

Práctica 5

Propiedades de fluidos

1. Introducción.

En esta práctica estudiaremos algunas propiedades de los fluidos. En la primera parte comprobaremos el efecto causado por la fuerza de empuje cuando un cuerpo sólido, que inicialmente se halla suspendido en el aire, se sumerge completamente en agua y mediremos la densidad del material que constituye el sólido. En la segunda parte comprobaremos el comportamiento de los fluidos en movimiento, con la ayuda de una simulación.

2. Fuerza de empuje y cálculo de la densidad de un material.

Para estudiar la fuerza de empuje sobre un cuerpo sólido de masa m completamente sumergido en agua, lo colgamos con un hilo de masa despreciable en un dinamómetro. Su lectura se corresponde con el peso del cuerpo. Es decir, la fuerza medida por el dinamómetro viene dada por

$$F_1 = P = m g \quad (1)$$

donde g representa la aceleración de la gravedad. Si el volumen del cuerpo es V , y su densidad ρ , entonces esta fuerza se podrá expresar como

$$F_1 = \rho V g \quad (2)$$

Si ahora, sin descolgar el cuerpo del dinamómetro, introducimos el cuerpo en el interior de un recipiente con agua de manera que lo sumergimos completamente, la lectura del dinamómetro cambia como consecuencia de que aparece una fuerza de empuje sobre el cuerpo, igual al peso del agua desalojada por éste. Esta fuerza actúa en sentido opuesto a la fuerza del peso. Así, la nueva fuerza medida por el dinamómetro será

$$F_2 = P - E = \rho V g - \rho_o V g = V g (\rho - \rho_o) \quad (3)$$

donde ρ_o representa la densidad del agua. Combinando las ecuaciones que nos dan las lecturas del dinamómetro antes y después de sumergir el sólido, obtenemos

$$F_2 = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) F_1 \quad (4)$$

Teniendo en cuenta que $\rho_e = \rho / \rho_o$ es la densidad específica del sólido que se sumerge (densidad relativa del sólido respecto a la del agua), podemos escribir finalmente

$$F_2 = \left(1 - \frac{1}{\rho_e}\right) F_1 \quad (5)$$

De manera que si poseemos diferentes piezas sólidas del mismo material y, para cada pieza, anotamos las correspondientes lecturas del dinamómetro, antes (F_1) y después (F_2) de sumergirla en agua, podremos obtener la densidad específica ρ_e . Para encontrar el resultado realizaremos un ajuste lineal,

$$F_2 = mF_1 \quad (6)$$

que nos dará el valor de la pendiente m , a partir de la cual podemos calcular ρ_e ,

$$\rho_e = \left(\frac{1}{1-m}\right) \quad (7)$$

y por tanto obtener la densidad del sólido ρ .

3. Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli expresa la conservación de la energía en un fluido en movimiento cuando hay una variación de altura respecto a un punto de referencia y el fluido es incompresible, el flujo estacionario y laminar, y la viscosidad puede despreciarse. Esta ecuación establece que para un fluido de densidad ρ , la relación entre la presión P , la velocidad v y la altura h en dos puntos diferentes, 1 y 2, es la siguiente:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (8)$$

4. Procedimiento experimental

El material, para el primer apartado es:

- Dinamómetro
- Vaso de precipitados
- Termómetro
- Soportes mecánicos e hilo

- Pesas metálicas del mismo material, pero de diferente masa, del cual queremos conocer la densidad

Seguiremos el procedimiento siguiente:

- Hace falta suspender una pieza del sólido problema del dinamómetro utilizando un hilo de masa despreciable y anotar la fuerza F_1 registrada por el dinamómetro.
- A continuación, sin descolgar la pieza del dinamómetro y empleando un vaso de precipitados lleno de agua destilada, se baja el soporte que sujeta el dinamómetro hasta que la pieza sólida quede completamente sumergida en el agua. Anota la fuerza F_2 resultante que registra el dinamómetro. Con un termómetro mide la temperatura del agua destilada empleada.

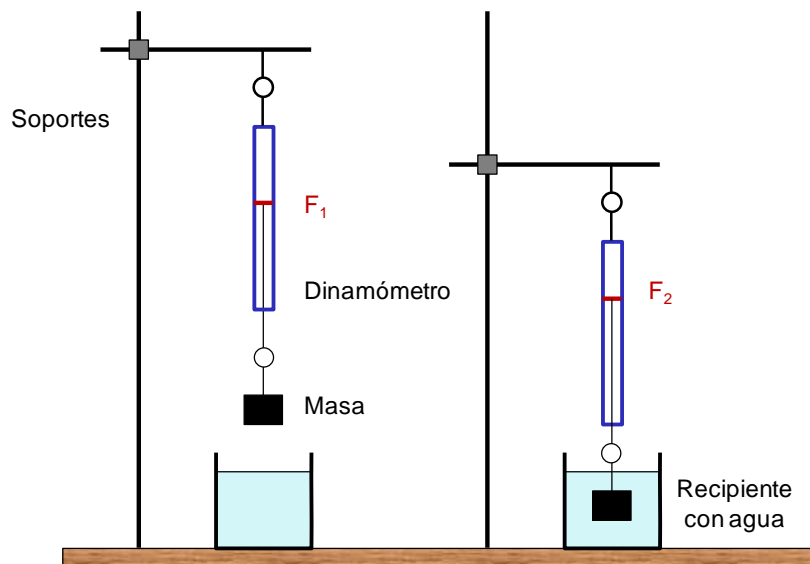


Fig. 1. Esquema del dispositivo experimental para estudiar la densidad de un material sólido.

- Repita las medidas anteriores con el resto de las piezas y determina para cada una de ellas la densidad específica. Calcula la pendiente m con el ajuste lineal y a continuación calcula el valor experimental de la densidad específica del material del que están hechas las piezas.
- Ahora hay que calcular la densidad absoluta del material. En primer lugar, utilizando la tabla siguiente que proporciona los valores de la densidad del agua destilada a diferentes temperaturas, obtén el valor de la densidad del agua destilada empleada, a la temperatura del laboratorio (interpolando el valor si es necesario). A partir de este valor y de la densidad específica obtén, con su incertidumbre, la densidad del material del que están hechas las piezas metálicas.

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
ρ (g/cm ³)		0,9999	0,9997	0,9989	0,9982	0,9969	0,9957
η (cp)	1,7865	1,5138	1,3037	1,1369	1,0019	0,8909	0,7982
σ (din/cm)	75,7	75,0	74,2	73,5	72,5	72,0	71,2

Para el segundo apartado, utiliza la simulación que se puede encontrar en

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/fluid-pressure-and-flow> y considera las siguientes instrucciones:

- a) **Movimiento parabólico:** En la pestaña “Water tower”, llena el depósito de agua, conecta la manguera (*hose*, en la versión en inglés) y puesta a ras de tierra orientala con un ángulo dado. Puedes ajustar la entrada de agua a la cantidad que se pierde (*Match leakage*). Mide el vector velocidad del agua a la salida de la manguera (el módulo de la velocidad se determina con uno de los sensores de velocidad disponibles y la orientación con la cinta métrica que puede medir el ángulo a partir de medidas de longitud).

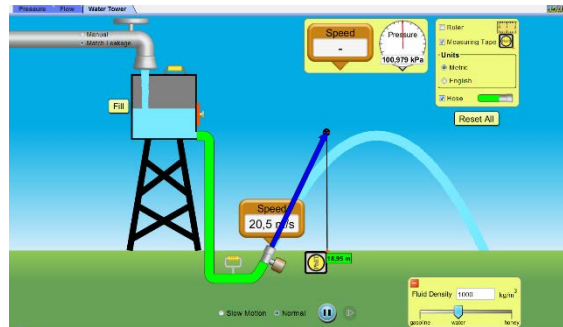


Fig. 2. Cálculo de la altura máxima y del alcance horizontal.

Aplica las ecuaciones cinemáticas como si se tratara de un tiro parabólico para calcular la altura máxima y el alcance horizontal y comprueba que los valores calculados se corresponden con los medidos en la simulación.

- b) **Presión:** Para comprobar la relación $\Delta P = \rho g \Delta h$, cierra la salida de agua del depósito, y coloca un sensor de presión en la base del volumen de agua y otro en la parte superior (este medirá la presión atmosférica). Ten en cuenta la densidad del fluido simulado, y a medida que se llene el depósito (puedes parar la simulación o retrasarla) toma la diferencia de altura entre el punto superior e inferior del volumen de agua en cinco ocasiones, para comprobar que en cada una de ellas se cumple la relación $\Delta P = \rho g \Delta h$.

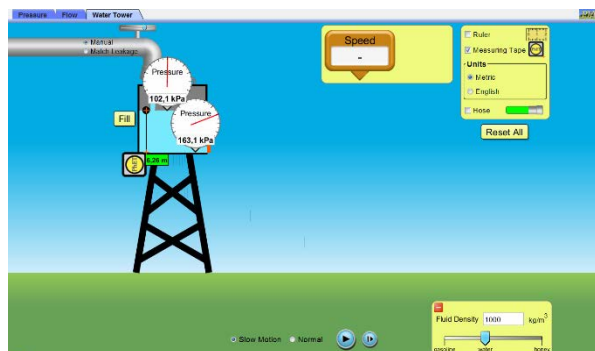


Fig. 3. Medida y comprobación de la diferencia de presiones.

- c) **Velocidad de salida y alcance horizontal de un depósito:** Ahora, mientras se vacía el depósito (cierra la entrada y abre el grifo de salida), en seis momentos diferentes, mide la velocidad a la salida con un sensor, y mide el alcance horizontal. Para comprobar los datos, debes conocer la altura del volumen de agua almacenado en cada momento y la altura de la torre, H . En este caso, la velocidad a la salida del depósito a partir de la ecuación de Bernoulli se expresa como $v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$, si consideramos que la presión en los puntos inferior y superior es la atmosférica, y que como la salida tiene un diámetro pequeño, la velocidad de bajada del depósito es despreciable. Respecto al alcance horizontal del chorro de salida, si consideramos que las posiciones horizontales y verticales vienen dadas por $x = vt$, $y = H - gt^2/2$, y que para la posición $y = 0$, $t = \sqrt{2H/g}$, concluimos que $x = v\sqrt{2H/g}$.

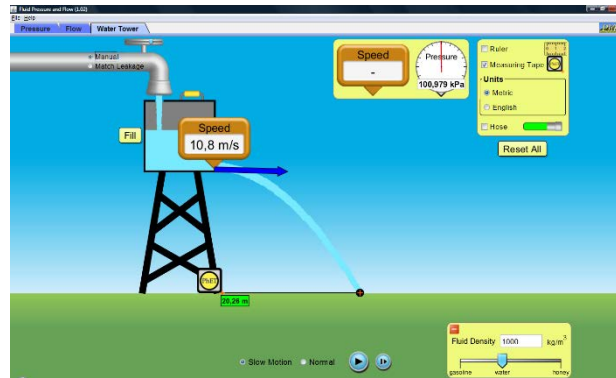


Fig. 4. Medida y comprobación de la velocidad y del alcance horizontal a la salida de un depósito.

En vuestro informe sobre la práctica, de este segundo apartado, proporcionad las medidas realizadas sobre la simulación y la comparación con los cálculos teóricos explicados en los párrafos anteriores.

Podéis explorar también las otras pestañas de la simulación: “Flujo” y “Presión”.