



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: D. Fuentes P.

Curso: 3-L

Fecha: 28 / 04 / 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.

Peso del modelo a escala (kg)	12,264 kg
-------------------------------	-----------

Este peso corresponde al desplazamiento (Δ) 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)	13,382 kg
Peso del agua recolectada en la bandeja (kg)	12,150 kg

Basándose en los datos recolectados, ¿cuáles serán los valores esperados para:

Magnitud de la Fuerza de Boyantes, F_b (kg)	12,150 kg
Desplazamiento del modelo, Δ (kg)	12,150 kg

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

Por que para que el buque pueda flotar y mantenerse en equilibrio la F_b debe ser igual al "S" de modo que la sumatoria de fuerzas sea 0. Es decir, que el agua "S" es igual al peso del modelo, 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:

	Bb	Eb	$\bar{x}$
C Popa (cm)	0	0	0
C Proa (cm)	9	9	8,5
C Medio (cm)	8,5	8,5	
Asiento (cm)	-1	-1	-1

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.

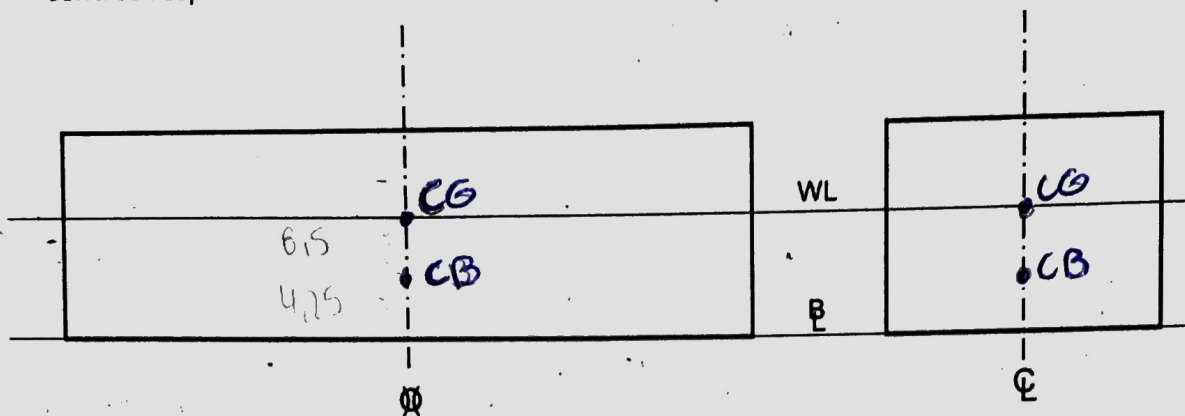
Espera = 91,8

	Parámetro	Valor en Kg (Lb)
Desplazamiento.	W (Δ)	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	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. (Asúmlalo adrizado y sin asiento)

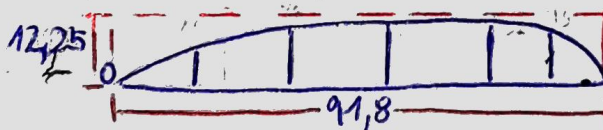


Determinación del desplazamiento mediante el cálculo del volumen sumergido

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.

$$\text{Esloza} = 91,8$$



Ordenada	Multiplo	Producto
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

$$220,5$$

$$220,5 \times 2 = 441$$

$$h = \text{Esloza} \div n \text{ de intervalos}$$

$$= 91,8 \div 6$$

$$= 15,3$$

$$\text{Área} = \frac{1}{3} \times h \times \text{sumatoria productos}$$

$$= \frac{1}{3} \times 15,3 \times 441$$

$$\text{Área} = 2249 \text{ [cm}^2\text{]}$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

9. Ahora determine el volumen sumergido (∇) del modelo.

Nota: En el modelo asuma ambos costados verticales y calcule su volumen como si fuese un cilindro ($\text{Área} \times A$)

$$19,117,35 [\text{m}^3] \times \frac{1 [\text{m}^3]}{100000 [\text{m}^3]} = 0,019 [\text{m}^3]$$

$$\nabla = 0,5 [\text{m}] \times 2249,1 [\text{m}^2] = 19,117,35 [\text{m}^3]$$

$$= 0,019 [\text{m}^3]$$

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

Porque el buque no tiene una forma definida, no es un cilindro. Si llegamos a asumir que es uno se perdería mucha área, el cálculo incorrecto.

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

$$F_b = \nabla \times \rho \times g$$

$$= 0,019 [\text{m}^3] \times 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 10 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$F_b = 190 [\text{N}]$$

$$F_b = \Delta$$

$$190 [\text{N}] = 0,019 [\text{m}^3] \times \rho \times 10 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$\rho = \frac{190 \left[\frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} \right]}{0,019 [\text{m}^3] \times 10 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}$$

$$= 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

12. Ahora calcule el desplazamiento del cajón rectangular (Δ).

$$\Delta = \nabla \times \rho \times g$$

$$F_b = \Delta$$

$$190 [\text{N}] = \Delta$$

$$\Delta = \frac{190 [\text{N}]}{10 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}$$

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



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 (Δ) 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%	Es el agua que no cayó dentro de la bandeja.
Desplazamiento obtenido por regla de Simpson.	19 [Kg]	54,7%	El " Δ " obtenido corresponde al de una figura conocida no a la  figura irregular de un cuerpo.
Desplazamiento del modelo obtenido por C_M y Curvas de Forma.	10,43 [Kg]	15,1%	El gráfico está calculado para agua salada (mayor densidad). Como nosotros  usamos agua dulce el Δ es mayor (experimental).

$$\% = \frac{\text{valor real} - \text{valor experimental}}{\text{valor real}} \times 100$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

tados

Observaciones y cálculos que ha realizado, complete la siguiente tabla.
Porcentaje de error en cada una de las alternativas de cálculo de

Desplazamiento (Δ) Kg	Porcentaje de error	Explicación del error
12,284 [Kg]	N/A	N/A
12,150 [Kg]	1,09%	Es el agua que no cayó dentro de la bandeja.
19 [Kg]	54,7%	El " Δ " obtenido corresponde al de una figura conocida no a la figura irregular de un bloque.
10,43 [Kg]	15,1%	El gráfico está calculado para agua salada (mayor densidad). Como nosotros calculamos usamos agua dulce el Δ es mayor (experimento).



ESTABILIDAD Y ESTIBA

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

Con los valores de desplazamiento obtenidos nos podemos dar cuenta que el principio de Arquímedes se cumple a totalidad, ya que al poner el modelo en el agua este desplazará su peso en agua lossa que quedo demostrada con los datos obtenidos en el experimento. Además nos demuestra que el peso del agua desplazada es igual a la fuerza de empuje, pues si no fuera así el buque se hundiría, ~~debe~~ debiendo estas 2 fuerzas opuestas sumarse cero, o que el peso del modelo no sea superior a la fuerza de empuje. Dándonos a entender que para que un buque flote la Σ de fuerzas debe ser cero logrando así 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
C Proa (cm)	9
C Medio (cm)	8,5
Asiento (cm)	-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

Condición CON carga			
C Popa (cm)	9	9	9
C Proa (cm)	9	8,75	8,5
C Medio (cm)	9	8,875	8,75
Asiento (cm)	0	-0,25	0,5

P₁
(1,324 kg)
9
9
9
0

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 a la fuerza que se ejerce y que junto al punto pivote se logra obtener los cambios de asiento.

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

Es el centro de flotación.



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 Popa (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 $\emptyset$ para determinar la posición longitudinal del Centro de Flotación en el modelo.

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

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

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

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.

$$R: 1,518 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

$$= 8,5 \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}} \right] \times \frac{0,393701}{1 \text{ cm}} \times \frac{1 [\text{kg}]}{2,20462 [\text{lb}]} = 1,518 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

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

$$P_{\text{asiento}} = \frac{1,324 [\text{kg}] \times 1 [\text{cm}]}{3,214 [\text{kg}]} = 0,412 [\text{cm}]$$

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.

$$P_{\text{asiento}} = 1,324 [\text{kg}] \times 2,54 [\text{cm}] =$$



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

$$\frac{11490 \text{ mm}^2}{975} \times 0,001 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

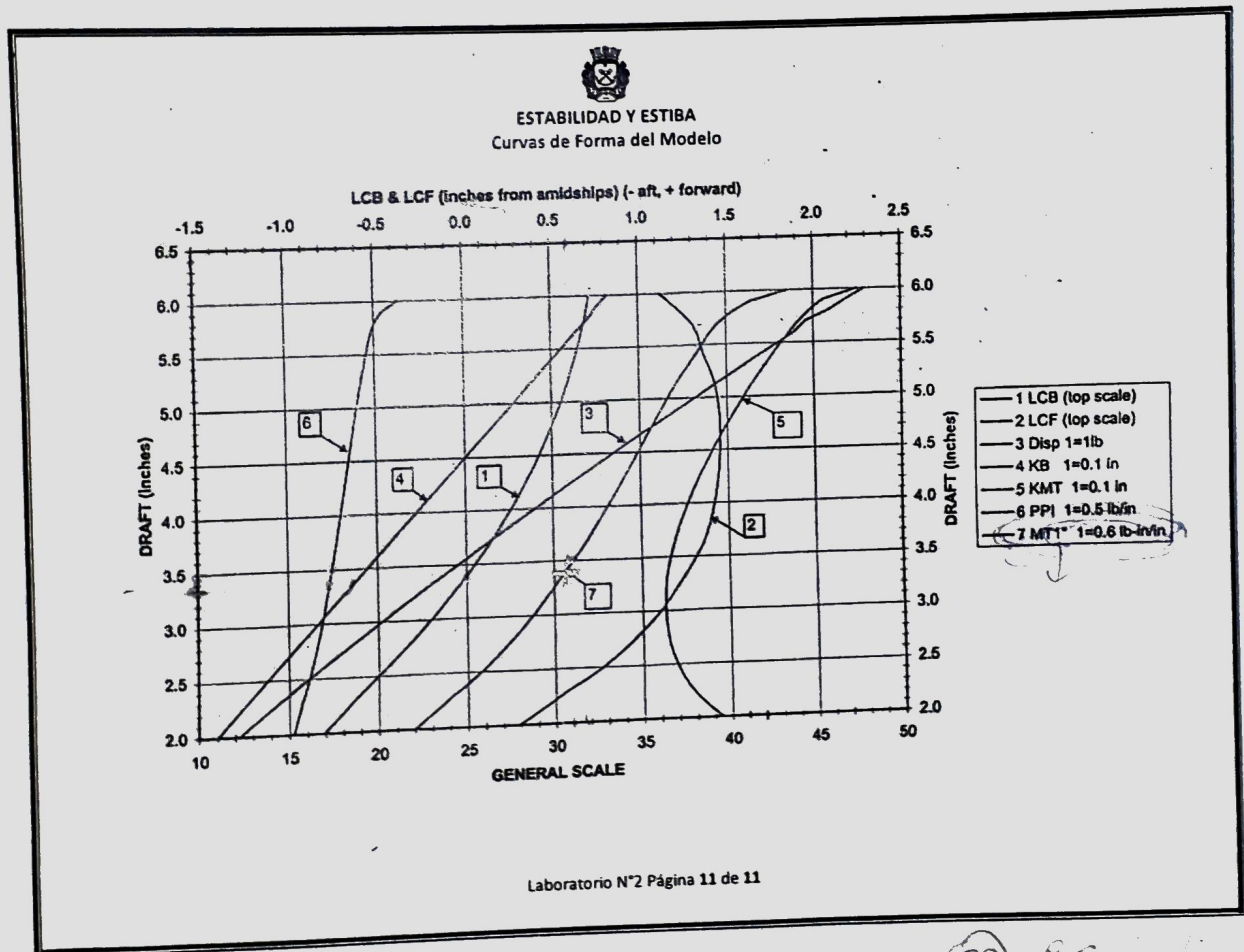
$$= 2,305 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$10\text{mm} = 0,393701 \text{ [pulgadas]}$$

$$= 6,5\text{mm} \times \frac{1 \text{ [pulgada]}}{254 \text{ [mm]}}$$

$$= 3,35 \text{ pulgadas}$$

$$9,10\text{mm} = 3,5$$



(23) 85 10/10

$$6,5 \frac{\text{lb}}{\text{cm}} \times \frac{0,393701 \text{ [in]}}{1 \text{ cm}} \times \frac{1728}{370402 \text{ [lb]}}$$

$$1516 \frac{\text{lb}}{\text{cm}}$$