

ANEXO 16**PROYECTO DE RESOLUCIÓN MSC****RECOMENDACIÓN SOBRE UN MÉTODO UNIFORME PARA EVALUAR LOS MEDIOS DE INUNDACIÓN COMPENSATORIA**

EL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA,

RECORDANDO el artículo 28 b) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité,

RECORDANDO TAMBIÉN la resolución A.266(VIII): Recomendación de un método uniforme para dar cumplimiento a las disposiciones relativas al adrizado en buques de pasaje, adoptada por la octava Asamblea,

TOMANDO NOTA de que esta Recomendación no incluye disposiciones aplicables a los medios de inundación compensatoria distintos de tuberías (es decir, tiempos de inundación compensatoria a través de conductos) ni una disposición que garantice la ventilación adecuada para lograr que la inundación compensatoria sea eficaz (es decir, que tenga en cuenta el efecto limitativo de la contrapresión de aire durante la inundación compensatoria),

TOMANDO NOTA ADEMÁS de las prescripciones sobre compartimentado y estabilidad de los buques de pasaje y de carga del capítulo II-1 revisado del Convenio SOLAS adoptadas mediante la resolución MSC.216(82),

RECONOCIENDO que es necesario establecer un método para evaluar los medios de inundación compensatoria en los buques sujetos a las prescripciones sobre compartimentado y estabilidad de los buques de pasaje y de carga del capítulo II-1 del Convenio SOLAS, con el objeto de lograr la utilización uniforme de los medios de inundación compensatoria y equilibrado,

HABIENDO EXAMINADO las recomendaciones del Subcomité de Estabilidad y Líneas de Carga y de Seguridad de Pesqueros en su 50º periodo de sesiones,

1. ADOPTA la Recomendación sobre un método uniforme para evaluar los medios de inundación compensatoria en buques de pasaje, que figura en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a los Gobiernos a que se aseguren de que la Recomendación que figura en el anexo se aplique para el cálculo de la inundación compensatoria y que la pongan en conocimiento de todas las partes interesadas.

ANEXO

RECOMENDACIÓN SOBRE UN MÉTODO UNIFORME PARA EVALUAR
LOS MEDIOS DE INUNDACIÓN COMPENSATORIA

Índice	Página
1 Definiciones	3
2 Fórmulas	4
3 Criterios aplicables a las tuberías de ventilación	5
4 Alternativas	5
Apéndice 1	
Ejemplo de la utilización de los ángulos de escora y las cargas de agua en distintas etapas de la inundación compensatoria.....	6
Apéndice 2	
Coefficientes de fricción en los medios de inundación compensatoria	7
Apéndice 3	
Ejemplo basado en los datos de un buque de pasaje.....	10

1 Definiciones

$\sum k$: SUMA DE LOS COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE LOS MEDIOS DE INUNDACIÓN COMPENSATORIA CONSIDERADOS.

S (m^2): SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA TUBERÍA O EL CONDUCTO DE INUNDACIÓN COMPENSATORIA. SI LA SECCIÓN TRANSVERSAL NO ES CIRCULAR:

$$S_{equiv.} = \frac{\pi \cdot D_{equiv.}^2}{4}$$

donde:

$$D_{equiv.} = \frac{4 \cdot A}{p}$$

A = sección transversal [real]

p = perímetro [real] de la sección transversal

θ_0 ($^\circ$): Ángulo antes de iniciarse la inundación compensatoria. Se parte del supuesto de que los medios de inundación compensatoria están plenamente inundados pero no hay agua en el compartimiento de equilibrado situado en el costado opuesto al de la avería (véase el apéndice 1).

θ_f ($^\circ$): Ángulo de escora en la posición de equilibrio final ($\theta_f \leq \theta$).

θ ($^\circ$): Cualquier ángulo de escora que se observe en un determinado momento entre el comienzo de la inundación compensatoria y la posición de equilibrio final.

W_f (m^3): Volumen de agua que se utiliza para llevar el buque desde el comienzo de la inundación compensatoria θ_0 hasta la posición de equilibrio final θ_f .

W_θ (m^3): Volumen de agua que se utiliza para llevar el buque desde cualquier ángulo de escora θ hasta la posición de equilibrio final θ_f .

H_0 (m): Carga de agua antes de comenzar la inundación compensatoria, la hipótesis es la misma que en el caso de θ_0 .

H_θ (m): Carga de agua para cualquier ángulo de escora θ .

h_f (m): Carga de agua final después de la inundación compensatoria. ($h_f = 0$, cuando el nivel dentro del compartimiento de equilibrado es igual al nivel exterior del mar).

2 Fórmulas

2.1 Tiempo necesario desde el inicio de la inundación compensatoria θ_0 hasta la posición de equilibrio final θ_f :

$$T_f = \frac{2W_f}{S \cdot F} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{h_f}{H_0}}\right)}{\sqrt{2gH_0}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{h_f}{H_0}\right)}$$

2.2 Tiempo necesario para llevar el buque desde cualquier ángulo de escora θ hasta la posición de equilibrio final θ_f :

$$T_\theta = \frac{2W_\theta}{S \cdot F} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{h_f}{H_\theta}}\right)}{\sqrt{2gH_\theta}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{h_f}{H_\theta}\right)}$$

2.3 Tiempo necesario desde el comienzo de la inundación compensatoria θ_0 hasta que se logra cualquier ángulo de escora θ .

$$T = T_f - T_\theta$$

2.4 Factor adimensional de reducción de la velocidad a través de un medio de equilibrado, en función de los codos, válvulas, etc. del sistema de inundación compensatoria:

$$F = \frac{1}{\sqrt{\sum k}}$$

donde:

F no debe suponerse superior a 1.

Los valores de k pueden obtenerse del apéndice 2 o de otras fuentes fiables.

2.5 Inundación compensatoria a través de medios sucesivos de diferente sección transversal:

Si el mismo caudal pasa por medios de inundación sucesivos de sección transversal $S_1, S_2, S_3 \dots$ que tienen coeficientes de fricción $k_1, k_2, k_3 \dots$, el coeficiente k total para S_1 es:

$$\Sigma k = k_1 + k_2 \cdot S_1^2 / S_2^2 + k_3 \cdot S_1^2 / S_3^2 \dots$$

2.6 Si por distintos medios de inundación circulan distintos volúmenes, se debe multiplicar cada coeficiente k por el cuadrado del coeficiente del volumen que pasa por el medio de inundación sobre el volumen que pasa por la sección de referencia (que se utilizará para el cálculo del tiempo):

$$\Sigma k = k_1 + k_2 \cdot S_1^2 / S_2^2 \cdot W_2^2 / W_1^2 + k_3 \cdot S_1^2 / S_3^2 \cdot W_3^2 / W_1^2 \dots$$

2.7 En el caso de la inundación compensatoria a través de medios en paralelo que conducen al mismo espacio, para el cálculo del tiempo de equilibrado se deberá suponer lo siguiente:

$$S \cdot F = S_1 \cdot F_1 + S_2 \cdot F_2 + \dots$$

siendo:

$$F = 1 / \sqrt{\Sigma k} \text{ para cada medio de sección transversal } S_i$$

3 Criterios aplicables a las tuberías de ventilación

3.1 En los medios en los cuales la sección transversal total de las tuberías de aire es del 10% o más de la sección de inundación compensatoria, para los cálculos de inundación compensatoria se podrá suponer que los efectos limitativos de la contrapresión de aire son despreciables. Debe tomarse como valor mínimo la sección de las tuberías de aire o la sección transversal neta de todos los dispositivos de cierre automático, si este valor es inferior.

3.2 En los medios en los cuales la sección transversal total de las tuberías de aire es de menos del 10% de la sección transversal de la inundación compensatoria, se deberá tener en cuenta el efecto limitativo de la contrapresión de aire en los cálculos de la inundación compensatoria. A tal fin se podrá utilizar el siguiente método:

El coeficiente k utilizado para el cálculo del tiempo de inundación compensatoria debe tener en cuenta la disminución de la altura del nivel de agua en la tubería de ventilación. Ello puede hacerse utilizando un coeficiente equivalente k_e , que se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$k_e = k_w + k_a \cdot (\rho_a / \rho_w) \cdot (S_w / S_a)^2$$

siendo:

k_w	=	coeficiente k para el medio de inundación compensatoria (agua)
k_a	=	coeficiente k para la tubería de ventilación
ρ_a	=	densidad del aire
ρ_w	=	densidad del agua
S_w	=	sección transversal del medio de inundación compensatoria (agua)
S_a	=	sección transversal de la ventilación

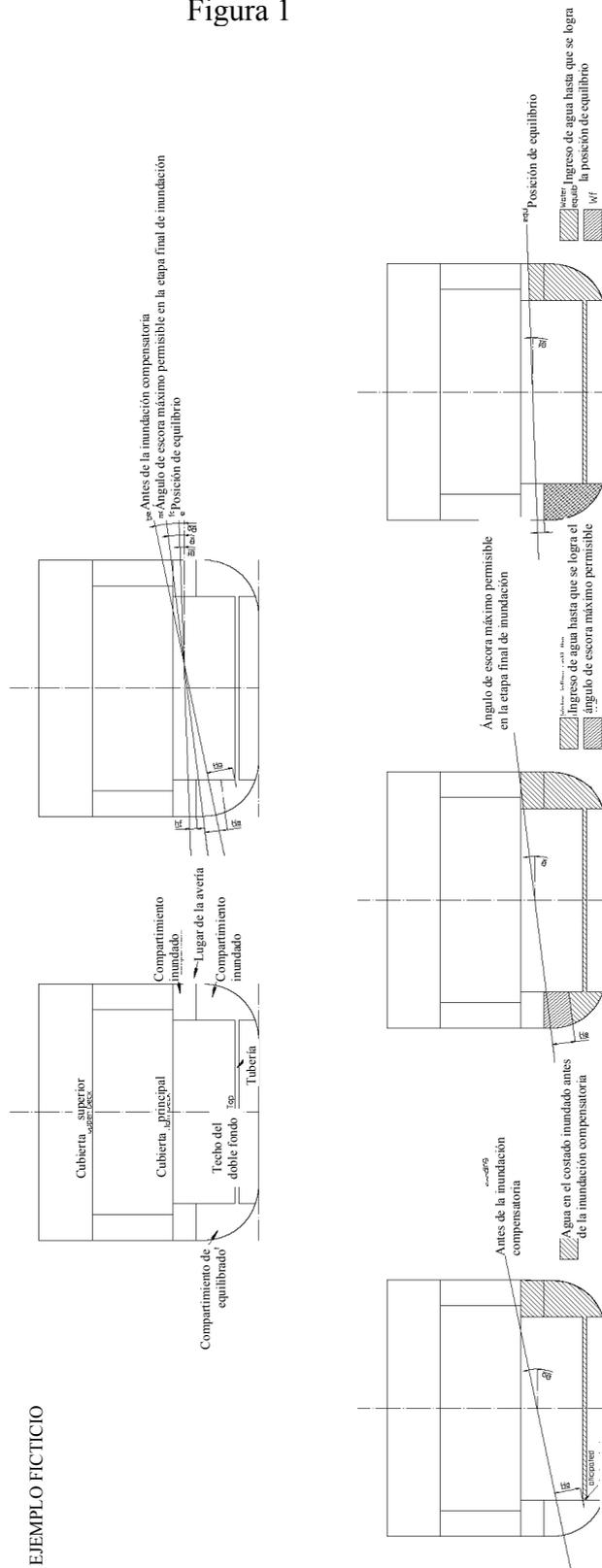
4 Alternativas

Como alternativa a lo dispuesto en las secciones 2 y 3, o para medios distintos de los ilustrados en el apéndice 2, también podrá hacerse un cálculo directo utilizando la dinámica de fluidos computacional (CFD), simulaciones en el tiempo o pruebas con modelos.

APÉNDICE 1

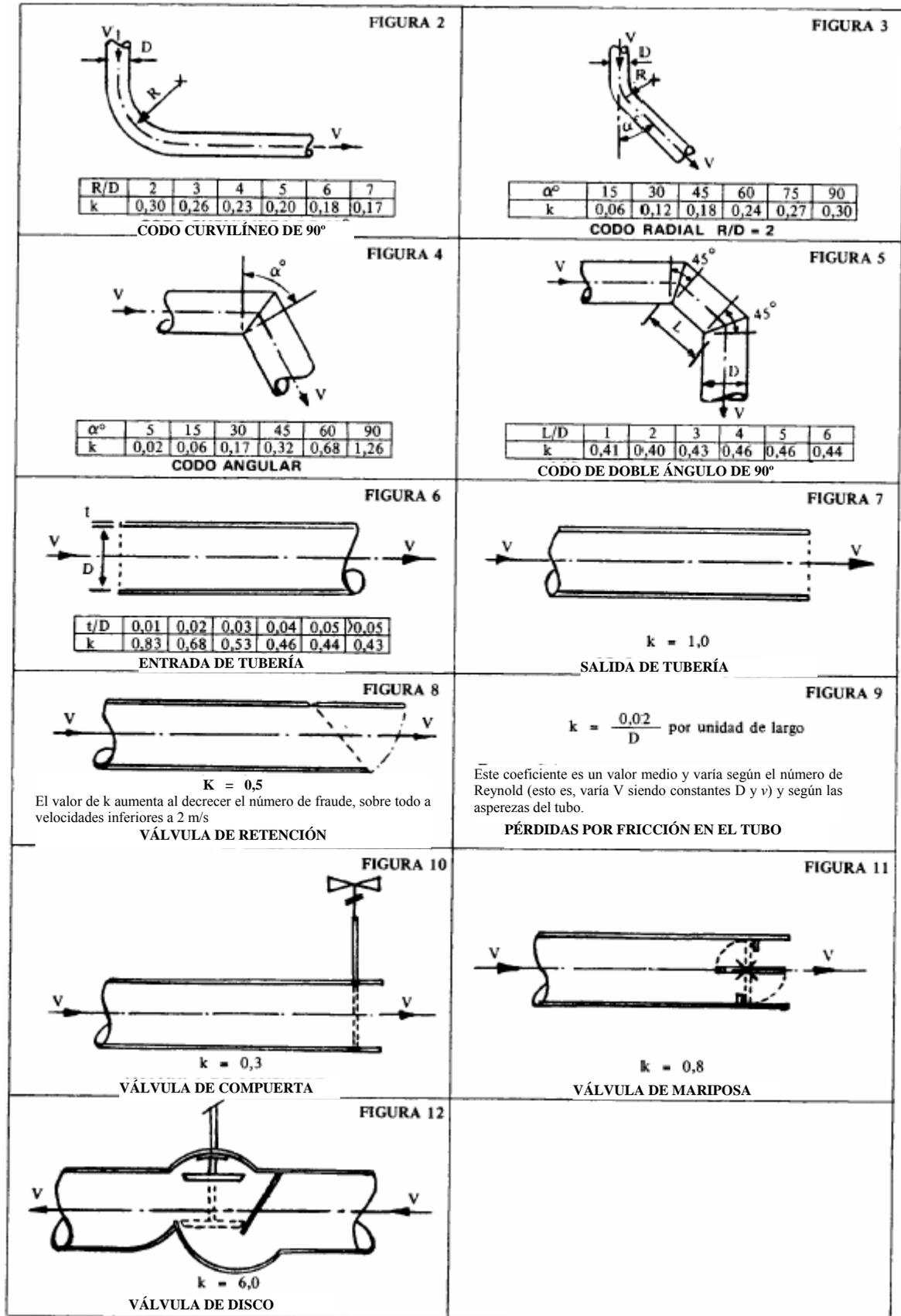
EJEMPLO DE LA UTILIZACIÓN DE LOS ÁNGULOS DE ESCORA Y LAS CARGAS DE AGUA EN DISTINTAS ETAPAS DE LA INUNDACIÓN COMPENSATORIA

Figura 1



APÉNDICE 2

COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN LOS MEDIOS DE INUNDACIÓN COMPENSATORIA



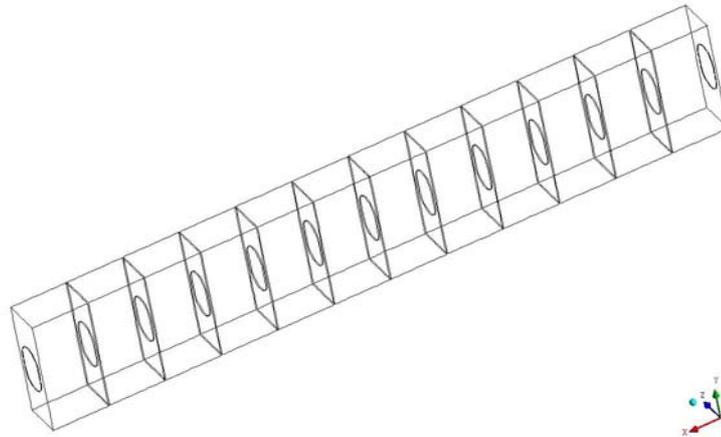
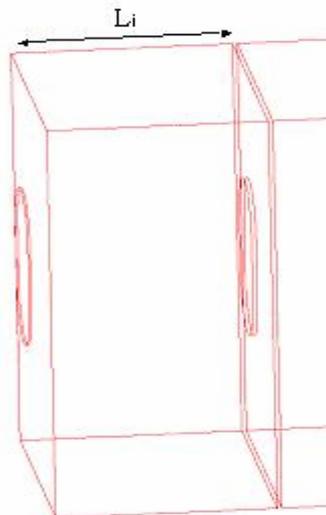


Figura 13
Conducto estructural de inundación compensatoria con un registro

$$\begin{array}{ll}
 k = 0,2748 \cdot L_i + 0,0313 & \text{si } 0 < L_i < 1 \\
 k = -0,0986 \cdot L_i^3 + 0,6873 \cdot L_i^2 - 1,0212 \cdot L_i + 0,7386 & \text{si } 1 \leq L_i \leq 4 \\
 k = 1,34 & \text{si } L_i > 4
 \end{array}$$

Nota: k es el coeficiente de fricción relativo a cada espacio entre dos vagras adyacentes. k se evalúa en función de la sección transversal real, por lo que para los cálculos se utiliza la sección transversal real A y no S_{equiv} . La pérdida de presión para la entrada en el primer registro ya está incluida en el cálculo y tiene que añadirse $k = 1$ para tener en cuenta las pérdidas de la salida.



L_i (en metros)

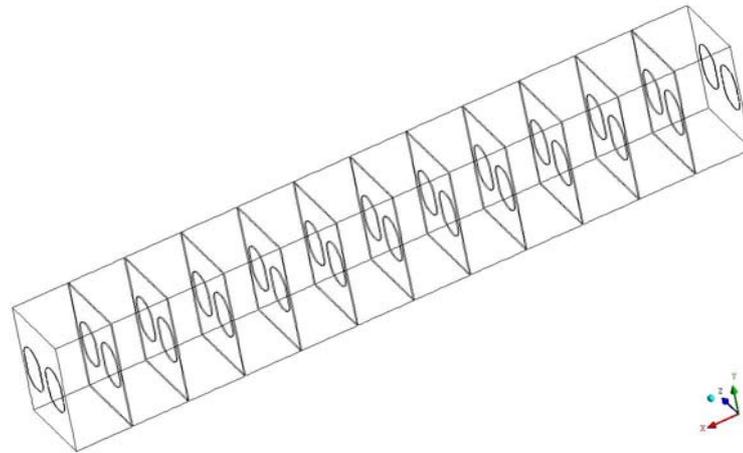


Figura 14
Conducto estructural de inundación compensatoria con dos registros

$$\begin{array}{ll} k = 0,4045 \cdot L_i + 0,0627 & \text{si } 0 < L_i < 1 \\ k = 0,0424 \cdot L_i^3 - 0,3593 \cdot L_i^2 + 1,1401 \cdot L_i - 0,356 & \text{si } 1 \leq L_i \leq 4 \\ k = 1,17 & \text{si } L_i > 4 \end{array}$$

Nota: k es el coeficiente de fricción relativo a cada espacio entre dos vagras adyacentes. k se evalúa en función de la sección transversal real, por lo que para los cálculos se utiliza la sección transversal real A y no S_{equiv} . La pérdida de presión para la entrada en el primer registro ya está incluida en el cálculo y tiene que añadirse $k = 1$ para tener en cuenta las pérdidas de la salida.

APÉNDICE 3

EJEMPLO BASADO EN LOS DATOS DE UN BUQUE DE PASAJE

Dimensiones de la tubería de inundación compensatoria considerada:

Diámetro	$D = 0,39 \text{ m}$
Longitud	$l = 21,0 \text{ m}$
Sección transversal	$S = 0,12 \text{ m}^2$
Espesor de la pared	$t = 17,5 \text{ mm}$

Valores de k para el sistema de inundación compensatoria considerada:

Entrada	0,45
Fricción de la tubería $\frac{0,02l}{D}$	1,08
2 codos radiales ($\alpha = 45^\circ$)	0,36
Válvula de retención	0,50
Salida	<u>1,00</u>
	<u>$\sum k = 3,39$</u>

Se supondrá que se dispone de ventilación suficiente.

De lo cual se deduce que:

$$F = \frac{1}{\sqrt{\sum k}}$$

$$F = \frac{1}{\sqrt{3,39}} = 0,54$$

Tiempo necesario desde el comienzo de la inundación compensatoria θ_o hasta la posición de equilibrio final θ_f :

$$T_f = \frac{2W_f}{S \cdot F} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{h_f}{H_0}}\right)}{\sqrt{2gH_0}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{h_f}{H_0}\right)}$$

Carga de agua antes del comienzo de la inundación compensatoria:

$$H_0 = 5,3 \text{ m}$$

Volumen de agua que se utiliza para llevar al buque desde el comienzo de la inundación compensatoria hasta la posición de equilibrio final:

$$W_f = 365 \text{ m}^3$$

Carga de agua final después de la inundación compensatoria:

$$h_f = 1,5 \text{ m}$$

$$T_f = \frac{2 \cdot 365 \text{ m}^3}{0,12 \text{ m}^2 \cdot 0,54} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{1,5 \text{ m}}{5,3 \text{ m}}}\right)}{\sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5,3 \text{ m}}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{1,5 \text{ m}}{5,3 \text{ m}}\right)}$$

$$T_f = 721 \text{ s} = 12,0 \text{ min}$$

Tiempo necesario para llevar el buque desde el ángulo de escora máximo permisible para la etapa final de la inundación θ hasta la posición de equilibrio final θ_f :

$$T_\theta = \frac{2W_\theta}{S * F} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{h_f}{H_\theta}}\right)}{\sqrt{2gH_\theta}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{h_f}{H_\theta}\right)}$$

ÁNGULO DE ESCORA MÁXIMO PERMISIBLE PARA LA ETAPA FINAL DE INUNDACIÓN

$$\theta = 7^\circ$$

CARGA DE AGUA CUANDO SE LOGRA EL ÁNGULO DE ESCORA MÁXIMO PERMISIBLE PARA LA ETAPA FINAL DE INUNDACIÓN

$$H_\theta = 3,7 \text{ m}$$

VOLUMEN DE AGUA QUE SE UTILIZA PARA LLEVAR EL BUQUE DESDE EL ÁNGULO DE

ESCORA MÁXIMO PERMISIBLE EN LA ETAPA FINAL DE INUNDACIÓN θ HASTA LA POSICIÓN DE EQUILIBRIO FINAL θ_f

$$W_\theta = 160 \text{ m}^3$$

$$T_\theta = \frac{2 \cdot 160 \text{ m}^3}{0,12 \text{ m}^2 \cdot 0,54} \cdot \frac{\left(1 - \sqrt{\frac{1,5 \text{ m}}{3,7 \text{ m}}}\right)}{\sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,7 \text{ m}}} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{1,5 \text{ m}}{3,7 \text{ m}}\right)}$$

$$T_\theta = 354 \text{ s} = 5,9 \text{ min}$$

Tiempo necesario desde el comienzo de la inundación compensatoria θ_o hasta alcanzar el ángulo de escora máximo permisible para la etapa final de inundación θ :

$$T = T_f - T_\theta = 12,0 \text{ min} - 5,9 \text{ min} = 6,1 \text{ min}.$$
