

LA ESTABILIDAD: EL FACTOR CLAVE EN EL DISEÑO DE UN SUBMARINO TURÍSTICO DE PASAJEROS

Todo cuerpo con volumen o volumétrico tiene por su diseño un “centro de gravedad” (CG), incluidas las propias personas. Por lo que todo buque incluidos los submarinos que está flotando en la superficie del mar (o un lago, un embalse, un río, etc.) también lo tienen.

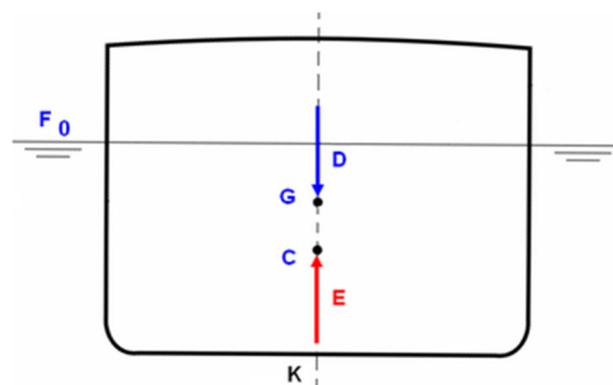
Cuando un buque está flotando sobre una lámina de agua, su estructura ofrece dos circunstancias bien diferenciadas:

1. La parte aérea que sobresale sobre la superficie de agua, denominada “obra muerta”
2. Y la parte sumergida denominada “obra viva”

Entonces, para el que el buque no tenga tendencia al vuelco, el “CG” tiene que estar localizado en la “obra viva”, de tal suerte que un “CG” en posición baja ofrece una estabilidad mayor que otro en posición alta.

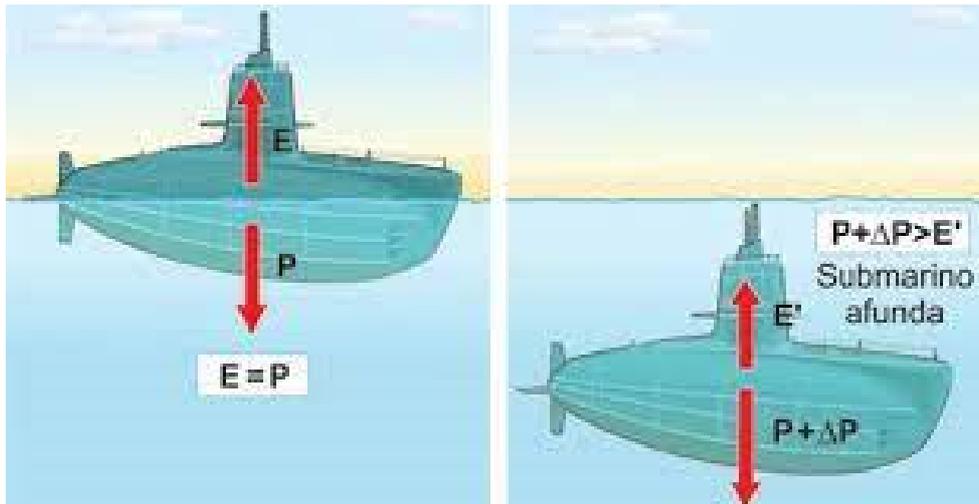
Pues bien, sobre toda la superficie del volumen del casco de la parte sumergida del buque (la carena), el mar ejerce una fuerza constante en todas las direcciones que tiende a sacarlo fuera del agua y para conocer y calcular debidamente el comportamiento de todo buque, todas esas fuerzas se suponen concentradas en un solo punto: el “centro de carena o centro de empuje”.

Entonteces en tal disposición tenemos un par de fuerzas de igual magnitud, pero de sentido contrario: la fuerza del peso del buque (el desplazamiento) aplicada sobre el “CG” hacia abajo y la fuerza del empuje de la mar aplicada en el “CE” hacia arriba.



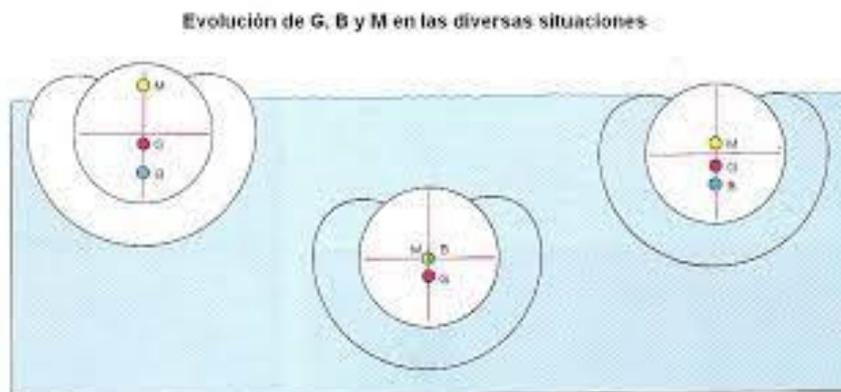
Todo esto es válido para el caso de todo cuerpo que esté en flotación, pero veamos que ocurre con el caso particular de un submarino.

Cuando un submarino se sumerge por aumento controlado de su peso, ahora todo el casco y estructuras solidarias como la “vela” o torreta se convierten en “obra viva”

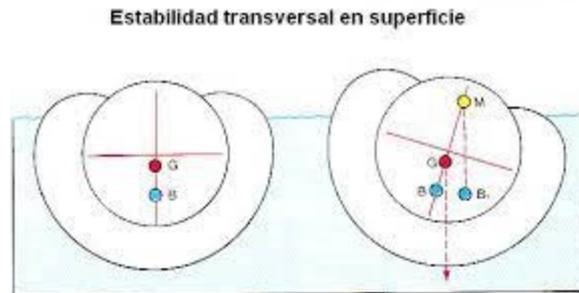


y ahora se producen tres situaciones:

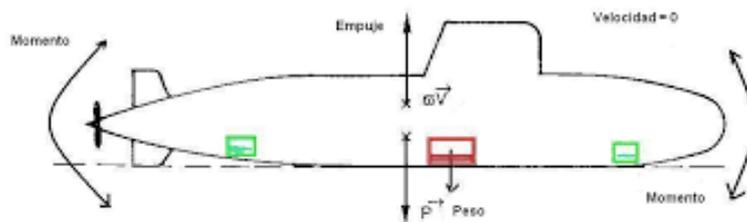
1. En superficie: el punto del “metacentro” -M- está por encima del de “gravedad”, que a su vez está por encima del de “empuje”.
2. Cuando tiene los tanques de lastre llenos de agua comenzando la inmersión: el centro del “metacentro” cambia de posición acercándose al centro de “gravedad” que sigue estando por encima del centro de “empuje”.
3. Con el submarino ya sumergido, el metacentro “M” coincide perfectamente con el “centro de gravedad” que sigue estando por encima del “centro de empuje”.



Entonces, cualquier cambio de posición de los pesos que hay a bordo altera la posición del “centro de empuje” desplazándolo a un nuevo punto hacia el correspondiente lado objeto del traslado según el plano transversal:



y según el longitudinal:



Entonces y mientras no se altere la posición de los tres “centros”, la inmersión se realiza en condiciones de seguridad para el submarino.

Durante la inmersión controlada del “Titán” se estaban respetando las reglas antes mencionadas, pero de repente tuvo que haber forzosamente un fallo eléctrico el cual dejó al “sumergible” sin propulsión y faltar ésta, el peso de los pasajeros y el del piloto (unos 400 kg) que estaba concentrado en la parte delantera del “sumergible” cerca del “ojo de buey”, descompensó la estabilidad longitudinal, cayendo el submarino de proa como una flecha hacia el fondo del mar, sin posibilidad alguna de maniobrar con los elementos de control y seguridad encima averiados: el piloto, no pudo accionar la palanca de emergencia que soltaba bruscamente los lastres de plomo anunciados pomposamente en un vídeo publicitario de la compañía.

Al caer hacia las profundidades del océano, el casco resistente o de presión, se vio sometido a un súbito aumento de la presión (que no proporcional a la profundidad de cada momento) y entonces se produjo una fuerte compresión del recipiente de presión en donde estaban turistas y piloto.

Pero esa compresión depende directamente del grosor o “escantillón” del casco y del módulo de elasticidad “E” del material utilizado.

Entonces, si empleamos la teoría general de un cilindro sometido a una presión exterior, se tiene que la tensión transversal para un radio determinado R y un espesor de casco “e” y el coeficiente de Poisson “v” es:

$$\sigma = p \times R / e$$

pero como las variables “p” y “v” son constantes la única magnitud que cambia es “R” de manera gradual si la inmersión es gradual, pero el cambio es brusco si el aumento de presión es súbito.

Entonces, en su caída, dentro del “Titán” se produjo una contracción instantánea del casco resistente lo que le supuso una pérdida de volumen del orden del 70% al 80%.

En esas condiciones y a esas profundidades la súbita contracción del casco supuso a su vez una disminución del “empuje”, por lo que el “Titán” en su continua caída era cada vez más pesado.

Entonces, si suponemos que la tensión transversal del casco resistente a 300 m de profundidad era de 3.000 kg/cm² (suponiendo un módulo de elasticidad E= 2,06 x 1.000.000), la contracción del casco de un volumen de 36 m³ fue de 0,072 m³.

Y entonces ocurrió la tragedia: el casco sufrió una contracción instantánea que no fue acompañada por el material del ojo de buey que era de otra naturaleza y al no haber similitud de la deformación se produjo la micro fisura que permitió la entrada de agua a una presión tal que generó la implosión instantánea.