

TRABAJO PRÁCTICO N°3: HIDROSTÁTICA

En este Trabajo Práctico comprobaremos experimentalmente el Principio de Arquímedes, y luego analizaremos la relación entre el empuje que experimenta un cuerpo al ser sumergido en agua y dos características de dicho cuerpo: su volumen y el material que lo conforma.

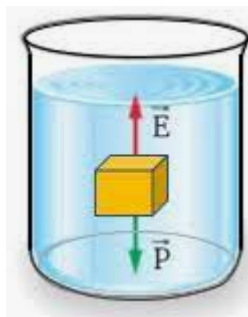


Figura I: empuje E que actúa sobre un cuerpo al sumergirlo

Según el Principio de Arquímedes, todo cuerpo sumergido en un fluido (o sea, líquido o gas) experimenta un empuje (E) hacia arriba igual al peso del fluido que desplaza o desaloja.

Para verificarlo, mediremos el peso de cuerpos sin sumergir (P), el empuje (E) que experimentan dichos cuerpos al sumergirlos y el peso del líquido desalojado en cada caso. Los cuerpos que sumergiremos son cilindros de diferentes tamaños, y el fluido en el que los sumergiremos es agua. Los instrumentos que vamos a emplear son los que se observan en la Figura II.

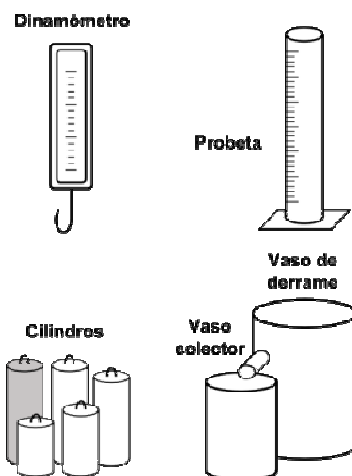


Figura II: elementos del dispositivo experimental

Debido a que no es sencillo medir el Empuje de manera directa, lo haremos mediante una medición indirecta.

Una **medición directa** es la que se realiza leyendo el instrumento de medición correspondiente. En cambio, una **medición indirecta** requiere, además de la lectura del instrumento, de la realización de cálculos matemáticos para completar la medición.

La principal diferencia entre ellas es que **las incertezas de las mediciones directas se estiman**, en cambio **las incertezas de las mediciones indirectas se calculan mediante propagación** de las incertezas de las mediciones directas.

La forma de calcular la incerteza de una medición indirecta varía según cada caso particular, pero la idea es siempre la misma: considerar cómo se traslada o propaga la incerteza de cada medición directa involucrada, en la incerteza de la medición indirecta.

Entonces, para medir indirectamente el Empuje, seguiremos los siguientes pasos:

Primero, mediremos el Peso ($\vec{P}$) del cuerpo. Suspendan un cilindro del dinamómetro como se observa en la Figura III (a).

En condiciones de reposo el cuerpo estará en equilibrio, por lo cual:

$$\sum \vec{F} = 0$$

Si llamamos F_{dA} al módulo de la fuerza ejercida por el dinamómetro cuando el cuerpo está en el aire y P al módulo de la fuerza peso (ver Figura III (b)), obtenemos:

$$F_{dA} = P$$

Midan el peso de cada uno de los cilindros y vuelquen los resultados en la Tabla I. Teniendo en cuenta que es una medición directa, ¿qué fuentes de incerteza encuentran para esta medición?

A continuación, mediremos el Empuje ($\vec{E}$) que experimenta el cuerpo en el agua. Para ello, sumerjan un cilindro sostenido por el dinamómetro, dentro de un vaso que contenga agua (Figura III (a)), cuidando que quede completamente sumergido y, al mismo tiempo, que no toque el fondo del recipiente (¿por qué esto es importante?).

Observen cómo varía la lectura del dinamómetro (F_{dL}), debido al Empuje $\vec{E}$ que ejerce el agua sobre el cuerpo. Dado que seguimos en condiciones de equilibrio, obtenemos que (ver el diagrama de cuerpo libre de la Figura III (b)):

$$E + F_{dL} - P = 0$$

$$E = P - F_{dL}$$

Por lo tanto, habiendo medido el peso y midiendo ahora la fuerza del dinamómetro para cada cilindro, podremos medir indirectamente el Empuje. Vuelquen los datos en la Tabla I. ¿Qué fuentes de incerteza inciden en la medición con el dinamómetro? ¿Cuál es la menor división de este instrumento? Dado que el Empuje se mide indirectamente, su incerteza se obtiene a partir de la propagación de las incertezas de las mediciones directas involucradas: $\varepsilon E = \varepsilon P + \varepsilon F_{dL}$

Por último, para poder verificar el Principio de Arquímedes, mediremos el peso del líquido ($\vec{P}_L$) desalojado al sumergir el cuerpo, también en forma indirecta. Primero colectaremos el líquido que es desplazado por el cuerpo al sumergirlo y luego simplemente pesaremos el líquido colectado.

Para coleccionar dicho líquido, utilizaremos un vaso de derrame: un recipiente con un pico vertedor (ver Figura II). El vaso de derrame se llena de líquido justo hasta el nivel del orificio y se coloca otro recipiente debajo del pico, que llamaremos recipiente colector. De esta forma podemos obtener la totalidad de líquido desplazado por el cuerpo en el recipiente colector. Es muy importante asegurarnos que llenemos el vaso de derrame justo hasta el borde del pico. Piensen cómo conviene

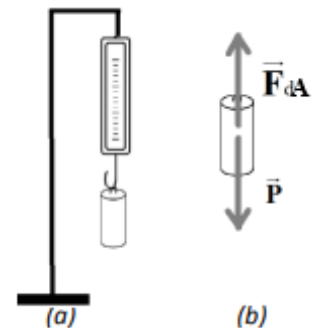


Figura III: (a) cilindro suspendido del dinamómetro y (b) diagrama de cuerpo libre

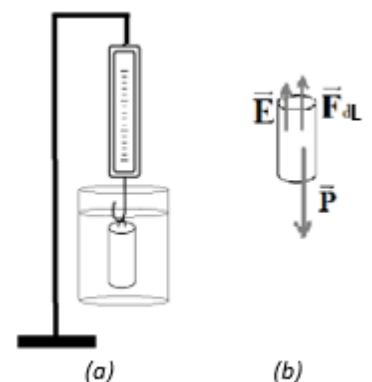


Figura IV: (a) cilindro sumergido suspendido del dinamómetro y (b) diagrama de cuerpo libre

hacerlo. Otra precaución que podemos adoptar es asegurarnos que no quede líquido retenido en el pico vertedor.

Para medir el peso del líquido desalojado por el cuerpo usaremos nuevamente el dinamómetro. Pesamos previamente el recipiente vacío (P_{RV}) y luego volvemos a pesarlo con el líquido derramado en su interior (P_{RL}). Obtenemos el peso del líquido como la diferencia:

$$P_L = P_{RL} - P_{RV}$$

¿Qué incerteza estiman para cada una de estas magnitudes? Tengan en cuenta que se incluyen tanto mediciones directas como indirectas y expliquen los criterios adoptados, detallando las fuentes de incertezas. Vuelquen los datos en la Tabla II.

Ya tenemos las mediciones necesarias para verificar el Principio de Arquímedes.

Para completar el objetivo de este trabajo práctico, ahora investigaremos la relación entre el empuje que experimenta un cuerpo al ser sumergido en agua y dos características de dicho cuerpo: su volumen y el material que lo conforma.

Para investigar la relación entre el empuje y el volumen del cuerpo sumergido, mediremos el volumen de cada cuerpo V_C . Dado que éste es igual al volumen del líquido desalojado V_L , basta con volcar el líquido recolectado en el vaso colector dentro de la probeta, y efectuar la lectura en la escala. *¿Cómo determinan la incerteza de esta medición? ¿Es una medición directa o indirecta? ¿Cuál es la menor división de este instrumento?* Con estos datos tenemos ya todas las mediciones necesarias que les permitirán completar la Tabla II.

Ahora, con el propósito de verificar el Principio de Arquímedes, realicen un gráfico comparativo entre el empuje y el peso del líquido desalojado, para cada cuerpo (Gráfico I). No olviden emplear una escala y origen comunes. Analicen el gráfico obtenido, teniendo en cuenta que **dos mediciones son coincidentes si sus intervalos de indeterminación tienen más de un punto en común**. Según este criterio, *¿se verifica el Principio de Arquímedes según sus datos experimentales?*

Luego realicen el Gráfico II: empuje en función del volumen del cuerpo. *¿Qué relación hay entre las variables? ¿Hay una relación creciente o decreciente? ¿Es una relación lineal o no lineal? ¿Hay una relación de proporcionalidad directa?* En caso de haber una relación de proporcionalidad directa, obtengan la constante de proporcionalidad a partir del Gráfico II:

$$k = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \dots\dots\dots$$

Tengan en cuenta que, según el Principio de Arquímedes, el módulo del empuje es igual al peso del líquido desalojado. A su vez, el volumen del cuerpo es igual al volumen del líquido desalojado. Por lo tanto graficar $E = f(V_C)$ es equivalente a graficar $P_L = f(V_L)$. Por lo tanto, *¿cómo interpretan físicamente la constante k ? ¿Qué relación hay entre el peso de un líquido P_L y su volumen V_L ?*

Retomando el objetivo del Trabajo Práctico, analicen *¿cuál es la relación entre el empuje y el volumen del cuerpo sumergido?*

Y, para analizar la relación entre el empuje y el material del cuerpo sumergido, comparen el empuje experimentado por dos cuerpos que sean de igual volumen y distinto material:

$$E_{\text{aluminio}} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \bar{g}$$

$$E_{\text{bronce}} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \bar{g}$$

¿Coinciden experimentalmente los empujes medidos en ambos cuerpos? ¿Qué pueden concluir respecto de la dependencia del empuje con el material del cuerpo sumergido?

Dejen el experimento en las condiciones en las que lo encontraron, velando por la conservación de los materiales e instrumentos, y el orden en las mesadas del Laboratorio.

✂

Cuerpo	$P_C (\vec{g})$	$\varepsilon P_C (\vec{g})$	$F_{dL} (\vec{g})$	$\varepsilon F_{dL} (\vec{g})$	$E (\vec{g})$	$\varepsilon E (\vec{g})$

Tabla I: mediciones realizadas para obtener el empuje que experimenta un cuerpo al sumergirlo (P_C : peso del cuerpo, F_{dL} : fuerza que ejerce el dinamómetro cuando el cuerpo está sumergido en agua, E : empuje).

Cuerpo	$P_{RV} (\vec{g})$	$\varepsilon P_{RV} (\vec{g})$	$P_{RL} (\vec{g})$	$\varepsilon P_{RL} (\vec{g})$	$P_L (\vec{g})$	$\varepsilon P_L (\vec{g})$	$V_L (cm^3)$	$\varepsilon V_L (cm^3)$

Tabla II: mediciones realizadas para obtener el peso del líquido desalojado (P_{RV} : peso del recipiente vacío, P_{RL} : peso del recipiente lleno, P_L : peso del líquido desalojado) y el volumen V_L del líquido desalojado.

Fecha: / / 2025

Año y división:

Grupo N°:

Firma del ayudante: