



ESTABILIDAD Y ESTIBA

## PRE LABORATORIO N° 2 - ACTIVIDADES PRE-LABORATORIO

### ARQUÍMEDES & CENTROS DE FLOTACIÓN

#### Instrucciones:

1. Este prelaboratorio abarca la teoría que será utilizada experimentalmente en la ejecución práctica de laboratorio "Arquímedes & Centros de Flotación".
2. El pre-laboratorio debe ser completado y entregado antes de iniciar la ejecución del laboratorio.
3. Si puede, responda las preguntas sin consultar sus apuntes y sólo utilícelos cuando tenga dudas o no entienda un concepto. Esto le permitirá mejorar su comprensión de los conceptos que el laboratorio intentará reforzar.
4. Una vez que complete minuciosamente este pre-laboratorio, le será más fácil entender lo que el laboratorio intenta mostrarle y maximizará su rendimiento en su ejecución.
5. Para la evaluación de este trabajo debe entregar todas las hojas del mismo, incluyendo las ecuaciones utilizadas, la sustitución por números que realice en las ecuaciones, las unidades y sus respuestas finales.
  - a. La Ingeniería es comunicación.
  - b. Un trabajo limpio que muestra una progresión lógica es mucho más fácil de evaluar.

#### Información del Cadete

Nombre: Cadete LT. Morán  
Curso: 3<sup>ero</sup> LT  
Fecha: 25-4-2021



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### Equipamiento del laboratorio

Para la realización de este laboratorio, se usará un estanque metálico con un casco de buque como cuerpo flotante.

El estanque en el que flota el casco del modelo, ha sido equipado con un drenaje superior a través del cual rebalsará el agua desplazada, la que deberá ser recogida para ser medida. El drenaje permite mantener un nivel de agua constante en el estanque.

Se proporciona un recipiente adecuado para recoger el agua, una pesa para pesar el casco y el agua desplazada, una regla para mediciones y dos pesos de 1 kg cada uno.

### Teoría

#### Principio de Arquímedes y equilibrio estático

En la primera parte del laboratorio, el desplazamiento (peso) del casco se determinará por tres medios diferentes:

- Pesar el casco en la pesa.
- Pesar el volumen de agua desplazada en la pesa.
- Calcular el volumen sumergido y utilizarlo para calcular la fuerza de empuje y el desplazamiento.

1. ¿Cuál de las técnicas indicadas será más exacta para determinar el peso?

Pesar el casco en la pesa ¿Por qué? porque nos permite obtener de forma precisa y exacta la medida que buscamos.

2. ¿Cuál de las técnicas descritas es aplicable a un buque de tamaño real?

La técnica número 3 ¿Por qué? porque no es posible poner en una pesa el casco de un buque ni el volumen de agua que desplaza.

El principio de Arquímedes establece que:

*Un objeto parcialmente o totalmente sumergido en un fluido, experimentará una fuerza vertical resultante igual en magnitud al peso del volumen de fluido desplazado por el objeto.*

Esta fuerza vertical se denomina "fuerza de boyantes" (fuerza de flotación) y recibe el símbolo  $F_B$ .

3. Escribir la relación matemática descrita por el Principio de Arquímedes que vincula  $F_B$  con el volumen sumergido ( $\nabla$ ) de un cuerpo flotante.

$$F_b = \rho \cdot \nabla \cdot g$$

$F_b$  = Fuerza boyantes

$\rho$  = densidad del medio

$\nabla$  = Volumen cuerpo sumergido

$g$  = gravedad.



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

4. Si el modelo en el tanque de agua flota positivamente, ¿está en equilibrio estático?  
 Si, siempre y cuando cumpla con las siguientes condiciones: Sumatoria de fuerza y momentos debe ser igual a 0 //
5. ¿Cuáles son las dos condiciones necesarias para que un objeto esté en equilibrio estático?

Condición 1: Fuerzas resultantes deben ser igual a 0

Condición 2: Momentos resultantes (Torque) debe ser igual a 0

6. Utilizando las condiciones para el equilibrio estático, escriba la relación matemática que vincula la fuerza de flotación ( $F_b$ ) experimentada por un cuerpo flotante y su peso o desplazamiento ( $\Delta$ ).

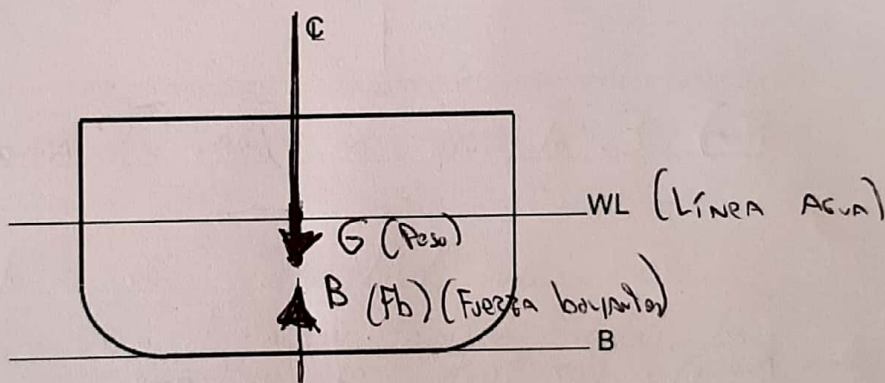
$$F_b = \Delta = 0 \therefore F_b = \Delta$$

7. Combine las expresiones dadas en (3) y (6) para dar la relación matemática que relacione el volumen sumergido de un objeto flotante ( $\nabla$ ) con su desplazamiento ( $\Delta$ ).  $\Delta = \nabla \cdot \rho \cdot g$

8. En la sección de casco flotante a mostrada a continuación, dibuje los dos vectores de fuerza descritos anteriormente, y muestre y nombre claramente los centroides a través de los cuales actúan.

G = centro Gravedad

B = centro boyantes



9. Describa cómo se ubican las posiciones de los dos centroides de la figura superior en un buque, completando la tabla siguiente.

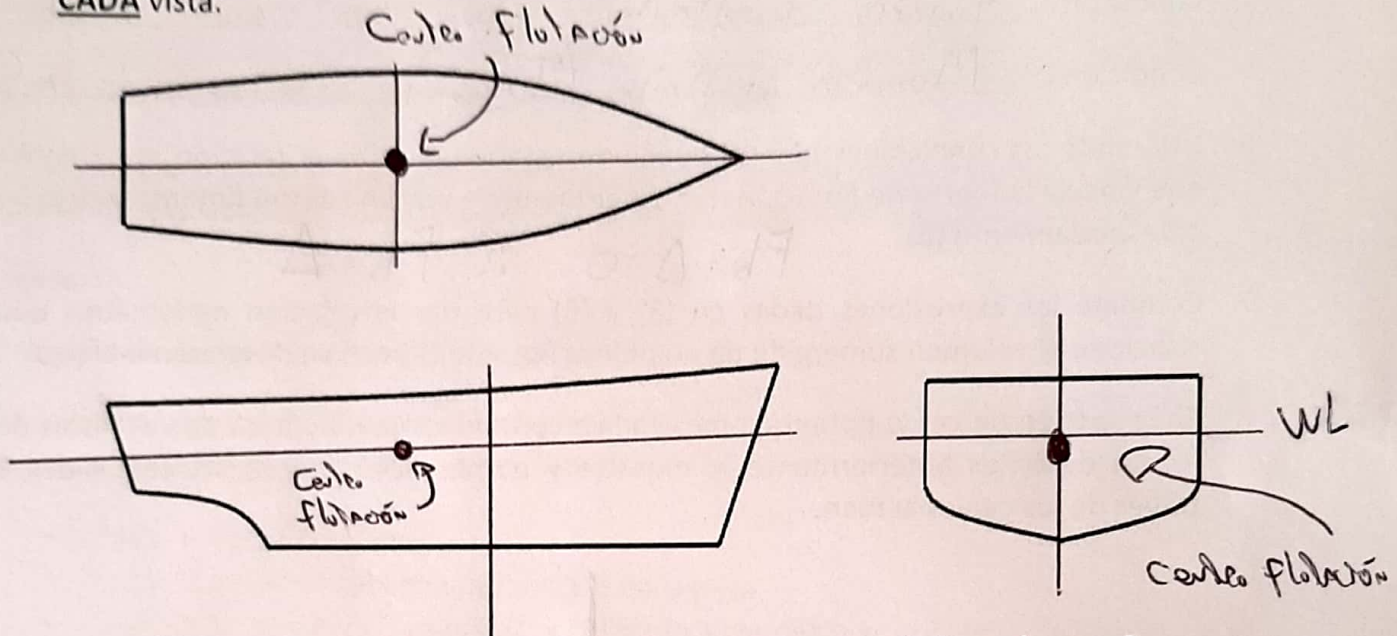
|                   | Referenciado desde | Acrónimo | Nombre                                                    |
|-------------------|--------------------|----------|-----------------------------------------------------------|
| Verticalmente     | Quilla             | KG       | C. de <del>Boyantes</del> Gravedad Vertical               |
|                   |                    | KB       | C. de Boyantes Vertical                                   |
| Transversalmente  | LÍNEA CRUZIA       | TCB      | Centro de flotación Transversal                           |
|                   |                    | TCG      | Centro de flotación <del>(longitudinal)</del> Transversal |
| Longitudinalmente | Cadenas MAESTRA    | LCB      | C. de gravedad longitudinal                               |
|                   |                    | LCG      | C. de flotación longitudinal                              |



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### Teoría de Centros de Flotación

10. En las tres vistas ortogonales de una forma de casco a continuación, dibuje en la línea de flotación, la línea central, el centro del barco, y muestre el centro de flotación en CADA vista.



11. ¿Cuál es el significado del centro de flotación con respecto a la línea de agua?

Es el punto de cambio de Aterido del buque

12. Describa hundimiento paralelo:

Es un hundimiento en el que el calado de proa varía lo mismo que el de popa (no considera Aterido), por tanto es uniforme.

13. ¿Dónde debiera agregarse un peso a un buque para logra un hundimiento paralelo?

debería agregarse en el centro de flotación

14. Completa la siguiente tabla para describir como se referencia la posición del Centro de Flotación en un buque.

|                   | Referenciado desde | Acrónimo | Nombre                           |
|-------------------|--------------------|----------|----------------------------------|
| Transversalmente  | Línea de quilla    | TCF      | Centro Transversal de Flotación  |
| Longitudinalmente | Gravamen maestro   | LCF      | Centro longitudinal de Flotación |



ESTABILIDAD Y ESTIBA

## LABORATORIO N° 2 - ARQUÍMEDES & CENTROS DE FLOTACIÓN

### Instrucciones:

1. Este laboratorio se lleva a cabo en la Sala de Ingeniería ubicada en el patio de maniobras a un costado de la Sala de dibujo.
2. Antes de llegar, lea el procedimiento de laboratorio para familiarizarse con los pasos necesarios para completar el laboratorio.
3. Traiga este cuestionario y una calculadora al laboratorio.
4. El laboratorio se realizará en grupos pequeños de 2 o 3. Su instructor especificará si el grupo o cada persona debe presentar el laboratorio completo.
5. Siga las etapas del laboratorio en orden consecutivo. El laboratorio sigue un patrón de pensamiento lógico y avanzar sin completar las preguntas de la teoría de intervención limitará su comprensión de los conceptos cubiertos.
6. Para obtener una calificación completa, todo el trabajo debe durante el laboratorio. Escriba las ecuaciones generales utilizadas, la sustitución de números, despeje de unidades y respuestas finales.
7. Mantenga su estación de trabajo (incluido el piso) limpio y seco. Asegúrese de que todos los equipos y modelos vuelvan a su ubicación original cuando complete el laboratorio.

### Información del Cadete

Nombre: C. MARÍN F

Curso: 3º LT

Fecha: 3-05-2021



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### PRIMERA PARTE: PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Y DETERMINACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO

1. Pese el modelo en la báscula y a continuación registre su peso.

12,284 Kg

Peso del modelo a escala (kg)

~~12,284~~ Kg

Este peso corresponde al desplazamiento ( $\Delta$ ) del modelo. El resto de la Primera Parte del laboratorio verifica este peso usando dos técnicas diferentes.

#### Medición del desplazamiento mediante el peso del agua desplazada

Llene el tanque a un nivel justo por encima de la altura del drenaje y permita que el exceso de agua fluya al balde. Espere unos 5 minutos para que el agua deje de gotear. Vacíe el balde y asegúrese también de que la fuente metálica rectangular (bandeja) se encuentre vacía.

2. Pese la bandeja metálica y registre su peso en la tabla que se adjunta en el punto 3. a continuación.

Instale el trozo de manguera en el drenaje y coloque la bandeja sobre la pesa, de manera tal que toda el agua que se vierta por el drenaje sea recibido en la bandeja y pueda registrarse su peso sin desplazarla de lugar. Coloque lentamente el modelo dentro del tanque, utilizando las dos guías del estanque para mantener la posición de la proa y de la popa de modelo. Asegurándose de mantener el modelo en posición vertical.

En el caso de no poder colocar la pesa bajo la bandeja, considere que después del flujo inicial de agua, el agua remanente que gotee puede ser recibida en el balde plástico, mientras se coloca la bandeja metálica en la pesa.

Espere al menos 5 minutos para que el agua termine de gotear sobre la pesa. Mientras espera, complete los pasos (4) a (7).

3. Vierta el agua del balde plástico en la bandeja y complete la tabla que se adjunta a continuación. Esta tabla solo requiere datos recopilados hasta este punto y la aplicación de los principios del curso (Arquímedes y equilibrio estático)

|                                              |                  |
|----------------------------------------------|------------------|
| Peso de la bandeja metálica (kg)             | 1,232 Kg         |
| Peso del agua y de la bandeja metálica (kg)  | 13,310           |
| Peso del agua recolectada en la bandeja (kg) | 11,078 Kg 12,150 |

\* Pérdida de Agua y error humano.  
Basándose en los datos recolectados, ¿cuáles serán los valores esperados para:

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| Magnitud de la Fuerza de Boyantes, $F_b$ (kg) | 11,078 Kg |
| Desplazamiento del modelo, $\Delta$ (kg)      | 11,078 Kg |

12,150  
12,150



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

4. Explique cómo llego al valor del desplazamiento del modelo.

Porque el desplazamiento es igual al peso del modelo, y este a su vez es igual al peso del agua desplazada por principio de Arquímedes

5. Lea cuidadosamente el calado de proa y el de popa a la altura de las respectivas perpendiculares, a ambas bandas. Retire el modelo del agua y asegurándose que el modelo está bien adrizado, mida la distancia desde la quilla a las marcas de proa y de popa. (Verifique con una regla que las marcas de calado coinciden con la quilla del modelo)

El calado medio ( $C_M$ ) es el promedio entre el calado de proa y el calado de popa medidos en las respectivas perpendiculares. Use esta relación y sus observaciones del modelo flotando para completar los calados de la tabla continuación:

|              |       |
|--------------|-------|
| C Popa (cm)  | 88 cm |
| C Proa (cm)  | 90 cm |
| C Medio (cm) | 89 cm |
| Asiento (cm) | 1 cm  |

6. Retire el modelo del agua y utilizando el valor de  $C_M$  y asumiendo que el modelo es de una densidad uniforme, estime el valor y la posición de los siguientes centroides: Centro de Boyantéz (B) y Centro de Gravedad (G) para el modelo.

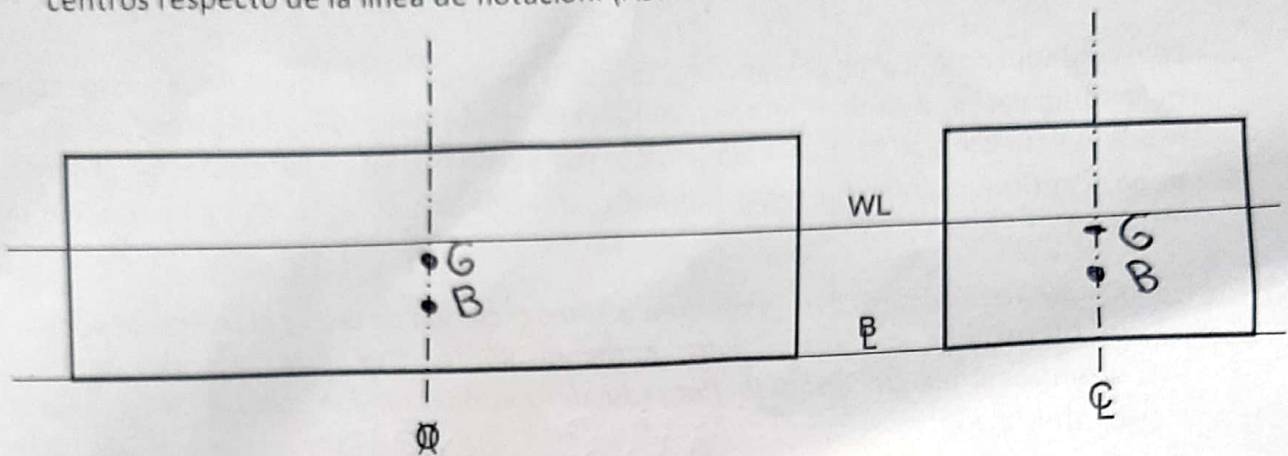
*Nota: El centro de gravedad de un cuerpo homogéneo, como el del modelo utilizado, es el centro del volumen de ese objeto.*

|                                  | Parámetro      | Valor en Kg (Lb) |
|----------------------------------|----------------|------------------|
| Desplazamiento                   | W ( $\Delta$ ) | 12,150 Kg        |
| Centroide                        | Parámetro      | Valor en cm      |
| Ubicación de la cuaderna maestra |                | 45,9 cm          |
| Centro de Boyantes               | KB (VCB)       | 4,25 cm          |
|                                  | TCB            | [45,25] 0 cm     |
|                                  | LCB            | 0 cm             |
| Centro de Gravedad               | KG             | 8,5 cm           |
|                                  | TCG            | 0 cm             |
|                                  | LCG            | 0 cm             |



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

7. Para confirmar que comprende estas cantidades, marque el Centro de Boyantes (B) y el Centro de Gravedad (G) en las vistas del plano lateral y en el de secciones del cuerpo homogéneo que se muestra a continuación. Asegúrese de ubicar con precisión estos centros respecto de la línea de flotación. (Asúmallo adrizado y sin asiento)



### Determinación del desplazamiento mediante el cálculo del volumen sumergido

8. Pese a que aún no es materia pasada, en el espacio a continuación calcule el área del plano de flotación del modelo utilizando la primera regla de Simpson (Capítulo 2 – 2.8.1 Teoría de la Primera regla de Simpson- 2.8.2 Aplicación de la 1ra Regla de Simpson- y 2.9.1 Área de Plano de Flotación). Para obtener el puntaje completo, asegúrese de incluir los siguientes pasos:

- El dibujo (croquis a mano alzada) del área que está calculando.
- Escriba la ecuación general de la primera regla de Simpson.
- Calcule el área del plano de flotación y destaque su respuesta en un cuadrado.

$$\frac{24,5}{2} = \text{Suma} = 12,25$$

\* Muestra Rectangular

|       |   |       |
|-------|---|-------|
| 12,25 | 1 | 12,25 |
| 12,25 | 4 | 49    |
| 12,25 | 2 | 24,5  |
| 12,25 | 4 | 49    |
| 12,25 | 2 | 24,5  |
| 12,25 | 4 | 49    |
| 12,25 | 1 | 12,25 |

$$\text{Muestra completa} = 220,5 \cdot 2 = 441$$

$$\text{esfera} = 91,8 \text{ cm}$$

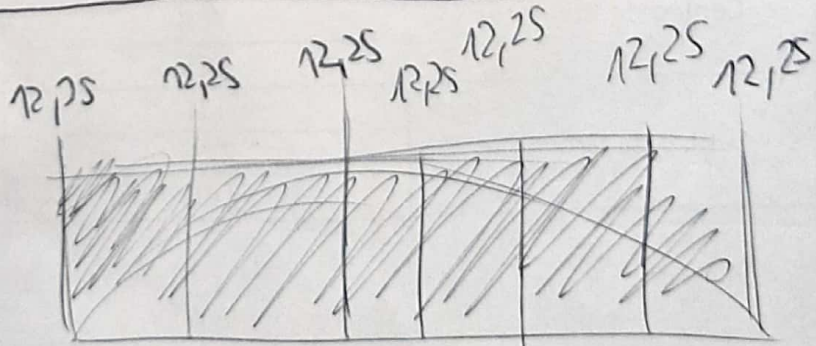
$$h = \frac{\text{esfera}}{\text{volumen}} = \frac{91,8}{6}$$

$$h = 15,3 \text{ cm}$$

$$\text{Área} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \text{Muestra completa}$$

$$B) \text{ Área Flotación} = \frac{1}{3} \cdot 15,3 \cdot 441$$

$$C) \text{ Área Flotación} = 2249,1 \text{ cm}^2$$





## ESTABILIDAD Y ESTIBA

9. Ahora determine el volumen sumergido ( $\nabla$ ) del modelo.

Nota: En el modelo asuma ambos costados verticales y calcule su volumen como si fuese un cilindro (Área x Altura)

~~$$V = A \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h$$~~

~~$$\nabla = \pi (4,23)^2 \cdot 91,8$$~~

~~$$\nabla = 5209,148 \text{ cm}^3$$~~



$$\nabla = 8,5 \text{ cm} \times 2249,1 \text{ cm}^2$$

$$= 19117,35 \text{ cm}^3$$

$$\nabla = 0,0191 \text{ m}^3$$

10. ¿Por qué no se puede utilizar esta técnica para calcular el volumen sumergido de un casco de buque normal?

Porque un buque (o su casco) no tiene forma de cilindro por lo que el cálculo es incorrecto

11. Calcule la Fuerza de Boyantes del volumen sumergido y la densidad del agua en el estanque.

$$F_B = \rho \cdot g \cdot \nabla$$

$$F_B = \Delta$$

~~$$F_B = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0052091$$~~

~~$$F_B = 51,04 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$~~

~~$$F_B = 51,05 \text{ (N)}$$~~

~~$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$~~

~~$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$~~

~~$$\nabla = 0,0052091 \text{ m}^3$$~~

~~$$F_B = \rho \cdot \nabla$$~~

~~$$F_B = 1000 \cdot 0,0052091$$~~

~~$$F_B = 5,2091 \text{ kg}$$~~

12. Ahora calcule el desplazamiento del cajón rectangular ( $\Delta$ ).

$$\Delta = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot \nabla$$

$$F_B - \Delta = 0$$

$$F_B = \Delta$$

$$F_B = 0,019 \times 1000 \times 10$$

$$F_B = 190 \text{ N}$$

$$\rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot \nabla = \Delta$$

~~$$\Delta = 51,05 \text{ (N)}$$~~

~~$$\Delta = 5,2091 \text{ kg}$$~~

$$\Delta = \frac{190 \text{ N}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\Delta = 19 \text{ kg}$$



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### Análisis de los resultados

13. A partir de las observaciones y cálculos que ha realizado, complete la siguiente tabla. Calcule el porcentaje de error en cada una de las alternativas de cálculo de desplazamiento.

| Técnica                                                         | Desplazamiento ( $\Delta$ ) Kg           | Porcentaje de error                   | Explicación del error                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Peso del modelo obtenido con la pesa.                           | 12,284 kg                                | N/A                                   | N/A                                                                                                      |
| Peso del agua desplazada por el modelo.                         | 12,150 kg                                | 1,09%                                 | Se perdió AGUA en salpicaduras y dentro del sistema.                                                     |
| Desplazamiento obtenido por regla de Simpson.                   | <del>19 kg</del><br><del>5,2091 kg</del> | <del>54,7%</del><br><del>57,59%</del> | YA que los valores corresponden a un cilindro y NO A la forma del casco.                                 |
| Desplazamiento del modelo obtenido por $C_M$ y Curvas de Forma. | 10,5212 kg                               | 14,35%                                | El Gráfico debe estar en base al AGUA salada, por lo que al trabajar con AGUA dulce, el valor fue mayor. |

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Valor Real} - \text{valor calculado}}{\text{Valor Real}} \cdot 100$$

$$2) \frac{12,284 - 12,150}{12,284} \cdot 100 = 1,09\%$$

$$3) \frac{12,284 - 5,2091}{12,284} \cdot 100 = 57,59\%$$

$$4) \frac{12,284 - 10,5212}{12,284} \cdot 100 = 14,35\%$$

$$\frac{12,284 - 19}{12,284} \cdot 100$$

$$\rightarrow 54,7\%$$



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

14. Explique ¿Cómo estos valores obtenidos permiten validar el Principio de Arquímedes y el principio de equilibrio estático?

Los valores obtenidos corresponden a lo esperado en el principio de Arquímedes ya que el peso del cuerpo fue similar al peso del agua desplazada.

Por otra parte, el peso del objeto es igual al del fluido desplazado, la suma de todas las fuerzas y momentos es igual a cero. De esta forma, reconocemos el principio de equilibrio estático.



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### SEGUNDA PARTE: POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE FLOTACIÓN

15. Repita los datos obtenidos en la parte 1, párrafo 6.

| Condición SIN carga |     |     |
|---------------------|-----|-----|
| C Popa (cm)         | 8   | 8   |
| C Proa (cm)         | 9   | 9   |
| C Medio (cm)        | 8,5 | 8,5 |
| Asiento (cm)        | 1   | 1   |

16. Estime cualitativamente la posición del Centro de Flotación (F) del modelo a escala.

Encierre en un círculo una de las respuestas a continuación.

A proa de la cuaderna ☒

en la cuaderna ☒

a popa de la cuaderna ☒

Asegurándose de que tiene el balde listo para recibir el agua desplazada que salga del drenaje, agregue cuidadosamente un peso de 1 Kg al modelo en línea de crujía representada por el tornillo central de más a popa. Si el modelo se coloca inestable, utilice pesos más livianos que le serán proporcionados durante el laboratorio y registre como dato este nuevo peso.

17. Registre los nuevos calados en la tabla a continuación

Peso = 507 gr

| Condición CON carga |   |       |
|---------------------|---|-------|
| C Popa (cm)         | 9 | 9     |
| C Proa (cm)         | 9 | 8,75  |
| C Medio (cm)        | 9 | 8,875 |
| Asiento (cm)        | 0 | 0,25  |

17 cm del  
Medio al peso

18. Comparando los datos obtenidos del modelo antes y después de colocar el peso, ¿Cuál fue el cambio experimentado en el asiento?

$$\delta \text{ asiento} = (1 - 0,25) = 0,75$$

¿Por qué ha pasado esto? (Explíquelo en términos de fuerza y momento)

Se debe, principalmente, por la fuerza estorada

19. ¿Cómo se llama el punto donde después de agregar el peso en el modelo, no hubiese experimentado un cambio de asiento? ( $\delta \text{ asiento} = 0 \text{ cm}$ )

Centro de flotación, ya que de lo contrario se hubiera hundido paulatinamente.

\* Desplaza peso de 7 Kg



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

20. Mediante "prueba y error", mueva el peso hasta lograr un "hundimiento paralelo", sin asiento.  
Cuando lo haya logrado, complete la siguiente tabla

| CON carga y sin asiento |   |   |
|-------------------------|---|---|
| C Pupa (cm)             | 9 | 9 |
| C Proa (cm)             | 9 | 9 |
| C Medio (cm)            | 9 | 9 |
| Asiento (cm)            | 0 | 0 |

21. Mida la posición del peso respecto de la cuaderna maestra  $\otimes$  para determinar la posición longitudinal del Centro de Flotación en el modelo.

$$LCF = \underline{0 \text{ cm}}$$

22. Con los datos obtenidos de calado y peso, calcule los Kg por cm de inmersión (KPC) en el modelo.

$$KPC = \underline{1,014 \text{ Kg/cm}}$$

23. Obtenga el valor de Libras por pulgada de inmersión (PPI) de las curvas de forma del modelo, reemplace sus unidades por Kg y cm y compárela con el valor calculado.

Si existen diferencias, explique a qué puede deberse según Ud.

$$\text{Calado medio: } 8,5 \text{ cm} = 3,34'' \quad \text{Gráfico} = 8,5 \cdot \frac{12}{1,54} \cdot \frac{0,4535}{1} = 1,51$$

24. Utilizando los datos obtenidos, determine el momento para cambiar el asiento del modelo en 1 cm (MCA 1cm)

25. Obtenga el momento para el cambio de asiento en 1 pulgada de las Curvas de Forma del Modelo, reemplace sus unidades por Kg y cm y compárela con el valor calculado.  
Si existen diferencias, explique a qué puede deberse según Ud.

$$G_{\text{Asiento}} = \frac{W \cdot L}{MTC}$$

$$3,34 \text{ in} = 1,1 \text{ m}$$

$$18,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}} \cdot \frac{1}{12} = X$$

$$X = 8,47 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$\text{Calado medio: } 8,5 \text{ cm} = 3,34''$$

$$2,54 \text{ cm} = 1''$$

$$MTC = 183 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$R = 0,97 \text{ Kg}$   
del modelo  
Ante esto,

Porque la Gráfica  
no es una línea  
que Aproxim.

Peso 1: 1,324 y 507



## ESTABILIDAD Y ESTIBA

### Anexo – Modelo del Laboratorio de Estabilidad



#### Componentes:

Casco  
Cubierta de escotilla superior extraíble  
Péndulo con peso  
2 pesos de 1 kg (2,2 lb)  
Tuercas de bronce  
Espaciadores de aluminio

Pulo

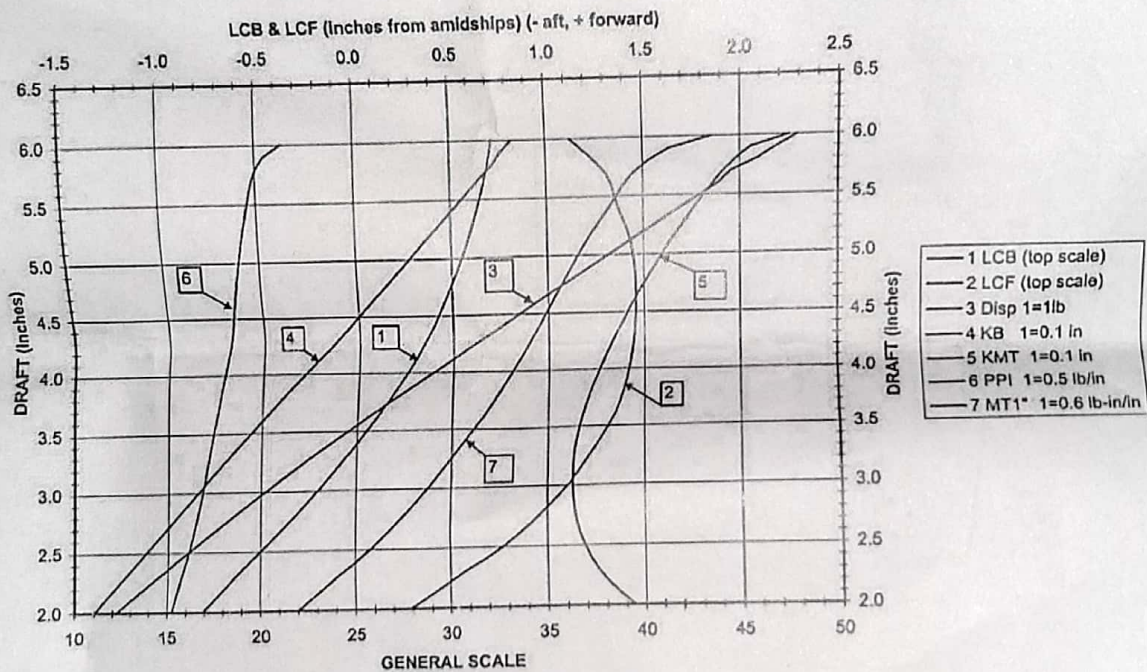
1 → 2,54 m

3,34 = 8,5 m

Cal medio 8,5



ESTABILIDAD Y ESTIBA  
Curvas de Forma del Modelo



2,54 → 1

x 8,5