CAPITULO 7

Estabilidad Longitudinal Inicial

Oscilación rotacional longitudinal en la posición de equilibrio

Se considerarán a continuación los efectos que producen en el buque los movimientos oscilatorios en el plano longitudinal.

Es necesario recordar que, en una oscilación de esta naturaleza, las isocarenas definidas giran a través de un eje perpendicular al plano de que pasa por el centro de flotación. El eje en este caso estará definido por una recta paralela al eje *Oy*, llamándose *cabeceo (pitching)* el movimiento de rotación en torno al mismo.

Momento de restauración longitudinal

En la Fig. 1 se representa una pequeña oscilación en torno al eje transversal que contiene el centro de flotación F. El centro de carena inicial es *B*, evolucionando hacia *B'* al producirse el giro.

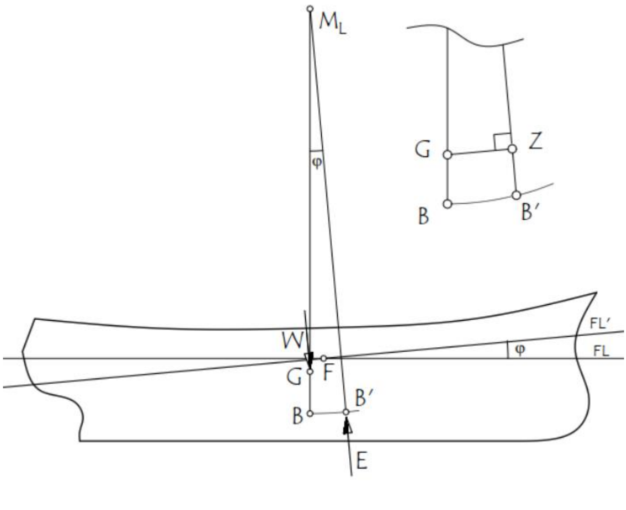

Fig. 1 - Esquema dinámico durante el cabeceo de un casco

Teniendo en cuenta que el centro de gravedad *G* no ha variado al no haberse modificado la distribución de pesos, el buque se aparta de la condición de equilibrio inicial, apareciendo un momento generado por la excentricidad del peso, actuando por *G*, y el empuje por el nuevo centro de carena *B'*.

Para pequeños ángulos de trimado se puede describir el momento generado a través de la siguiente expresión:

$$M = \Delta \cdot GZ_L \qquad [1.]$$

siendo GZ_L el brazo de adrizamiento longitudinal, el cual por su parte se puede desarrollar geométricamente como:

$$GZ_L = GM_L \cdot sen\varphi \qquad [2.]$$

con lo cual la expresión del momento de adrizamiento para oscilaciones longitudinales en el entorno cercano de la posición de equilibrio inicial se transforma en:

$$M = \Delta \cdot GM_L \cdot sen\varphi \qquad [3.]$$

cuya función derivada es:

$$\frac{dM}{d\varphi} = \Delta \cdot GM_L \cdot cos\, \varphi \qquad [4.]$$

El análisis de esta última expresión indica que la curva representativa del momento restaurador tiene una pendiente muy amplia en el origen pues $\lim\limits_{\varphi \to 0} \frac{dM}{d\varphi} = \Delta \cdot GM_L$, basta recordar que $GM_L \approx BM_L$ y que previamente se había sido deducido que el radio metacéntrico longitudinal BM_L era de un orden de magnitud equivalente al de la eslora. Esto asegura entonces que la estabilidad longitudinal inicial está sobredimensionada en el rango angular correspondiente a esa condición de equilibrio, siendo una medida de que el buque no tendrá una variación sensible de la misma para condiciones de excitación externa normales por viento u oleaje a diferencia de lo que sucede con la estabilidad transversal.

Trimado por traslación longitudinal de pesos

Al producirse un traslado de un peso en el sentido longitudinal, al igual que en el caso de los movimientos transversales, se produce un corrimiento del centro de gravedad que provoca un desequilibrio que obliga al sistema a buscar una nueva configuración de equilibrio a partir del giro alrededor de un eje transversal por el centro de flotación, movimiento que definimos como *trimado*.

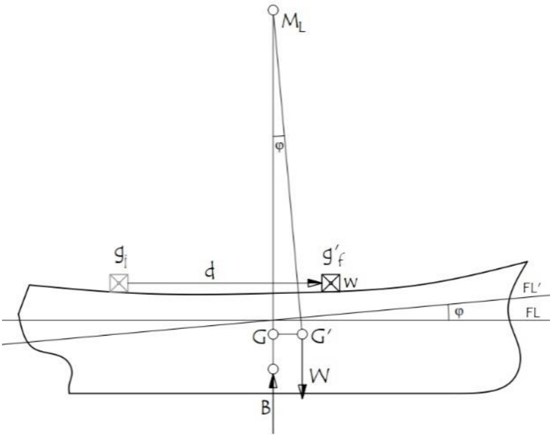

Fig. 2 - Trimado originado por movimiento longitudinal de pesos

En el momento que el centro de gravedad en su nueva posición *G'* y el nuevo centro de carena *B'* vuelvan a estar alineados verticalmente se alcanzará esa nueva condición de equilibrio con una nueva flotación, girada en relación con la primera un ángulo que puede ser determinado mediante la siguiente expresión:

$$tg\varphi = \frac{GG'}{GM_L} \qquad [5.]$$

El teorema de traslación de pesos permite determinar que el movimiento del centro de gravedad será:

$$GG' = \frac{d\ .w}{\Delta} \qquad [6.]$$

de donde surge que el giro producido por ese movimiento horizontal del peso *w* se puede calcular como:

$$tg\varphi = \frac{d\cdot w}{GM_L\cdot \Delta} \qquad [7.]$$

Siendo *d* la distancia horizontal que se mueve el peso *w*, GM_L la altura metacéntrica longitudinal para la condición de equilibrio inicial, y Δ el desplazamiento.

Teniendo en consideración las mismas conclusiones derivadas de la valoración del momento de restauración $\Delta.GM_L$ se puede deducir en general que éste será siempre muy superior al momento generado por el traslado del peso, de manera que estos movimientos no tendrán un efecto significativo en relación con la estabilidad longitudinal.

De todas maneras se hace necesario la determinación de la nueva configuración hidrostática, en la medida que la misma tendrá efectos sobre las condiciones de navegación, principalmente en aguas someras, sitios con obstáculos a la navegación, etc.

La valoración de los efectos de este fenómeno, como se adelantó en párrafos anteriores, carece de valor evaluada en términos angulares, a diferencia de lo que sucedía en el caso del giro en el plano transversal. El parámetro indicativo de los cambios producidos por la traslación longitudinal de pesos será el *asiento,* magnitud definida por la diferencia de calados, medidos éstos en los extremos referenciales, ya sean las perpendiculares en cálculos asociados a las propiedades hidrostáticas o las secciones correspondientes a las marcas de calados sobre el costado del casco a los efectos de navegación.

Cálculo de asiento y calados en la condición de trimado

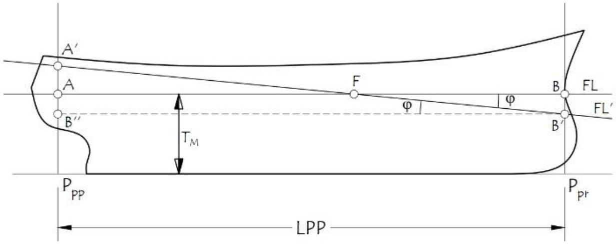

Fig. 3 - Determinación del asiento

Observemos ahora la posición relativa entre las flotaciones giradas, ambas en relación con los elementos referenciales, el plano base y las perpendiculares de popa y proa respectivamente. En el esquema presentado, se puede establecer que la diferencia de calados en popa y proa respecto al calado medio para la condición de adrizamiento, serán respectivamente:

$$A'A = LCF \cdot tg\varphi \qquad [8.]$$

$$BB' = (LPP - LCF) \cdot tg\varphi \qquad [9.]$$

el *asiento* como diferencia entre el calado de popa y el de proa, tendrá una expresión:

$$t = A'A + BB' = AB.tg\varphi = LPP.tg\varphi \qquad [10.]$$

A los efectos de determinar los calados correspondientes en cada una de las perpendiculares se desarrollarán sus expresiones en forma independiente.

$$tg\varphi = \frac{A'A}{AF} \qquad [11.]$$

donde *AF = LCF,* a partir de lo cual se puede escribir la componente del asiento en popa como:

$$A'A = LCF \cdot tg\varphi \qquad [12.]$$

Por su parte, en el esquema propuesto, se tiene también la siguiente relación:

$$tg\varphi = \frac{BB'}{BF} \qquad [13.]$$

En cuyo caso *BF = LPP – LCF*, transformando la expresión anterior en:

$$BB' = (LPP \ - LCF) \cdot tg\varphi \qquad [14.]$$

Si se tiene en cuenta que las ordenadas $z_A = z_B$ son una medida del calado medio T_M, y que $z_{A'}$ y $z_{B'}$ definen los calados en popa, T_{PP} y proa, T_{PR} respectivamente de la flotación girada, los términos $A'A = z_{A'} - z_A$ y $BB' = z_B - z_{B'}$ transforman las ecuaciones 9 y 11 de la siguiente manera:

$$T_{PP} = T_M + LCF \cdot tg\varphi \qquad [15.]$$

$$T_{PR} = T_M - (LPP - LCF) \cdot tg\varphi \qquad [16.]$$

Estos calados medidos en las perpendiculares caracterizan la flotación isocarena girada a los efectos de su identificación hidrostática. La diferencia entre ambos es una medida indirecta, pero de mayor utilidad del trimado de un buque, que se denomina *asiento*:

$$t = T_{PP} - T_{PR} = LPP.tg\varphi \qquad [17.]$$

Es necesario recordar que el ángulo de trimado puede ser calculado como $tg\varphi = \frac{d \cdot w}{GM_L \cdot \Delta}$, donde el producto *d.w* representa en forma genérica al momento *M* que produce esta alteración angular, por lo cual esta expresión puede ser escrita como:

$$tg\varphi = \frac{M}{GM_L \cdot \Delta} \qquad [18.]$$

Finalmente, la expresión del asiento podrá escribirse a través de la siguiente formulación:

$$t = \frac{M.LPP}{GM_L \cdot \Delta} \qquad [19.]$$

la cual había sido previamente deducida en oportunidad del cálculo del *Momento para trimar un centímetro* como atributo de carenas derechas.