

CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO POR LECTURA DE LOS CALADOS

Preparado por

Ing. Boris L. GUERRERO B.

Valparaíso, CHILE, 2011.

INDICE DE MATERIAS

Introducción	3
Lectura de calados	4
Ejemplo de cálculo del desplazamiento ..	5
Corrección de los calados	7
Correcciones C_1 y C_2	9
Correcciones finales	10
Consideraciones finales	12

INTRODUCCIÓN

La forma normal que usa el operador o calculista de la estabilidad para calcular el desplazamiento (o peso de la nave) es mediante la adición de los diferentes pesos en el Cuadro de Carga, pero a veces es necesario hacer este cálculo mediante la lectura de los calados, tal como vimos en los casos del ‘experimento de inclinación’ y en el caso de una ‘nave varada’. También se usa este procedimiento en los “draft survey”, inspecciones a determinar la cantidad de carga que se ha ingresado o que se ha entregado, mediante la comparación de los desplazamientos al inicio y al término de dichas faenas de carga. En estas inspecciones las mediciones de calados deben ser muy cuidadosas, ya que unos pocos centímetros de error pueden significar un monto considerable de dinero. Tanto el comprador como el vendedor de la carga pueden contratar ese tipo de inspección para resguardar sus intereses.

Al realizarse un “draft survey” el Primer Oficial deberá hacer las observaciones de calados y los cálculos del correspondiente desplazamiento en forma conjunta con el Inspector (Surveyor).

Para una lectura confiable deberá contarse con unos tubos graduados que se peguen al casco mediante imanes, u otro apoyo similar, para atenuar las variaciones de lecturas producidas por oleaje y por pequeños movimientos de la nave (balances y cabeceos).

Al terminarse de realizar los cálculos de Estabilidad es común que se tomen los calados de la nave, especialmente antes de zarpar o al arribar a puerto. Entre otras cosas se debe comparar el resultado teórico del desplazamiento obtenido mediante el uso de un programa computacional, o de un cálculo manual, con la observación de los calados reales.

Las marcas de los calados son indicadas cada 20 centímetros y miden 10 centímetros de alto, lo que facilita la determinación de las medidas

intermedias. Por ejemplo un calado de 7,25 metros se vería de la siguiente forma:

40
— 20 —
7m

En Los casos que las marcas estén en medidas inglesas (ft ó pies) veríamos algo similar a lo indicado en el gráfico siguiente:



Los calados se indican en números romanos de 6 pulgadas de altura, distanciados por otras 6 pulgadas. La lectura del ejemplo sería de 13 pies 11 pulgadas (13'11"), aproximadamente.

Como ejemplo calcularemos el desplazamiento del M.S. "ANTONIA".

Para ello consideraremos que se han tomado lecturas de calados a proa, al centro y a popa, por ambas bandas del casco. Normalmente debe contarse con el apoyo de una embarcación menor (bote pequeño) para leer con mayor exactitud los calados, especialmente los de popa, donde no es fácil hacerlo debido a la inclinación de la bovedilla.

Además debe haberse tomado la densidad del agua de mar, también a proa, centro y popa, por ambas bandas y además a tres profundidades distintas (1 metro bajo la superficie, a la mitad del calado y a profundidad cercana a la quilla). Para tomar las muestras de agua debe disponerse de unos tubos metálicos con tapa sellada, la que se abre mediante una piola al llegar el tubo a la profundidad que se quiere tomar la muestra. Luego, en la superficie se procede a medir la densidad del agua.

En general, deberá respetarse el procedimiento que indique el Manual de Estabilidad (Ship Booklet).

A continuación se verá un procedimiento bastante generalizado y que puede ser empleado en cualquier tipo de nave.

Conviene diseñar una planilla Excel que ayudará a resolver el cálculo del desplazamiento "W".

Supondremos que la gravedad específica (g.e.) del agua de mar es de 1,022.

Se usará la página E-2 del Manual Antonia para obtener las tablas de corrección de calados.

CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO POR LECTURA DE CALADOS
M.S. "ANTONIA"

		Calado Proa	Calado Centro	Calado Popa		
{1}	Calados tomados en las marcas de calados	Babor	5,900	6,400	7,100	m
		Estribor	6,000	6,600	7,200	m
		Promedio	5,950	6,500	7,150	m
{2}	Asiento aparente (F6-D6)	1,200			Signo + indica asiento a popa	
{3}	Corrección de calados por marcas ver pág. E-2	-0,019		0,051	m	
{4}	Calado corregido por marcas {1}+{3}	5,931	6,500	7,201	m	
{5}	Factor	1	6	1		
{6}	Producto {4} x {5}	5,931	39,000	7,201	m	
{7}	Calado Medio 1/8 Suma {6}	6,517				
		Mid F(hidro)	-4,48			
{8}	Asiento Actual F15 - D15	1,270			m	

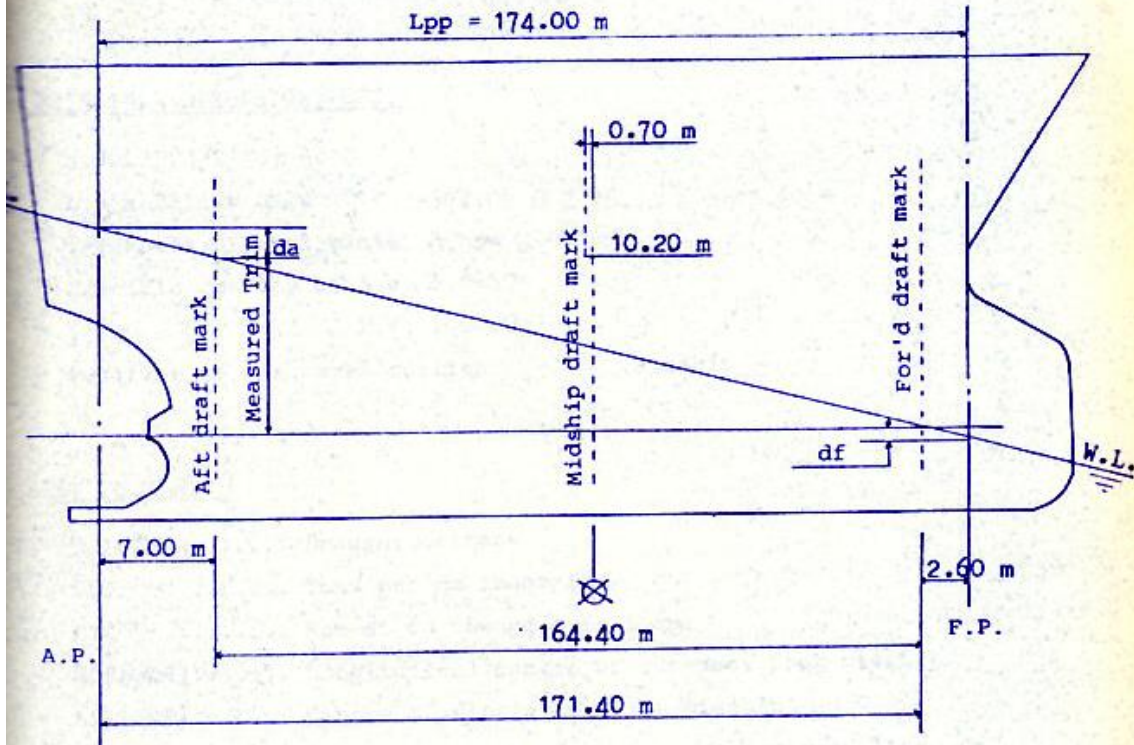
En {1} se calculan los calados promedios de proa, centro y popa entre las mediciones de babor y estribor.

En {2} se calcula el asiento aparente (calado promedio de popa menos calado promedio de proa). Posteriormente se trabajará con un asiento corregido.

En {3} se determinan las correcciones por asiento de las lecturas de calados a proa y popa. Como se indica en la figura insertada a continuación, las marcas de calados no se encuentran justamente en las perpendiculares de proa y popa. Deberá efectuarse una corrección para determinar los calados "en las perpendiculares".

5.1 DRAUGHT CORRECTION TABLE
(DUE TO TRIM)

E-2



Correction	Measured Trim (m)									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
For'd (df) (mm)	- 8	- 16	- 24	- 32	- 40	- 47	- 55	- 63	- 71	- 79
Aft (da) (mm)	+ 21	+ 43	+ 64	+ 85	+106	+128	+149	+170	+192	+213

- Notes
- 1) Midship draft is not necessary to correct. (below 10.2 m)
 - 2) Each correction value with its sign should be added to measured draft. In case of trim by the Bow, reversed sign.

Correction table for midship draft mark. (above 10.2m)

Correction	Measured Trim (m)									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Midship (dm) (mm)	- 2	- 4	- 6	- 9	- 11	- 13	- 15	- 17	- 19	- 21

En el ejemplo que estamos analizando entramos en la tabla con un asiento de 1,200 m y obtenemos una corrección de **-19 mm** (o sea -0,019 m) para el calado de proa y **+51 mm** (o sea +0,051 m) para la lectura del calado de popa.

Dado que el calado medio es inferior a 10,2 m no corresponde realizar corrección al calado del centro.

En {4} se indican los nuevos calados ya corregidos 'por marcas'.

Si calculamos el promedio de los calados corregidos a proa y a popa obtenemos un valor 6,566 m. Sin embargo la lectura del calado en el centro es de 6,500 m. La diferencia de 0,066m corresponde a la deflexión del casco (en este caso a un 'quebranto'), lo que produce una disminución de volumen sumergido. Se efectúa una corrección para compensar esta disminución de desplazamiento, conocida como la "media de las medias", regla práctica que consiste en multiplicar por '6' el calado leído en el centro y sumarle los calados corregidos de proa y popa, para dividir por '8' la suma obtenida. Este procedimiento no tiene una razón matemática sino que responde a una regla empírica que proporciona un resultado muy satisfactorio.

En {7} se indica el nuevo calado medio, ya corregido por la 'deflexión' del casco. Con este calado se entra a las curvas o tablas hidrostáticas para calcular la posición del centro de flotación 'F', medida que se empleará posteriormente en la corrección "C₁", como se verá posteriormente.

En {8} se calcula el nuevo asiento (o trim), consideradas las últimas correcciones efectuadas a los calados.

{9}	Corrección (C1) por asiento C1 = Asiento x Mid F / Lpp	-0,033	m
	TPC	42,9	
	MTC	466,8	
	MTC-0,1	465,2	
	MTC+0,1	468,5	
{10}	Corrección (C2) por forma popa	0,002	m
{11}	Calado Equivalente {7} + {9} + {10}	6,486	m
{12}	Desplazamiento (hidrostat) para {11}, sólo con 2 decimales	26.053	TM
{13}	Tercer decimal de {11}	6	
{14}	Corrección por 3er decimal {11} TPC x 3er decimal x 0,1	25,74	TM
{15}	Desplazamiento para Cal Equiv	26.079	TM
{16}	Gravedad específica (g.e.) agua mar	1,022	TM/m3
{17}	DESPLAZAMIENTO FINAL {15} x g.e. / 1,025	26.078	TM

En {9} se indica la corrección “C₁” por posición del centro de flotación ‘F’. En ella se determina el calado medio que se mediría en la vertical que pasa por ‘F’.

Posteriormente se obtiene de las curvas o tablas hidrostáticas los valores de las toneladas por centímetro de inmersión (TPC) y el momento longitudinal para cambia 1 cm de asiento (MTC).

En {10} se realiza la corrección “C₂”, que compensa el error que se produce en el volumen sumergido debido a la forma de la popa. Esta es también una fórmula empírica. Para resolverla es necesario determinar el MTC para 0,1 m menos de calado medio y para 0,1 m más de calado medio, dato que se obtiene también de las curvas o tablas hidrostáticas. La fórmula para efectuar la corrección “C₂” es:

$$C_2 = \frac{\text{Trim}^2}{2 \text{ TPC } L_{pp}} \times \frac{\text{MTC}_{+A} - \text{MTC}_{-A}}{2 A}$$

En que:

Trim	es el asiento
TPC	son las toneladas por centímetro de inmersión
L_{PP}	es la eslora entre perpendiculares
MTC_{+A}	Es el momento para cambiar 1 cm de asiento para un calado medio "aumentado" en 0,1 m
MTC_{-A}	Es el momento para cambiar 1 cm de asiento para un calado medio "disminuido" en 0,1 m
2A	es 0,2 m

La corrección C_2 resulta ser 0,002 m, una vez resuelta la fórmula para los valores del ejemplo.

En {11} se aplica la corrección anterior y se obtiene el 'calado equivalente'.

En {12} se determina el desplazamiento de las curvas o tablas hidrostáticas. Para ello se emplean sólo 2 decimales del calado equivalente obtenido en {11}.

En {13} y {14} se determina el aumento de desplazamiento correspondiente al tercer decimal del calado equivalente, por regla de tres simple.

En {15} se calcula el desplazamiento correspondiente al calado equivalente con 3 decimales, para una gravedad específica (g.e.) del agua de 1,025.

En {17} se determina el desplazamiento para la g.e. real que tiene el agua en la cual flota la nave. Para ello se multiplica el desplazamiento calculado por la g.e. medida o real y se divide por 1,025.

CONSIDERACIONES FINALES

La exactitud del cálculo anterior dependerá principalmente de lo exacta que haya sido la medición de los calados. En el ejemplo analizado tenemos unas TPC de 42,9 o sea sólo 1 centímetro de error en el calado medio producirá más de 40 toneladas de error. Esto es importante en los Draft Survey, en que los cálculos de los desplazamientos influye en el valor de la carga que se está transando.

En todo caso para el cálculo del desplazamiento debe preferirse el método establecido en el manual de estabilidad de la nave.