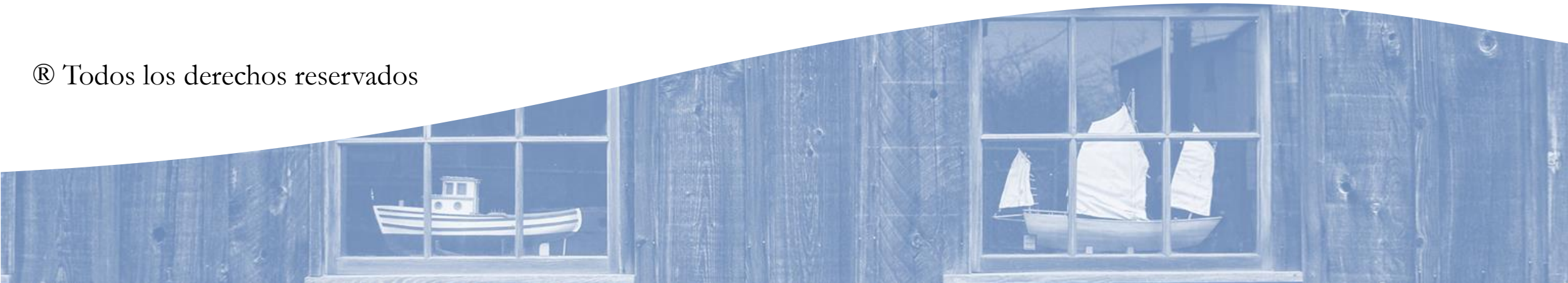


Módulo

Arquitectura naval para modelistas

TEMA 1. Generalidades y definiciones

® Todos los derechos reservados

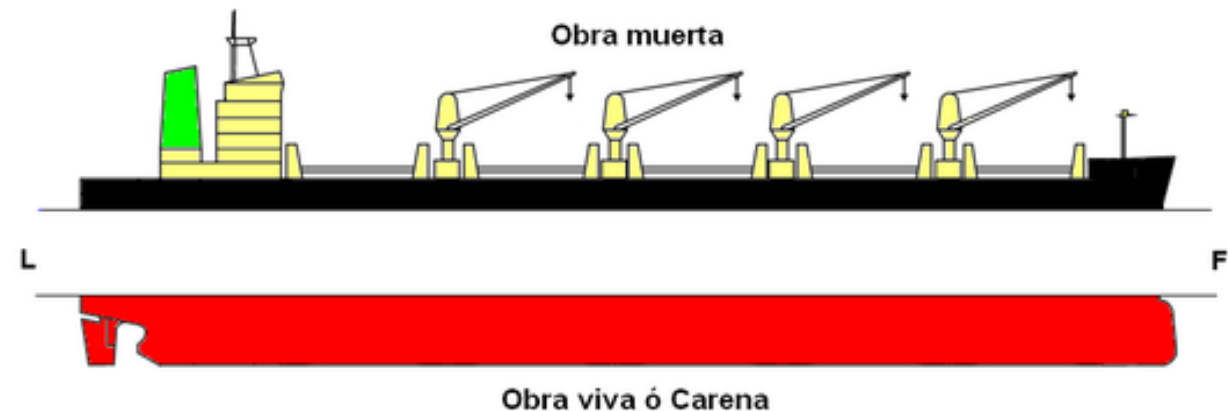


1.1. El Buque

Un buque es un flotador con propulsión propia o externa destinado a un fin comercial, militar, científico, auxiliar y deportivo. El buque se constituye esencialmente de una caja estanca de forma adecuada a su función denominada “Casco”.

La parte sumergida del casco se denomina “obra viva” y la parte emergente se denomina “obra muerta”. Se considera también parte de la obra muerta la superestructura del casco

La superficie del casco puede tener distintos materiales adecuados para la estanqueidad requerida (acero, madera, poliéster, cemento, etc.).

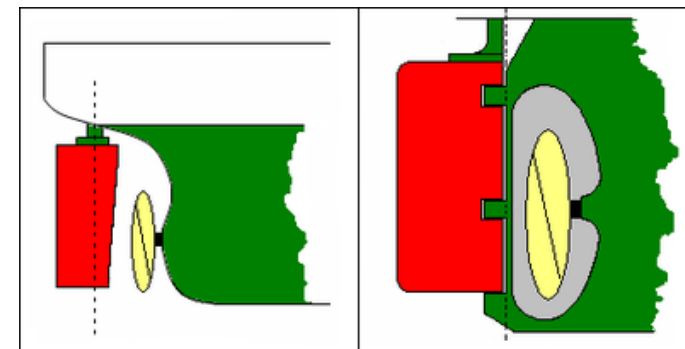
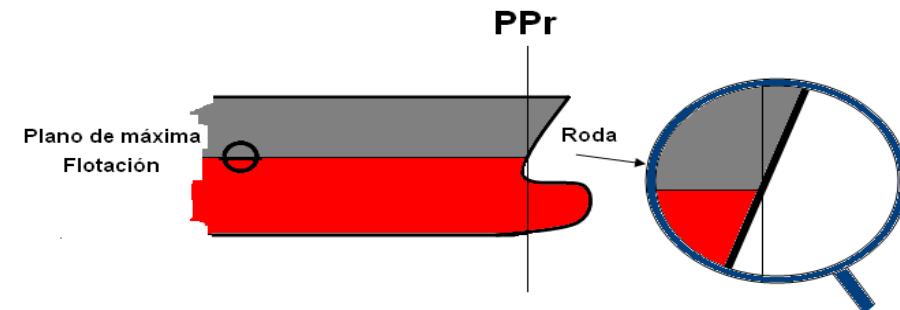
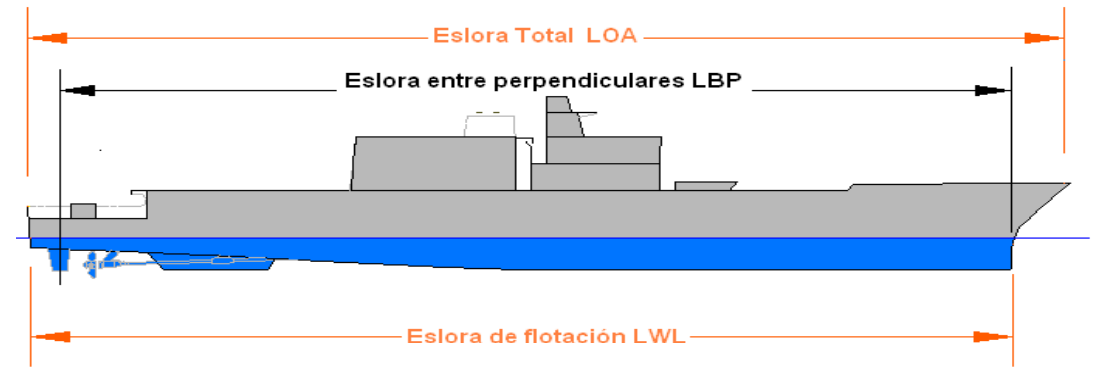


1.2. Definiciones (I)

La superficie del casco tiene una forma peculiar generalmente simétrica respecto de un plano longitudinal denominado “**plano de crujía**”, que es el plano de referencia en la representación geométrica. Así mismo el casco tiene un segundo plano horizontal de referencia denominado “**plano de construcción**” donde se considera apoyada la superficie de diseño.

La intersección de los planos de crujía y de construcción determina la denominada “**línea Base**”.

La “eslora” en términos generales es la longitud total del buque, aunque podemos definir otros tipos de esloras: “**Eslora en flotación**” y “**Eslora entre perpendiculares**”. La medida de la eslora entre perpendiculares depende de la ubicación de las mismas: La perpendicular de proa no varía y se determina en la intersección de la proa con el agua. Sin embargo la perpendicular de popa se puede considerar en el eje del timón o en la cara anterior del codaste según convenga.



1.2. Definiciones (II)

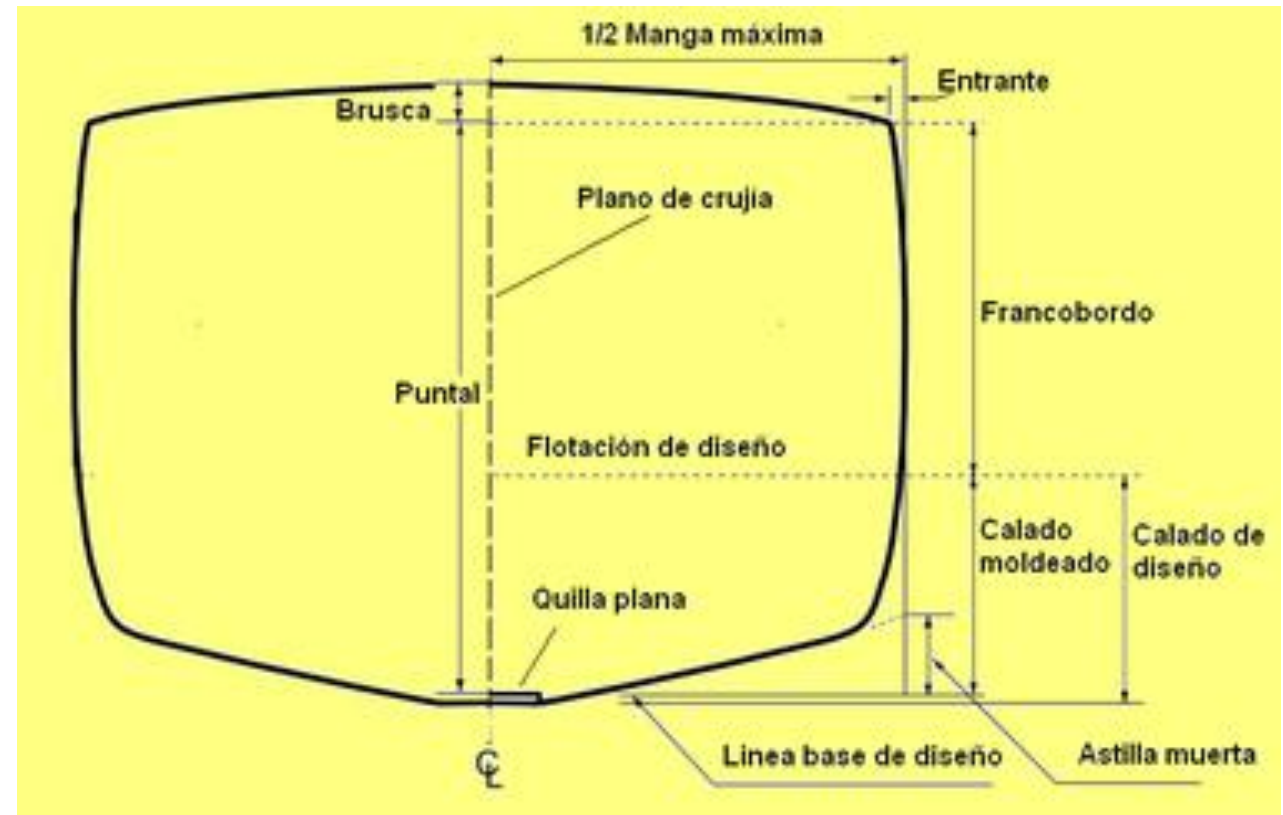
La **“manga”** es la anchura del casco (en la sección maestra).

El **“puntal”** es la distancia desde la línea base hasta la cubierta principal.

El **“calado”** es la distancia desde la línea base hasta el plano de flotación.

El **“Francobordo”** es la distancia desde el espejo de agua a la cubierta principal, es decir es la diferencia entre el puntal y el calado.

Todas estas dimensiones se denominan **“de diseño”** o **“dimensiones moldeadas”**.



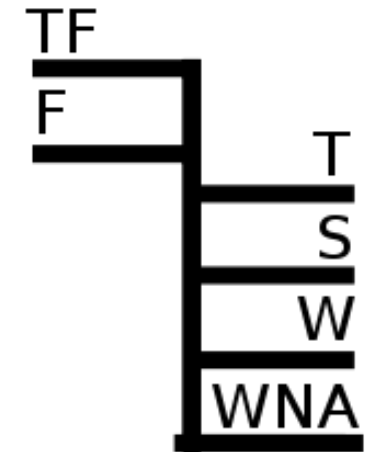
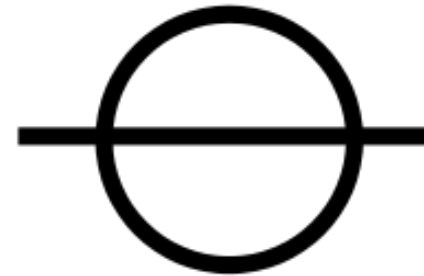
1.3. Francobordo (I)

Ya hemos indicado en el apartado anterior que es el francobordo. Al aumentar la inmersión de un buque disminuirá como es lógico su francobordo.

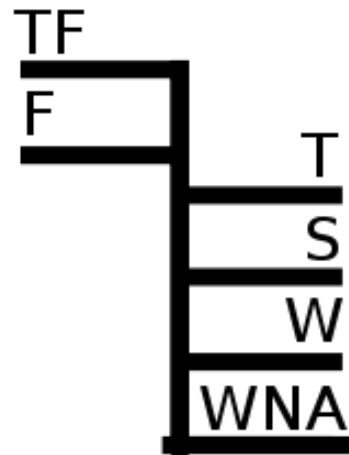
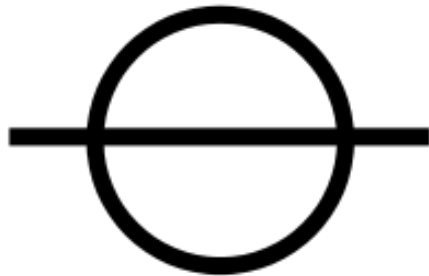
El francobordo está íntimamente ligado a la seguridad y a las condiciones marineras del buque, ya que en condiciones normales al aumentar el francobordo corresponde un ángulo mayor de rolido antes de que la cubierta toque el agua. En una avería un mayor francobordo implica una reserva de flotabilidad.

Por esta razón se ha establecido una reglamentación internacional, para evitar que los armadores carguen sus buques más allá de lo razonable y pongan en peligro la seguridad del buque, la de sus tripulantes y pasajeros.

Se establece por tanto la obligatoriedad de que todos los buques mercantes lleven grabada en forma inalterable y a ambas bandas la llamada “*Marca Plimsoll*”, consistente en un círculo cruzado por un diámetro horizontal que indica al francobordo mínimo permitido, ya que el agua no deberá llegar más allá de las marcas en las diversas épocas del año y tipo de mares y aguas. Los buques de guerra están eximidos.



1.3. Francobordo (II)



La marca básica es la de verano “**S**” (Summer Time) que coincide con el diámetro de la marca Plismoll. Las marcas estacionarias son:

TF = Tropical Fresh – Agua Dulce zona tropical

F = Fresh - Agua Dulce en otras zonas

T = Tropical Salt – Agua de Mar zona tropical

S = Summer – Agua de Mar en Verano

W = Winter – Agua de Mar en Invierno

WNA = Winter North Atlantic – Agua de Mar en Invierno zona Atlántico Norte

1.4. Arqueo

Todos los buques están sujetos al pago de derechos de puerto, remolque, paso por canales, etc. Estos aranceles deben ser proporcionales a la capacidad comercial del buque. Esa capacidad comercial se calcula mediante el llamado *“arqueo”* en el que puede distinguirse *“arqueo Bruto”* y *“Arqueo Neto”*.

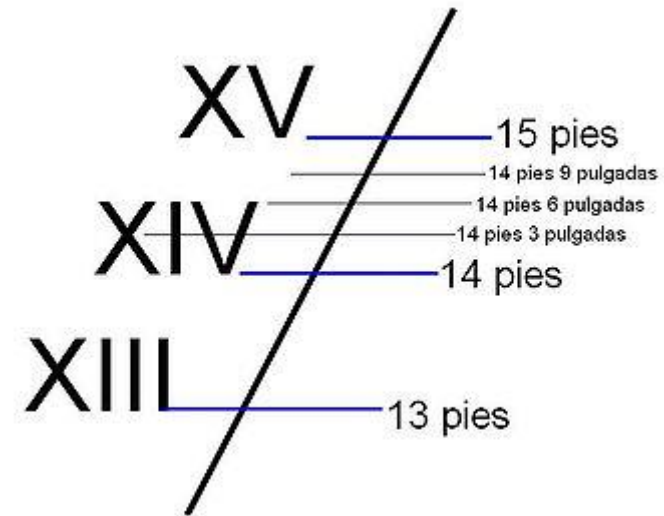
El arqueo bruto es el volumen interno del buque descontando los espacios denominados eximidos (según el reglamento).

El Arqueo neto es el arqueo bruto descontando los espacios deducidos (espacio de máquinas, combustible, tripulación y en general espacios no destinados al transporte de carga y de pasajeros).

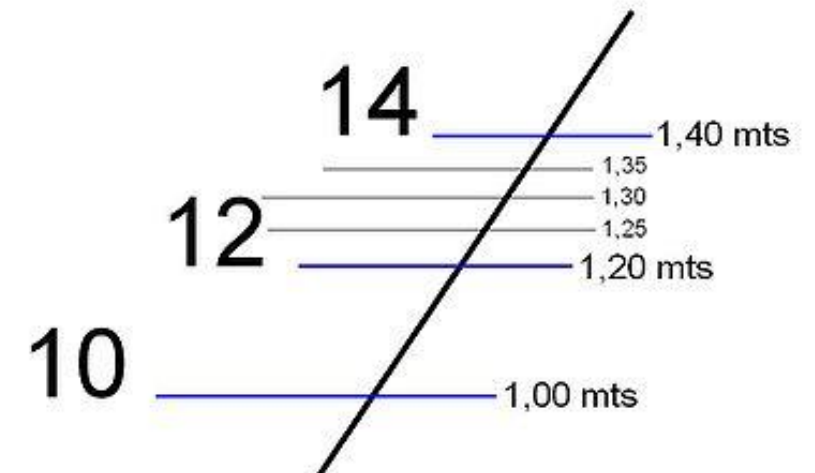
Ambos Arqueos son pues volúmenes que se expresan en *“Toneladas de Arqueo”* correspondiente a 100 pies cúbicos, es decir **2.832 m³**. Las toneladas de arqueo son siempre volumen y no peso.

El buque de guerra también posee su arqueo porque puede estar sujeto a pagos de aranceles (permanencia en puertos extranjeros en tiempo de paz, servicios portuarios, etc.)

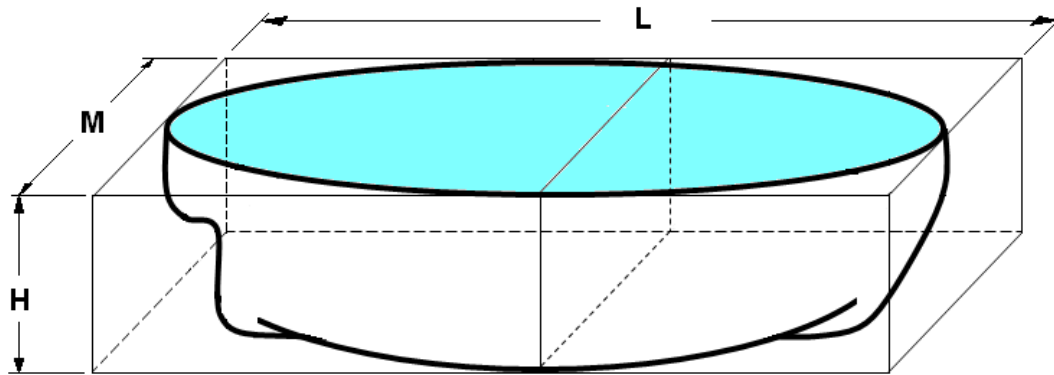
1.5. Calado



Todos los buques llevan a proa y a poa y a veces también en el centro, las escalas de calado graduadas generalmente en pies a una banda y en centímetros en la otra.



2.1. Coeficiente de Forma (I)



Para determinar los coeficientes de forma, se debe considerarse la parte sumergida del buque o “carena”. También debemos considerar que ésta carena está inscrita en un paralelepípedo cuyas aristas son la eslora (L), manga (B) y calado (H) respectivamente

Se define como “*coeficiente total o de block*” a la relación del volumen de la carena y el volumen del paralelepípedo.

$$b = V / (L \times B \times H)$$

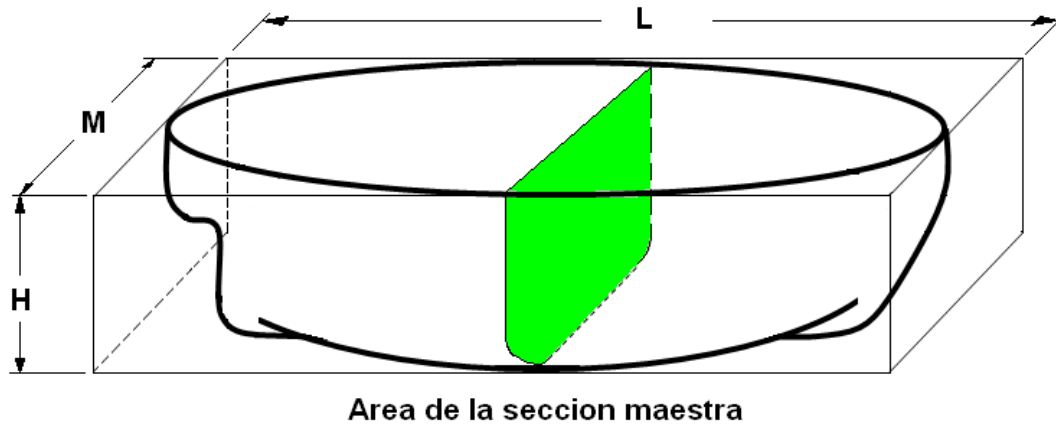
Se define como “*coeficiente de flotación*” a la relación de el área de flotación con el área del rectángulo base (LxB)

$$f = A_f / (L \times B)$$

Se define como “*coeficiente prismático o longitudinal*” a la relación entre el volumen de carena y el volumen del cilindro ($A_m \times L$); donde “ A_m ” es la superficie de la sección maestra.

$$p = V / (A_m \times L)$$

2.1. Coeficiente de Forma (II)



Se define como “Coeficiente de la sección maestra” a la relación entre el área de la sección maestra y el área base (BxH)

$$m = A_m / (B \times H)$$

Estos 4 coeficientes fundamentales definen la forma del buque y están relacionados entre sí mediante la expresión $b = p \times m$

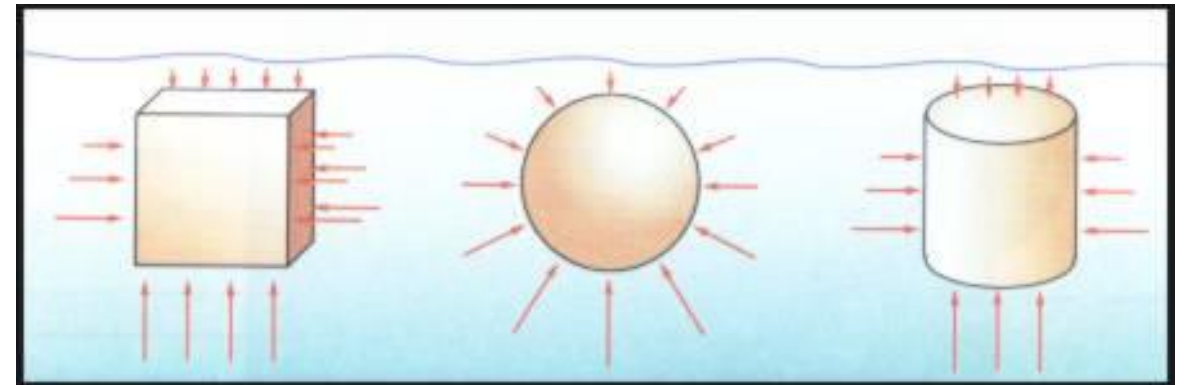
Tipo de buque	b	m	L(m)	B(m)	H(m)
Trasatlántico	0,60	0,96	250	29	9,50
Buque mixto (pasaje y carga)	0,67	0,98	150	20	8,50
Carguero mediano	0,70	0,99	135	18	8,50
Petrolero	0,78	0,99	150	20	9,00
Torpedero	0,52	0,83	100	11	3,50
Crucera de guerra	0,57	0,92	170	19	6,00
Portaviones mediano	0,66	0,97	230	25	9,00
Acorazado	0,52	0,90	260	33	11,50

2.2. Principio de Arquímedes (I)

EL EMPUJE: PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

Resulta evidente que cada vez que un cuerpo se sumerge en un líquido es empujado de alguna manera por el fluido. A veces esa fuerza es capaz de sacarlo a flote y otras sólo logra provocar una aparente pérdida de peso. Pero, ¿cuál es el origen de esa fuerza de empuje? ¿De qué depende su intensidad?

Sabemos que la presión hidrostática aumenta con la profundidad y conocemos también que se manifiesta mediante fuerzas perpendiculares a las superficies sólidas que contacta. Esas fuerzas no sólo se ejercen sobre las paredes del contenedor del líquido sino también sobre las paredes de cualquier cuerpo sumergido en él



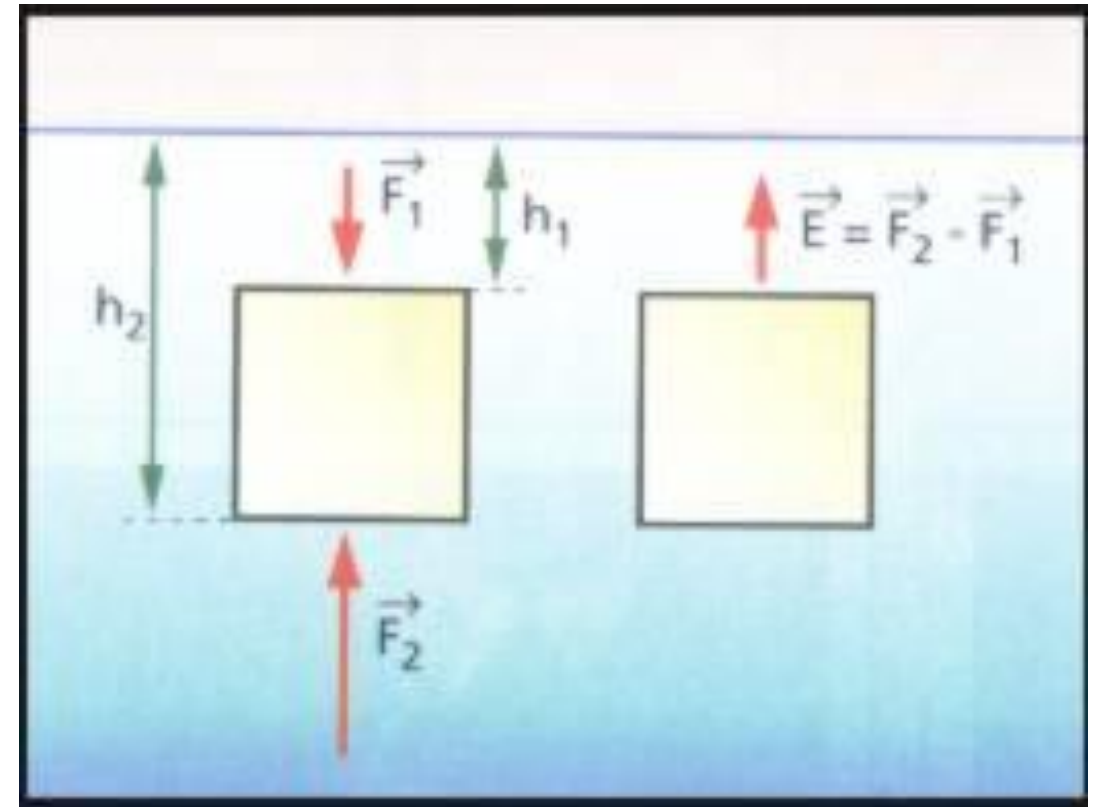
Distribución de las fuerzas sobre un cuerpo sumergido

2.2. Principio de Arquímedes (II)

EL EMPUJE: PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

Imaginemos diferentes cuerpos sumergidos en agua y representemos la distribución de fuerzas sobre sus superficies teniendo en cuenta el teorema general de la hidrostática. La simetría de la distribución de las fuerzas permite deducir que la resultante de todas ellas en la dirección horizontal será cero. Pero en la dirección vertical las fuerzas no se compensan: sobre la parte superior de los cuerpos actúa una fuerza neta hacia abajo, mientras que sobre la parte inferior, una fuerza neta hacia arriba. Como la presión crece con la profundidad, resulta más intensa la fuerza sobre la superficie inferior. Concluimos entonces que: sobre el cuerpo actúa una resultante vertical hacia arriba que llamamos empuje.

¿Cuál es el valor de dicho empuje?



2.2. Principio de Arquímedes (III)

EL EMPUJE: PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

Tomemos el caso del cubo: la fuerza es el peso de la columna de agua ubicada por arriba de la cara superior (de altura h_1). Análogamente, F_2 corresponde al peso de la columna que va hasta la cara inferior del cubo (h_2). El empuje resulta ser la diferencia de peso entre estas dos columnas, es decir el peso de una columna de líquido idéntica en volumen al cubo sumergido. Concluimos entonces que el módulo del empuje es igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo sumergido.

Con un ejercicio de abstracción podremos generalizar este concepto para un cuerpo cualquiera. Concentremos nuestra atención en una porción de agua en reposo dentro de una pileta llena. ¿Por qué nuestra porción de agua no cae al fondo de la pileta bajo la acción de su propio peso? Evidentemente su entorno la está sosteniendo ejerciéndole una fuerza equilibrante hacia arriba igual a su propio peso (el empuje).

2.2. Principio de Arquímedes (IV)

EL EMPUJE: PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

Ahora imaginemos que “sacamos” nuestra porción de agua para hacerle lugar a un cuerpo sólido que ocupa exactamente el mismo volumen. El entorno no se ha modificado en absoluto, por lo tanto, ejercerá sobre el cuerpo intruso la misma fuerza que recibía la porción de agua desalojada. Es decir:

Un cuerpo sumergido recibe un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del volumen de líquido desplazado.

$$E = \text{Peso del líquido desplazado} = d_{\text{liq}} \times g \times V_{\text{liq}} \\ \text{desplazado} = d_{\text{liq}} \times g \times V_{\text{cuerpo}}$$

Es importante señalar que es el volumen del cuerpo, y no su peso, lo que determina el empuje cuando está totalmente sumergido. Un cuerpo grande sumergido recibirá un gran empuje; un cuerpo pequeño, un empuje pequeño.



2.2. Principio de Arquímedes (V)

CÓMO HACE UN BARCO PARA FLOTAR

Pues bien, el mismo está diseñado de tal manera para que la parte sumergida desplace un volumen de agua igual al peso del barco, a la vez, el barco es hueco (no macizo), por lo que se logra una densidad media pequeña. En el caso de los submarinos, tienen un sistema que le permite incorporar agua y de esta manera consiguen regular a sus necesidades la densidad media de la nave.

1ª Condición básica de equilibrio de un buque

Para que un buque permanezca en equilibrio será indispensable que el peso del buque y su empuje o desplazamiento sean fuerzas iguales y opuestas

$$\text{Peso} = \text{Empuje}$$

$$\text{Peso} = \text{Desplazamiento}$$

2ª Condición básica de equilibrio de un buque

El centro de gravedad del buque (G) y su centro de carena (B) deben estar sobre la misma vertical. El centro de carena es el baricentro o centro del volumen sumergido

2.3. Peso de un buque

El peso de un buque es la suma del peso propio del buque vacío, el de su combustible, agua, provisiones y carga.

El “Porte Bruto” es la suma de todos los pesos que el buque lleva, excepto el propio.

El “**Porte Neto**” es la parte de Porte Bruto que paga flete

La eficiencia comercial del buque será pues tanto mayor cuanto mayor sea la relación porte neto/desplazamiento

EJEMPLO

Peso del buque Vacío = 3.800 toneladas

Combustible = 670 toneladas

Lubricante = 30 toneladas

Agua Consumo Humano = 200 toneladas

Agua Alimentación Calderas = 300 toneladas

Provisiones y víveres = 40 toneladas

Tripulación y efectos = 30 toneladas

Carga General = 4.000 toneladas

Carga Refrigerada = 1.000 toneladas

Carga Aceite = 300 toneladas

Peso Total o Desplazamiento = 10.370 toneladas

Peso Bruto = Peso Total – Peso del buque vacío = 10.370 t – 3.800 t = 6.570 toneladas

Porte Neto = (carga Gral. + Carga refrigerada + carga aceite) = 5.300 t

La eficiencia comercial = Porte Neto/desplazamiento = 5.300 t / 10.370 t = 0,51

2.4. Atributos de las carenas derechas

El volumen de carena de un buque puede variar porque puede variar la condición de carga, en la práctica el volumen de carena varía entre dos límites: el volumen del buque vacío y el volumen del buque a plena carga.

Hay pues infinitas carenas posibles entre esos dos límites y a cada una corresponderán valores particulares de ciertas propiedades geométricas, por ejemplo el área de flotación, volumen de la carena, posición del centro de carena, etc. que por ello se designan con el nombre genérico de ***“Atributos de Carena”***.

Para el cálculo de los atributos se pueden considerar las carenas derechas, es decir sin inclinación transversal o longitudinal

2.4. Atributos de las carenas derechas

2.4.1. Curvas de atributos (I)

Para trazar las curvas de atributos lo primero que hay que definir es una serie de planos de flotación equidistantes entre la línea base y la línea de flotación de diseño (Calado). Luego si calculamos para cada flotación los distintos atributos y los graficamos en función del calado, obtenemos un juego de curvas denominadas ***“Curvas de Atributos de Carenas Derechas”***.

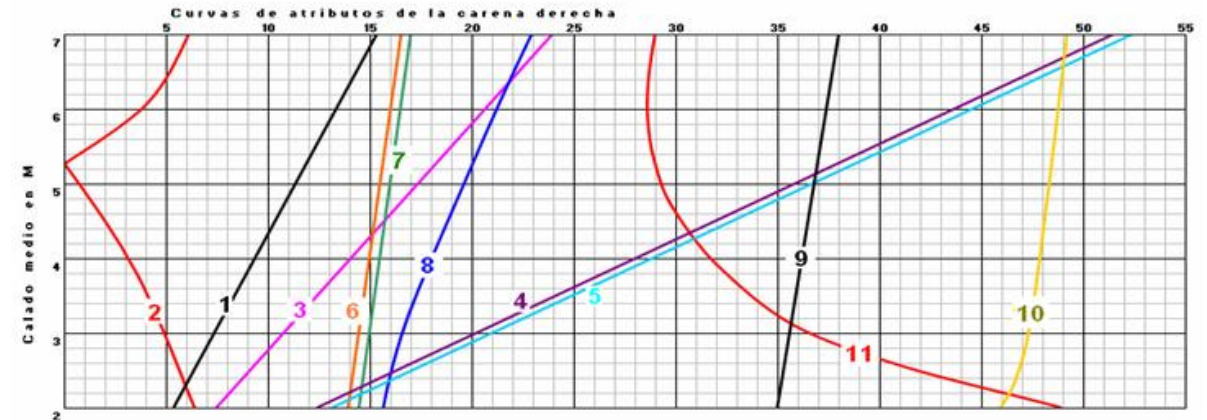
Las curvas de parámetros verticales están referidas a la línea base o canto superior de la quilla. Las curvas de parámetros longitudinales, (posición longitudinal del centro de carena, etc) están referidas o bien a la sección maestra o a la perpendicular de popa.

2.4. Atributos de las carenas derechas

2.4.1. Curvas de atributos (II)

La cantidad de **Curvas de Atributos** establecidas son **11**, a saber:

- 1) Altura del Centro de Carena sobre la línea de construcción o línea base.
- 2) Corrección al desplazamiento para 1 cm de asiento
- 3) Área Sumergida de la Sección Maestra
- 4) Desplazamiento en agua dulce
- 5) Desplazamiento en agua salada
- 6) Área de flotación
- 7) Toneladas por centímetro de inmersión.
- 8) Momento de asiento unitario y corrección de desplazamiento por asiento
- 9) Coeficiente Prismático
- 10) Coeficiente de sección maestra
- 11) Altura del metacentro transversal sobre la línea de construcción o línea base



1	Altura del centro de carena sobre la LC (1cm=0,25 mt)	6	Área de flotación (1cm = 100 m2)
2	Corrección al desplazamiento para 1 cm de asiento (1cm = 0,05 ton)	7	Toneladas por centímetro de inmersión (1cm = 1 ton/cm)
3	Área sumergida sección maestra (1cm=5m2)	8	Momento de asiento unitario (1cm = 5tons/cm)
4	Desplazamiento en agua dulce (1cm=200 tons)	9	Coeficiente prismático (1cm = 0,02)
5	Desplazamiento en agua salada (1cm=200 tons)	10	Coeficiente de sección maestra (1cm = 0,02)
		11	Altura del metacentro transversal sobre LC (1cm = 0,25 mt)

Hay **otras curvas** que también se pueden considerar:

- Volumen de Carena
- Posición del centro de carena
- Posición del centro de flotación
- Posición del metacentro transversal

2.4. Atributos de las carenas derechas

2.4.2. Escala de Porte

Resulta útil en vez de recurrir a las curvas de atributos a fin de utilizar las de desplazamiento y toneladas por centímetro de inmersión, usar una escala que nos de directamente esos atributos en función del calado. Esta escala se denomina **“Escala de Porte”**. A fin de aumentar su utilidad se incluye también la posición exacta de la marca de Plimsoll y de las marcas de francobordos estacionales.

