APLICACIONES DE LA OPTIMIZACION EN EL DISEÑO DE EMBARCACIONES DE SERVICIO FLUVIAL

(Proyecto: “Optimización de Embarcaciones para Uso Fluvial Ecuatoriano”, CONESUP CON03)

José R. Marín López,
Facultad de Ing. Marítima - ESPOL,
Km 30.5 Vía Perimetral
jrmarin@espol.edu.ec

Embarcaciones actualmente en servicio:

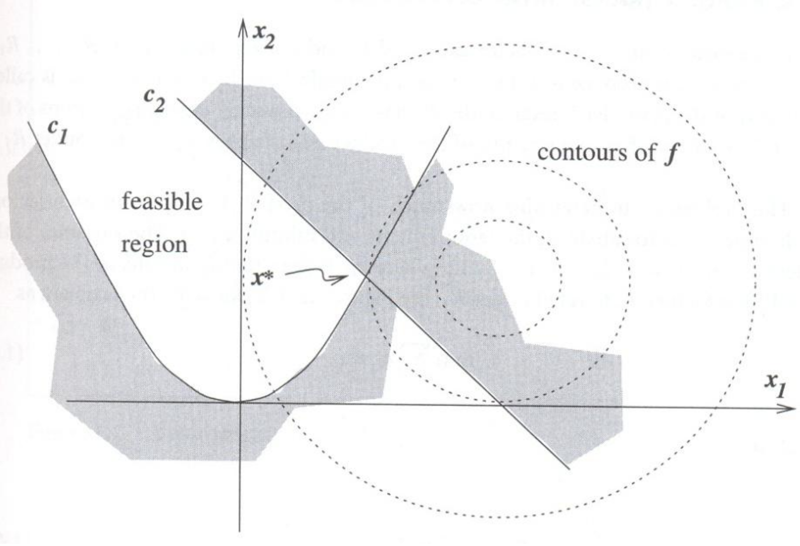
Serv. Hospitalario

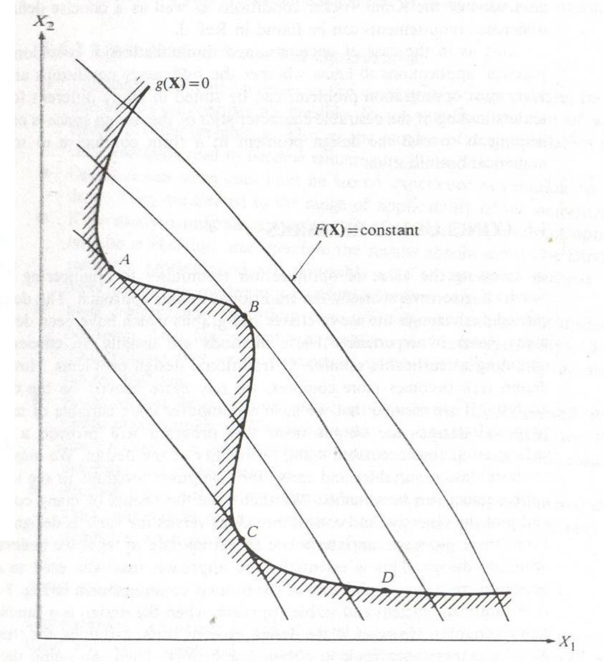
Transp. Carga y Pasajeros

Problema de Optimización:

Max./Min.: $F(\vec{X})$, donde: $\vec{X} = \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdots \\ X_n \end{Bmatrix}$ es el vector de Variables de Decisión / Diseño.

$$g_j(\vec{X}) \leq 0.0, \quad j = 1, m$$ Desigualdad





Para implementar un esquema de Optimización:

1. Definición de las Formas a partir de las Variables de Decisión

2. Estimación de la Resistencia al Avance

Desplazamiento/Planeador

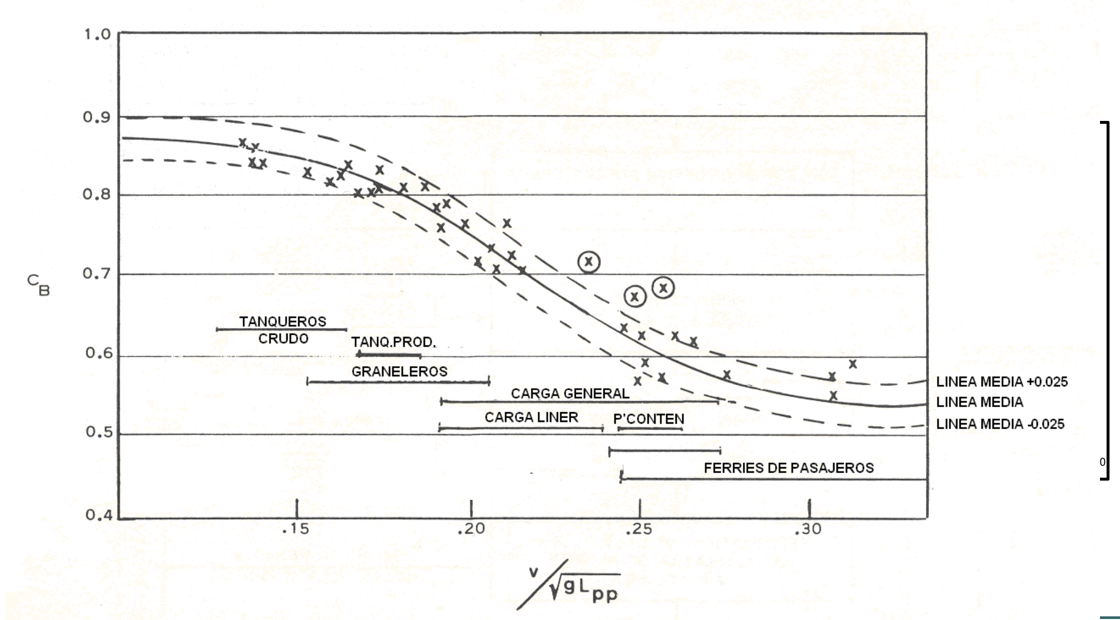
3. Optimización para Minimizar la Resistencia al Avance

CONMIN: CONstrainedMINimization
Vanderplaats, G., NASA Technical Memorandum, NASA TM X-62,282

Definición de las Formas (**1**) (Desplazamiento: Servicio Hospitalario):

Variables de Decisión: L y T, Area Hosp.=82 m^2, v=9.5 nudos

Froude => C_B



R, Holtrop

Estimación de la Resistencia (**2**): método de Holtrop (Desplazamiento: Servicio Hospitalario)

Holtrop, J., "A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data". International Shipbuilding Progress, Nov. 1984

$$R_{Total} = R_F(1+k_1) + R_W + R_{APP} + R_{TR} + R_A$$

R_F: Resistencia Friccional (ITTC 1957)
R_W: Resistencia por Formación de Olas,
R_{APP}: Resistencia de los apéndices,
R_{TR}: Resistencia por inmersión del espejo, y,
R_A: Resistencia por Correlación Modelo-Prototipo.

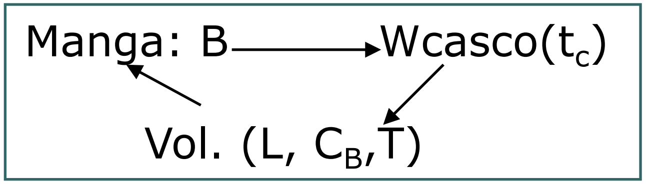
$$R_{W-A} = c_1 c_2 c_5 \nabla \rho g \exp\left\{ m_1 Fn^d + m_4 \cos\left(\lambda Fn^{-2}\right)\right\}$$

Parámetros requeridos: L, B, T
Vol, S_{MOJ}, C_B, C_P, C_M, C_{WL}
LCB, A_T, I_{POPA}, i_E, UK2, S_{APEN}

Definición de las Formas
(Planeadores: Transporte de Carga ó Pasajeros):

Variables de Decisión: L, C_B, T, LCG, β, t_{casco}

v_{carga}=12-15 nudos, v_{pasaj}=15-20 nudos



Manga: B → Wcasco(t_c)

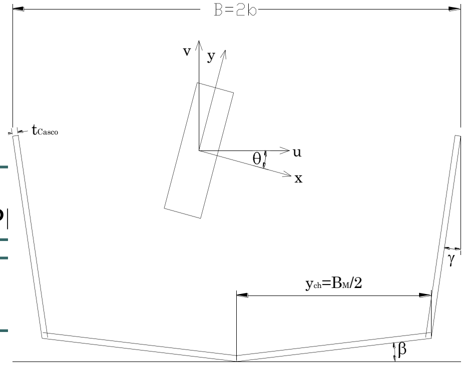
Vol. (L, C_B,T)

C_B => C_M

C_P => C_P

KG

$$A_{Casco} = L_T(0.74 * l_{fondo} + 2 * 0.90 * l_{costado})$$



R, Savitsky+Blount

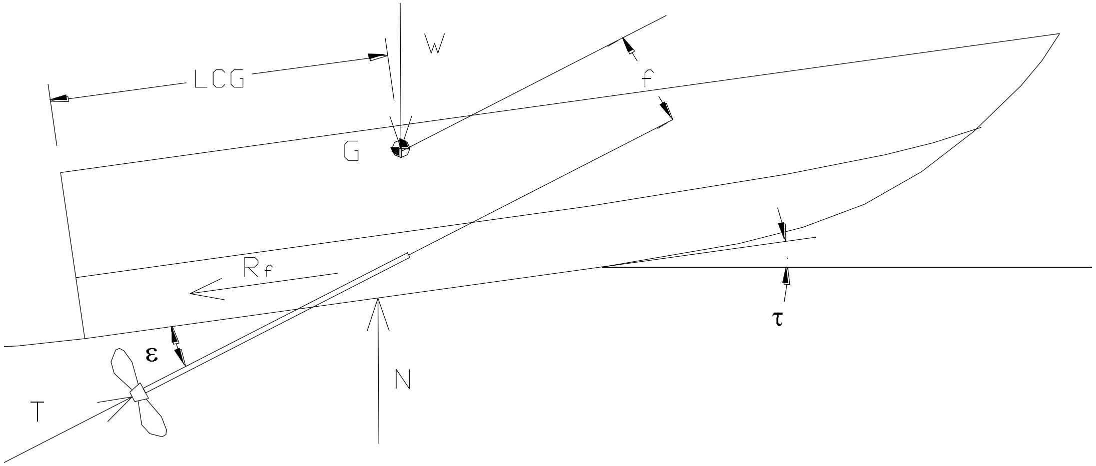
Mto. Flec. encallado

Estimación de la Resistencia (**2**): método de Savitsky (Planeador: Transporte de Carga y Pasajeros)

- **Savitsky, D., Hydrodynamic Design of Planing Hulls. MT'64**
- **Blount, D. y Fox, D., Small-Craft Power Prediction. MT'76**

Parámetros requeridos

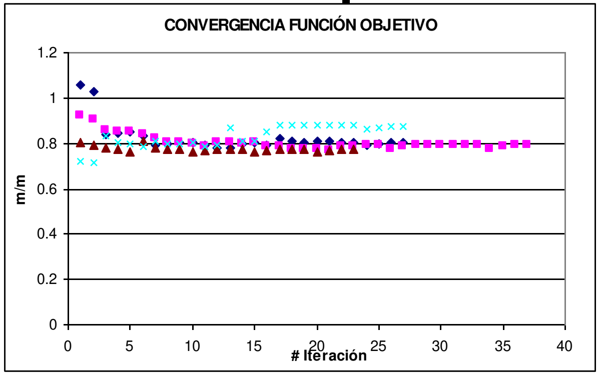
Vol, B_M, β, LCG, VCG, ε , f

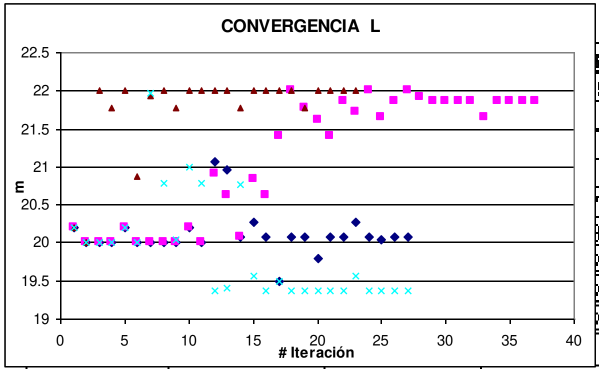


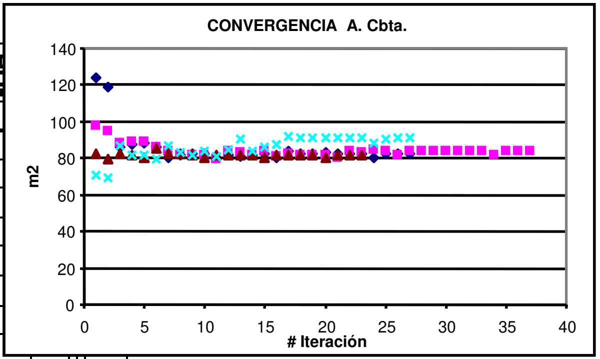
Resultados de la Optimización – Servic. Hospit.

$$P[f_k(\vec{x})] = \sum_{k=1}^{K} [w_k f_k(\vec{x}) / f_k^0] = \sum_{k=1}^{K} [w_k f_k'(\vec{x})]$$ RAvance y WCasco

Restricciones: $A_{Cbta} > 82\ m^2$, y, $GM_T > 0.15\ m$ (Exig. Estructural?)

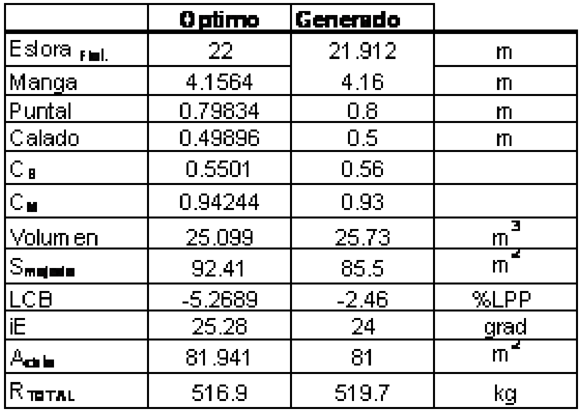




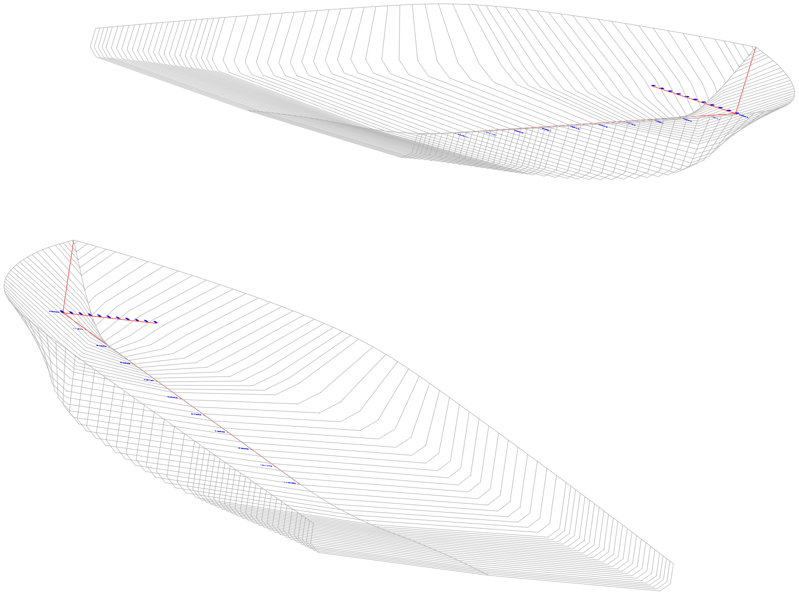


Sup. Mojada	92.41	89.88	88.704	m^2
iE	25.28	29.609	30.454	grad
GMT	3.074	3.8051	3.8731	m
Area Cbta	81.941	82.364	81.342	m^2
Peso Casco	8.9438	8.8548	8.6473	ton
Fn Objetivo	0.77341	0.87916	0.94308	m/m
Rtotal	516.9	545	549.6	kg

… Resultados de la Optimización ($75\%R_{avance}$, $25\%W_{casco}$)



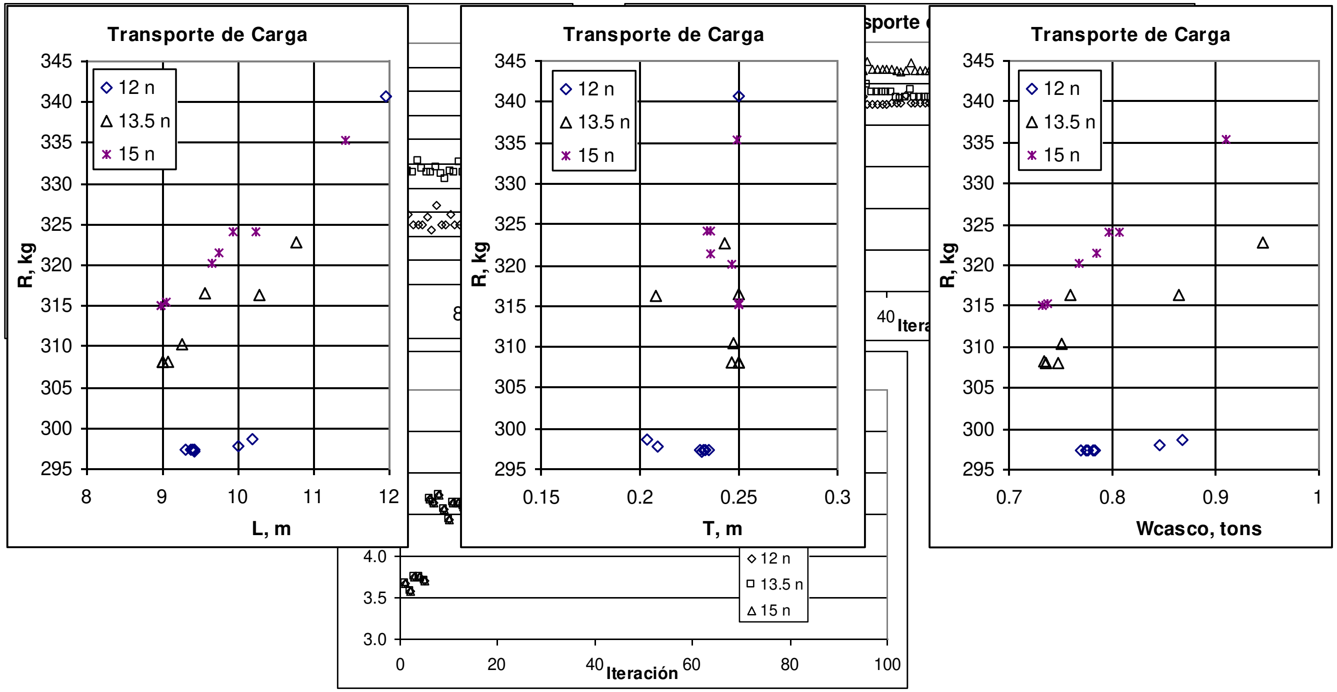
	Optimo	Generado	
Eslora $_{Flot.}$	22	21.912	m
Manga	4.1564	4.16	m
Puntal	0.79834	0.8	m
Calado	0.49896	0.5	m
C_B	0.5501	0.56	
C_M	0.94244	0.93	
Volumen	25.099	25.73	m^3
S_{mojada}	92.41	85.5	m^2
LCB	-5.2689	-2.46	%LPP
iE	25.28	24	grad
A_{vela}	81.941	81	m^2
R_{TOTAL}	516.9	519.7	kg



Resultados de la Optimización – Carga (100%R_{avance})

Restricciones: $GM_T > 0.25$ m, $A_{Cbta}, > 10$ m^2, $\sigma_{cub} < 600$ kg/cm^2, $\delta_{casco}/L < 0.1$ cm/m, y, $4.5 < L/B < 12$

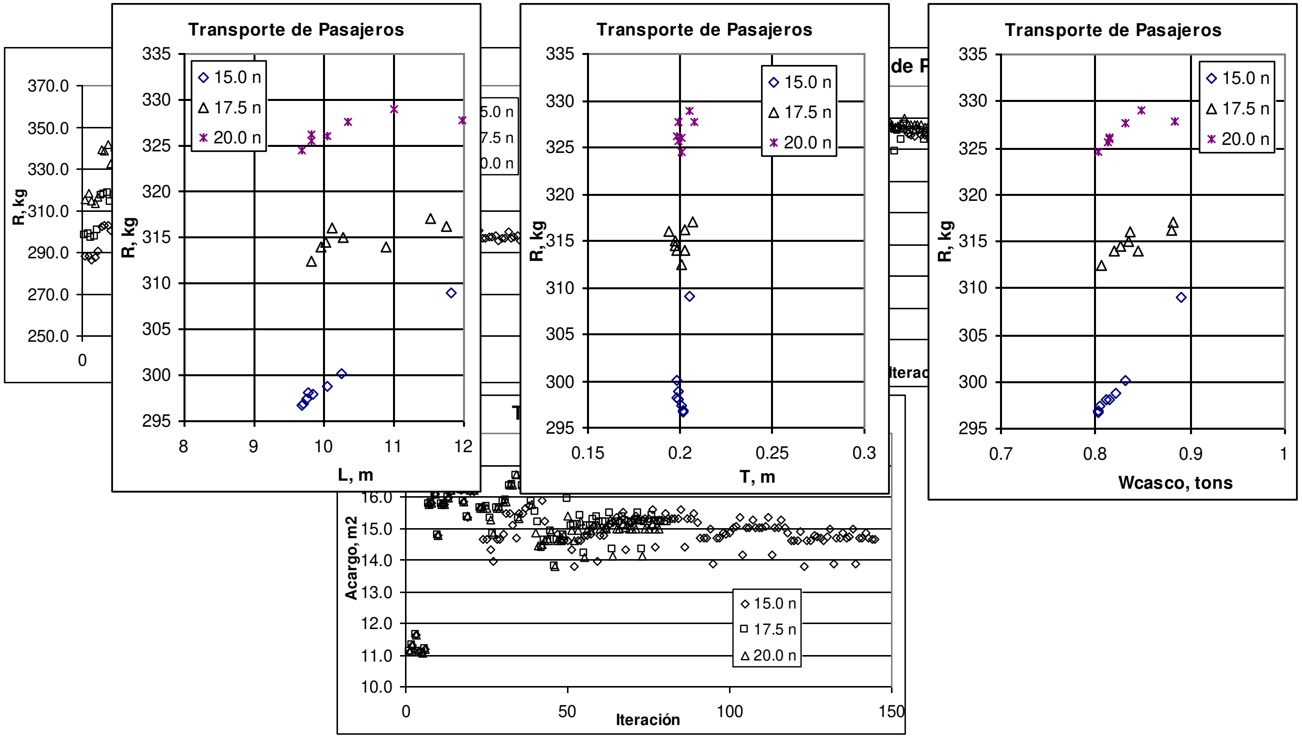
V=12, 13.5 y 15 nudos



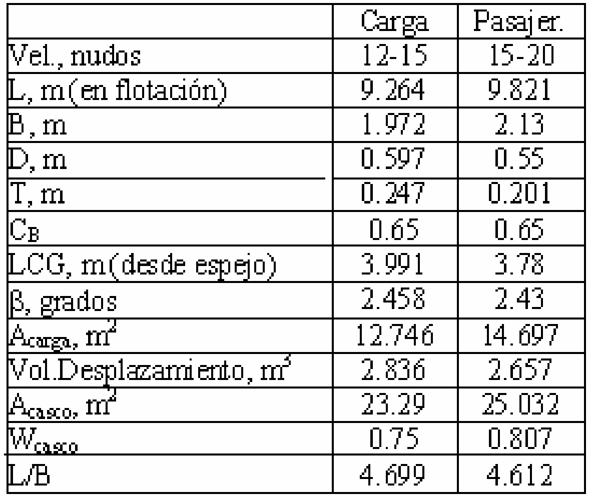
Resultados de la Optimización – Pasaj. (100%R_{avance})

Restricciones: GM_T>0.25 m, A_{Cbta},>14.6 m^2, σ_{cub}<600 kg/cm^2, δ_{casco}/L<0.1 cm/m y, 4.5<L/B<12

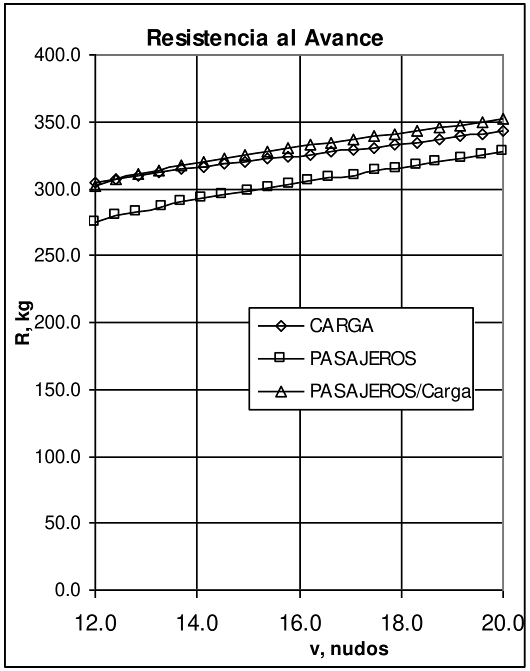
V=15, 17.5 y 20 nudos



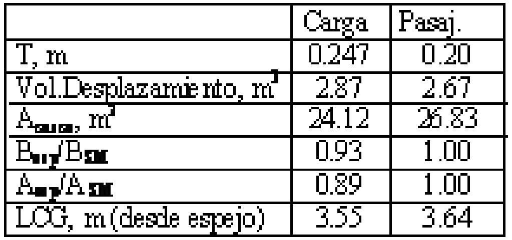
… Resultados de la Optimización – Carga/Pasaj.



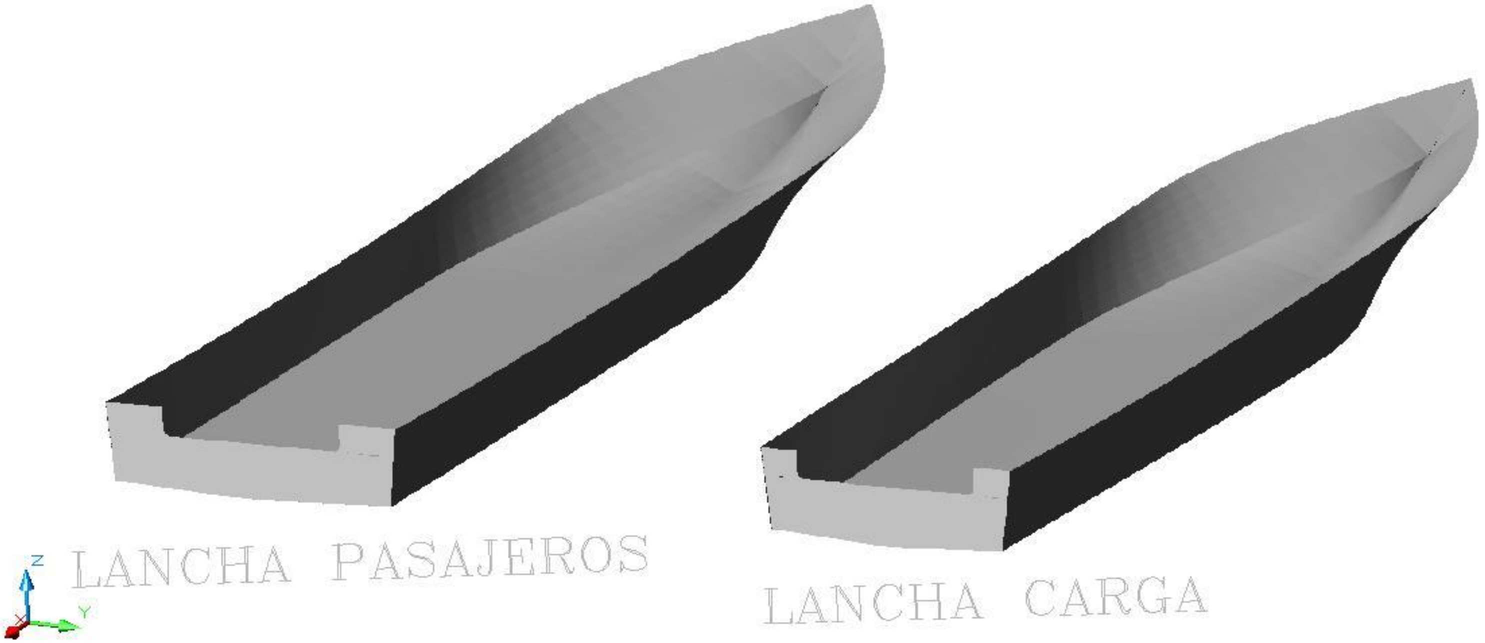
	Carga	Pasajer.
Vel., nudos	12-15	15-20
L, m(en flotación)	9.264	9.821
B, m	1.972	2.13
D, m	0.597	0.55
T, m	0.247	0.201
C_B	0.65	0.65
LCG, m(desde espejo)	3.991	3.78
β, grados	2.458	2.43
A_{carga}, m^2	12.746	14.697
Vol.Desplazamiento, m^3	2.836	2.657
A_{casco}, m^2	23.29	25.032
W_{casco}	0.75	0.807
L/B	4.699	4.612



… Resultados de la Optimización – Carga/Pasaj.



	Carga	Pasaj.
T, m	0.247	0.20
Vol.Desplazamiento, m^3	2.87	2.67
A_{casco}, m^2	24.12	26.83
B_{esp}/B_{SM}	0.93	1.00
A_{esp}/A_{SM}	0.89	1.00
LCG, m (desde espejo)	3.55	3.64



Comentarios finales

Se pudo (sin considerar corrección por profund. limitada):

Reducir la Resistencia al Avance de Hosp. 1 a 9.5 nudos: 759.20 kg; nuevo diseño, reduce al 68% la Resistencia al Avance (519.7 kg). El peso del casco se incrementa de 8.51 a 8.94 toneladas, 5%.

Un óptimo local para transportar carga tiene una eslora de 9.26 metros, para el rango de velocidades dado.
Para el caso del transporte de pasajeros, es preferible una eslora de 9.82 metros.
La de pasajeros es más eficiente que la de carga.
Los calados para los diseños óptimos están entre 0.20-0.25 m.

- Optimización de una embarcación para prestar servicio hospitalario fluvial
- Optimización de embarcaciones planeadoras fluviales para transporte de carga y pasajeros

http://www.fimcm.espol.edu.ec/web%20profesores/jrmarin/index.htm