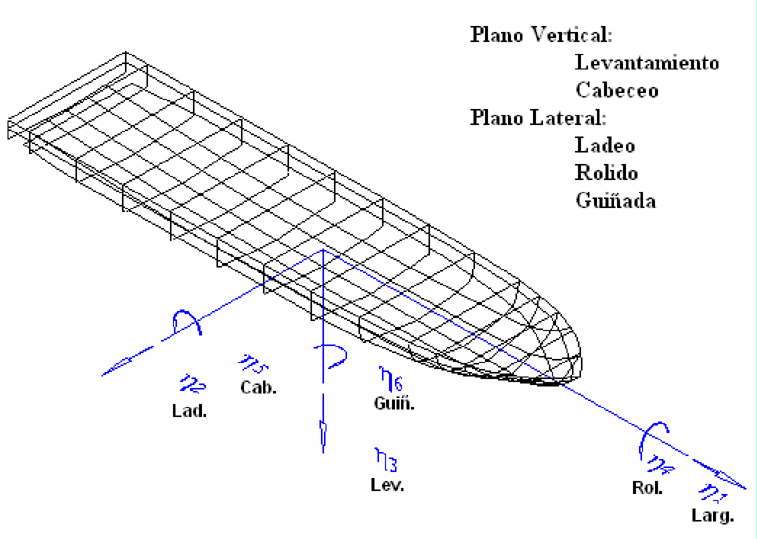
Estimación Probabilística del Francobordo de una Embarcación Menor Oceánica

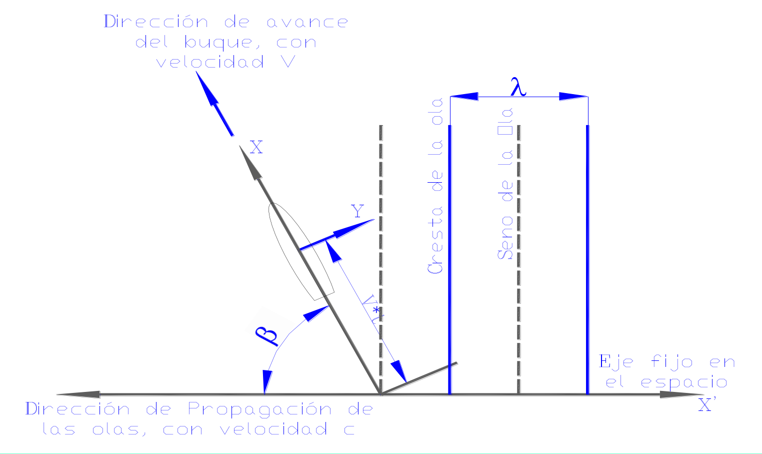
José R. Marín, Ph.D.,
Profesor, Fac. Ing. Marìtima CC. del Mar, ESPOL
Guayaquil, Ecuador

1.- Movimientos y Convención de Signos
2.- Ecuaciones de movimiento Plano Vertical
3.- Respuesta a Olas Regulares
4.- Respuesta a Mar Irregular
5.- Francobordo requerido
6.- Visualización de Resultados

1. Movimientos y Convención de Signos



Buque respecto de un tren de olas



$$\omega_e = \omega_o - kV\cos\beta$$

$$\eta(x,y,t) = a\,\mathrm{sen}\left[k(-x\cos\beta + y\,\mathrm{sen}\beta) + \omega_e t\right]$$

2. Ecuaciones de Movimiento (Plano Vertical)

2da de Newton : $\sum F_z = M\ddot{\eta}_G$ y $\sum M_y = J_0\ddot{\theta} - x_G M\ddot{\eta}_G$

Teoría de Fajas, Linearizadas :

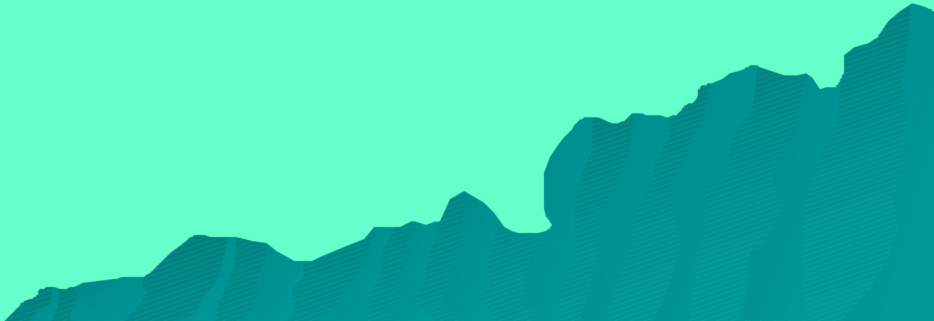
$$a'\ddot{z} + b\dot{z} + cz - d\ddot{\theta} - e\dot{\theta} - g'\theta = Z_w(t)$$

$$A\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta - D\ddot{z} - E\dot{z} - G'z = M_w(t)$$

Sec.Media : $z = z_o \mathrm{sen}(\omega_e t + \delta)$

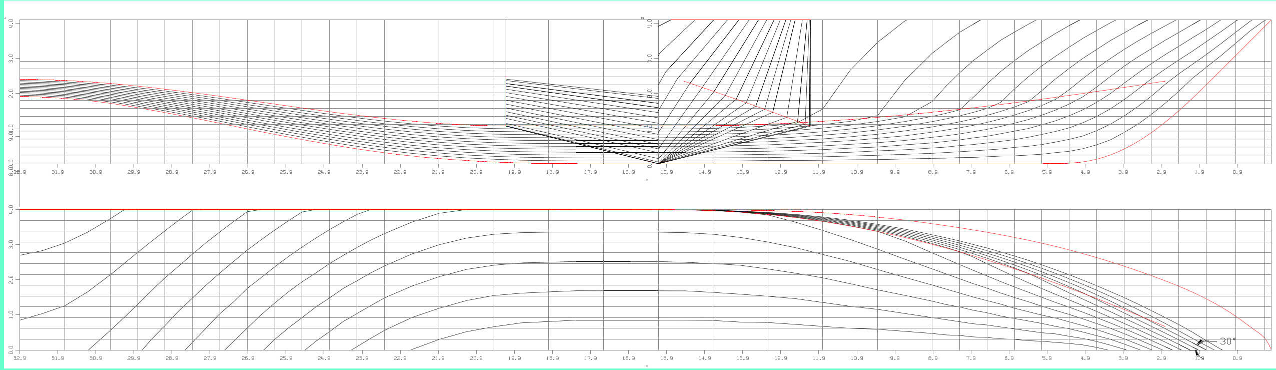
Solución:

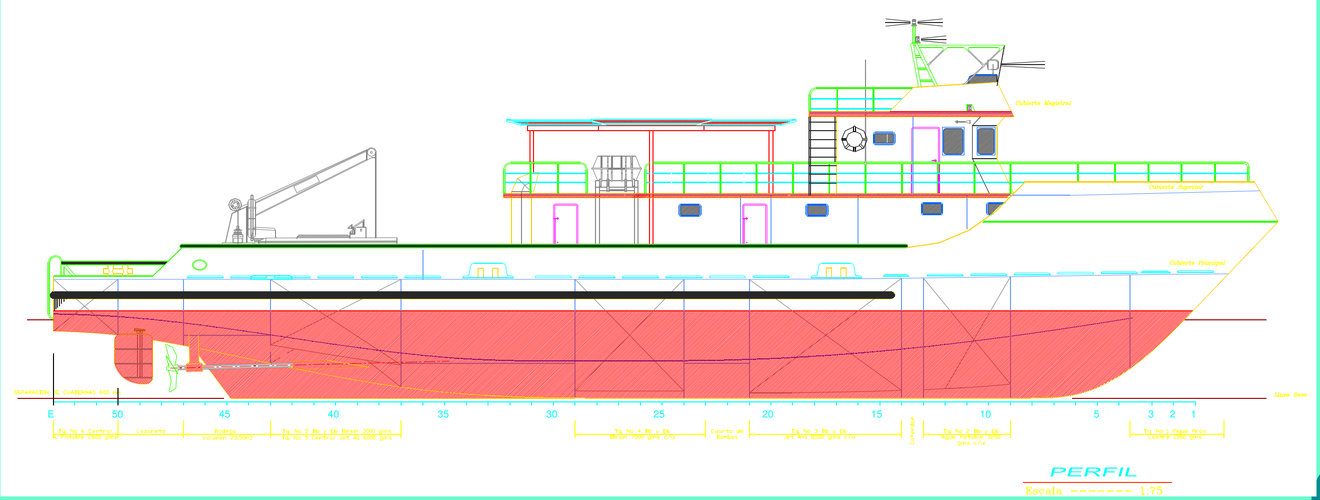
Rotación y : $\theta = \theta_o \mathrm{sen}(\omega_e t + \gamma)$



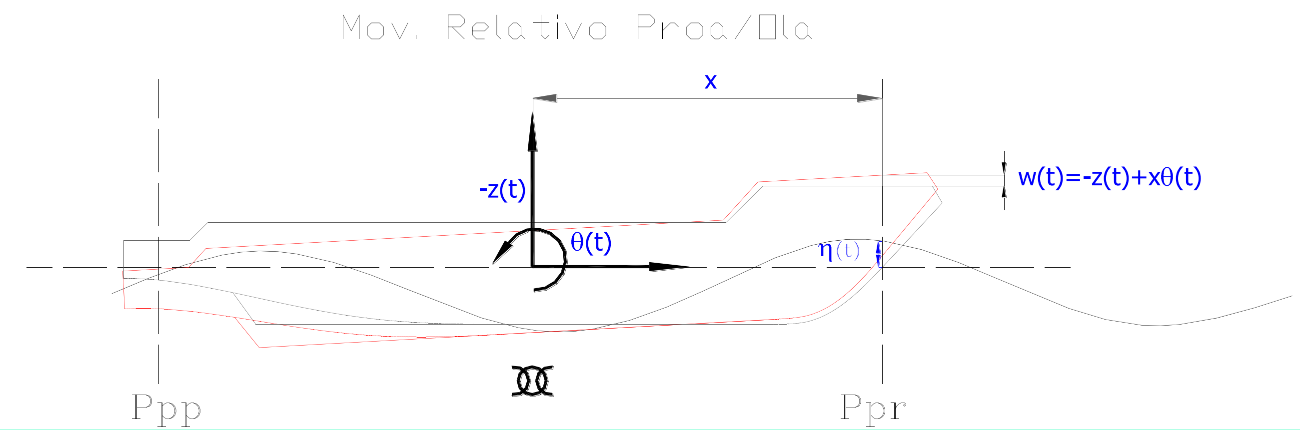
3. … Respuesta a Olas Regulares

L_{pp}: 28.8 m B: 8.0 m D: 3.40 m T: 2.37 m C_B: 0.50

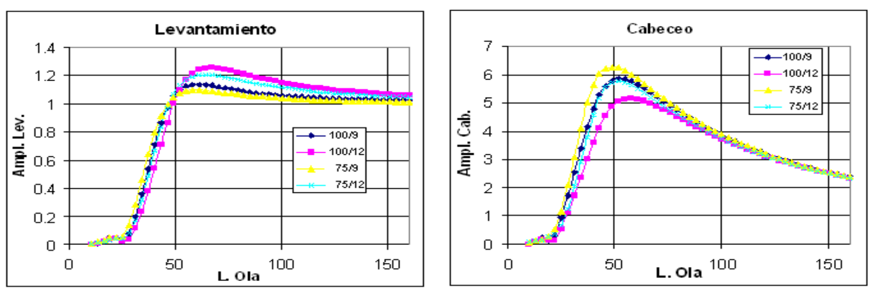


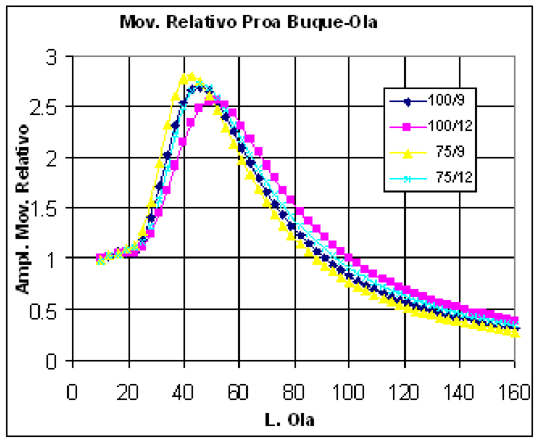


3. ... Respuesta a Olas Regulares:



Olas de Proa, Amplitud de ola: 1 metro





Programa SCORES, Raff, 1972

4. Respuesta a Mar Irregular

Espectro de Mar (ITTC)

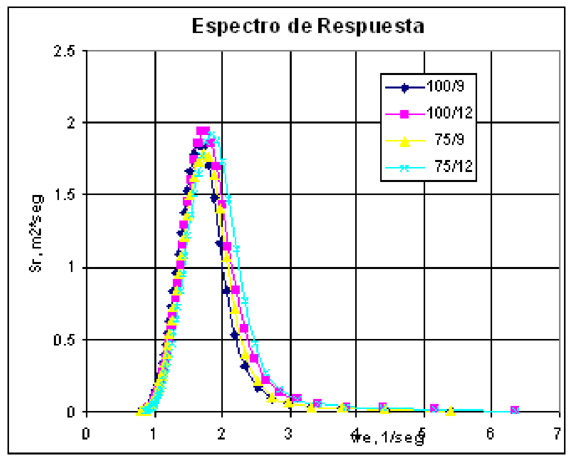
$$S_\eta(\omega) = \frac{A}{\omega^5}\exp(-B/\omega^4)$$

	E. Mar 4	E. Mar 5
$H_{1/3}$	2.01 m	2.68 m
T_1	5.57 seg	6.41 seg

Respuesta: Amplitud del Movimiento de la Proa
respecto de la superficie de la ola

Espectro de Respuesta:

$$S_w(\omega_e) = \|w\|^2\, S_\eta(\omega_e)$$

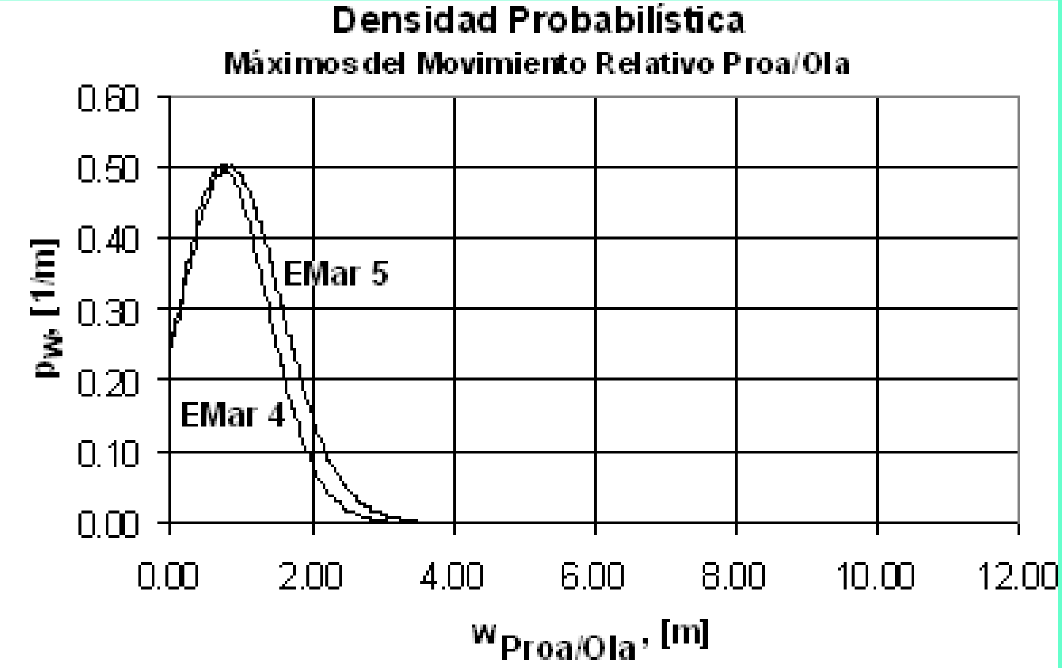


Densidad probabilística para màximos de la respuesta:

$$p^1(E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\left\{\varepsilon \exp\left[-(E/\varepsilon)^2/2\right] + E\sqrt{1-\varepsilon^2}\exp\left[-E^2/2\right]\phi\left(E\sqrt{1-\varepsilon^2}/\varepsilon\right)\right\}$$

donde : $E = w/\sqrt{m_0}$

4. ... Respuesta a Mar Irregular



Densidad Probabilística

Máximos del Movimiento Relativo Proa/Ola

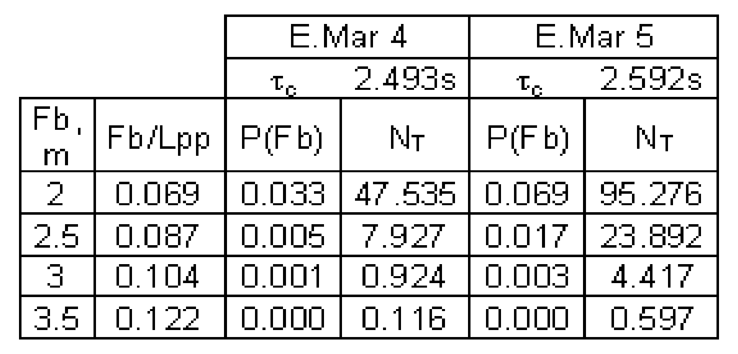
$$P(F_b) = \int_{F_b}^{\infty} p^1(z)dz$$

5. Francobordo Requerido

Máximos en una hora: $3600 / \tau_C$

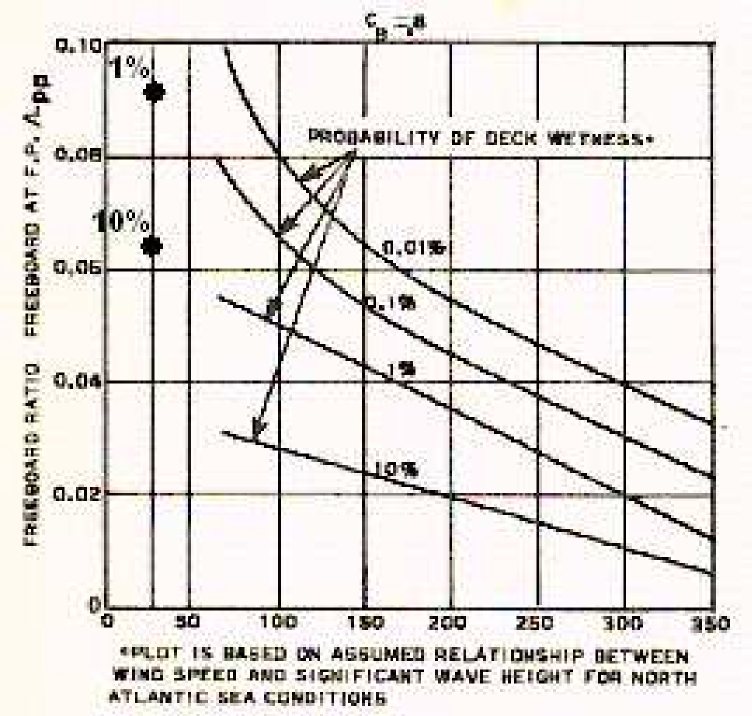
Inmersiones de Cubierta en una hora: $N_T = P(F_b)3600/\tau_C$

75%, 12 kn

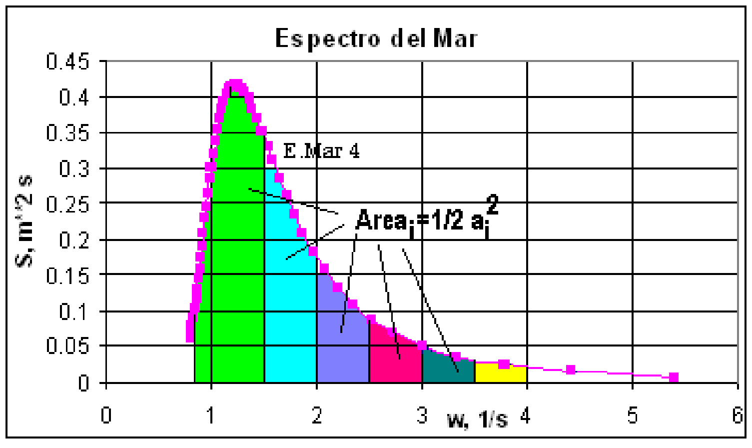


		E.Mar 4		E.Mar 5	
		τ_c	2.493s	τ_c	2.592s
Fb, m	Fb/Lpp	P(Fb)	N_T	P(Fb)	N_T
2	0.069	0.033	47.535	0.069	95.276
2.5	0.087	0.005	7.927	0.017	23.892
3	0.104	0.001	0.924	0.003	4.417
3.5	0.122	0.000	0.116	0.000	0.597

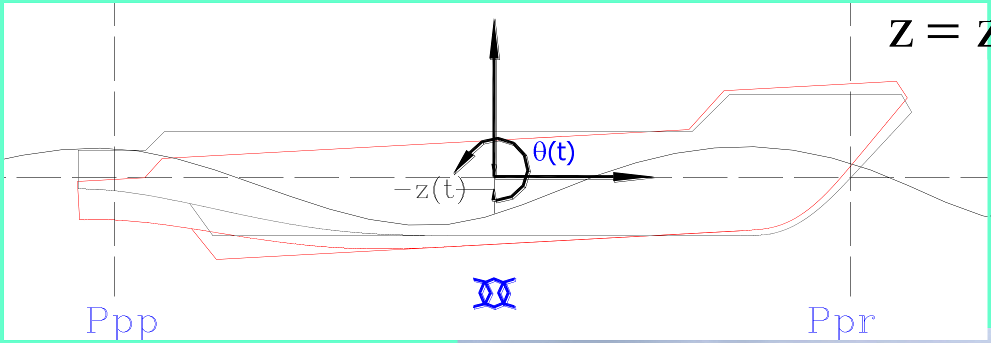
Recomendación: $N_T<30$



6. Visualización de Resultados



$$z = z_o a_i \operatorname{sen} \left[\omega_i t + \delta_i + \xi_i \right]$$



$$\eta(x_{Pr}, t) = a_i \operatorname{sen} \left[\omega_i t + \xi_i \right]$$