

El principio de Arquímedes dice que: **"Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado"**.

Con este equipo se pretende estudiar y calcular la altura metacéntrica de un cuerpo flotante, que simula ser un barco.

Se denomina **metacentro** al punto de intersección del eje vertical del barco u objeto flotante, con la vertical trazada desde el centro de carena.

La **altura metacéntrica** es la distancia existente entre el metacentro y el centro de gravedad del cuerpo flotante.

En el estudio del equilibrio de un objeto flotante, como por ejemplo un barco, podemos distinguir tres casos, son los siguientes:

- **Equilibrio estable:** Si el metacentro está por encima del centro de gravedad del cuerpo, éste se mantendrá en equilibrio.
- **Equilibrio inestable:** Si el metacentro está por debajo del centro de gravedad del cuerpo, la desviación de la línea de fuerza del peso del objeto flotante respecto al empuje del fluido en el que flota, forman un par de vuelco, y por tanto la desviación tiende a aumentar más.
- **Equilibrio neutral:** Si el metacentro coincide con el centro de gravedad del cuerpo, la altura metacéntrica será igual a cero.

Con este equipo se pueden estudiar y realizar cálculos en diferentes situaciones, de forma que se entenderán claramente tanto el principio de Arquímedes, como la estabilidad de un objeto en flotación.

El equipo está preparado para poder cambiar la posición del centro de gravedad del objeto flotante, disponiendo de reglas calibradas para control de la posición de las pesas, así como del ángulo de inclinación de la barcaza de forma directa.

FL-13.1-CALIBRACIÓN-DE-MANÓMETROS

4.-MÉTODO-GENERAL

4.1.-PASOS-PREVIOS.-INSTRUCCIONES-DE-USO

4.1.1.-CONEXIÓN,DESCONEXIÓN-DE-LOS-RACORES-INSTANTANEOS

Para conectar los tubos a las tomas manométricas, simplemente empujar los tubos dentro de las mismas hasta que hagan tope.
Para su desconexión, utilizar ambas manos. Con una presionar hacia adentro la anilla negra de la toma manométrica que rodea el tubo de conexión, y con la otra tirar de éste último.

CONECTAR



DESCONECTAR



79

FL-13.1-CALIBRACIÓN-DE-MANÓMETROS

4.2.-PROCEDIMIENTO-GENERAL

→ Con el husillo (8) metido y la válvula (3) abierta, llenamos de agua el depósito de metacrilato (4).



→ Accionamos el volante (7) en sentido antihorario sacando el husillo (8).

Nota: Esta operación la realizaremos siempre con la válvula abierta, ya que de lo contrario podemos crear una depresión y romper el manómetro objeto de ensayo.



→ Cerramos la válvula (3) y comenzamos a efectuar las lecturas.
→ Tras la realización de cada práctica, retirar el pistón (2) de su ubicación y secarlo correctamente para su correcta conservación.

89

FL-13.1-CALIBRACIÓN-DE-MANÓMETROS

5.-PRÁCTICAS-REALIZABLES

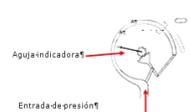
5.1.-EXPLICACIÓN-DEL-FUNCIONAMIENTO-DE-UN-MANÓMETRO

Puesta en marcha del equipo.

Colocamos el equipo sobre una superficie plana nivelándolo a continuación. Para ello giramos las patas de apoyo hasta que alcancemos nuestro objetivo.

Funcionamiento de un manómetro tipo Bourdon.

En la figura que se muestra a continuación se explica de forma esquemática el funcionamiento de uno de estos manómetros.



→ Salto de página

99

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

→ Llenamos el depósito volumétrico del banco hidráulico, y colocamos la barcaza en el agua, de forma que no toque con ninguna de las paredes.

→ En caso de que dispongamos de una bandeja con dimensiones suficientes, podremos también realizar la práctica en ella. En este caso procederemos del siguiente modo:

→ Colocamos la barcaza dentro de la bandeja sin agua.

→ Vertemos agua en la bandeja hasta que la barcaza flote, con una distancia al fondo suficiente como para que la barcaza pueda inclinarse sin tocar el fondo.

→ Desplazamos el índice del contrapeso hasta ajustarlo a cero con la escala horizontal.



109

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

5.-PRÁCTICAS-REALIZABLES

5.1.-PRINCIPIO-DE-ARQUÍMEDES

5.1.1.-FUNDAMENTO-TEÓRICO

"Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado"

Por lo tanto para que un cuerpo flote, su peso debe de ser contrarrestado por el empuje:

$$W = E \quad (1)$$

$$E = V \gamma = l b h \gamma \quad (2)$$

De (1) y (2) tenemos que:

$$h = \frac{W}{l b \gamma}$$

5.1.2.-MÉTODO

→ Colocamos la barcaza sobre un líquido cualquiera.

→ Conocemos los siguientes datos:

W=2280-gr.
L=330-mm.
b=138-mm.

→ Calculamos h, profundidad a la que se hunde la barcaza, comprobando que el resultado coincide con la realidad.

→ Añadimos pesos conocidos calculando en cada caso la nueva profundidad a la que se va a hundir la barcaza.

11

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

5.1.3.-LECTURAS-Y-RESULTADOS

Peso total Wc	Altura calculada hc	Altura medida hm	Diferencia
2,28x	32,9x	33x	0%x
2,384x	34,4x	35x	-2%x
2,485x	35,9x	37x	-3%x

129

Junto con el manual de uso, se entrega un manual completamente resuelto con los datos que se deben obtener durante las prácticas con el equipo. De este modo, el profesor puede revisar fácilmente si los alumnos están realizando el trabajo correctamente.

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

5.2. ESTABILIDAD Y CÁLCULO DE LA ALTURA METACÉNTRICA

5.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

En las siguientes figuras se muestra un cuerpo flotando en equilibrio. El peso W actúa a través del Centro de gravedad G y el empuje E a través del centro de empuje C , el cual es el centro de gravedad del fluido desplazado, actuando ambos E y W , en la misma línea vertical.

Cuando el cuerpo es desplazado de la posición de equilibrio, continúa actuando en G . El volumen de líquido desplazado no varía ya que $E = W$, pero la forma de este volumen cambiará y la posición de su centro de gravedad y el centro de empuje C se moverán respecto al cuerpo.

13

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

Mientras que en la primera figura la sección del fluido desplazado es rectangular, en la segunda la sección es triangular desplazándose el centro de empuje a C_1 y W sigue siendo iguales y de signo contrario pero ya no están en la misma línea vertical por lo tanto se genera un par de giro M , este puede ser un par restaurador o un par de vuelco.

Se denomina **metacentro** M al punto de intersección del eje vertical del barco con la vertical trazada desde el centro de carena.

La **altura metacéntrica** es la distancia existente entre el metacentro M y el centro de gravedad del cuerpo G .

Distinguimos tres casos:

- **Equilibrio estable:** Si el metacentro está por encima del centro de gravedad del cuerpo, al producirse una desviación las fuerzas W y E forman un par restaurador, es decir que tiende a restablecer el equilibrio. Altura metacéntrica GM positiva.
- **Equilibrio inestable:** Si el metacentro está por debajo del centro de gravedad del cuerpo, al producirse una desviación las fuerzas W y E forman un par de vuelco, es decir que tiende a aumentar más la desviación. Altura metacéntrica GM negativa.
- **Equilibrio neutro:** Si el metacentro coincide con el centro de gravedad del cuerpo. Altura metacéntrica GM igual a cero.

$$GM = CM - CG \quad CM = \frac{I_{desplazado}}{V_{desplazado}} \quad CG = G - \frac{h}{2}$$

$$GM = \frac{I_{desplazado}}{V_{desplazado}} - G - \frac{h}{2} \quad (3)$$

Donde:

- $I_{desplazado}$ Momento de inercia del área del plano de la superficie libre.
- En nuestro caso particular:

$$I_{desplazado} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

- V : Volumen de agua desplazada.
- G : Centro de gravedad.
- h : Profundidad a la que se hunde la barcaza.

Salto de página

14

FL-10.2-ALTURA-METACÉNTRICA

De la figura que se muestra a continuación deducimos:

$E = W_{desplazado}$

Momento respecto a G :

$$M_G = W_{desplazado} \cdot GM \cdot \sin \theta = -m \cdot x \cdot \cos \theta$$

Cuando la barcaza alcanza el equilibrio, el momento respecto a G es cero, con lo que tenemos que:

$$GM = \frac{m \cdot x}{W_{desplazado}} \quad (4)$$

Salto de página

15

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.



Accesorio Opcional: FL 10.3 - CUERPOS ADICIONALES PARA ESTUDIO DE ALTURA METACÉNTRICA
2 Cuerpos flotantes con pesas y escalas para cálculo de altura metacéntrica. Formas V y U.

PRACTICAS REALIZABLES

- Cálculo y estudio de la altura metacéntrica de un objeto flotante.
- Estudio del Principio de Arquímedes.

DATOS TECNICOS**Barcaza:**

- Dimensiones exteriores 350 x 200 x 100 mm.
- Espesor paredes 6 mm.

Pesas:

- Contrapeso desplazable horizontalmente 500 gr.
- Peso desplazable verticalmente por el mástil 200 gr.
* La masa de las pesas se calibra para cada equipo suministrado.

Otros datos:

- Desviación angular máxima 33°.
- Desviación lineal del contrapeso ± 90 mm.
- Peso total aproximado de la barcaza 2.300 gr.
- Altura del mástil 400 mm.