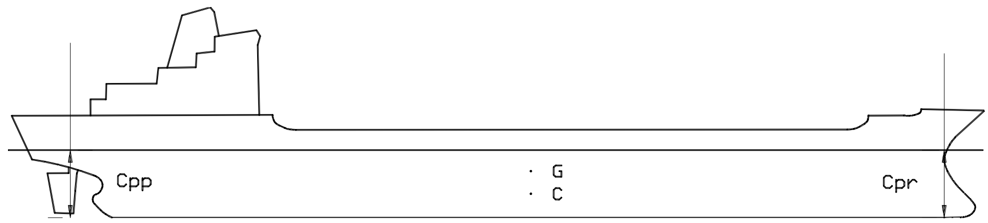
FORMULARIO SOBRE ASIENTO Y ALTERACIÓN (A y a)

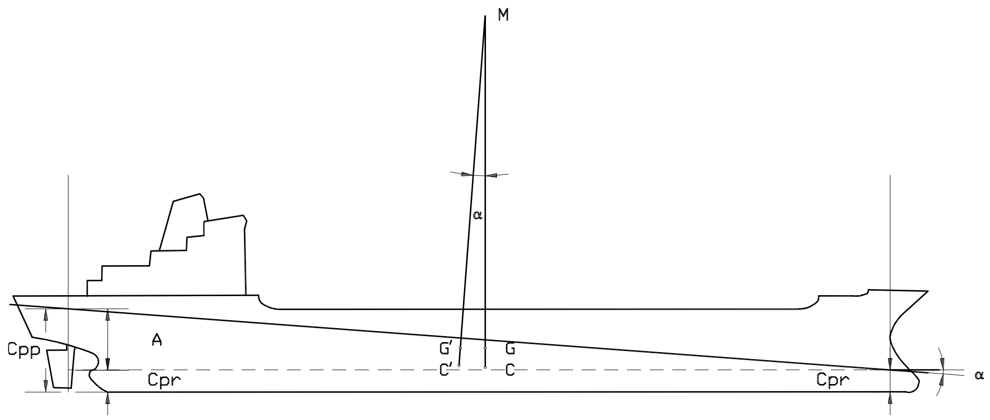
Partimos de barco en aguas iguales $\boxed{\otimes G = \otimes C}$ y $\boxed{\text{Cpr = Cpp = C hidrostático}}$

El asiento (A) es nulo, pues $\boxed{A = Cpp - Cpr = 0}$



Si las lecturas de los calados son iguales, tendrán que coincidir logitudinalmente, la posición del centro de gravedad del buque (G) obtenido por medio del cuadro de momentos y el centro de carena (C) que obtenemos de las tablas hidrostáticas.

Al modificar la posición de los pesos a bordo, aparece el asiento



A = Cpp – Cpr también se le llama trimado o romaneo (ver puntualizaciones en apartado de asiento de trazado)

Aquí $\boxed{\otimes G \neq \otimes C}$ Entonces buscamos una fórmula que nos relacione la posición de G con el desplazamiento (Δ) y con el asiento.

La distancia longitudinal (medida sobre la quilla) entre G' y C, que es la misma que entre G' y G la llamaremos brazo.

$$\text{brazo} = \otimes G' - \otimes C = \text{PppC} - \text{PppG'}$$

El ángulo α le tenemos en dos triángulos del dibujo anterior, entonces podemos igualar sus tangentes:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{brazo}{\overline{GM}_L} = \frac{Asiento}{E_{pp}}$$

La medida ortogonal G'C es idéntica a G'G por lo que se ha utilizado la primera, por otra parte, la posición de C' es laboriosa de calcular (integrando las curvas de Bonjean) por lo que deberemos evitar referirnos a ella.

Lo que se ha "movido" el centro de gravedad del buque G con respecto a la posición de aguas iguales es:

$$brazo = \frac{p \times d}{\Delta}$$

siendo **p** el valor de un peso y **d** la distancia que se ha "trasladado" ese peso

sustituimos:

$$\frac{p \times d}{\Delta \times \overline{GM}_L} = \frac{Asiento}{E_{pp}}$$

$$p \times d = \frac{\Delta \times \overline{GM_L}}{E_{pp}} Asiento$$

El primer miembro es un momento y si damos valor de 1 metro al asiento, tendremos el momento necesario para generar un metro de asiento. Sin embargo un metro es mucho asiento y será más práctico conocer el valor del momento necesario para generar un centímetro de asiento, que será 100 veces menor del calculado anteriormente. A este momento se le llama **Momento unitario** (Mto_u)

$$\boxed{Mto_u = \frac{\Delta \times \overline{GM_L}}{E_{pp} \times 100}}$$

Las tablas hidrostáticas nos dan un momento unitario calculado para una posición probable del centro de gravedad, que para la estabilidad longitudinal puede considerarse válida debido a que los radios metacéntricos longitudinales son muy grandes.
Volviendo un paso atrás podemos poner la fórmula en función del Mto_u recién expresado

$$p \times d = Mto_u \times Asiento \times 100$$

O lo que es lo mismo:

$$p \times d = Mto_u \times Asiento\ en\ ctms$$

de las expresiones anteriores podemos poner:

$$p \times d = \Delta \times brazo$$

$$\Delta \times brazo = Mto_u \times Asiento\ en\ ctms$$

G’ del dibujo pasa a llamarse G

$$\boxed{A(ctms) \times Mto_u = \Delta(\otimes G - \otimes C)}$$

En muchos barcos todo está referido a la perpendicular de popa con lo que la fórmula quedará:

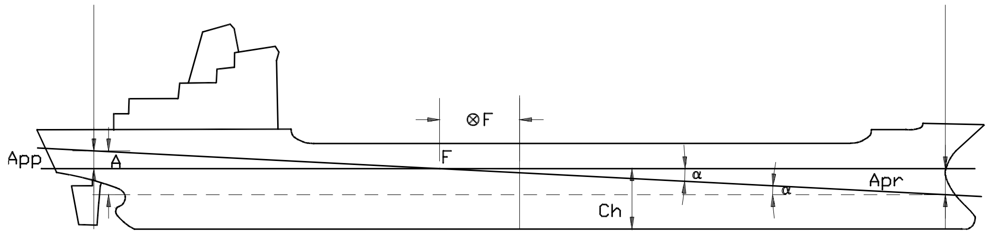
$$\boxed{A(ctms) \times Mto_u = \Delta(P_{pp}C - P_{pp}G)}$$

En estas 2 fórmulas es **importantísimo recordar** que se utilizan unidades distintas para la misma magnitud (longitud), es decir, metros para la distancia entre G y C, y centímetros para el asiento.

Estas fórmulas tienen una utilización directa y otra inversa. La directa es cuando conocemos la posición del centro de gravedad del buque (G), su desplazamiento y en tablas obtenemos la abscisa del centro de carena (C) y el momento unitario, puesto que hemos obtenido el desplazamiento del cuadro de momentos o del plano de carga o similar, y con todos estos datos calculamos el asiento con la fórmula anterior. Y la indirecta, que es cuando conocemos los calados que una vez corregidos al entrar en tablas hidrostáticas conocemos también el valor del momento unitario, del desplazamiento y de la abscisa del centro de carena, quedándonos únicamente por conocer la posición del centro de gravedad. Es muy importante tener perfectamente claro, que en el caso indirecto, el valor de la abscisa del centro de carena, corresponde a la posición que tendría el centro de carena para una flotación paralela a la línea base o a la quilla (carenas rectas), que no tendrá nada que ver con la posición real del centro de carena C’ al existir asiento.

El caso directo es el que utilizamos cuando hemos cargado o descargado pesos a bordo independientemente de su tamaño y queremos precisión en el cálculo.
Para carga o descarga de pesos pequeños ($<5\%\Delta$) o en caso de traslado podremos utilizar la fórmula de la alteración, que veremos más adelante.

Para repartir el asiento calculado, procedemos de la siguiente manera:



El asiento (A) lo podemos repartir entre la popa y la proa, tal y como vemos en el dibujo, obteniendo un asiento de popa (App) y otro de proa (Apr)

A = App + Apr

$$\frac{Apr}{\frac{Epp}{2}+\otimes F}=\frac{A}{E_{pp}}=\frac{App}{\frac{Epp}{2}-\otimes F}$$

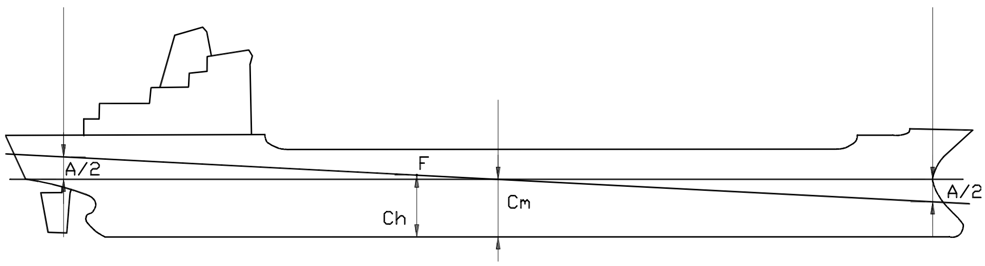
$$\boxed{Apr=\frac{A\left(\frac{Epp}{2}+\otimes F\right)}{E_{pp}}}$$

$$\boxed{App=\frac{A\left(\frac{Epp}{2}-\otimes F\right)}{E_{pp}}}$$

$$\boxed{\begin{array}{c} Cpr = Ch - Apr \\ Cpp = Ch + App \end{array}}$$

Ch es el calado hidrostático (medido en la vertical de F)

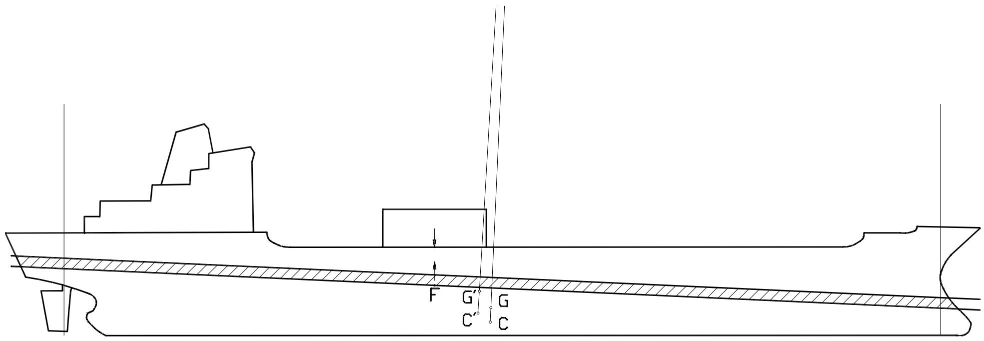
Otro sistema consiste en calcular el calado medio (que en caso de no existir deformación, coincide con el calado en la perpendicular media) partiendo del calado hidrostático (calado en F), o sea, quitar al Ch la corrección por asiento y a continuación al calado medio le sumamos la mitad del asiento y también se le quitamos con lo cual tendremos los calados en las cabezas. En función de si el asiento es apopante o aproante sabremos cual de los dos calados será el mayor y cual el menor, tal y como se muestra en el siguiente dibujo.



La alteración (a) se define como la diferencia de asientos. Esta diferencia se genera por la carga, descarga o traslado de un peso a bordo y su valor es:

$$a = A_F - A_0$$

En el caso de carga o descarga, comprobamos que para conseguir una inmersión o emersión paralela a la flotación inicial (a = 0), es necesario efectuar la carga o descarga en la vertical del centro de gravedad de la superficie de flotación (F), más exactamente en la vertical del centro geométrico de la rebanada generada por la inmersión o emersión paralela, tal y como podemos ver en el siguiente dibujo.

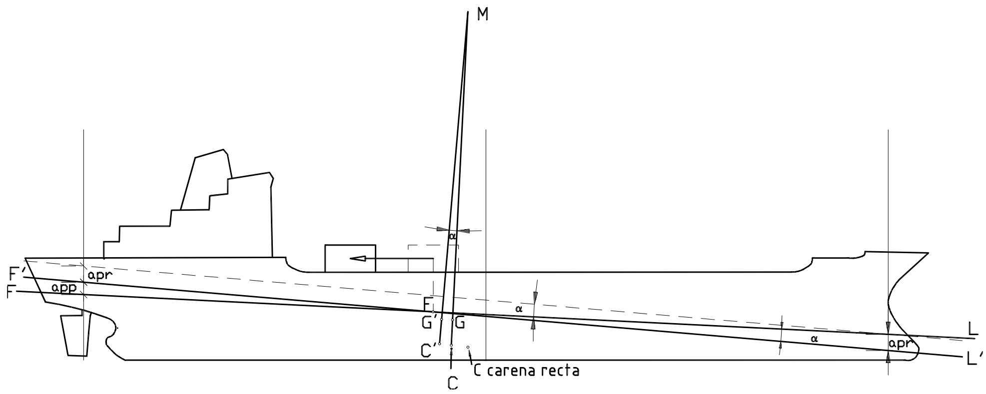


En la medida que no carguemos en esta vertical, se producirá una alteración. Para evaluar la alteración, en primer lugar consideramos que hemos cargado o descargado de la vertical de F y después trasladamos el peso la distancia hasta el punto de carga o descarga. El signo del peso será + para la carga y – para la descarga. La carga o descarga en la vertical de F produce una inmersión o emersión que se puede evaluar por la fórmula:

$$\delta\, C = \frac{Peso}{Tctm^{-1}}$$

Este incremento de calados nos resulta en centímetros y se aplica directamente a los calados de proa, popa, medio e hidrostático.

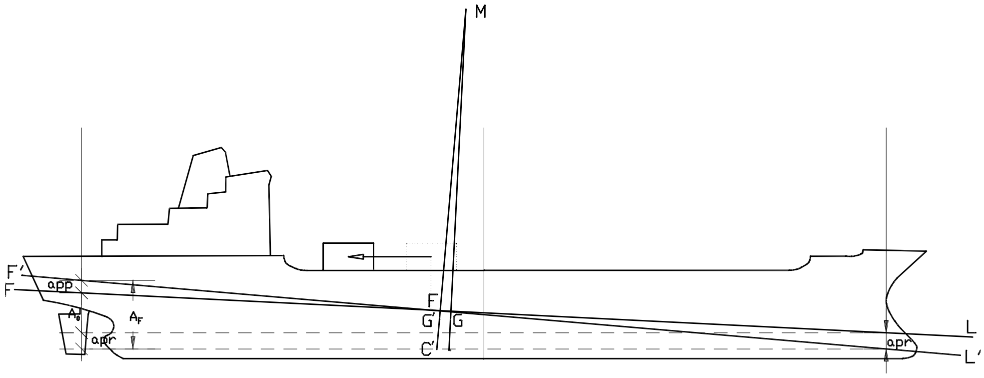
En el siguiente dibujo vemos como queda el peso en su posición final:



En el dibujo tenemos dos triángulos semejantes, uno es el formado por los vértices G', G y M y el otro es el formado por los lados siguientes: la línea punteada, la flotación F-L y por la alteración medida sobre la perpendicular de popa. Así podemos poner:

$$\frac{\overline{G'G}}{\overline{GM_L}} = \frac{a}{E_{pp}}$$

En el dibujo siguiente vemos la alteración (a) repartida en alteración a proa (apr) y en alteración popa (app), siendo esta (a) igual a la suma: a = apr + app



El movimiento del centro de gravedad del buque al pasar de G a G' lo podemos expresar según el teorema de momentos en:

$$\overline{G'G} = \frac{p \times d}{\Delta_F}$$

d es la distancia trasladada, o sea, la distancia entre la vertical de F y el lugar de carga o descarga o, simplemente la distancia trasladada en caso de traslado. Sustituyendo G'G en la fórmula, tenemos:

$$\frac{p \times d}{\Delta_F \ \overline{GM_L}} = \frac{a}{E_{pp}}$$

$$p \times d = \frac{\Delta_F \ GM_L \ a}{E_{pp}}$$

Sustituimos el desplazamiento, el GM y la eslora por el momento unitario **Mtou**

$$p \times d = \frac{\Delta_F \ \overline{GM_L}}{E_{pp} \ 100} 100 \ a$$

$$p \times d = Mto_u \times a \ (en\ centímetros)$$

En el caso de solo traslado d quedará como la distancia trasladada y en el caso de carga o descarga d quedará como la distancia entre el punto de carga o descarga y el centro de gravedad de la superficie de floración.

$$\boxed{a \times Mto_u = p \times d}$$

a en centímetros

En caso de varios pesos se generarán varios momentos con lo que podemos poner la fórmula:

$$\boxed{a \times Mto_u = \Sigma \ Mtos}$$

$$\Sigma \ Mtos = P_1(\otimes g_1 - \otimes F) + P_2(\otimes g_2 - \otimes F) + ... + P_n(\otimes g_n - \otimes F)$$

o también:

$$\Sigma \ Mtos = P_1(\otimes g_1 - \otimes F) + P_2(\otimes g_2 - \otimes F) + ... + P_n(\otimes g_n - \otimes F) + P_T(\otimes g_F - \otimes g_0)$$

teniendo en cuenta que en caso de descarga P será negativo

En caso de carga o descarga:

$$d = \otimes g - \otimes F$$

En caso de traslado:

$$d = \otimes g_F - \otimes g_0$$

En caso de carga o descarga, esta fórmula pierde su validez a partir de que el peso cargado o descargado sea superior al 5% del desplazamiento inicial. En este caso el problema será solucionado empleando la fórmula del asiento.
Para el cálculo de los nuevos calados procedemos de la siguiente manera:

$$\frac{a_{pr}}{\frac{Epp}{2} + \otimes F} = \frac{a}{E_{pp}} = \frac{a_{pp}}{\frac{Epp}{2} - \otimes F}$$

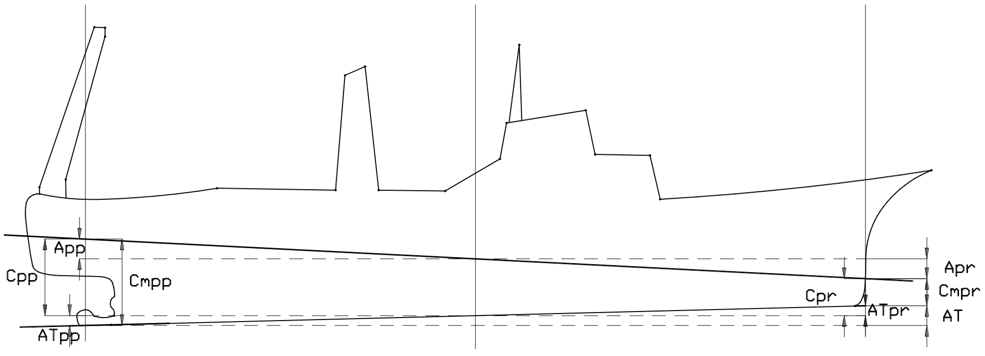
$$a_{pr} = \frac{a\left(\frac{Epp}{2} + \otimes F\right)}{E_{pp}}$$

$$a_{pp} = \frac{a\left(\frac{Epp}{2} - \otimes F\right)}{E_{pp}}$$

$$\boxed{\begin{aligned} Cpr_F &= Cpr_0 + I - a_{pr} \\ Cpr_F &= Cpr_0 - E - a_{pr} \\ Cpp_F &= Cpp_0 + I + a_{pp} \\ Cpp_F &= Cpr_0 - E + a_{pp} \end{aligned}}$$

siendo I la inmersión y E la emersión

En caso de que el buque tenga **asiento de proyecto**, también llamado de **trazado**, caso típico de remolcadores, arrastreros, etc., será necesario hacer unas correcciones especiales a los calados. Las lecturas de los calados en las marcas de popa y proa (corregidas previamente, si es necesario, por la posición de escala fuera de la perpendicular) se referirán siempre a la línea de quilla que forma un ángulo con la línea base (en el dibujo siguiente, la línea base es la línea discontinua que pasa por el punto de unión de la perpendicular media y la quilla). Estos calados son útiles como calados de maniobra y no tienen nada que ver con el calado hidrostático necesario para la entrada en tablas de carenas rectas (tablas hidrostáticas), siendo necesario aplicar unas fórmulas. Visualmente podemos comprobar en el dibujo siguiente, que el asiento que se calcula al restar el calado en la marca de proa del calado de la marca de popa (Cmpp – Cmpr), no es el asiento verdadero, por lo que será necesario corregir estos calados.



En primer lugar restaremos el espesor de la quilla o quillón. El restar el espesor de la quilla es una operación común a todos los buques independientemente de que tengan asiento de proyecto o no, siempre que sus tablas hidrostáticas estén referidas a la línea base, cosa muy común en todo tipo de buques, sobre todo en buques grandes. Por otra parte, a buques relativamente más pequeños, se les dota de una quilla de barra vertical o quillón que nosotros consideraremos continua (y paralela a la quilla), y a su corrección le daremos el nombre de altura de quilla (aq)
El asiento de proyecto siempre es positivo, en la medida en que se busca que el calado de popa asegure la inmersión de la hélice y lo expresaremos con At.
Atpp y Atpr son las dos mitades del asiento de trazado generadas por la línea base y la quilla al quedar estas divididas por la perpendicular media.

Asiento completo = Cmpp – Cmpr

Asiento real = Asiento completo – At

Al ser:

Atpp = Atpr = At/2

Cpp = Cmpp – aq – At/2

Cpr = Cmpr – aq + At/2

Asiento real = Cpp – Cpr

A partir de aquí el cálculo del calado hidrostático se hará de una manera análoga a los demás buques, corrigiendo por deformación y por asiento.