de salida?

A. 18.8 m/s
B. 20.5 m/s
C. 23.4 m/s
D. 28.1 m/s

22. Una pelota de plástico tiene un volumen de $500\ cm^3$ y una densidad de $120\ kg/m^3$. ¿Qué volumen de la pelota queda sumergido cuando flota en agua? (Densidad del agua = $1000\ kg/m^3$)

A. $60\ cm^3$
B. $100\ cm^3$

C. 150 cm^3
D. 200 cm^3

23. Una prensa hidráulica tiene un émbolo pequeño con un radio de 5 cm y un émbolo grande con un radio de 30 cm. Si se desea ejercer una fuerza de 4500 N en el émbolo grande, Si el émbolo grande debe elevarse 2 cm, ¿qué desplazamiento debe tener el émbolo pequeño?

A. 24 cm
B. 72 cm
C. 36 cm
D. 40 cm

24. Un esquiador de 70 kg está de pie sobre dos esquís de área total 0.4 m^2. ¿Cuál es la presión ejercida por el esquiador sobre la nieve? (g = 9.8 m/s^2)

A. 1.72×10^3 Pa
B. 1.98×10^3 Pa
C. 2.14×10^3 Pa
D. 3.21×10^3 Pa

25. Una esfera de hierro tiene un radio de 0.3 m. Si la densidad del hierro es 7,800 kg/m^3, ¿cuál es su masa en kg?

A. 85.5 kg
B. 881.3 kg
C. 117.3 kg
D. 132.5 kg

26. Por un tubo Venturi fluye agua con una velocidad inicial de 5 m/s en la parte ancha (A1), mientras que la altura manométrica indica una diferencia de h=30 cm. ¿Cuál es la velocidad del agua en la parte estrecha (A2)? (g = 9.8 m/s^2)

A. 6.7 m/s
B. 8.3 m/s
C. 5.56 m/s
D. 12.5 m/s

27. El agua fluye a través de una tubería de 3 cm de diámetro con una velocidad de 2 m/s.
(a) ¿Qué diámetro debe tener la tubería si el agua acelera hasta 6 m/s?
(b) ¿Cuál es el caudal en metros cúbicos por segundo?

A. 1.8 cm, 0.0014 m}^{3}/s
B. 1.8 cm, 0.0021 m^3/s
C. 2.0 cm, 0.0031 m^3/s
D. 2.2 cm, 0.0040 m^3/s

28. Un corcho tiene un volumen de 6 cm^3 y una densidad de 150 kg/m^3.
(a) ¿Qué volumen del corcho se encuentra bajo la superficie cuando flota en agua?
(b) ¿Qué fuerza hacia abajo se necesita para sumergirlo por completo? (Densidad del agua = 1000 kg/m^3, g = 9.8 m/s^2)

A. 0.9 cm^3, 0.05 N
B. 2.5 cm^3, 0.12 N
C. 3.9 cm^3, 0.18 N
D. 4.5 cm^3, 0.22 N

29. Una prensa hidráulica tiene un émbolo pequeño con un radio de 5 cm y un émbolo grande con un radio de 30 cm. Si se desea ejercer una fuerza de 4500 N en el émbolo grande, ¿cuál debe ser la fuerza aplicada en el émbolo pequeño?

A. 125 N
B. 250 N

C. 500 N
D. 625 N

30. Un carpintero usa un martillo para clavar un clavo en una tabla. Si la cabeza del clavo tiene un área de 0.5 cm^2 y el carpintero ejerce una fuerza de 150 N, ¿cuál es la presión ejercida sobre la cabeza del clavo en Pascales?

A. 3.0×10^6 Pa
B. 7.5×10^4 Pa
C. 3.0×10^5 Pa
D. 7.5×10^5 Pa

RESPONDE CADA UNA DE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SELECCIONANDO LA OPCIÓN CORRECTA(ARGUMENTELA). SOLO HAY UNA RESPUESTA VÁLIDA PARA CADA PREGUNTA.

31. Un fluido en reposo ejerce presión en todas direcciones. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a la presión en un fluido en equilibrio?
A. A mayor profundidad, la presión disminuye.
B. La presión en un fluido es independiente de la profundidad.
C. A una misma profundidad, la presión es la misma en todas direcciones.
D. Un fluido solo ejerce presión hacia abajo debido a la gravedad.

32. Según la ecuación de Bernoulli, cuando la velocidad de un fluido aumenta, la presión en el fluido:
A. Aumenta.
B. Disminuye.
C. Permanece constante.
D. Se vuelve nula.

33. Un corcho de densidad 250 kg/m³ flota en agua (densidad 1000 kg/m³). ¿Qué porcentaje de su volumen queda sumergido?
A. 25%
B. 50%
C. 75%
D. 100%

34. La presión ejercida por un fluido a cierta profundidad depende de:
A. El volumen del fluido.
B. La densidad del fluido y la profundidad.
C. La forma del recipiente que contiene el fluido.
D. La temperatura del fluido.

35. En un sistema hidráulico, un émbolo pequeño de 5 cm de radio se conecta a un émbolo grande de 20 cm de radio. Si se aplica una fuerza de 100 N sobre el émbolo pequeño, ¿qué fuerza se transmitirá al émbolo grande?
A. 400 N
B. 1600 N
C. 2000 N
D. 2500 N

36. Un tubo Venturi tiene un estrechamiento donde la velocidad del fluido se incrementa. ¿Cómo cambia la presión en la sección más estrecha del tubo?
A. Se mantiene constante.
B. Aumenta.
C. Disminuye.
D. Depende de la densidad del fluido.

37. Una manguera de 3 cm de diámetro transporta agua con una velocidad de 2 m/s. Si el diámetro se reduce a 1.5 cm, ¿cuál será la

nueva velocidad del agua?
A. 2 m/s
B. 4 m/s
C. 6 m/s
D. 8 m/s

38. El principio de Arquímedes establece que un objeto sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje que es:
A. Igual a su peso.
B. Igual al volumen del objeto.
C. Igual al peso del fluido desalojado.
D. Dependiente de la presión atmosférica.

39. Un médico aplica una fuerza de 30 N sobre el émbolo de una jeringa con un área de 0.002 m^2. ¿Cuál es la presión ejercida en el fluido dentro de la jeringa?
A. 15000 Pa
B. 30000 Pa
C. 60000 Pa
D. 120000 Pa

40. Si se perforan varios agujeros en un recipiente con agua a diferentes alturas, ¿cómo variará la velocidad del agua que sale por cada orificio?
A. Es mayor en los orificios cercanos a la superficie.
B. Es la misma para todos los orificios.
C. Aumenta a mayor profundidad.
D. Disminuye a mayor profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Mc Graw Hill Serway, Física Tomo II
- Publicaciones Cultural, Física General
- Prentice Hall, Wilson - Buffa, Física
- Editorial Voluntad Física Investiguemos
- Wikipedia. Enciclopedia libre Apuntes de Física Luis Alfredo Caro Fisicanet
- Ver FÍSICA OLIMPIADAS 11 (Editorial Voluntad) Ejercicios de página de Internet fuerzas mecánicas. Ejercicios y laboratorios virtuales
- PIME Editores, Física 1, Mecánica y Calorimetría
- www.educaplus.org www. Ibercajalav.net/
- Santillana, Física 1 Nueva edición.
- Limusa Noriega Editores, Física Recreativa