

Charla 2ª sobre construcción naval

Tema IV: Desplazamiento y peso

2ª Parte

"Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano". Isaac Newton (1642-1727); físico y matemático inglés.

Capitán Isidore Caubin: Ya llego, ya llego marinero, ten un poco de paciencia... Vemos que el empuje de Arquímedes multiplicado por el peso específico del agua se convierte en lo que de ahora en adelante llamaremos: "Desplazamiento", que en realidad es "Un volumen multiplicado por un peso" (Peso específico del agua. El Desplazamiento no es otra cosa entonces que "El peso del agua desplazada". Cuando oyes que dicen "ese navío desplaza dos mil toneladas", no se trata de su peso si no del peso del agua que está desplazando por el solo hecho de estar en el agua...

Simbad: Está claro, gracias...pero no entiendo como "unos monstruos semejantes" no vuelcan o no se escoran...

Capitán Isidore Caubin: Para ello, es decir para que lo entiendas tendremos que repasar algunos

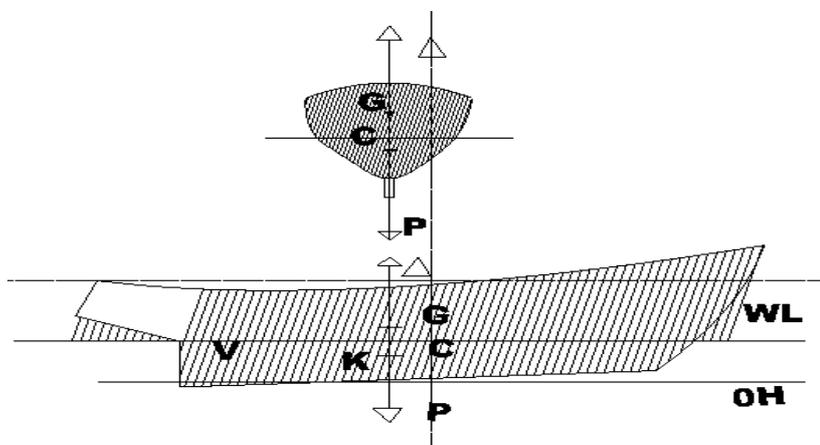


Figura IV.1.1: Centros de gravedad, peso y líneas de aguas de carena conceptos relacionados con el equilibrio de las cosas...

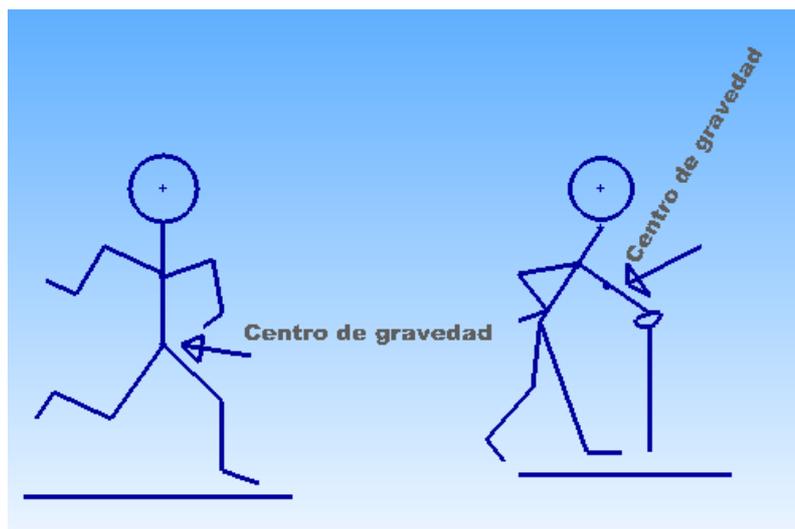


Figura IV.1.2: Centros de gravedad diferentes...

Simbad: Si no hay más remedio...

Capitán Isidore Caubin: Todo lo dicho antes significa que el navío esté en "equilibrio estático" y para ello son condiciones necesarias y suficientes que:

1º: por un lado P y Δ , sean de igual magnitud (Equilibrio de fuerzas), o sea que:
 $\Delta = P$ (IV.1.1)

Y que:

2º: Sus puntos de aplicación, es decir G y C estén "alineados", o lo que es lo mismo situados en una misma línea vertical GC llamada "Eje de flotación del cuerpo". Los momentos son en esta situación especial, nulos. (Equilibrio de momentos). Cuando esto ocurre, es decir cuando el equilibrio es posible: El equilibrio se produce "automáticamente" y el navío lo toma por sí solo y "sin que hagamos nada".

En ese momento se encuentra en una posición tal que su carena C y su centro de gravedad G están en la misma vertical alineados, como hemos dicho y a esta línea GC , se le debe llamar "Eje de flotación del cuerpo". El navío se inclinará longitudinalmente (asiento) y/o transversalmente (escora) de tal manera que coincidan en la misma vertical G y C (equilibrio).

Es importante saber que G no "se mueve"; "está fijada por construcción" y que la que se moverá hasta alinearse con ella (o no), será C , la cual varía según se mueva el navío, esto te lo digo ahora aunque ya te lo dije antes...

Simbad: Si, pero ¿qué pasa cuando un navío escora?; en un velero por ejemplo...

Capitán Isidore Caubin: En efecto, esta situación de equilibrio, puede que "sea deseada o no" por el Arquitecto naval.... En efecto, tendremos que trabajar sobre el peso P y el Desplazamiento D (Volumen sumergido), si queremos cambiar esta posición "automática" por que no la deseemos tal como es.

Cuando trabajamos en condiciones "estáticas" y por razones de comodidad, se supone que G y C están situadas verticalmente en el plan longitudinal del navío cuando este está en reposo: Es decir con una inclinación o escora, nula. Si por una causa cualquiera esta posición de equilibrio se rompe y el navío sufre una sollicitación que tiende a separarlo de este equilibrio, por ejemplo en un velero por acción del viento sobre la vela, el flotador tendrá tendencia a tomar una inclinación que provocara una modificación de la posición del centro de carena C (El que se mueve) y en consecuencia un decalaje de los soportes del empuje de Arquímedes y del peso.

Esta inclinación (o escora), no modifica sin embargo, la condición de flotabilidad, pero las formas de carena son tales que la inclinación rinde asimétricas las secciones sumergidas, haciendo así pasar el centro de carena C desde su plan de simetría hacia el borde inclinado.

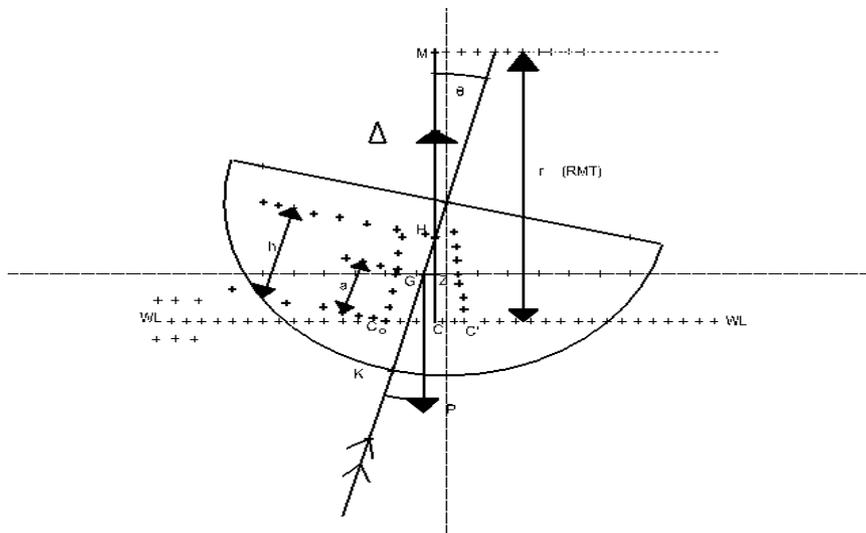


Figura IV.1.3: Equilibrio del buque

Como el empuje de Arquímedes y el peso constituyen un par (Fuerzas paralelas de igual intensidad y de dirección opuesta), caracterizado por su momento: Producto de la intensidad de la fuerza Peso del navío o desplazamiento por la distancia entre los soportes o "Brazo de palanca" (Que en el caso de equilibrio es nulo, ya que esta distancia es nula), se producirá "una escora de θ grados".

Simbad: Si, pero esta escora puede hacer que el barco "se tumbe"...¿no?

Capitán Isidore Caubin: La escora (transversal sobre todo), si llega muy lejos puede ser peligrosa para el navío ya que el agua de mar podría invadir el casco aumentando además con su volumen inestable ese peligro y finalmente el navío en el peor de los casos podría zozobrar.

La escora longitudinal o mejor dicho la inclinación o asiento, es menos peligrosa debido a la forma alargada del navío (Con el mismo peso, el efecto final será menor).

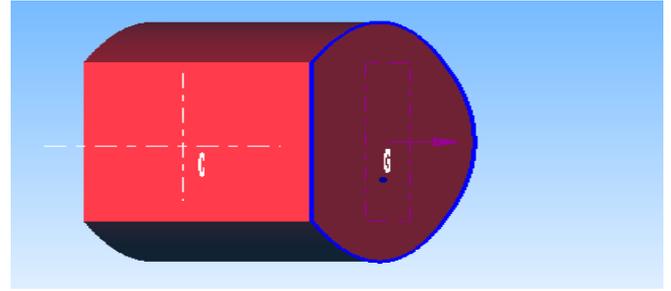
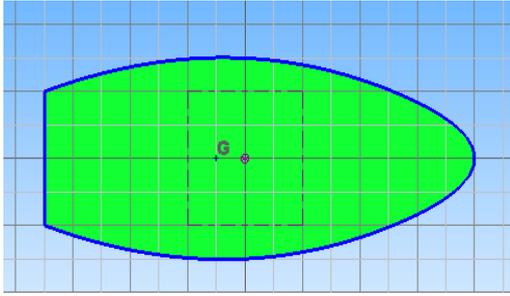


Figura IV.1.4 y 5: "G" visto en planta y "C" y "G" vistos en línea....

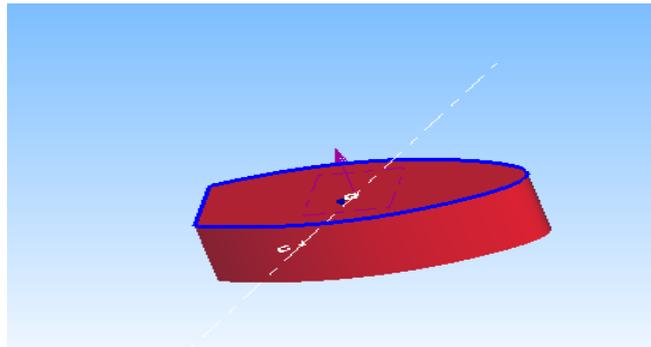


Figura IV.1.6: "G" visto en planta y "C" y "G" ya no están en línea....

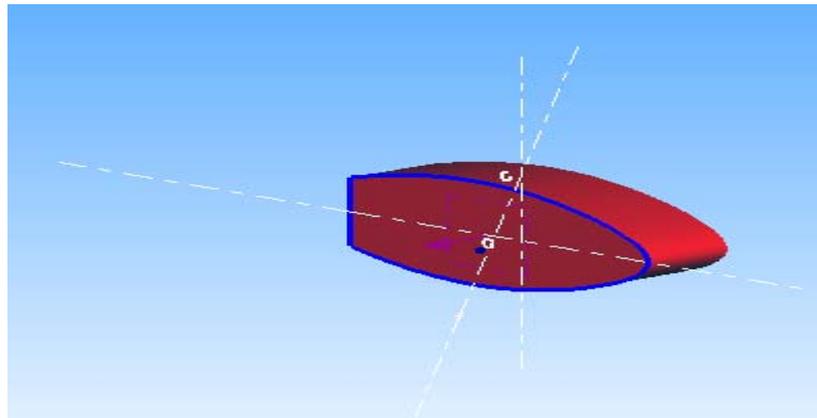


Figura IV.1.7: Otra manera de "ver" las cosas...



Figura V.1.1: La escora longitudinal es "menos peligrosa"...

Tema V : Los brazos de palanca

"Lo que hace falta es someter a las circunstancias, no someterse a ellas". Quinto Horacio Flaco (65 a.C.-8 a.C.); poeta latino.

Simbad: Entonces ¿Cuándo será la cosa peligrosa?

Capitán Isidore Caubin: Existen tres casos o situaciones principales que, con relación al eje de simetría del navío se pueden presentar:

1) El equilibrio estable: El centro de carena C se desplaza más allá de la vertical donde se encuentra el centro de gravedad G y hacia el borde inclinado.

El par de fuerzas empuje de Arquímedes / peso, genera un momento que tiende a oponerse a la fuerza escorante y si liberamos esta fuerza escorante, el navío tiende a enderezarse.

Este momento, opuesto al "*Momento escorante*", se llama "*Momento Adrizante*".

2) Equilibrio inestable: El centro de carena C se desplaza menos allá de la vertical donde se encuentra el centro de gravedad G. El par de fuerzas empuje de Arquímedes/ peso, genera un momento que tiende a aumentar la inclinación y si liberamos la fuerza inclinante, el navío tiende a escorar aun más y al limite de este movimiento, a volcar.

Nota: Acordarse como regla mnemotécnica de "*mas allá y menos allá*", viendo la figura.

3) Equilibrio neutro: Si el navío esta inclinado hasta un cierto grado y el centro de carena C se desplaza

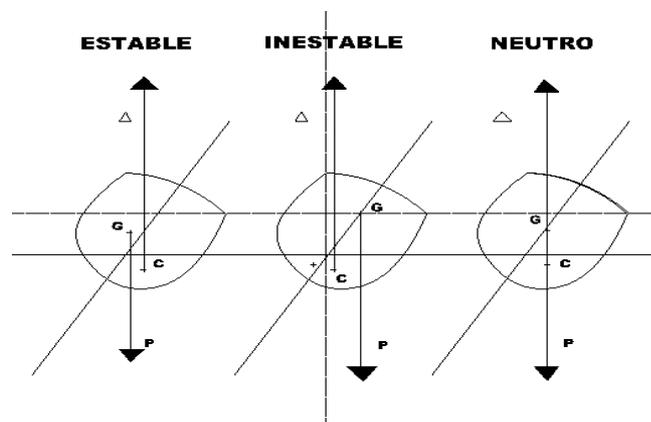


Figura V.1.2: Equilibrio estable, inestable y neutro

de tal modo que se sitúa sobre la misma vertical que el centro de gravedad G, el par de fuerzas empuje de Arquímedes/ peso, genera un momento que es nulo nuevamente (brazo de palanca nulo), como si estuviésemos en la situación a inclinación de 0°, pero el navío posee entonces una escora siempre que no cambien estas condiciones y navega inclinado (o escorado), con un cierto ángulo. Esto sucede cuando el navío ha sido "*mal calculado*" o si hay un peso mal colocado en permanencia.

En este análisis, "*el brazo de palanca*" se representa por la horizontal que separa el centro de gravedad G de su proyección sobre la vertical que pasa por centro de carena C.

Este punto se denomina Z. Así y por costumbre en el "*argot náutico*", esta distancia que representa el brazo, se denominara **GZ**.

El GZ es positivo si la situación es la de equilibrio, negativo en el caso de inestabilidad y nulo en el caso de equilibrio nulo.

Y el momento escorante se escribe:

$$Me = P \cdot GZ = \Delta \cdot GZ \quad (V.1.1)$$

Simbad: pero todo esto ¿cómo se presenta en la practica cuando tenemos que "*meterle carga*" al navío?

Capitán Isidore Caubin: Para lograrlo tenemos que conocer su "*curva de brazos de palanca*", es decir que es lo que sucede a medida que cargamos el buque. A esto se le llama: "*Estudio de la estabilidad*".

En efecto, para una situación de carga determinada, se estudia la estabilidad global del navío, gracias a un grafico donde visualizamos una curva en la cual portamos en ordenadas los "**GZ**" y en abscisas los ángulos de escora sucesivos θ , hasta 180°, ya que por razones de simetría paramos aquí.

En esta curva a veces se portan, no los brazos GZ si no los momentos.

Como podemos observar, hacia inclinaciones próximas a $\theta = 0^\circ$, el brazo GZ también tiende a 0. Entre el comienzo y el brazo GZ_{max} , la tangente en el origen de la curva se puede confundir con esta. En la practica esta zona es la que mas nos interesará ya que estamos en situaciones normales de navegación y trabajo.

Simbad: ¿Y como sabemos hasta donde podemos llegar?

Capitán Isidore Caubin: La curva que tiene una forma de senoide, va creciendo hasta alcanzar un GZ_{max} con un ángulo $\theta_0 = 0^\circ$, a partir del cual vuelve a disminuir hasta cortar el eje de escora en un ángulo $\theta_s = 0^\circ$ y pasa a la parte negativa donde crece hasta un mínimo negativo, volviendo a crecer hasta 0° hacia los 180° para retomar su valor 0.

Entre los limites del ángulo θ inicial y max de la situación inicial, el barco navega bien equilibrado hasta alcanzar GZ_{max} , donde sufre su escora máxima.

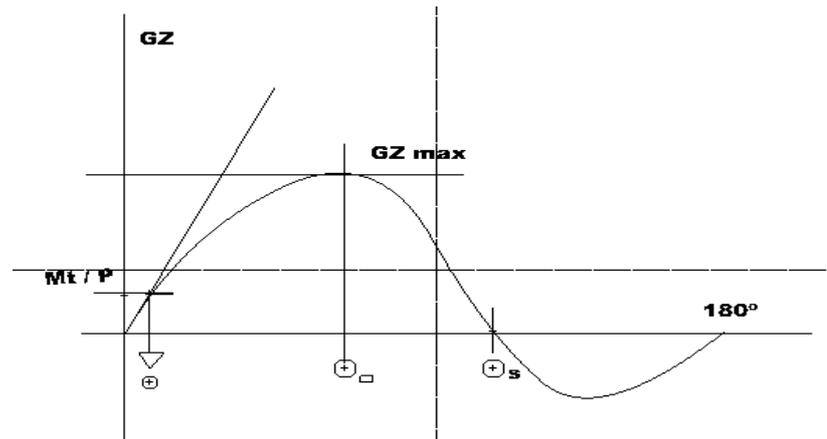


Figura V.1.3: Los Brazos de Palanca

Después en $\theta_s = 0^\circ$, el buque empieza a volcar definitivamente (Equilibrio inestable) y a partir de allí, el barco está volcado.. "Toda la parte negativa de la curva nos indica que el buque está volcado".

Al ángulo $\theta_0 = 0^\circ$, se le llama "ángulo limite de estabilidad estática", y al ángulo $\theta_s = 0^\circ$, se le llama "ángulo de vuelco o de zozobra estático".

Simbad: Bueno.. "tenemos margen" por lo que veo, ¿No?

Capitán Isidore Caubin: No te fíes mucho, ya que las figuras anteriores suponen que el casco (Flotador) es completamente estanco, pero en la realidad, no suele ser así y tendremos que determinar un ángulo de "Principio de invasión de agua", ya que el casco suele tener a ciertas escoras orificios donde el agua puede entrar (Repasar el concepto de "Franco-bordo").

Franco
bordo

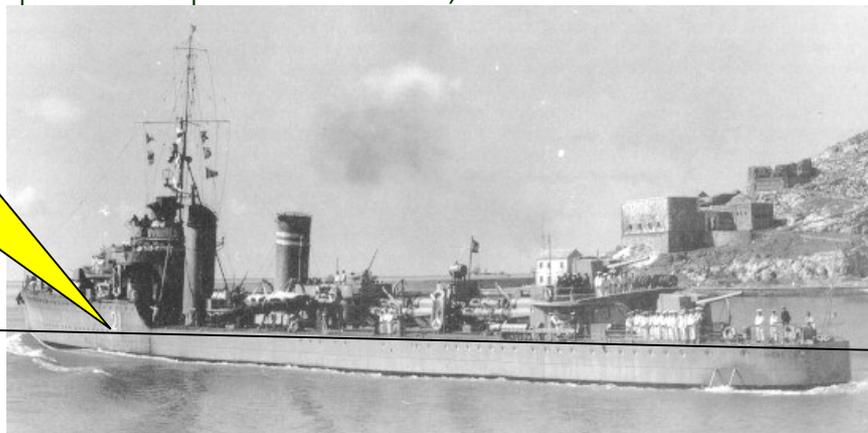


Figura V.1.4: ¿Por donde empezaría a invadirnos el agua?

También se suele buscar un ángulo llamado " ángulo limite de estabilidad dinámica", en el cual las fuerzas que tienden al vuelco o suma de los "momentos escorantes", están compensadas con la suma de los momentos que tienden a adrizarlo o "momentos adrizantes". En realidad se obtiene un momento escorante o adrizante final.

Simbad: Yo creía que había un momento solamente y punto.

Capitán Isidore Caubin: En efecto la resultante de todos los momentos nos da el momento final; así en un velero de regata ves como la tripulación se coloca a una borda u otra *"para ayudar al momento adrizante"* del velero que ya tiene por construcción, para compensar una escora peligrosa. Lógicamente estos ángulos suelen estar determinados por los organismos administrativos de reglamentación por razones sobre todo, de seguridad.

Estos cálculos en los que tratamos de ver los diferentes brazos de palanca o de GZ diferentes, podríamos efectuarlos gracias a medios informáticos o rellenando con los diferentes valores una hoja de calculo de tipo EXCEL...Solo es necesario saber un poquito de informática y un poquito de matemáticas no demasiado difíciles...

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