

HIDRODINÁMICA, RESISTENCIA Y PROPULSIÓN MARINA

Equipo docente:

Dr. David Boullosa Falces
Dr. Alberto López Arraiza

“Hidrodinámica, Resistencia y Propulsión Marina”

Tema 1: Resistencia al avance

Tema 2: Materiales, rugosidad y recubrimientos

Tema 3: Propulsores y timones

Tema 4: Diseño y rendimiento de hélices

Tema 5: Potencia instalada

Tema 5: Potencia instalada

Ejercicio 1.

Se quiere diseñar el sistema de propulsión de un *bulk-carrier* del que se disponen los siguientes datos:

$L = 135,34$ m; $B = 19,3$ m; $T = 9,16$ m; $C_B = 0,704$; $V_S = 15$ knots

Margen de mar = 1,2; Eficiencia en el eje $\eta_S = 0,98$

Coefficientes de carena: $w = 0,304$; $t = 0,214$; $\eta_R = 1$

Los ensayos realizados en el canal de pruebas para el modelo del barco correspondiente, han dado los siguientes resultados:

V_S (knots)	R (kN)	P_E (kW)
13,70	281,95	1987,00
14,75	337,93	2564,00
15,80	413,04	3357,00
16,86	523,48	4540,00
17,91	648,44	5974,00

Tema 5: Potencia instalada

Se pide:

- Dibujar la curva de la hélice P_E-V_S en condiciones de pruebas y servicio.
- Considerando el diámetro máximo permitido para la hélice como el 63% del calado del barco y el número de palas admisible $Z=4$. Seleccionar la hélice estándar adecuada, calculando la relación área/disco (A_E/A_0) que evite problemas de cavitación. Datos: $P_v (T=15^\circ\text{C})=1646 \text{ N/m}^2$, $P_{\text{atm}}=101300 \text{ N/m}^2$
- Una vez seleccionada la hélice y su diagrama correspondiente, calcular las rpm para obtener la máxima eficiencia ($\eta_{10-\text{max}}$).
- Conocidos los valores de L1, L2, L3 y L4, del motor seleccionado. Comprobar que para las rpm calculadas en c), el valor correspondiente al 85%MCR se encuentra dentro del paralelogramo de diseño.

	N (rpm)	P_B (kW)
L1	90	8160
L2	90	5200
L3	60	6160
L4	60	3920

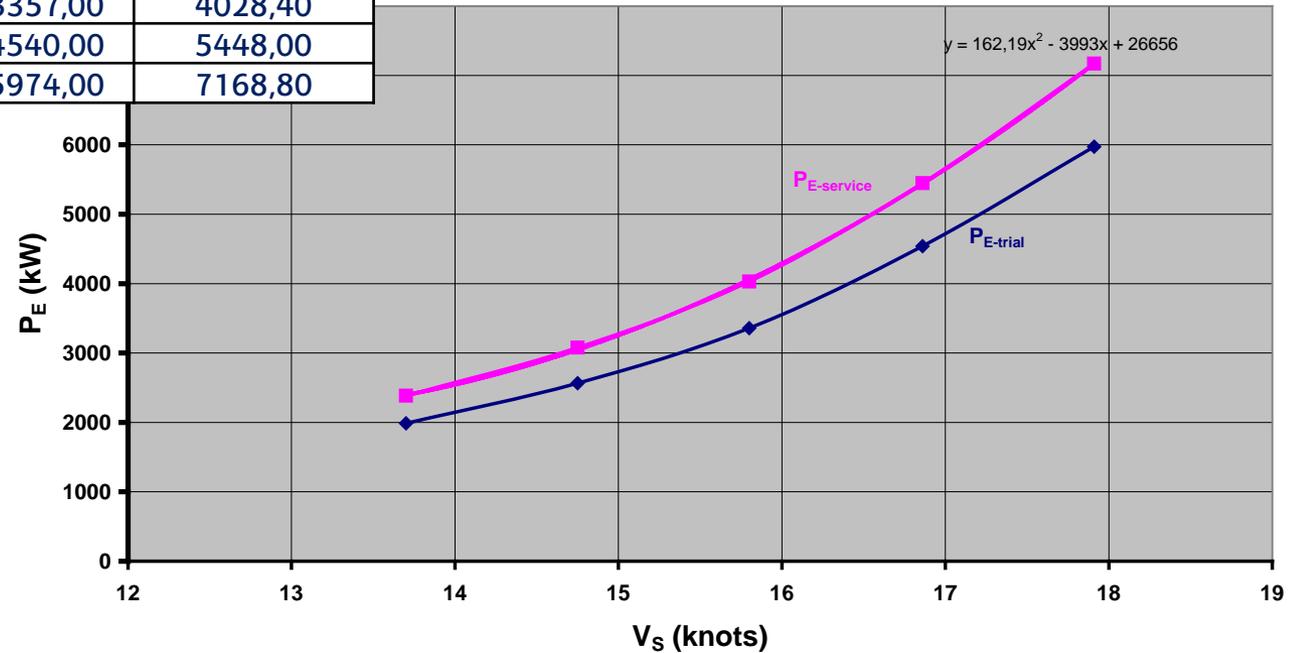
Solución

a) Dibujar la curva de la hélice $P_E - V_S$ en condiciones de pruebas y servicio.

Como el Margen del mar = 1,2 $\rightarrow P_{E\text{-servicio}} = 1,2 \cdot P_{E\text{-pruebas}}$

V_S (knots)	V_s (m/s)	R (kN)	$P_{E\text{-pruebas}}$ (kW)	$P_{E\text{-service}}$ (kW)
13,70	6,99	281,95	1987,00	2384,40
14,75	7,52	337,93	2564,00	3076,80
15,80	8,06	413,04	3357,00	4028,40
16,86	8,60	523,48	4540,00	5448,00
17,91	9,13	648,44	5974,00	7168,80

Curva $P_E - V_S$



b) Utilizamos la fórmula de Keller:

$$D_{\text{máx}} = 0,63 \cdot \text{Calado} = 0,63 \cdot 9,16\text{m} = 5,8 \text{ m}$$

$$P_0 = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

h = distancia de la superficie del agua al eje de la hélice, es decir, el calado menos la distancia de la base del barco al eje de la hélice. De acuerdo a lo establecido en el tema 5, la distancia de la base del barco al extremo de la pala debe ser $z > 5\%D$, por lo tanto: $z = 0,05 \cdot 5,8\text{m} = 0,29 \text{ m}$.

$$h = T - z - (D/2) = 9,16\text{m} - 0,29\text{m} - (5,8/2\text{m}) = 5,97\text{m}$$

$$P_0 = P_{\text{atm}} + \rho gh = 101300 \text{ N/m}^2 + (1025\text{kg/m}^3 \cdot 9,8\text{m/s}^2 \cdot 5,97\text{m}) = 161268,65 \text{ N/m}^2$$

$T = R/(1-t)$ para $V_s = 16$ knots, iterando en la curva, se obtiene $R = 434,36 \text{ kN}$ y por tanto $T = 434,36/(1-0,214) = 552,62 \text{ kN}$.

Se considera $K = 0,2$ con un solo eje.

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1,3 + 0,3Z)T}{(P_0 - P_V)D^2} + K = \frac{(1,3 + 0,3 \cdot 4)552,62 \cdot 10^3 \text{ N}}{(161268,65 - 1646) \text{ N/m}^2 \cdot 5,8^2 \text{ m}^2} + 0,2 = 0,457$$

$\frac{A_E}{A_0} = 0,457$ valor mínimo para evitar cavitación, se debe seleccionar una hélice con mayor valor. De las hélices estándar, se podrían elegir: B4.50, B4.55, B4.60 o superiores. En este caso, se elige la **B4.70** ($\frac{A_E}{A_0} = 0,70$)

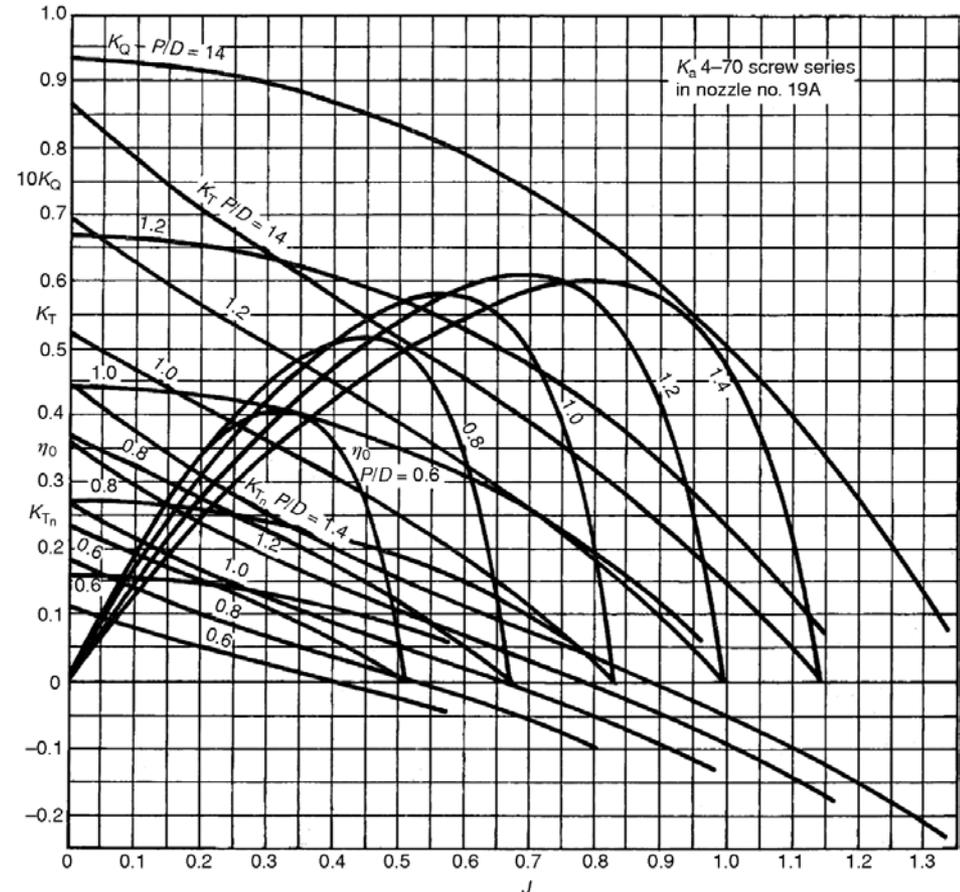
c) Para $N= 70, 80, 90, 100$ y 110 rpm se calculan J y K_T . En el diagrama B-4.70 se obtiene P/D y con dicho valor y J , se calcula el valor correspondiente de η_0

$$V_A = V_s(1-w) = 15 \text{ knots} (1 - 0,304) = 10,44 \text{ knots} = 5,32 \text{ m/s}$$

$$J = \frac{V_A}{N \cdot D}; K_T = \frac{T}{\rho N^2 D^4}$$

N (rpm)	K_T	J	P/D	η_0
70,00	0,350	0,786	1,40	0,600
80,00	0,268	0,688	1,20	0,615
90,00	0,212	0,611	1,10	0,600
100,00	0,172	0,550	0,90	0,525
110,00	0,142	0,500	0,82	0,510

El valor máximo de η_0
 se obtiene para $N= 80$ rpm $\eta_0 = 0,615$



d) Se puede calcular el valor de la eficiencia cuasi-propulsiva:

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_R = \frac{1 - t}{1 - w} \cdot \eta_0 \cdot \eta_R = \frac{1 - 0,214}{1 - 0,304} \cdot 0,615 \cdot 1 = 0,695 \sim 0,7$$

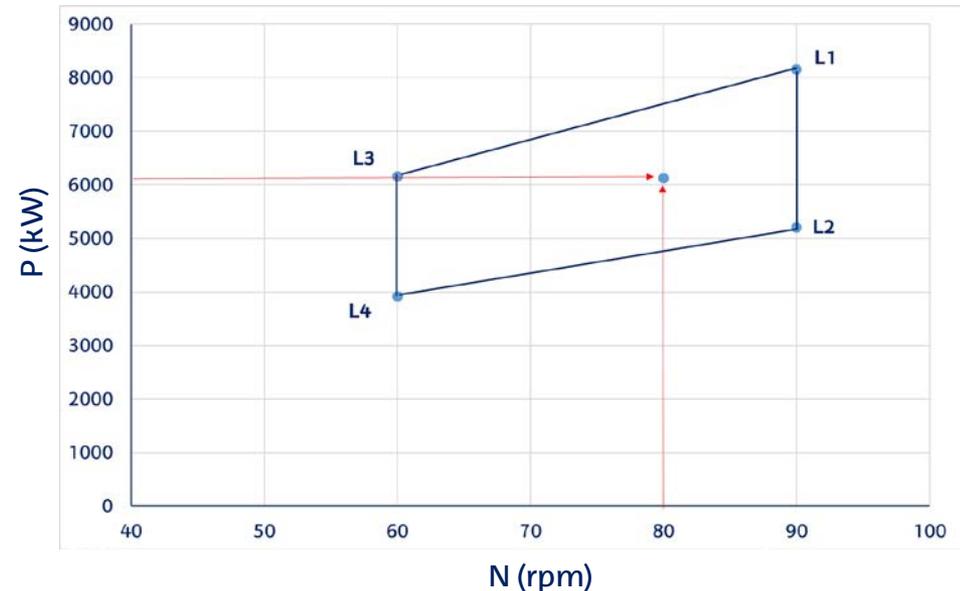
Iterando en la gráfica P_E -Vs para $V_S=15$ knots, se obtiene: $P_{E\text{servicio}} = 3575$ kW

$$P_{B\text{motor}} = \frac{P_E}{\eta_D \cdot \eta_S} = \frac{3575\text{kW}}{0,7 \cdot 0,98} = 5211,37\text{kW}$$

Si se aplica el margen del motor (85%MCR), obtenemos la potencia que debe proporcionar el motor:

$$P_B = \frac{5211,37\text{ kW}}{0,85} = 6131,02\text{ kW}$$

Como se puede observar, el valor se encuentra dentro del paralelogramo de funcionamiento del motor seleccionado.



HIDRODINÁMICA, RESISTENCIA Y PROPULSIÓN MARINA

Equipo docente:

Dr. David Boullosa Falces
Dr. Alberto López Arraiza