Ejemplo No. 11
Un tronco de árbol, con forma de cilindro de 0.25 metros de diámetro y 4 metros de largo, cae al río. Si la densidad de la madera del tronco es de 610 kg/m³, determine si el tronco flotará en el agua del río.

Datos:

$d = 0.25$ m

$L = 4$ m

$\rho_{madera} = 610$ kg/m³

$\rho_{agua} = 1\,000$ kg/m³

$g = 9.8$ m/s²

$P = mg$ Peso del tronco.

$m = \rho_{madera} V$ La masa del tronco es igual a la densidad por el volumen del tronco.

$V = \pi r^2 L = \pi d^2 L g/4$

$V = 3.14 \times (0.25\ m)^2 \times 4\ m/4 = 0.1962\ m^3$ El volumen del tronco se calcula por la fórmula del volumen de un cilindro.

$P = \rho_{madera} \pi d^2 L g/4$

$P = 610\ kg/m^3 \times 3.14 \times (0.25\ m)^2 \times 4\ m \times 9.8\ m/s^2$ Sustituyendo en la fórmula.

$P = 1\,173.18$ N

La fuerza de empuje, cuando el tronco está completamente sumergido, es igual al peso del volumen del líquido desplazado por todo el tronco:

$E = \rho_{agua} V g$

$E = \rho_{agua} \pi d^2 L g/4$

$E = 1\,000\ kg/m^3 \times 3.14 \times (0.25\ m)^2 \times 4\ m \times 9.8\ m/s^2/4$

$E = 1\,923.25$ N

Como se ve la fuerza de empuje es mayor que el peso, por lo que el tronco flotará. Observe que se asumió que el volumen del agua desplazada por el tronco es igual al volumen del tronco, considerando que el tronco estaba completamente sumergido. Así el tronco comienza a moverse hacia la superficie del agua y parte de él saldrá del río, quedando una parte dentro del agua y una parte fuera. ¿Qué parte del tronco quedará dentro del agua?

Para responder debemos recordar que la ascensión del tronco se detiene cuando el empuje sea igual al peso del tronco. Por ello:

$$E = \rho_{agua} V_{sumergido}.g = P = \rho_{madera} V g$$

Observe que aquí se considera diferente el volumen sumergido ($V_{sumergido}$) al volumen del tronco completo (V).

$$\rho_{agua} V_{sumergido} = \rho_{madera} V$$

De donde podemos obtener el volumen sumergido:

$V_{sumergido} - \rho_{madera} V/\rho_{agua}$

$V_{sumergido} = 610\ kg/m^3 \times 0.1962\ m^3/1\,000\ kg/m^3$

$V_{sumergido} = 0.1197\ m^3$

Cada barco, submarino o dirigible debe diseñarse de tal forma que desplace un volumen de fluido, cuyo peso sea igual al peso propio. Así un barco de 10 000 toneladas se construye lo bastante amplio para que desplace 10 000 toneladas de agua antes de que se hunda demasiado. En el caso de los submarinos se varía su peso haciendo entrar agua o aire en sus tanques interiores; la fuerza de empuje depende de su volumen, que es constante, mientras esté sumergido totalmente. Cuando el submarino debe sumergirse se hace entrar agua en los tanques,

aumenta el peso y se sumerge; para mantenerlo a una profundidad constante debe lograrse que el peso sea igual a la fuerza de empuje y para salir a la superficie hay que disminuir el peso, para lo cual expulsan agua de los tanques, mediante aire comprimido. Esto es independiente de los timones, que le permiten variar la profundidad cuando se mueven en el agua.

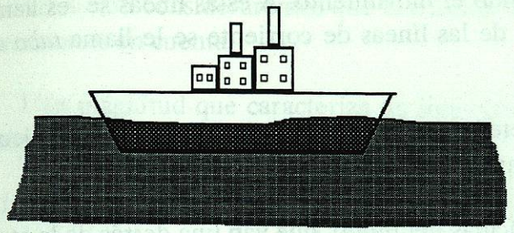

Figura No. 23

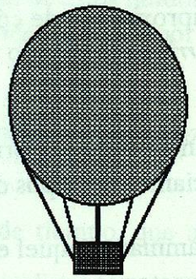

Figura No. 24

Las personas que no pueden flotar se debe a que tienen una densidad media de sus cuerpos grande, comparada con la del agua; generalmente son personas musculosas y por ello tienen mayor densidad. Por otra parte en el mar es más fácil flotar que en una alberca, pues el agua de mar tiene mayor densidad que el agua dulce.

FLUIDOS EN MOVIMIENTO

Comenzaremos ahora el estudio de los fluidos en movimiento. La parte de la Física que se dedica al estudio de los fluidos en movimiento se denomina *Dinámica de los fluidos*. Existen muchas situaciones en las que observamos fluidos en movimiento: el agua al correr por las tuberías, ríos, el viento, el aire empujado por un abanico, etc. En dependencia del fluido que se esté analizando podemos diferenciar *la hidrodinámica*, cuando se trata de líquidos y *la aerodinámica*, cuando se trata de gases, fundamentalmente el aire.

La dinámica de los fluidos ha sido desarrollada a lo largo de mucho tiempo, gracias al trabajo de muchos científicos como Newton, Bernoulli, Pascal, etc. La hidrostática, estudiada anteriormente, puede considerarse como un caso particular de la hidrodinámica, cuando la velocidad del líquido es cero.

Por cuanto es imposible desarrollar todos los aspectos de la hidrodinámica, trataremos sólo los fundamentales.

TIPOS DE FLUJO

Cuando observamos un fluido en movimiento, como puede ser el humo de un cigarro o el agua que sale de la llave, podemos ver que al inicio del chorro el movimiento del fluido es

ordenado, mientras que a una determinada distancia el fluido comienza a mezclarse y forma como torbellinos. Para realizar el estudio de los flujos y darse cuenta de cómo se realiza el movimiento del fluido se utiliza la representación de las trayectorias de las partículas que componen el fluido. Así si dibujamos una serie de líneas que correspondan con las trayectorias que siguen, en su movimiento, algunas de las partículas que componen el fluido, tendremos un cuadro aproximado de cómo está ocurriendo el movimiento. A estas líneas se les llama *líneas de corriente* y cuando tenemos un haz de las líneas de corriente se le llama *tubo de corriente*.

La diferencia entre las formas de fluir es determinada por el tipo de flujo que se establece. Así diferenciamos dos tipos de flujo: el laminar y el turbulento.

El flujo laminar es aquel en el que las partículas del fluido, que van una detrás de la otra, recorren trayectorias similares, las cuales no se cruzan. Las líneas de corriente de un fluido en el flujo laminar formarán un cuadro como el mostrado en la figura 25, donde puede observarse que las líneas de corriente no se cruzan. Generalmente este tipo de flujo existe cuando las velocidades de las partículas no es muy grande, aunque también depende de los obstáculos que se presentan durante el movimiento.

El flujo turbulento es el que presenta remolinos, las trayectorias de las partículas no son similares, sino que cambian con el tiempo. El cuadro de un flujo turbulento puede ser como el representado en la figura 26 y se puede observar en la columna de humo del cigarro, a cierta distancia del mismo, donde se observa la formación torbellinos y por tanto las líneas de corriente forman un cuadro complejo.

En nuestro estudio consideraremos solamente los flujos laminares, no los turbulentos, al estudio de los cuales se dedican muchos laboratorios en el mundo dado que presentan gran complejidad.

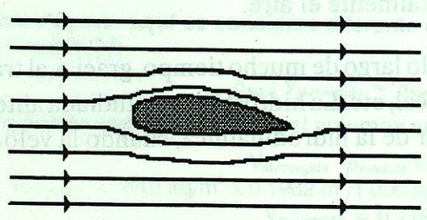

Figura 25. Líneas de corriente para un flujo laminar.

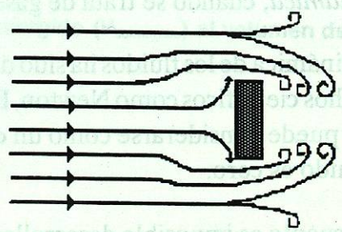

Figura 26. Líneas de corriente para un flujo turbulento.

Otra característica de los fluidos en movimiento es que en general al fluir unas capas del fluido deslizan sobre otras. Este deslizamiento se realiza con cierta resistencia, o sea que en general los fluidos presentan fricción o rozamiento. Esta fricción o rozamiento está relacionada con la viscosidad del fluido. Todos han notado cuán diferente fluye el agua, el aceite o la miel de abeja, lo cual se debe a la diferente viscosidad de estos fluidos. En nuestra presentación consideraremos que la fricción en los fluidos es muy pequeña por lo que no la tendremos en cuenta.

Una magnitud que caracteriza un flujo de un fluido determinado es el *gasto*. En general diferenciamos dos tipos de gasto:

1.- Gasto volumétrico (G): volumen del fluido por unidad de tiempo, que atraviesa una sección transversal del tubo de corriente.

2.- Gasto másico (Q): masa del fluido por unidad de tiempo, que atraviesa una sección transversal del tubo de corriente.

De acuerdo a la definición de gasto volumétrico, tenemos:

$$G = \frac{V}{t}$$

donde V es el volumen que atraviesa la sección transversal del tubo, en el tiempo t.

El volumen V es igual al área de la sección transversal A por la distancia d que recorre una capa de fluido en el tiempo t, por lo que: (figura 3)

$$V = Ad$$

La distancia es igual a la velocidad del flujo por el tiempo a partir de la definición conocida de velocidad, por lo que obtenemos:

$$d = vt$$

Sustituyendo en la ecuación original de gasto:

$$G = \frac{Avt}{t}$$

o sea:

$$G = Av$$

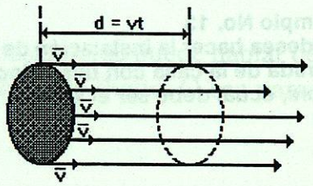

Figura No. 27

el gasto es igual a la velocidad del flujo, multiplicada por el área de la sección transversal del tubo por donde se desplaza el fluido. Las unidades quedarán en m^3/s, en el Sistema Internacional de Unidades, aunque en ocasiones se utilizan otras unidades como litros por segundo o galones por segundo.