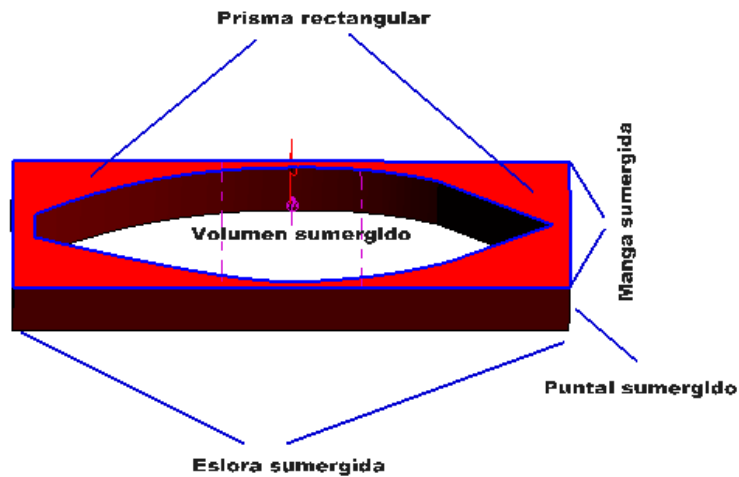


**Charla 7 de construcción naval**  
**Tema XL: Flotabilidad general, volúmenes, coeficientes**  
**2ª Parte**

"En la prosperidad modérate; en la adversidad resígnate y sé siempre prudente". Periandro de Corinto (s. VII-VI a.C.); uno de los Siete Sabios de Grecia.

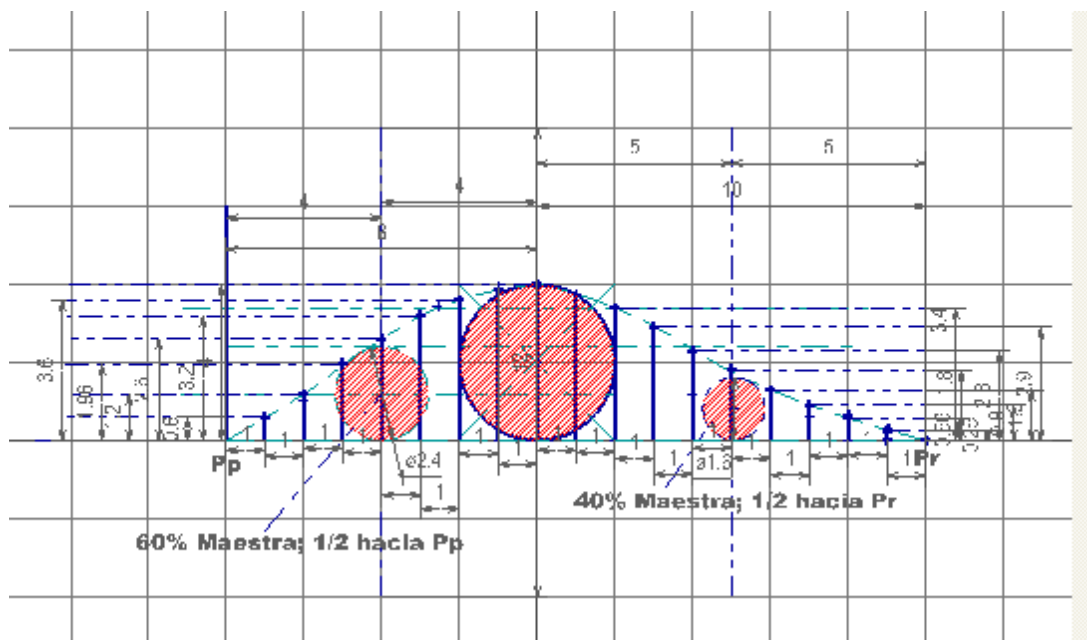


**Figura XL.1.1: "Visualización" del coeficiente de bloque "Kb"**

**Capitán Isidore Caubin:** Vamos a empezar por los llamados "coeficientes de afinamiento".

**Simbad:** ¿Y eso "con qué se come"?

**Capitán Isidore Caubin:** Los coeficientes de afinamiento son necesarios ya que nos indican, si sabemos interpretarlos, las formas generales de nuestro casco y así por ejemplo veremos si se trata de un buque "pesado" o "ligero", "lento" o "rápido"... Cuando dibujamos el casco y aplicando a estas formas estos

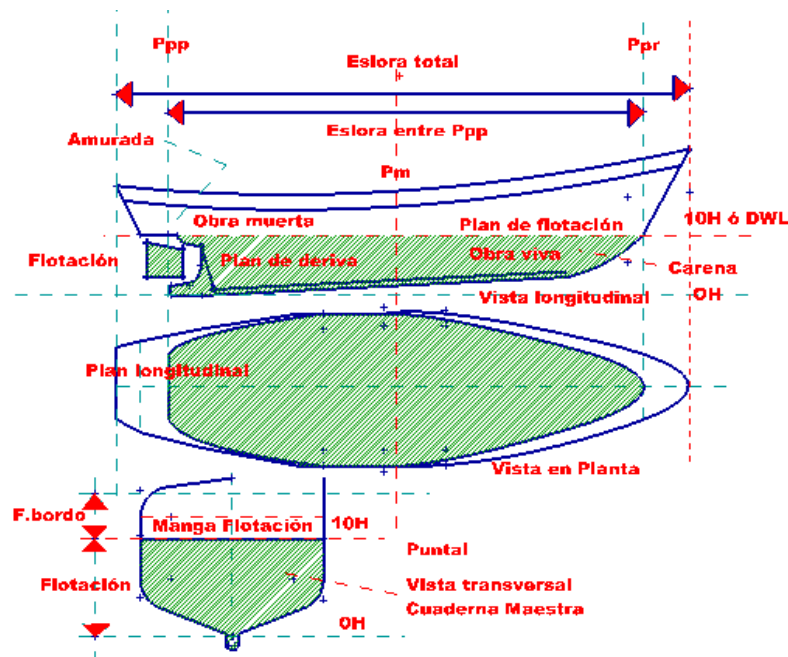


**Figura XL.1.2: Curva de las áreas de las cuadernas.**

coeficientes, podremos "afinar" las características del mismo mediante tanteos, hasta llegar a lo que queremos; en la figura y a fin de facilitar el dibujo, la hemos construido con un círculo central, cuyo diámetro es el valor de la manga de la C.maestra y a media distancia entre él y las extremidades, hemos colocado dos círculos: Uno hacia proa a media distancia que vale un 40% del de la maestra y otro a media distancia hacia popa que vale un 60% del de la maestra... Esta manera de trabajar nos permite

aproximar una curva tangente a cada uno de ellos y con proporciones bastante lógicas. De todas maneras, habrá que afinar estos valores "por tanteo" hasta obtener "la fineza" que deseemos. Ya veremos más adelante lo que significa "fineza".

**Simbad:** Pero yo ¿podría dibujar "cualquier cosa que me guste"?



**Figura XL.1.3: Primer dibujo de nuestro buque.**

**Capitán Isidore Caubin:** En realidad así es, pero después no tendrás mas remedio que "afinar" lo que has dibujado y para hacerlo, lo mejor es dibujar desde el principio "La curva de las áreas de las cuadernas", tal como te acabo de indicar.

**Simbad:** ¿Y eso "lo hago" a mano alzada?

**Capitán Isidore Caubin:** Antiguamente, los dibujantes navales usaban para dibujar a mano alzada Unas reglas elásticas o barretas con un cierto peso que se podían deformar y quedaban así en la posición que se quería. Esto les permitía trazar curvas tales como las de carena. También sirve el método en el que trazando un círculo, como te he indicado, podemos deformarlo desarrollando una senoide hacia popa y proa tal como se ve en la figura XL.1.2. En ordenadas se ven las áreas sumergidas con relación a la línea de base que es la flotación o "Water line" y si se trata de la línea de flotación normal, "Datum Water Line" o DWL. En abcisas se ven las cuadernas.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	M	Valor	F.S	F.Area	F.S	Volumen		
2	Ppp	0	0,6	1	0,6	1	0,6	
3		1	1,2	4	4,8	4	19,2	
4		2	2	2	4	2	8	
5		3	2,6	4	10,4	4	41,6	
6		4	3,2	2	6,4	2	12,8	
7		5	2,6	4	10,4	4	41,6	
8		6	3,9	2	7,8	2	15,6	
9	Pm	7	3,75	4	15	4	139,4	
10		8	3,4	2	6,8	2	13,6	
11		9	2,95	4	11,8	4	47,2	
12		10	2,5	2	5	2	10	
13		11	2	4	8	4	32	
14		12	1,7	2	3,4	2	6,8	
15		13	1,3	4	5,2	4	20,8	
16		14	0,9	2	1,8	2	3,6	
17		15	0,5	4	2	4	8	
18	Ppr	16	0	1	0	1	0	
19				Ss=	103,4	m2	142	m3
20								
21								

**Figura XL.1.3: Volumen de la carena anterior**

En realidad el resultado sería la tabla Excel (Ver figura XL.1.3), que ya calculamos para obtener las áreas, pero en este dibujo están completas y no son semimangas si no mangas totales de flotación.

La formula general a aplicar es:

$$a = \frac{E}{n^{\circ} \text{ intervalos}} \quad (\text{XL.1.1})$$

en nuestro caso:  $a = \text{Eslora} / n^{\circ} \text{ de intervalos} = 18 / 17 = 1,06 \text{ metros}$

$$\nabla = \frac{a}{3} \times \sum v \quad (\text{XL.1.2})$$

en nuestro caso:  $V = a / 3 \times \text{Suma } v = 1,06 / 3 \times 142 = 50,17 \text{ m}^3$

y si ahora ese dibujo lo "*rodeamos con un rectángulo sólido o bloque*", obtendríamos lo que se llama el coeficiente de bloque  $K_b$  que es:

$K_b = \text{Volumen de la carena} / \text{Volumen del prisma rectangular} = V / E \times M \times C$ , donde E, es la eslora, M, su manga y C, su calado, o sea:

$$K_b = \frac{\nabla}{E \times M \times C} \dots \quad (\text{XL.1.3})$$

Ejemplo: volumen 50,17 m<sup>3</sup>, Eslora, 18 metros, manga 3,75 metros, calado 2,18 metros...

$K_b = 50,17 / 18 \times 3,75 \times 2,18 = 0,34$ .

En la practica este coeficiente varía mas o menos entre 0,4 a 0,85.

Si es pequeño, se trata de un navío con formas finas y curvaturas regulares y continuas desde proa a popa, como en nuestro caso, que es el caso de un velero, y a contrario, si es grande se tratará de un buque con formas "*bien rellenas*", que posee una parte central de forma cilíndrica o paralelepípedo importante, como las de un navío de carga, o de un buque "*truncado hacia popa*", como es la forma de las lanchas rápidas...

De la misma manera, el coeficiente de "*afinamiento de la cuaderna maestra*" será:

$$K_m = \frac{A_{\otimes}}{M \times C} \quad (\text{XL.1.4})$$

Donde  $A_{\otimes}$ , es el área de la cuaderna maestra hasta la flotación; es decir la superficie de la maestra que se encuentra sumergida. Este coeficiente nos servirá sobretodo, para analizar la resistencia del casco al avance.

Ejemplo: mismos datos y  $S_m = 15 \text{ m}^2$ ...

$K_m = 15 / 3,75 \times 2,18 = 1,83$

Coeficiente de "*afinamiento cilíndrico o prismático*":

$$K_p = \frac{\nabla}{A_{\otimes} \times E} \quad (\text{XL.1.5})$$

Este coeficiente puede variar como el de bloque en proporciones que van desde unos 0,5 a 0,8 mas o menos, según se trate de un flotador a formas finas y curvas regulares y continuas desde el avante a popa, como es el caso de un velero por ejemplo, o por el contrario con formas muy rellenas que presentan una parte central cilíndrica o paralelepípedo importante, como las de un navío de carga, o con una popa "*truncada*", como es el caso de los navíos rápidos o vedettes rápidas...

Ejemplo en nuestro caso con los mismos datos.

$K_p = 50,17 / 15 \times 18 = 0,19$

Además existe una relación de comprobación, que debe realizarse entre estos coeficientes:

$$\frac{\nabla}{A_{\otimes} \times E} = \frac{\nabla}{E \times M \times C} \times \frac{M \times C}{A_{\otimes}} \quad (\text{XL.1.6})$$

en nuestro caso:

$50,17 / 15 \times 18 = \underline{0,19} = (50,17 / (18 \times 3,75 \times 2,18)) \times (3,75 \times 2,18 / 15) = 0,34 \times 0,55 = \underline{0,19}$

**Simbad:** ¿Y cuanto desplaza esta carena?

**Capitán Isidore Caubin:** Es muy fácil ya que basta con multiplicar el volumen obtenido para este calado por la densidad del agua del mar, que como ya sabes es igual 1,025 y así obtenemos que esta carena desplaza:

$$\Delta = \rho \times \nabla \quad (\text{XL.1.7})$$

en nuestro caso:

$D_{\text{spto}} = 1.025 \times 50,17 = 51,42 \text{ Tm.}$

**Simbad:** ¡Dios mío mi capitán, lo hemos calculado todo!

**Capitán Isidore Caubin:** No todo, no todo, pero es verdad que hemos avanzado mucho.

**Simbad:** En cuanto a estos coeficientes...¿Hay más?

**Capitán Isidore Caubin:** Pues lo cierto es que se emplean algunos más y hay un coeficiente que yo llamaré "coeficiente de fineza de la flotación" y que aquí en España llaman Ks y del cual te doy una formula practica:

$$K_s = 0,476 (1 + K_b) \quad (\text{XL.1.8})$$

Donde si la carena es en forma de "U" muy marcada hay que restar al resultado un 3% y si la carena es en forma de "V" muy marcada se le agrega 3%...

En nuestro caso, la cuaderna maestra era más bien en forma de "U" muy marcada por lo que:

$$K_s = 0,476 \times (1 + 0,34) = 0,64 \dots \text{y si le quitamos un } 3\% \dots$$

$$0,64 - 0,02 = 0,62.$$

También existe otro coeficiente que expresa la noción de "pesado" o de "ligero" y que podríamos llamar también "coeficiente global de fineza de formas", y que yo personalmente considero muy practico:

$$K_f = \frac{E}{\sqrt[3]{\nabla}} \quad (\text{XL.1.9})$$

que en nuestro caso daría:

$$K_{f_{\text{nuestro}}} = 18 / (50,17)^{1/3} = 18 / 3,69 = 5$$

También hay uno que nos será muy útil cuando hablemos de velocidad y que se llama "coeficiente volumínico", ó también "relación volumínica", que es un coeficiente de "relleno", expresado por el volumen y por la eslora de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{\nabla}{E^3}, \quad (\text{XL.1.10})$$

con  $\nabla = \frac{\Delta}{\rho}$  y donde  $\rho$ , es como sabemos la densidad del fluido considerado, que para el agua de mar

es igual a 1,025....

**Simbad:** ¿Y como se interpreta este coeficiente Kf ?

**Capitán Isidore Caubin:** En cuanto dibujemos nuestra carena y gracias a Excel, conozcamos su volumen, ya lo podemos prácticamente calcular e incluso usando solo el desplazamiento y no el volumen para ir rápido. De esta manera nuestro buque que tiene un Kf de 5 es "ligeramente menos ligero" que un pesquero de 130 Tm y de 20 metros de eslora ya que:

$$K_{f_{\text{pesquero}}} = 20 / (130)^{1/3} = 5,1 \dots$$

Si se trata de un buque de 1500 Tm y de 85 metros de eslora:

$$K_{f_{1500\text{Tm}}} = 85 / (1500)^{1/3} = 11 \dots$$

Como verás, a medida que aumenta este coeficiente, aumenta "la ligereza" de nuestro buque, y ya ves que "lo que parecía lógico", es decir que este buque de 1500 Tm "parecía" más "pesado" que el nuestro, es en realidad mucho más "ligero" proporcionalmente que el nuestro...

Lo primero sería ver lo de la noción de "ligero o pesado", sabiendo que según lo que nos hayamos fijado como programa y lo que hemos visto, que un buque monocasco de desplazamiento "medio" nos dará un Kf de mas o menos 5, para uno de desplazamiento "pesado" un Kf de más o menos 4, y para un navío "ligero" un Kf de 6...

**Simbad:** Bueno, ya veo que estos coeficientes nos indicarán muchas cosas, pero en la practica tendré que elegirlos según sea también la velocidad que quiera obtener entre otras cosas...

**Capitán Isidore Caubin:** A velocidades elevadas, el coeficiente que es más significativo es el "coeficiente (de relleno), volumínico", K<sub>v</sub>.

Para dos carenas de misma longitud y a las mismas velocidades, la resistencia al avance de la más pesada, es más grande cuando la velocidad se incrementa, y esto no solo con relación a los desplazamientos respectivos, sino que va más allá, como veremos cuando estudiemos la resistencia al avance.

Por ahora, lo que tendremos que tener en cuenta es que el peso "implícito" por un  $K_v = \frac{\nabla}{E^3}$  alto, nos

impedirá llegar a las velocidades deseadas, ya que además el peso en exceso, nos obligará a pensar en la potencia motriz importante que seria necesaria.

**Simbad:** Esto significa que tendremos interés en que  $Kv = \frac{\nabla}{E^3}$ , sea lo más bajo posible entonces, ¿no?

**Capitán Isidore Caubin:** Si "*pensamos velocidad*", sí, absolutamente y es por ello que una manera de disminuir este coeficiente o de "*dividirlo*", sería el que en la expresión del Kv, "*nuestro numerador disminuya*".

**Simbad:** Pero esto es imposible, ya que el volumen de nuestro casco no lo podemos disminuir...

**Capitán Isidore Caubin:** "*Todo es posible en esta vida con un poco de imaginación*", ya que si por ejemplo tenemos un volumen total de 300 m<sup>3</sup>, y hacemos dos cascos que tengan 150 m<sup>3</sup> cada uno y con la misma eslora, lo habremos disminuido, ¿Verdad?

**Simbad:** ¡Dios mío si capitán tiene Ud. razón, "*me está Ud. hablando de un catamarán*", ¿No es cierto?

**Capitán Isidore Caubin:** ¡Bravo ,marinero! Lo has encontrado tú solito...y además ahora ves porque con la misma eslora un catamarán es mucho más rápido que un velero normal...todo está en este coeficiente Kv... Una cosa más...supongo que te has dado cuenta de que en la expresión tenemos un "*volumen*" y que yo te hablo de un "*desplazamiento o peso*"; supongo que te habrás dado cuenta de que al fin y al cabo ese volumen por la densidad es en realidad un desplazamiento, con lo que todo lo que te he dicho es perfectamente "*homogéneo*"; ¿verdad?

**Simbad:** Si mi capitán, no hace falta "*que me haga Ud. un dibujo para que lo entienda*"; ya me había dado cuenta...

**Capitán Isidore Caubin:** Hemos visto muchas cosas importantes y lo más evidente es que cuando "*pensamos un buque*", todos estos parámetros se mezclan e interfieren los unos con los otros...

**Simbad:** Si, capitán, y creo que esto "*no es moco de pavo*" y que habrá que organizarse de alguna manera para que todo salga bien...

**Capitán Isidore Caubin:** Así es hijo, y como siempre te he dicho, la mejor manera es la de poder "*tantear las soluciones*" repetidas veces. Ello será posible con las hojas de calculo.

**Simbad:** Ok, capitán, pero ya sé que siempre le pregunto lo mismo: ¿por donde empezamos, como nos organizaremos?

**Capitán Isidore Caubin:** Yo creo que lo mejor es que lo que hemos visto hasta ahora lo organicemos por pasos o etapas de las que ahora solo puedo darte dos fases...En lo que veamos a continuación, podremos "*rellenar*" las fases siguientes, pero con estas dos fases ya habremos avanzado muchísimo.

**1ª Fase:** Formas, coeficientes.

**Material necesario:** Cuadros Excel (Libro Fase 1ª) y dibujos de nuestro buque.

1º: Primera pregunta con un lápiz en la mano....¿Qué buque queremos?

2º: Dibujar su "*curva de las áreas de las cuadernas*"

Construir para tanteo los cuadro Excel necesarios; "*Tantear*" con Excel para afinar esta curva.

3º: Dibujar este buque en planta y de perfil.

4º: Construir una tabla Excel con los coeficientes que se obtengan con esas dimensiones...

Tantear hasta obtener lo que queremos desde el punto de vista "*Formas y Coeficientes*"

5º: Con estos resultados volver a los pasos 2º, 3º y afinar "*definitivamente*" el 4º...

6º: Abrir dosieres con todos los elementos principales de eslora, superficies, volúmenes, situación de la flotación, etc., etc.

7º: Realizar un "*1º borrador de este proyecto*"; es decir clasificar todo lo hecho con títulos y carpetas diferentes y homogéneas.

Cuando ya hayamos terminado, nuestro "*1º borrador de proyecto estará hilvanado*".

**2ª Fase:** Presiones en diferentes lugares, casco refuerzos, forros, pesos finales...

**Material necesario:** Cuadros Excel, biblioteca de refuerzos con cálculos de inercias y dibujos de los elementos reforzados de nuestro buque (con las vistas necesarias para su completa comprensión).

1º: Tanteos con Excel...comparación con los volúmenes y desplazamientos obtenidos en la fase 1ª, afinar y corregir si necesario...es decir ver si el 2º, 3º 4º y 5º de la primera fase cambian, ajustar a esta "*nueva realidad*"

2º: Abrir dosieres con todos los elementos principales de eslora, superficies, volúmenes, situación de la flotación, planos con las diferentes piezas del casco y sus refuerzos; dosieres con los cálculos realizados, planos de conjunto y de detalle...etc., etc.

3º: Confeccionar nuestro "*2º borrador de proyecto*"; es decir clasificar todo lo hecho con títulos y carpetas diferentes y homogéneas.

Cuando ya hayamos terminado, nuestro "2º borrador de proyecto estará hilvanado".

**Simbad:** Con todo esto ¿ya tendremos acabado nuestro proyecto?

**Capitán Isidore Caubin:** Ni hablar...todavía nos quedan varias cosas por ver en detalle y que integraremos a la 2ª Fase y con ellas realizadas y calculadas, ya podremos empezar la 3ª Fase.

**Simbad:** Pero esto es muy largo mi capitán, ¿No?

**Capitán Isidore Caubin:** No te creas, ya que si tenemos bien organizado el trabajo de proyecto, los cuadros Excel disponibles, las bibliotecas de piezas de refuerzos, et, etc., la cosa irá más rápido de lo que parece.

**Simbad:** Me parece que "la cosa" va tomando forma...

**Capitán Isidore Caubin:** Seguiremos la próxima vez y ahora nos tomaremos ese ron de las Antillas que tanto te gusta...

**Simbad:** ¿Y a Ud., mi capitán... y a Ud.

*Fin de la 7ª charla de construcción naval 2ª parte*