

Proyecto básico de terminal exterior de atraque para
cruceros de tamaño medio en Benidorm (Alicante).
Obra de atraque exterior.

Anejo nº 9
Verificación de la estabilidad naval

Autor:

Víctor Martí Grau

ÍNDICE

1. Introducción	pág. 2
2. Cálculo de la estabilidad en flotación	pág. 2

1. Introducción

El objeto de este anejo es verificar las condiciones de seguridad durante la navegación de los cajones desde el lugar de fabricación hasta el lugar de fondeo.

La estabilidad durante la navegación se cumple garantizando que ante una posible inclinación del cajón el metacentro quede por encima del centro de gravedad una determinada altura, de manera que el equilibrio se restaure. Esta altura es de 0.5 m navegando en aguas exteriores.

Las dimensiones de los cajones, son:

Tabla 1.1 – Dimensiones de los cajones, en metros	
Eslora	36
Manga	12.6
Puntal	15
Espesor de la solera y las zapatas	0.5
Vuelo de las zapatas	0.5
Espesor de paredes interiores	0.3
Espesor de paredes exteriores	0.6
Hueco entre paredes	3.6

2. Cálculo de la estabilidad en flotación

El cálculo se basa en asegurar que en todo momento durante la fase de transporte del cajón se cumple la ecuación (1).

$$\rho + y_c - y_G = \overline{GM} \geq 0.5 \text{ m} \quad (1)$$

ρ : radio metacéntrico

y_c : distancia del centro de carena del cajón a su base

y_G : distancia del centro de gravedad del cajón a su base

G : posición del centro de gravedad

M : posición del metacentro

Para determinar el centro de carena hay que calcular primero el calado para un determinado lastre. El lastre empleado es de 1.5 m de altura de agua en cada celda, con celdas incomunicadas. La densidad de agua de mar se ha tomado de 1.025 t/m³.

$$W_{horm} + W_{lastre} = V_c \cdot \gamma_w \quad (2)$$

$$W_{horm} = (V_{fuste} + V_{solera} - V_{alig}) \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 47\,820.623 \text{ kN}$$

$$V_{fuste} = 36 \cdot 12.6 \cdot 14.5 = 6577.2 \text{ m}^3$$

$$V_{solera} = 0.5 \cdot 13.6 \cdot 36 = 244.8 \text{ m}^3$$

$$V_{alig} = 12.5394 \cdot 27 \cdot 14.5 = 4909.175 \text{ m}^3$$

$$W_{lastre} = 12.5394 \cdot 27 \cdot 1.5 \cdot 10.05525 = 5106.515 \text{ kN}$$

$$V_c = V_{solera} + 12.6 \cdot 36 \cdot (c - 0.5)$$

Despejando c de la ecuación (2):

$$c = 11.564 \text{ m}$$

$$V_c = 5263.632 \text{ m}^3$$

$$A_c \cdot y_c = A_{sol} \cdot y_s + A_{fus} \cdot y_{fus} \quad (3)$$

$$A_{sol} = 6.8 \text{ m}^2 \quad y_{sol} = 0.25 \text{ m}$$

$$A_{fus} = (c - 0.5) \cdot 12.6 = 139.406 \text{ m}^2 \quad y_{fus} = \frac{c-0.5}{2} + 0.5 = 6.032 \text{ m}$$

$$A_c = \frac{V_c}{36} = 146.212 \text{ m}^2$$

$$y_c = 5.763 \text{ m}$$

$$y_G \cdot \sum W_i = \sum y_{gi} \cdot W_i \quad (4)$$

$$W_{sol} = V_{sol} \cdot 25 = 6120 \text{ kN} \quad y_{gsol} = 0.25 \text{ m}$$

$$W_{fus} = W_{horm} - W_{sol} = 41\,700.623 \text{ kN} \quad y_{gfus} = \frac{14.5}{2} + 0.5 = 7.75 \text{ m}$$

$$W_{las} = 5106.515 \text{ kN} \quad y_{glas} = \frac{1.5}{2} + 0.5 = 1.25 \text{ m}$$

$$y_G = 6.256 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{I_e}{V_c} \quad (5)$$

$$I_e = I - \sum i$$

I : Momento de inercia de la sección recta del fuste a nivel del mar con respecto al eje longitudinal del cajón.

V_c : Volumen de carena

i : Momento de inercia de las celdas lastradas con respecto a un eje paralelo al longitudinal del cajón pasando por el c.d.g. del área de las celdas.

$$I = 14\,311.447 \text{ m}^4$$

$$i = 12.853 \text{ m}^4$$

$$I_e = 14\,311.447 - 12.5394 \cdot 27 = 13\,972.883 \text{ m}^4$$

$$\rho = \frac{13\,972.883}{5602.196} = 2.494 \text{ m}$$

$$\overline{GM} = 2.493 + 5.763 - 6.256 = 2 \text{ m} > 0.5 \text{ m} \quad \text{cumple}$$