



TRABAJO 3

DISPOSICIÓN GENERAL

PROYECTO DEL BUQUE Y ARTEFACTOS NAVALES

Grupo 9:

Israel Martínez Moreno
Jannat Haskouri EL Azzaoui
Alex Araujo
Cèlia Vélez
Gerard Perez Torres
Marc Calveras
Robert Garabán Garcías
Gonzalo Martos

Contenido

Pregunta A.....2

Pregunta B.....6

Pregunta C.....8

Pregunta D.....13

Pregunta E.....14

Anexos.....16

Conclusiones.....28

Problema 3. Disposición general.

Nota: El resultado de este problema debe mostrarse en un plano 2D que incluya al menos una vista de alzado, planta y sección maestra del barco. Asimismo, debe generarse un modelo en Maxsurf stability en el que se definan y cubiquen los diferentes espacios.

Pregunta A

Determinar la posición de los mamparos de proa y popa de cámara de máquinas y de pique de proa.

Nota: La clara de cuadernas será de 700 mm en la zona central y 600 mm a popa del mamparo de proa de cámara de máquinas y a proa del pique de proa.

Para determinar la posición precisa de los mamparos, es necesario consultar las secciones correspondientes de la normativa emitida por el DNV y SOLAS. Una vez lo hayamos consultado procedemos con los cálculos específicos. En esta sección se detallarán los procedimientos a seguir.

Inicialmente, es necesario adquirir los datos relativos a la embarcación obtenidos en la fase previa del trabajo. Hay que remarcar que la longitud de flotación se ha ajustado a 105,2 m.

Resumen técnico con supuestos de referencia

CATEGORÍA	ELEMENTO	DIMENSIÓN	VALOR	UNID AD	NORMATIVA
DIMENSIONES PRINCIPALES	Eslora entre perpendiculares	Lpp	105.2	m	Medido
	Manga	B	15.99	m	Medido
	Puntal	D	7.9	m	Medido
	Calado de diseño	T	6.2	m	Medido
	Franco bordo	FB	1.7	m	Calculado (D - T)
	Desplazamiento	Δ	7752.9	ton	Hidroestático (CB=0.7252)
COMPARTIMENTACIÓN	Altura doble fondo	hDB	1.2	m	DNV Pt.3 Ch.2 Sec.3
	Altura mínima DNV	hDB_min	0.80	m	B/20 = 15.99/20
	Ancho costado doble	w_DS	1.80	m	SOLAS II-1 Reg.13
	Manga interior	B_inner	12.39	m	B - 2×w_DS
	Espaciamiento cuadernas	s	0.70	m	DNV Pt.3 Ch.3
ESPESORES DE CHAPAS	Forro de fondo exterior	t_bottom	22	mm	DNV Pt.3 Ch.6
	Forro de costado	t_side	20	mm	DNV Pt.3 Ch.6
	Fondo interior	t_inner_bottom	14	mm	DNV Pt.3 Ch.6
	Mamparo longitudinal	t_inner_side	12	mm	DNV Pt.3 Ch.6
	Cubierta principal	t_deck	12	mm	DNV Pt.3 Ch.6
	Cubierta (zona escotilla)	t_deck_hatch	16	mm	DNV Pt.3 Ch.6
PERFILES ESTRUCTURALES	Altura varengas	h_floor	400	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Alma varenga	tw_floor	12	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Ala varenga	bf_floor × tf	150×20	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Altura cuadernas	h_frame	300	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Alma cuaderna	tw_frame	10	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Ala cuaderna	bf_frame × tf	120×16	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Altura baos cubierta	h_beam	250	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Alma bao	tw_beam	10	mm	DNV Pt.3 Ch.3

	Ala bao	bf beam × tf	100×14	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Altura longitudinales	h long	200	mm	DNV Pt.3 Ch.3
	Alma longitudinal	tw long	8	mm	DNV Pt.3 Ch.3
MATERIAL	Grado de acero	-	AH36	-	DNV
	Límite elástico	σ_y	355	MPa	DNV
UBICACIÓN	Posición cuaderna maestra	x_MF	52.6	m	Lpp/2 desde proa

Tabla 1.Descripción general del modelo:

Según la normativa “DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.2 General arrangement design - Sección 2”. Todo buque debe disponer, como mínimo :

- Mamparo de colisión
- Mamparo en popa
- Mamparo en cada extremo de la sala de máquinas

Además de determinar el número y la ubicación de los mamparos, su diseño debe cumplir las exigencias de resistencia transversal, subdivisión, capacidad de inundación y estabilidad frente a daños, conforme a la normativa nacional.

También, dentro del apartado mencionado antes, en el punto “1.1.4” se establece que, para las embarcaciones en las que no se hayan hecho cálculos de estabilidad en caso de avería, el número total de mamparos estancos transversales no puede ser menor que el valor indicado en la tabla que se muestra a continuación.

Table 1 Number of transverse bulkheads

<i>Ship length in [m]</i>	<i>Engine room</i>	
	<i>Aft</i>	<i>Elsewhere</i>
$L \leq 65$	3	4
$65 < L \leq 85$	4	4
$85 < L \leq 105$	4	5
$105 < L \leq 125$	5	6
$125 < L \leq 145$	6	7
$145 < L \leq 165$	7	8
$165 < L \leq 190$	8	9
$190 < L \leq 225$	9	10
$L > 225$	specially considered	

En el buque en cuestión se sabe que la eslora de flotación es de 105,2 , así que existe una eslora comprendida entre los valores $85 < L \leq 125$. Esto indica que existirá un valor mínimo de mamparos transversales de 4 en popa y en cualquier otra parte de 5.

Para la distribución de cuadernas en nuestro buque, hemos establecido un espaciamiento de 700 mm en la zona central, 600 mm a popa de la cámara de máquinas y 600 mm a proa del mamparo de colisión.

En primer lugar, consultaremos la normativa de DNV, ya que todos los buques deben llevar un mamparo de colisión que alcance la cubierta del mamparo. Por ello, acudimos al apartado “Ships – Parte 3 – Capítulo 2 (General arrangement)”. La distancia x_{cx_cxc} , en metros, medida desde la perpendicular FPLL hasta el mamparo de colisión, deberá adoptarse dentro de los límites siguientes:

Formulas calculo distancias minimas y maximas

$$\begin{aligned}
 x_{c-min} &= 0.05L_{LL} - x_f \text{ for } L_{LL} < 200 \text{ m} \\
 &= 10 - x_f \text{ for } L_{LL} \geq 200 \text{ m} \\
 x_{c-max} &= 0.05L_{LL} + 3.0 - x_f \text{ for } L_{LL} < 100 \text{ m} \\
 &= 0.08L_{LL} - x_f \text{ for } L_{LL} \geq 100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Con tal de calcular dichas distancias es importante saber qué es x_f , que se especifica según la normativa de la siguiente manera:

x_f = adjustment of reference point due to bulbous bow in m, as given in [4.1.2].

A greater value of x_{c-max} may be permitted by the flag administration, see [4.1.3].

4.1.2 For ships without bulbous bows the reference point shall be taken where the forward end of L_{LL} coincides with the forward side of stem, on the waterline which L_{LL} is measured:

$$x_f = 0$$

For ships with bulbous bow the adjustment of the reference point x , in m, shall be taken as:

$$x_f = \min(0.5x_{be}; 0.015L_{LL}; 3.0)$$

Formula calculo X_f

Se calcula el coeficiente X_f , según el valor mínimo que establece la normativa, 0,795. Una vez determinado este valor, es necesario determinar las posiciones máximas y mínimas desde la perpendicular de proa, X_c máximo y X_c mínimo.

nombre	inicio_m	fin_m	uso
Pique de popa	0.0	8.2	Timón, ejes y tanque de lastre.
Cámara de máquinas	8.2	23.2	Motor principal, auxiliares, cuadro eléctrico.
Bodega 3	23.2	45.2	Carga y paños de servicio.
Bodega 2	45.2	72.2	Carga general central.
Bodega 1	72.2	99.2	Carga general / contenedores.
Pique de proa	99.2	105.2	Lastre, cadena y paños de amarras.

Tabla 2. Posiciones de mamparos transversales principales.

La cámara de máquinas queda entre las cuadernas 34 y 13, equivalentes a 23,20–8,50 m medidos desde la PP de popa (82,00–96,70 m respecto a proa). Se verifica la presencia de piques de proa y popa conforme a DNV Pt.3 Ch.1 Sec.2 [3.1], que exige compartimiento estanco antes y después del espacio de máquinas en buques > 100 m.

Cabe remarcar que las distancias calculadas anteriormente coinciden con las distancias que se determinan a partir de la normativa expresada en el documento de clase. Esta normativa es la siguiente:

- Si $L_{PP} \leq 200$: la distancia mínima es $0.05 L_{PP}$ y la máxima $0.08 L_{PP}$.
- Si $L_{PP} > 200$: la distancia mínima es 10 m y la máxima $0.08 L_{PP}$.
- Para buques con bulbo (L_{BU} es la eslora de la protuberancia del bulbo a partir de la perpendicular de proa) estas distancias son:
- Si $L_{PP} \leq 200$: la distancia mínima es $0.05 \cdot L_{PP} - \min(L_{BU} / 2, 0.015 L_{PP})$ y la máxima $0.08 \cdot L_{PP} - \min(L_{BU} / 2, 0.015 L_{PP})$.
- Si $L_{PP} > 200$: la distancia mínima es $10 \text{ m} - \min(L_{BU} / 2, 3 \text{ m})$ y la máxima $0.08 \cdot L_{PP} - \min(L_{BU} / 2, 3 \text{ m})$.

Nuestra Distribución:

nombre	inicio_m	fin_m	uso
Pique de popa	0.0	8.2	Timón, ejes y tanque de lastre.
Cámara de máquinas	8.2	23.2	Motor principal, auxiliares, cuadro eléctrico.
Bodega 3	23.2	45.2	Carga y paños de servicio.
Bodega 2	45.2	72.2	Carga general central.
Bodega 1	72.2	99.2	Carga general / contenedores.
Pique de proa	99.2	105.2	Lastre, cadena y paños de amarras.

Tabla 3. Distribución longitudinal de espacios principales

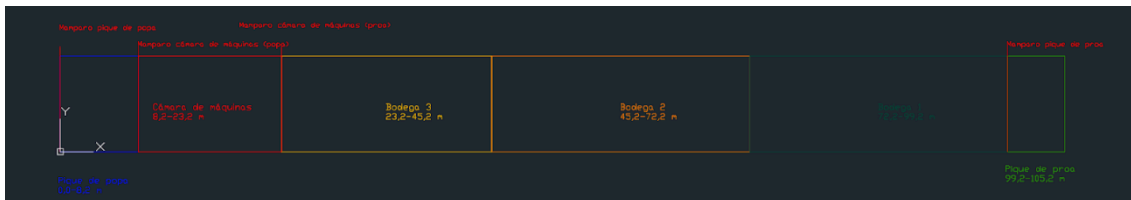


Figura 1. Distribución longitudinal de espacios en Lpp con identificación de mamparos.

Pregunta B

Disponer en el plano de disposición los elementos delimitadores (doble fondo, doble casco, cubiertas, mamparos) e indicar motor y tanques.

Dado que el doble fondo de cámara de máquinas y el doble fondo del resto del buque no están situados a la misma altura, es necesario colocar una rampa que una las dos plataformas. Esta rampa se situará justo al lado de la sala de máquinas.

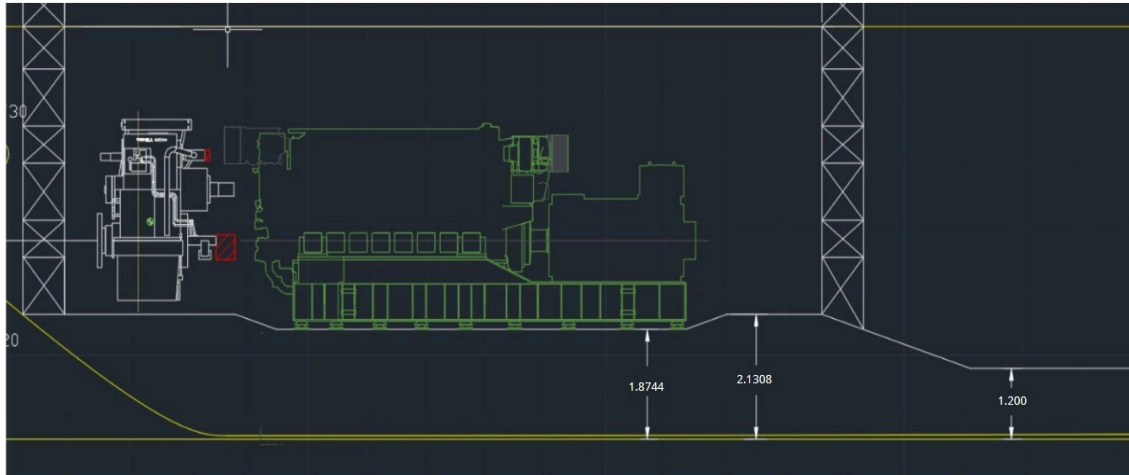


Figura 2. Plano longitudinal del doble fondo del buque

El doble fondo continuo de 1,80 m cumple DNV Pt.3 Ch.2 Sec.2 [1.4].



Figura 3 Doble casco

Lpp: 105.200 m | Manga: 15.99 m | Puntal: 7.90 m | Calado: 6.20 m

Desplazamiento: 7752.9 t

Configuración estructural:

- Doble fondo: 1.20 m (DNV Pt.3 Ch.2 Sec.3)
- Doble costado: 1.80 m (SOLAS II-1 Reg.13)
- 2ª cubierta: cota 5.20 m (hipótesis validada con equipo)
- Cubierta principal: cota 7.90 m

Elementos incluidos en el plano:

- Línea base, quilla y eje CL
- Doble fondo con varengas representativas
- Doble costado y longitudinales
- Cubiertas principal y secundaria
- Tanques de doble fondo y de ala
- Mamparos transversales y longitudinales
- Leyenda normativa y especificación de material AH36

Referencias normativas: DNV Pt.3 Ch.2-3, DNV Pt.3 Ch.5, SOLAS II-1 Reg.13

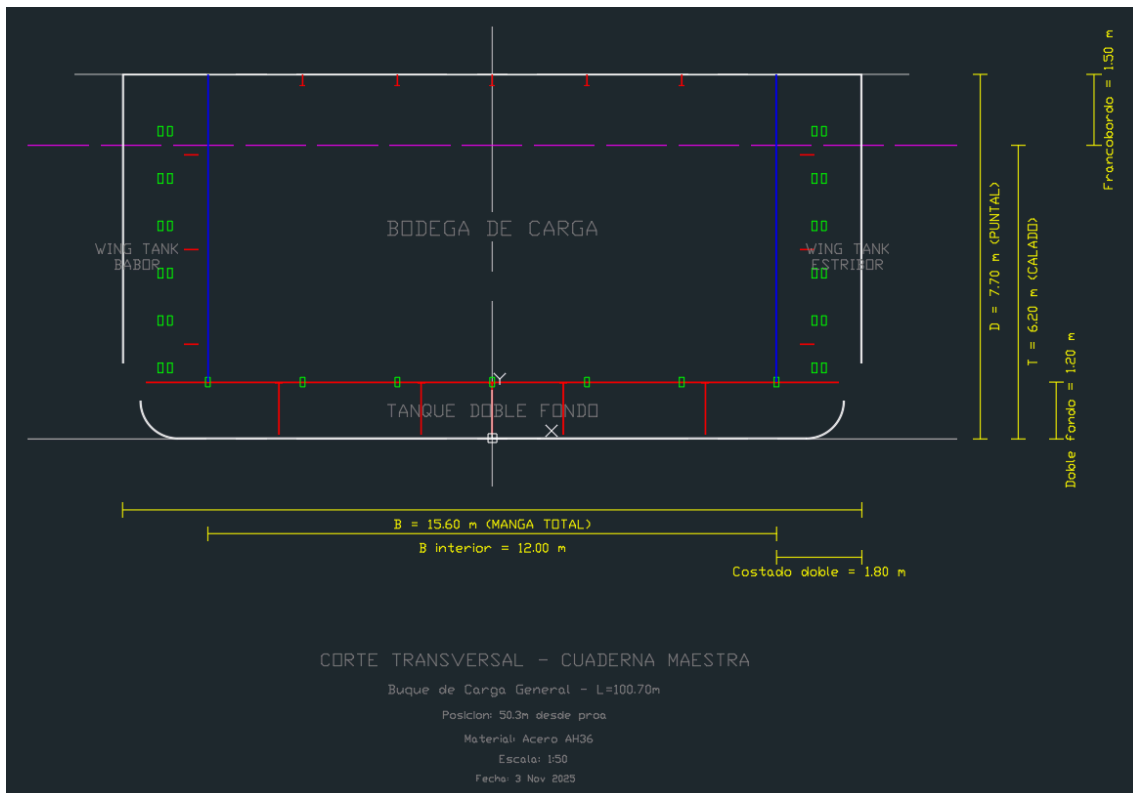


Figura 5. Cuaderna maestra.

Pregunta C

Estimar el volumen de los principales tanques de consumo, disponerlos y ubicarlos en Maxsurf Stability.

Nombre	Servicio	Longitud (m)	Volumen (m³)	Porcentaje del total (%)	Notas	altura_media_m	ancho_efectivo_m	factor_utilizacion
DB Proa	Lastre de ajuste y reserva FO	27,00	269,9	23,7	Factor de llenado del 92% para compensar refuerzos y tuberías.	0.7995	13.591	0.92
DB Centro	Combustible pesado / lastre	27,00	269,9	23,7	Factor de llenado del 92% para compensar refuerzos y tuberías.	0.7995	13.591	0.92
DB Aft	Combustible y lastre	22,00	219,9	19,3	Factor de llenado del 92% para compensar refuerzos y tuberías.	0.7995	13.591	0.92
DB Máquina	Servicio motor principal	15,00	150,0	13,1	Factor de llenado del 92% para compensar refuerzos y tuberías.	0.7995	13.591	0.92
Wing tank babor	Fuel oil alimentación	12,00	113,3	9,9	Sección triangular; factor 0.88 por refuerzos.	6.1005	3.517	0.88
Wing tank estribor	Fuel oil alimentación	12,00	113,3	9,9	Simétrico al tanque de babor.	6.1005	3.517	0.88
Day tank	Suministro diario motor principal	2,00	4,6	0,4	Tanque cilíndrico vertical dentro de la cámara de máquinas.	3.0	1.4	0.95

Tabla 4. Dimensionamiento de tanques de combustible y lastre

A continuación, se especifica como se ha calculado cada uno de los tanques correspondientes:

- Volumen del tanque de servicio diario**

El **tanque de servicio diario** se dimensiona para almacenar el combustible necesario para **8 horas** de operación continua del motor principal, incorporando un **10% de margen** por contingencias. Se calcula con:

$$V_{\text{Servicio Diario}} = 1.1 \times 8h * \frac{\text{Potencia} \times C_e}{\rho_{\text{combustible}}}$$

Deberemos disponer de 2 tanques de servicio diario para mantener la estabilidad del buque, así que el volumen total de los tanques de combustible de uso diario será la mitad, es decir, 2,3m³

- Volumen del tanque de sedimentación**

Según la norma, el tanque de sedimentación se dimensiona para el consumo de 24 h del motor principal con un 15% adicional. Se calcula con:

$$V_{\text{sedimentación}} = 1,15 \times 24h \times \frac{\text{Potencia} \times C_e}{\rho_{\text{combustible}}}$$

Sera:

$$V = 28227,07 / 900 = 31,36 \text{ m}^3$$

- **Volumen del tanque almacén**

El **tanque de almacenamiento** se dimensiona con el volumen total de combustible requerido a bordo, **descontando** el volumen ya reservado en el **tanque de sedimentación**. La relación usada es:

$$V_{Tq\text{almacén}} = V_{\text{Combustible}} - V_{Tq\text{sedimentación}} =$$

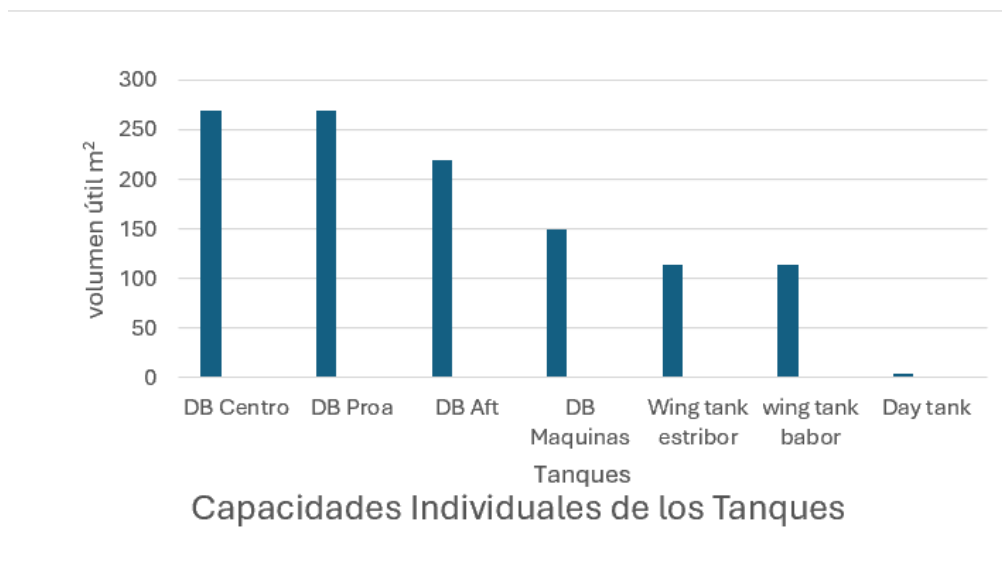


Figura 6. Capacidades útiles individuales de los tanques dimensionados.

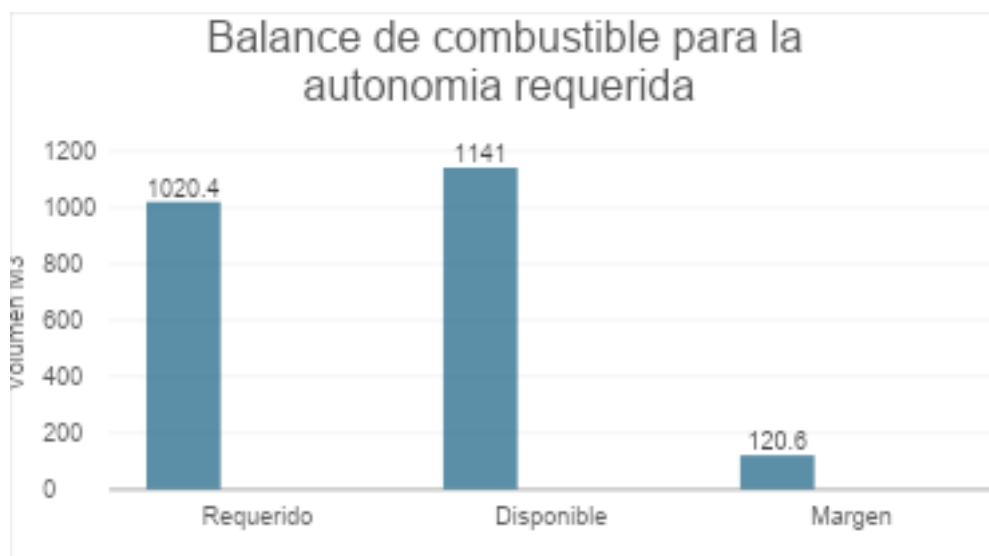


Figura 7. Balance disponible vs. requerido para la autonomía especificada.



Figura 11. Dimensionamiento de tanques de combustible y lastre.

La autonomía objetivo de 30 días, con un consumo de 30,61 t/día (ver tabla de consumo), exige 1020,4 m³ de combustible. Los tanques dimensionados aportan 1141,0 m³ y generan un margen operativo del 11,8% sobre lo requerido (ver balance de combustible). La relación de dimensionamiento según DNV Pt.4 Ch.6 Sec.3 se aplica: 0,92 en doble fondo y 0,88 en tanques de ala.

El detalle diario por subsistema (ver Tabla 6) distribuye el consumo en 84,43% para el motor principal 16V26, 13,36% para generadores auxiliares y 2,21% para servicios y pérdidas, todos convertidos con densidad 0,90 t/m³.

Una vez calculados los tanques de combustible, es necesario calcular el volumen de agua dulce. Para ello, se debe partir de la tabla A.1 de la norma ISO 15748-2.

Tabla 5. Tabla A.1 de la norma ISO 15748-2

Type of ship		Group of persons embarked	Water consumption when fitted with	
			Flushing toilet system	Vacuum toilet system
Seagoing ship	Cargo ship	Crew/bed	220 l	175 l
	Passenger ship	Passenger/bed	270 l	225 l
	Luxury liner	Passenger/bed	—	275 l
	Ferryboat with cabins	Passenger/bed	205 l ^a	160 l ^a
		Passenger without bed	100 l	55 l
	Ferryboat without cabins	Passenger without bed	150 l	105 l
		Crew without bed	100 l	55 l
Inland waterway craft	Cargo ship	Crew/bed	Minimum 150 l	
	Passenger ship with cabins	Passenger/crew/bed	220 l	175 l
	Passenger ship without cabins	Crew/passenger	100 l	
Special-purpose ship	Research ship	per bed	220 l	175 l
	Federal armed forces tender and larger	Crew/bed	160 l	110 l
	Federal armed forces – smaller than tender	Crew/bed	100 l	55 l
Fishing vessel		Crew/bed	Minimum 150 l	
Offshore		Crew/bed	350 l	

^a No shipboard laundry.

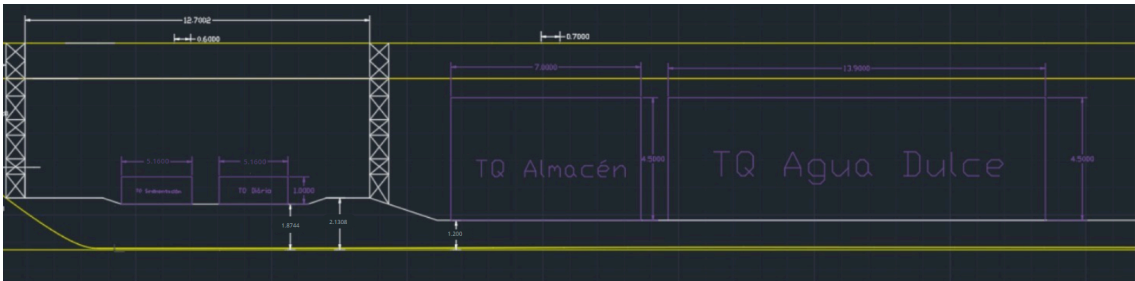


Figura 8 Disposición longitudinal de los tanques de alimentación del motor

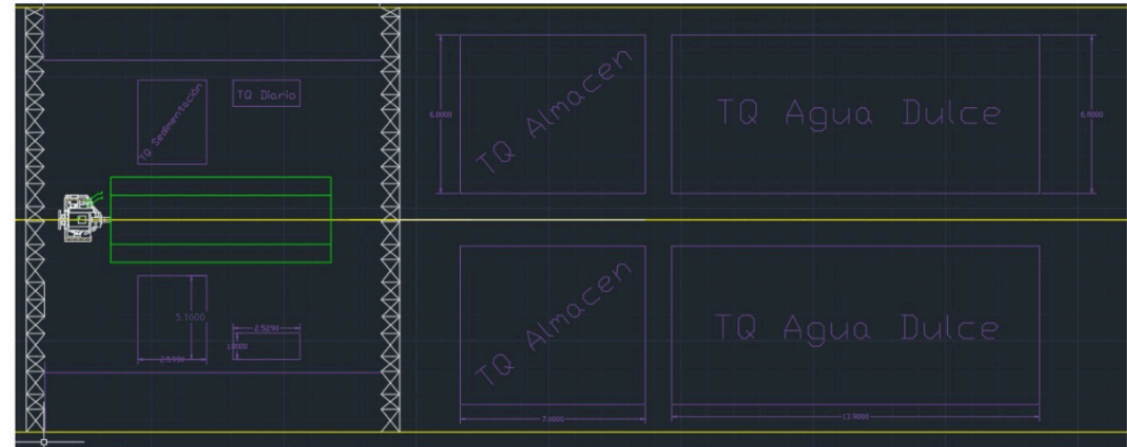


Figura 9 Disposición en planta de los tanques de alimentación del motor

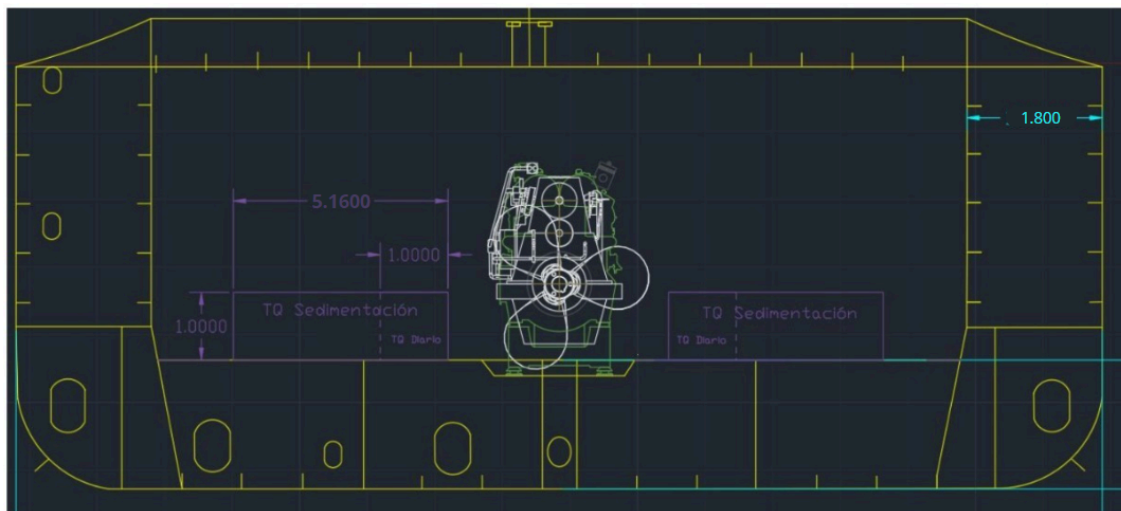


Figura 10 Disposición transversal de los tanques de alimentaci

La autonomía objetivo de 12 días, con un consumo de 5,00 t/día, exige 70,6 m³ de combustible. Los tanques dimensionados aportan 1085,1 m³ y generan un margen operativo del 1437,2% sobre lo requerido.

Pregunta D

Completar el modelo Maxsurf Stability insertando los espacios definidos.

Se recomienda actualizar el modelo `salidas/base_ship/datos_buque_base.json` con las subdivisiones anteriores. Cada espacio puede implementarse como compartment en Maxsurf, reutilizando la cuaderna maestra del plano DXF `salidas/autocad_base/plano_cuadernas.dxf`. Según DNV Pt.3 Ch.3 Sec.3 [1.5], los compartimentos deben registrarse con sus volúmenes y centroides para la evaluación hidrostática.

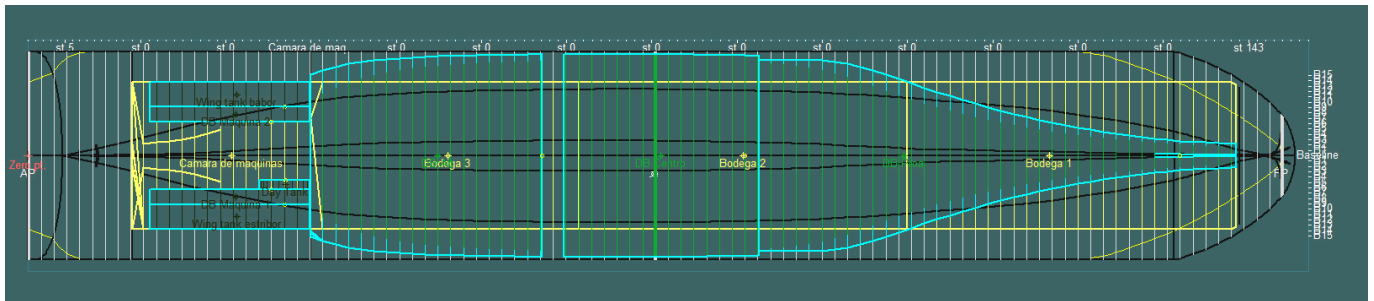


Figura 12. Planta totaMaxsurf

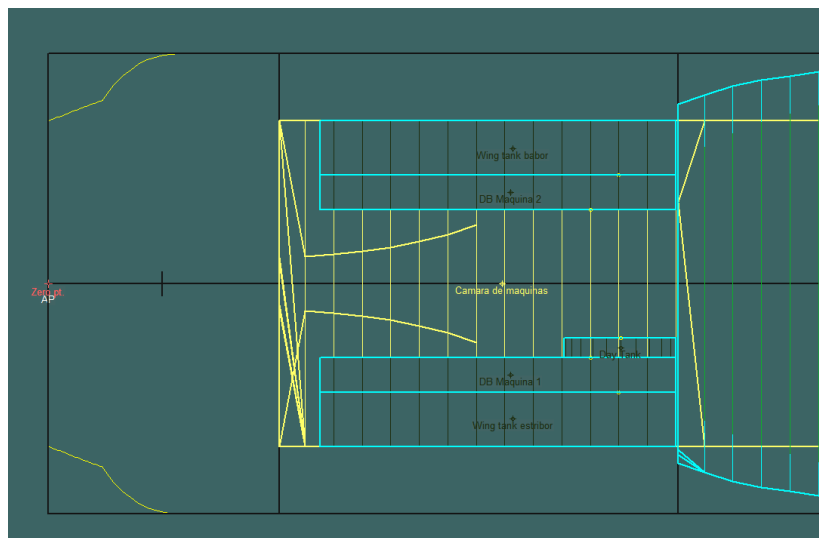


Figura 13. Plano de planta de los tanques de consumo Maxsurf

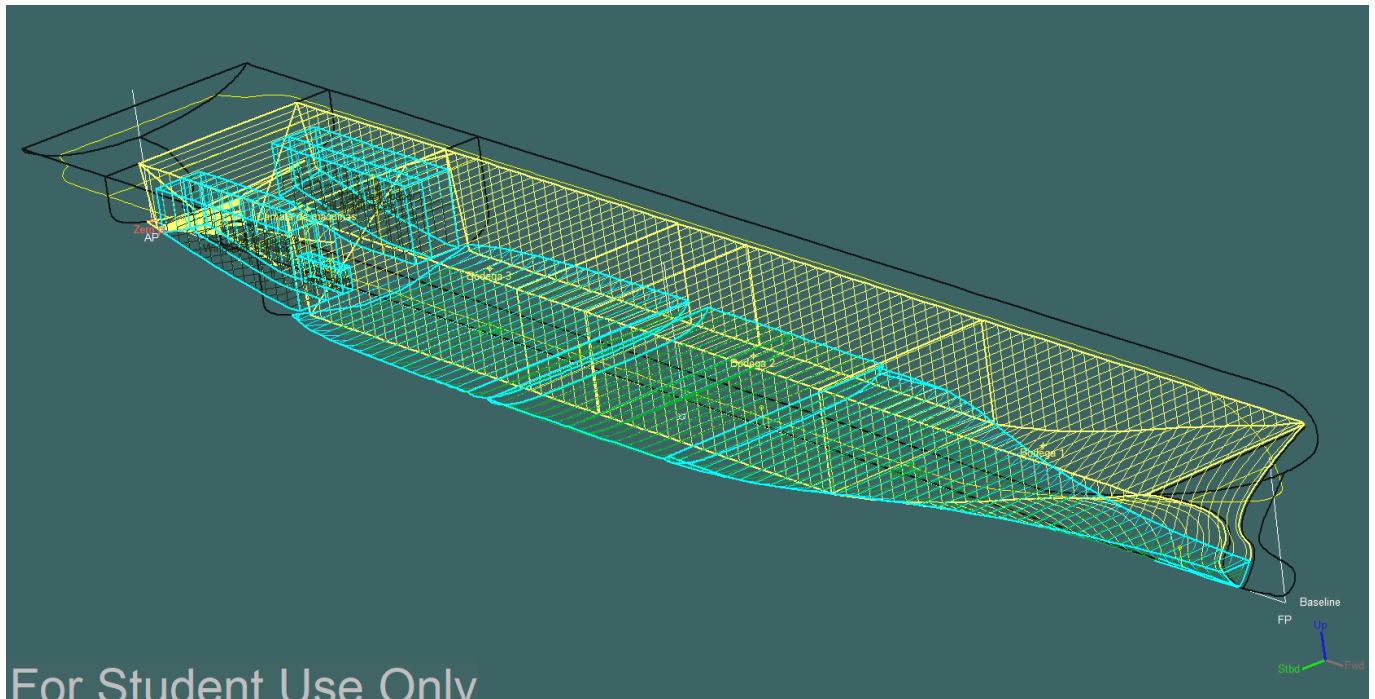


Figura 14. Vista isométrica de la disposición de los compartimentos y tanques Maxsurf

Pregunta E.

Verificar si la capacidad de tanques de carga cumple las especificaciones.

El proyecto tenía una especificación de 5000m³ de carga y nuestro buque tiene un volumen disponible de 5472 m³, por lo tanto cumple con las especificaciones.

A continuación se especifica el volumen por bodega.

Bodega	Largo (m)	Volumen útil (m ³)	Referencia
Bodega 1	27,00	1944	DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 [4]
Bodega 2	27,00	1944	DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 [4]
Bodega 3	22,00	1584	DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 [4]
Total	-	5472	

Tabla 6. Capacidad útil de bodegas de carga frente al requerimiento del proyecto

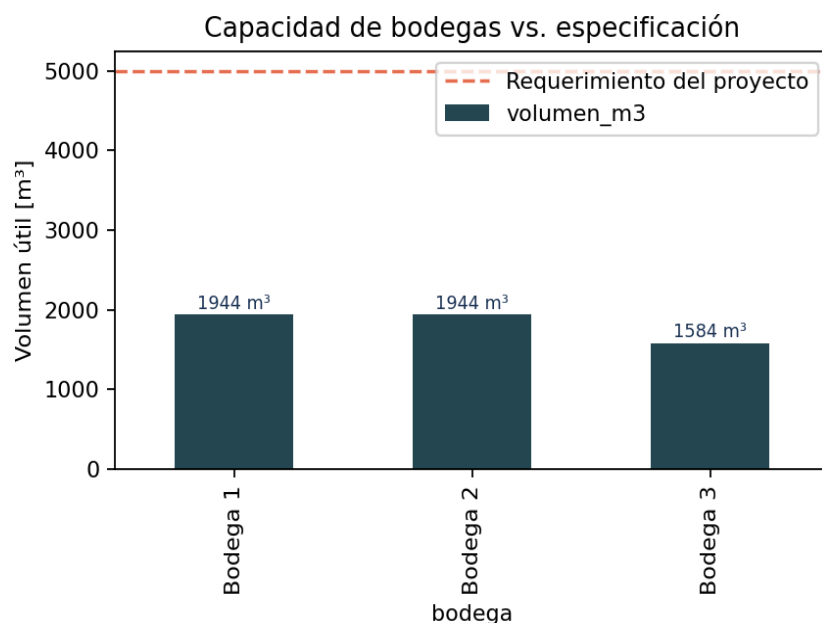


Figura 15. Capacidad disponible por bodega y comparación con la especificación.

Input													
	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m
1	Bodega 1	Compart	100	100			none	72,200	99,200	-6,000	6,000	7,473	1,200
2	Bodega 2	Compart	100	100			none	45,200	72,200	-6,000	6,000	7,473	1,200
3	Bodega 3	Compart	100	100			none	23,200	45,200	-6,000	6,000	7,473	1,200
4	Camara de maquinas	Compart	100	100			none	8,500	23,200	-6,000	6,000	7,473	1,200
5	DB Proa	Tank	100	100	1,025	Water Ballast	none	60,000	99,200	-7,800	7,800	1,200	0,000
6	DB Centro	Tank	100	100	1,025	Water Ballast	none	44,000	60,000	-9,000	9,000	1,200	0,000
7	Wing tank babor	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	10,000	23,200	-6,000	-4,000	6,200	1,200
8	Wing tank estribor	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	10,000	23,200	4,000	6,000	6,200	1,200
9	DB Maquina 1	Tank	100	100	1,025	Water Ballast	none	10,000	23,200	2,732	4,000	6,200	1,200
10	DB Maquina 2	Tank	100	100	1,025	Water Ballast	none	10,000	23,200	-4,000	-2,732	6,200	1,200
11	DB Aft	Tank	100	100	1,025	Water Ballast	none	23,200	42,200	-9,000	9,000	1,200	0,000
12	Day Tank	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	19,000	23,200	2,000	2,732	2,700	1,200

Tabla 7. Capacidad útil de bodegas de carga frente al requerimiento del proyecto.

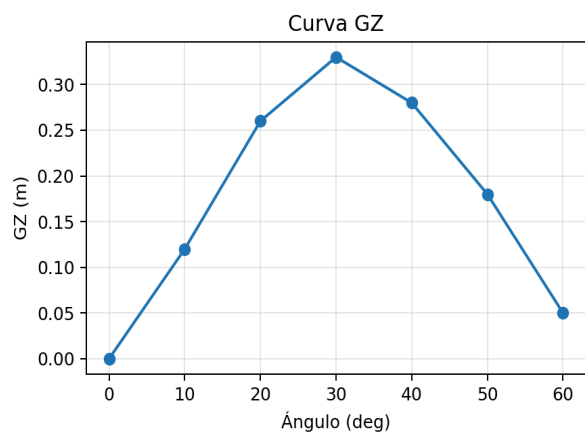


Figura 16. Curva de brazos de estabilidad GZ prevista.

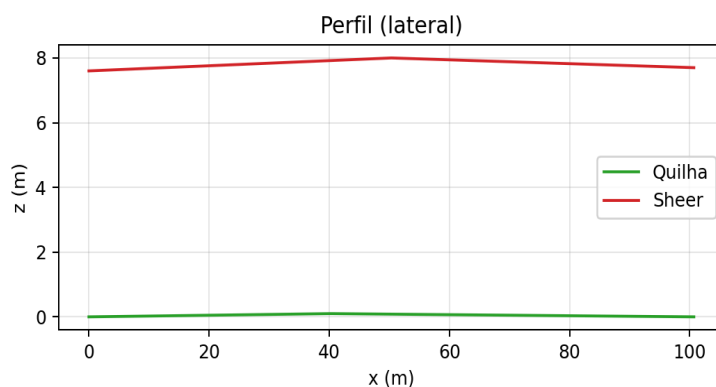


Figura 17. Body plan sintético empleado para la validación en Maxsurf.

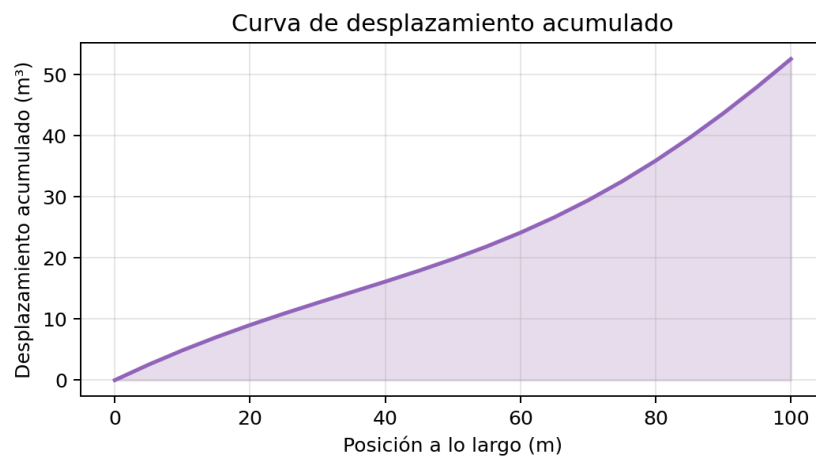


Figura 18. Perfil lateral con sheer y quilla utilizados en el modelo.

Anexos

DNV Pt.3 Ch.2 Sec.2 [1.1.1-1.1.6]

SECCIÓN 2 — ARREGLO DE SUBDIVISIONES

1. ARREGLO DE MAMPAROS ESTANCOS

1.1 NÚMERO Y DISPOSICIÓN DE MAMPAROS ESTANCOS

1.1.1 Todos los buques deberán contar al menos con los siguientes mamparos estancos transversales:

- a) un mamparo de colisión
- b) un mamparo del pique de popa
- c) un mamparo en cada extremo de la cámara de máquinas.

1.1.2 En los buques con planta propulsora eléctrica, tanto la sala de generadores como la cámara de máquinas deberán quedar confinadas por mamparos estancos.

1.1.3 Además de los requisitos [1.1.1] y [1.1.2], el número y la disposición de mamparos se ajustarán a las necesidades de resistencia transversal, subdivisión, inundabilidad y estabilidad en avería, cumpliendo las exigencias de la normativa nacional aplicable.

1.1.4 Cuando no se disponga de cálculos de estabilidad en avería, el número total de mamparos estancos transversales no será inferior al indicado en la Tabla 1.

1.1.5 Los mamparos estancos deberán llegar hasta la cubierta de mamparos.

1.1.6 En los buques con una cubierta continua por debajo de la cubierta de francobordo, y cuando el calado sea menor que la distancia a esa segunda cubierta, todos los mamparos salvo el de colisión podrán terminar en la segunda cubierta. En tal caso, el cerramiento de la cámara de máquinas entre la segunda cubierta y la cubierta de mamparos deberá ser estanco, y la segunda cubierta deberá ser estanca fuera del cerramiento sobre la cámara de máquinas.

DNV Pt.3 Ch.2 Sec.3 [2.2-3.1]

2.2 EXTENSIÓN DEL DOBLE FONDO

En los buques de pasaje y en los buques de carga distintos de petroleros se instalará un doble fondo que se extienda, en la medida en que sea practicable y compatible con el diseño y correcto funcionamiento del buque, desde el mamparo de colisión hasta el mamparo del pique de popa.

2.3 ALTURA DEL DOBLE FONDO

Cuando se exija un doble fondo, el forro interior se prolongará hasta el costado del buque de forma que proteja el forro exterior hasta la roda de balance. Se considerará adecuada la protección si el forro interior no queda en ningún punto por debajo de un plano paralelo a la línea de quilla situado a una distancia vertical hDB medida desde la línea de quilla, en milímetros, calculada mediante la fórmula: $hDB = 1000 \cdot B/20$, con un mínimo de 760 mm. La altura hDB no será superior a 2000 mm y deberá permitir un acceso cómodo a todas las partes del doble fondo. En los buques con gran levantamiento del pantoque, la altura mínima podrá incrementarse tras una consideración específica.

2.4 POZOS PEQUEÑOS EN EL DOBLE FONDO

Los pozos pequeños contruidos en el doble fondo para el drenaje de las bodegas no excederán en profundidad de lo estrictamente necesario. En los buques con eslora LLL igual o superior a 80 m, la distancia vertical entre el fondo del pozo y un plano coincidente con la línea de quilla no será inferior a 500 mm ni a la mitad de la altura requerida

del doble fondo. Podrán aceptarse otros pozos, como los destinados al aceite lubricante bajo los motores principales, si proporcionan una protección equivalente a la de un doble fondo que cumpla este reglamento.

3.1 GENERALIDADES

El pique de proa y los compartimentos situados por delante del mamparo de colisión no se destinarán al transporte de combustible ni de otros productos inflamables.

SOLAS 1974 Cap. II-1 Regla 26 (Generalidades) **REGLA 26 — GENERALIDADES**

1. Las máquinas, las calderas y otros recipientes a presión, así como los correspondientes sistemas de tuberías y accesorios, responderán a un proyecto y a una construcción adecuados para el servicio a que estén destinados e irán instalados y protegidos de modo que se reduzca al mínimo todo peligro para las personas que pueda haber a bordo, considerándose en este sentido como proceda las piezas móviles, las superficies calientes y otros riesgos. En el proyecto se tendrán en cuenta los materiales de construcción utilizados, los fines a que el equipo está destinado, las condiciones de trabajo a que habrá de estar sometido y las condiciones ambientales de a bordo.
2. La Administración prestará especial atención a la seguridad funcional de los elementos esenciales de propulsión montados como componentes únicos y podrá exigir que el buque tenga una fuente independiente de potencia propulsora que le permita alcanzar una velocidad normal de navegación, sobre todo si no se ajusta a una disposición clásica.
3. Se proveerán medios que permitan mantener o restablecer el funcionamiento normal de las máquinas propulsoras aun cuando se inutilice una de las máquinas auxiliares esenciales. Se prestará atención especial a los defectos de funcionamiento que puedan darse en: un grupo electrógeno que sirva de fuente de energía eléctrica principal; las fuentes de abastecimiento de vapor; los sistemas proveedores del agua de alimentación de las calderas; los sistemas de alimentación de combustible líquido para calderas o motores; las fuentes de presión del aceite lubricante; las fuentes de presión del agua; una bomba para agua de condensación y los medios destinados a mantener el vacío de los condensadores; los dispositivos mecánicos de abastecimiento de aire para calderas; un compresor y un depósito de aire para fines de arranque o de control; y los medios hidráulicos, neumáticos y eléctricos de mando de las máquinas propulsoras principales, incluidas las hélices de paso variable. No obstante, habida cuenta de las necesarias consideraciones generales de seguridad, la Administración podrá aceptar una reducción parcial en la capacidad propulsora en relación con la necesaria para el funcionamiento normal.
4. Se proveerán medios que aseguren que se puede poner en funcionamiento las máquinas sin ayuda exterior partiendo de la condición de buque apagado.
5. Todas las calderas, todos los componentes de las máquinas y todos los sistemas de vapor, hidráulicos, neumáticos o de cualquier otra índole, así como los accesorios correspondientes, que hayan de soportar presiones internas, serán sometidos a pruebas adecuadas, entre ellas una de presión, antes de que entren en servicio por primera vez.
6. Las máquinas propulsoras principales y todas las máquinas auxiliares esenciales a fines de propulsión y seguridad del buque instaladas a bordo responderán a un proyecto tal que puedan funcionar cuando el buque esté adrizado o cuando esté inclinado hacia cualquiera de ambas bandas con ángulos de escora de 15° como máximo en estado estático y de 22,5° en estado dinámico (de balance) y, a la vez, con una inclinación dinámica (por cabeceo) de 7,5° a proa o popa. La Administración podrá permitir que varíen estos ángulos teniendo en cuenta el tipo, las dimensiones y las condiciones de servicio del buque.
7. Se tomarán las disposiciones oportunas para facilitar la limpieza, la inspección y el mantenimiento de las máquinas principales y auxiliares de propulsión, con inclusión de calderas y recipientes a presión.

8. Se prestará atención especial al proyecto, la construcción y la instalación de los sistemas de las máquinas propulsoras, de modo que ninguna de las vibraciones que puedan producir sea causa de tensiones excesivas en dichas máquinas en las condiciones de servicio normales.
9. Las juntas de dilatación no metálicas de los sistemas de tuberías, si están situadas en un sistema que atraviesa el costado del buque y tanto el punto de penetración como la junta de dilatación no metálica se hallan por debajo de la línea de máxima carga, deberán inspeccionarse en el marco de los reconocimientos prescritos en la Regla I/10 a) y reemplazarse cuando sea necesario o con la frecuencia que recomiende el fabricante.
10. Las instrucciones de uso y mantenimiento de las máquinas del buque y del equipo esencial para el funcionamiento del buque en condiciones de seguridad, así como los planos de dichas máquinas y equipo, estarán redactados en un idioma comprensible para los oficiales y tripulantes que deban entender dicha información para desempeñar sus tareas.
11. Las tuberías de respiración de los tanques de combustible líquido de servicio, los tanques de sedimentación y los tanques de aceite lubricante estarán ubicadas y dispuestas de tal forma que en el caso de que una se rompa ello no entrañe directamente el riesgo de que entre agua de mar o de lluvia. Todo buque nuevo estará provisto de dos tanques de combustible líquido de servicio destinados a cada tipo de combustible utilizado a bordo para la propulsión y los sistemas esenciales, o de medios equivalentes, cuya capacidad mínima de suministro sea de ocho horas para una potencia continua máxima de la planta propulsora y una carga normal de funcionamiento en el mar de la planta electrógena.

SOLAS 1974 Cap. II-1 Regla 13 (fragmento)

Regla 13 — Integridad de los mamparos y disposiciones generales

10 Se instalarán mamparos estancos hasta la cubierta de cierre de los buques de pasaje y la cubierta de francobordo de los buques de carga que separen a proa y a popa el espacio de máquinas de los espacios de

carga y de alojamiento. Habrá asimismo instalado un mamparo del pique de popa que será estanco hasta la cubierta de cierre o la cubierta de francobordo. El mamparo del pique de popa podrá, sin embargo, formar bayoneta por debajo de la cubierta de cierre o la cubierta de francobordo, a condición de que con ello no disminuya el grado de seguridad del buque en lo que respecta al compartimento.

11 En todos los casos, las bocinas irán encerradas en espacios estancos de volumen reducido.
Fórmulas reglamentarias de referencia

Referencia	Expresión
DNV Pt.3 Ch.2 Sec.3 [2.3]	Altura de doble fondo: $h_{DB} = 1000 \cdot B/20$ (mín. 0,76 m, máx. 2,00 m).
DNV Pt.4 Ch.6 Sec.3	Dimensionamiento de tanques: $V = L \cdot B_{ef} \cdot H \cdot \eta$ ($\eta = 0,92$ en doble fondo, $\eta = 0,88$ en tanques de ala).

subsistema	participacion_pc t	consumo_kg_di a	consumo_t_di a	volumen_m3_di a	consumo_30_dias_ t	volumen_30_dias_m 3
Motor principal 16V26	84.43	25846.2	25.846	28.72	775.39	861.5
Generadores auxiliares	13.36	4088.8	4.089	4.54	122.66	136.3

Servicios y pérdidas	2.21	677.0	677	0.75	20.31	22.6
Total	100.0	30612.0	30.612	34.01	918.36	1020.4

posicion_m	posicion_desde_proa_m	cuaderna	tramo_m	zona
0.0	105.2	0	0.0	Pique de popa
0.6	104.6	1	0.6	Pique de popa
1.2	104.0	2	0.6	Pique de popa
1.8	103.4	3	0.6	Pique de popa
2.4	102.8	4	0.6	Pique de popa
3.0	102.2	5	0.6	Pique de popa
3.6	101.6	6	0.6	Pique de popa
4.2	101.0	7	0.6	Pique de popa
4.8	100.4	8	0.6	Pique de popa
5.4	99.8	9	0.6	Pique de popa
6.0	99.2	10	0.6	Pique de popa
6.6	98.6	11	0.6	Pique de popa
7.2	98.0	12	0.6	Pique de popa
7.8	97.4	13	0.6	Pique de popa
8.2	97.0	14	0.4	Pique de popa
8.9	96.3	15	0.7	Cámara de máquinas
9.6	95.6	16	0.7	Cámara de máquinas
10.3	94.9	17	0.7	Cámara de máquinas
11.0	94.2	18	0.7	Cámara de máquinas
11.7	93.5	19	0.7	Cámara de máquinas
12.4	92.8	20	0.7	Cámara de máquinas
13.1	92.1	21	0.7	Cámara de máquinas
13.8	91.4	22	0.7	Cámara de máquinas
14.5	90.7	23	0.7	Cámara de máquinas
15.2	90.0	24	0.7	Cámara de máquinas
15.9	89.3	25	0.7	Cámara de máquinas
16.6	88.6	26	0.7	Cámara de máquinas
17.3	87.9	27	0.7	Cámara de máquinas
18.0	87.2	28	0.7	Cámara de máquinas

18.7	86.5	29	0.7	Cámara de máquinas
19.4	85.8	30	0.7	Cámara de máquinas
20.1	85.1	31	0.7	Cámara de máquinas
20.8	84.4	32	0.7	Cámara de máquinas
21.5	83.7	33	0.7	Cámara de máquinas
22.2	83.0	34	0.7	Cámara de máquinas
22.9	82.3	35	0.7	Cámara de máquinas
23.6	81.6	36	0.7	Bodega 3
24.3	80.9	37	0.7	Bodega 3
25.0	80.2	38	0.7	Bodega 3
25.7	79.5	39	0.7	Bodega 3
26.4	78.8	40	0.7	Bodega 3
27.1	78.1	41	0.7	Bodega 3
27.8	77.4	42	0.7	Bodega 3
28.5	76.7	43	0.7	Bodega 3
29.2	76.0	44	0.7	Bodega 3
29.9	75.3	45	0.7	Bodega 3
30.6	74.6	46	0.7	Bodega 3
31.3	73.9	47	0.7	Bodega 3
32.0	73.2	48	0.7	Bodega 3
32.7	72.5	49	0.7	Bodega 3
33.4	71.8	50	0.7	Bodega 3
34.1	71.1	51	0.7	Bodega 3
34.8	70.4	52	0.7	Bodega 3
35.5	69.7	53	0.7	Bodega 3
36.2	69.0	54	0.7	Bodega 3
36.9	68.3	55	0.7	Bodega 3
37.6	67.6	56	0.7	Bodega 3
38.3	66.9	57	0.7	Bodega 3
39.0	66.2	58	0.7	Bodega 3
39.7	65.5	59	0.7	Bodega 3
40.4	64.8	60	0.7	Bodega 3
41.1	64.1	61	0.7	Bodega 3
41.8	63.4	62	0.7	Bodega 3
42.5	62.7	63	0.7	Bodega 3
43.2	62.0	64	0.7	Bodega 3

43.9	61.3	65	0.7	Bodega 3
44.6	60.6	66	0.7	Bodega 3
45.3	59.9	67	0.7	Bodega 3
46.0	59.2	68	0.7	Bodega 2
46.7	58.5	69	0.7	Bodega 2
47.4	57.8	70	0.7	Bodega 2
48.1	57.1	71	0.7	Bodega 2
48.8	56.4	72	0.7	Bodega 2
49.5	55.7	73	0.7	Bodega 2
50.2	55.0	74	0.7	Bodega 2
50.9	54.3	75	0.7	Bodega 2
51.6	53.6	76	0.7	Bodega 2
52.3	52.9	77	0.7	Bodega 2
53.0	52.2	78	0.7	Bodega 2
53.7	51.5	79	0.7	Bodega 2
54.4	50.8	80	0.7	Bodega 2
55.1	50.1	81	0.7	Bodega 2
55.8	49.4	82	0.7	Bodega 2
56.5	48.7	83	0.7	Bodega 2
57.2	48.0	84	0.7	Bodega 2
57.9	47.3	85	0.7	Bodega 2
58.6	46.6	86	0.7	Bodega 2
59.3	45.9	87	0.7	Bodega 2
60.0	45.2	88	0.7	Bodega 2
60.7	44.5	89	0.7	Bodega 2
61.4	43.8	90	0.7	Bodega 2
62.1	43.1	91	0.7	Bodega 2
62.8	42.4	92	0.7	Bodega 2
63.5	41.7	93	0.7	Bodega 2
64.2	41.0	94	0.7	Bodega 2
64.9	40.3	95	0.7	Bodega 2
65.6	39.6	96	0.7	Bodega 2
66.3	38.9	97	0.7	Bodega 2
67.0	38.2	98	0.7	Bodega 2
67.7	37.5	99	0.7	Bodega 2
68.4	36.8	100	0.7	Bodega 2
69.1	36.1	101	0.7	Bodega 2
69.8	35.4	102	0.7	Bodega 2
70.5	34.7	103	0.7	Bodega 2
71.2	34.0	104	0.7	Bodega 2

71.9	33.3	105	0.7	Bodega 2
72.6	32.6	106	0.7	Bodega 1
73.3	31.9	107	0.7	Bodega 1
74.0	31.2	108	0.7	Bodega 1
74.7	30.5	109	0.7	Bodega 1
75.4	29.8	110	0.7	Bodega 1
76.1	29.1	111	0.7	Bodega 1
76.8	28.4	112	0.7	Bodega 1
77.5	27.7	113	0.7	Bodega 1
78.2	27.0	114	0.7	Bodega 1
78.9	26.3	115	0.7	Bodega 1
79.6	25.6	116	0.7	Bodega 1
80.3	24.9	117	0.7	Bodega 1
81.0	24.2	118	0.7	Bodega 1
81.7	23.5	119	0.7	Bodega 1
82.4	22.8	120	0.7	Bodega 1
83.1	22.1	121	0.7	Bodega 1
83.8	21.4	122	0.7	Bodega 1
84.5	20.7	123	0.7	Bodega 1
85.2	20.0	124	0.7	Bodega 1
85.9	19.3	125	0.7	Bodega 1
86.6	18.6	126	0.7	Bodega 1
87.3	17.9	127	0.7	Bodega 1
88.0	17.2	128	0.7	Bodega 1
88.7	16.5	129	0.7	Bodega 1
89.4	15.8	130	0.7	Bodega 1
90.1	15.1	131	0.7	Bodega 1
90.8	14.4	132	0.7	Bodega 1
91.5	13.7	133	0.7	Bodega 1
92.2	13.0	134	0.7	Bodega 1
92.9	12.3	135	0.7	Bodega 1
93.6	11.6	136	0.7	Bodega 1
94.3	10.9	137	0.7	Bodega 1
95.0	10.2	138	0.7	Bodega 1
95.7	9.5	139	0.7	Bodega 1
96.4	8.8	140	0.7	Bodega 1
97.1	8.1	141	0.7	Bodega 1
97.8	7.4	142	0.7	Bodega 1
98.5	6.7	143	0.7	Bodega 1
99.2	6.0	144	0.7	Bodega 1

99.8	5.4	145	0.6	Pique de proa
100.4	4.8	146	0.6	Pique de proa
101.0	4.2	147	0.6	Pique de proa
101.6	3.6	148	0.6	Pique de proa
102.2	3.0	149	0.6	Pique de proa
102.8	2.4	150	0.6	Pique de proa
103.4	1.8	151	0.6	Pique de proa
104.0	1.2	152	0.6	Pique de proa
104.6	0.6	153	0.6	Pique de proa
105.2	0.0	154	0.6	Pique de proa

Tabla 9. Posiciones de las cuadernas.

posicion_m	posicion_desde_proa_m	cuaderna	tramo_m	zona
0.0	105.2	0	0.0	Pique de popa
0.6	104.6	1	0.6	Pique de popa
1.2	104.0	2	0.6	Pique de popa
1.8	103.4	3	0.6	Pique de popa
2.4	102.8	4	0.6	Pique de popa
3.0	102.2	5	0.6	Pique de popa
3.6	101.6	6	0.6	Pique de popa
4.2	101.0	7	0.6	Pique de popa
4.8	100.4	8	0.6	Pique de popa
5.4	99.8	9	0.6	Pique de popa
6.0	99.2	10	0.6	Pique de popa
6.6	98.6	11	0.6	Pique de popa
7.2	98.0	12	0.6	Pique de popa
7.8	97.4	13	0.6	Pique de popa
8.2	97.0	14	0.4	Pique de popa
8.9	96.3	15	0.7	Cámara de máquinas
9.6	95.6	16	0.7	Cámara de máquinas
10.3	94.9	17	0.7	Cámara de máquinas
11.0	94.2	18	0.7	Cámara de máquinas
11.7	93.5	19	0.7	Cámara de máquinas
12.4	92.8	20	0.7	Cámara de máquinas
13.1	92.1	21	0.7	Cámara de máquinas
13.8	91.4	22	0.7	Cámara de máquinas

14.5	90.7	23	0.7	Cámara de máquinas
15.2	90.0	24	0.7	Cámara de máquinas
15.9	89.3	25	0.7	Cámara de máquinas
16.6	88.6	26	0.7	Cámara de máquinas
17.3	87.9	27	0.7	Cámara de máquinas
18.0	87.2	28	0.7	Cámara de máquinas
18.7	86.5	29	0.7	Cámara de máquinas
19.4	85.8	30	0.7	Cámara de máquinas
20.1	85.1	31	0.7	Cámara de máquinas
20.8	84.4	32	0.7	Cámara de máquinas
21.5	83.7	33	0.7	Cámara de máquinas
22.2	83.0	34	0.7	Cámara de máquinas
22.9	82.3	35	0.7	Cámara de máquinas
23.6	81.6	36	0.7	Bodega 3
24.3	80.9	37	0.7	Bodega 3
25.0	80.2	38	0.7	Bodega 3
25.7	79.5	39	0.7	Bodega 3
26.4	78.8	40	0.7	Bodega 3
27.1	78.1	41	0.7	Bodega 3
27.8	77.4	42	0.7	Bodega 3
28.5	76.7	43	0.7	Bodega 3
29.2	76.0	44	0.7	Bodega 3
29.9	75.3	45	0.7	Bodega 3
30.6	74.6	46	0.7	Bodega 3
31.3	73.9	47	0.7	Bodega 3
32.0	73.2	48	0.7	Bodega 3
32.7	72.5	49	0.7	Bodega 3
33.4	71.8	50	0.7	Bodega 3
34.1	71.1	51	0.7	Bodega 3
34.8	70.4	52	0.7	Bodega 3
35.5	69.7	53	0.7	Bodega 3
36.2	69.0	54	0.7	Bodega 3
36.9	68.3	55	0.7	Bodega 3

37.6	67.6	56	0.7	Bodega 3
38.3	66.9	57	0.7	Bodega 3
39.0	66.2	58	0.7	Bodega 3
39.7	65.5	59	0.7	Bodega 3
40.4	64.8	60	0.7	Bodega 3
41.1	64.1	61	0.7	Bodega 3
41.8	63.4	62	0.7	Bodega 3
42.5	62.7	63	0.7	Bodega 3
43.2	62.0	64	0.7	Bodega 3
43.9	61.3	65	0.7	Bodega 3
44.6	60.6	66	0.7	Bodega 3
45.3	59.9	67	0.7	Bodega 3
46.0	59.2	68	0.7	Bodega 2
46.7	58.5	69	0.7	Bodega 2
47.4	57.8	70	0.7	Bodega 2
48.1	57.1	71	0.7	Bodega 2
48.8	56.4	72	0.7	Bodega 2
49.5	55.7	73	0.7	Bodega 2
50.2	55.0	74	0.7	Bodega 2
50.9	54.3	75	0.7	Bodega 2
51.6	53.6	76	0.7	Bodega 2
52.3	52.9	77	0.7	Bodega 2
53.0	52.2	78	0.7	Bodega 2
53.7	51.5	79	0.7	Bodega 2
54.4	50.8	80	0.7	Bodega 2
55.1	50.1	81	0.7	Bodega 2
55.8	49.4	82	0.7	Bodega 2
56.5	48.7	83	0.7	Bodega 2
57.2	48.0	84	0.7	Bodega 2
57.9	47.3	85	0.7	Bodega 2
58.6	46.6	86	0.7	Bodega 2
59.3	45.9	87	0.7	Bodega 2
60.0	45.2	88	0.7	Bodega 2
60.7	44.5	89	0.7	Bodega 2
61.4	43.8	90	0.7	Bodega 2
62.1	43.1	91	0.7	Bodega 2
62.8	42.4	92	0.7	Bodega 2
63.5	41.7	93	0.7	Bodega 2
64.2	41.0	94	0.7	Bodega 2
64.9	40.3	95	0.7	Bodega 2

65.6	39.6	96	0.7	Bodega 2
66.3	38.9	97	0.7	Bodega 2
67.0	38.2	98	0.7	Bodega 2
67.7	37.5	99	0.7	Bodega 2
68.4	36.8	100	0.7	Bodega 2
69.1	36.1	101	0.7	Bodega 2
69.8	35.4	102	0.7	Bodega 2
70.5	34.7	103	0.7	Bodega 2
71.2	34.0	104	0.7	Bodega 2
71.9	33.3	105	0.7	Bodega 2
72.6	32.6	106	0.7	Bodega 1
73.3	31.9	107	0.7	Bodega 1
74.0	31.2	108	0.7	Bodega 1
74.7	30.5	109	0.7	Bodega 1
75.4	29.8	110	0.7	Bodega 1
76.1	29.1	111	0.7	Bodega 1
76.8	28.4	112	0.7	Bodega 1
77.5	27.7	113	0.7	Bodega 1
78.2	27.0	114	0.7	Bodega 1
78.9	26.3	115	0.7	Bodega 1
79.6	25.6	116	0.7	Bodega 1
80.3	24.9	117	0.7	Bodega 1
81.0	24.2	118	0.7	Bodega 1
81.7	23.5	119	0.7	Bodega 1
82.4	22.8	120	0.7	Bodega 1
83.1	22.1	121	0.7	Bodega 1
83.8	21.4	122	0.7	Bodega 1
84.5	20.7	123	0.7	Bodega 1
85.2	20.0	124	0.7	Bodega 1
85.9	19.3	125	0.7	Bodega 1
86.6	18.6	126	0.7	Bodega 1
87.3	17.9	127	0.7	Bodega 1
88.0	17.2	128	0.7	Bodega 1
88.7	16.5	129	0.7	Bodega 1
89.4	15.8	130	0.7	Bodega 1
90.1	15.1	131	0.7	Bodega 1
90.8	14.4	132	0.7	Bodega 1
91.5	13.7	133	0.7	Bodega 1
92.2	13.0	134	0.7	Bodega 1
92.9	12.3	135	0.7	Bodega 1

93.6	11.6	136	0.7	Bodega 1
94.3	10.9	137	0.7	Bodega 1
95.0	10.2	138	0.7	Bodega 1
95.7	9.5	139	0.7	Bodega 1
96.4	8.8	140	0.7	Bodega 1
97.1	8.1	141	0.7	Bodega 1
97.8	7.4	142	0.7	Bodega 1
98.5	6.7	143	0.7	Bodega 1
99.2	6.0	144	0.7	Bodega 1
99.8	5.4	145	0.6	Pique de proa
100.4	4.8	146	0.6	Pique de proa
101.0	4.2	147	0.6	Pique de proa
101.6	3.6	148	0.6	Pique de proa
102.2	3.0	149	0.6	Pique de proa
102.8	2.4	150	0.6	Pique de proa
103.4	1.8	151	0.6	Pique de proa
104.0	1.2	152	0.6	Pique de proa
104.6	0.6	153	0.6	Pique de proa
105.2	0.0	154	0.6	Pique de proa

Tabla 9. Posiciones de las cuernas.

Conclusiones

La labor efectuada ha facilitado la optimización del diseño estructural del barco a través de una organización eficaz de los mamparos y compartimentos, respetando las regulaciones dictadas por DNV. Este método garantiza un balance apropiado entre la operatividad del barco y su seguridad estructural, teniendo en cuenta particularmente la estabilidad en circunstancias de inundación o durante el manejo de cargas dinámicas. Además, se consiguió establecer con exactitud las dimensiones esenciales de los espacios clave del barco, tales como la sala de máquinas, los depósitos y el área de carga. Este procedimiento se realizó empleando programas de cálculo como Excel y programas especializados como Maxsurf Stability, lo que permitió comprobar que las especificaciones del proyecto se respetaban con precisión técnica.

Finalmente, se examinó minuciosamente la capacidad y la disposición de los tanques, garantizando que fueran apropiados para satisfacer las demandas operativas del barco. La ubicación de estos tanques no solo incrementa la estabilidad del barco, sino que también mejora la accesibilidad y funcionalidad.