

ANEJO 12: DEFENSAS Y BOLARDOS

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	2
2.BUQUE DE CÁLCULO.....	2
3.ENERGIA DE ATRAQUE . CÁLCULO DE DEFENSAS	2
4.CARGAS DE AMARRE. CÁLCULO DE BOLARDOS	5
5. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE AMARRE Y DEFENSAS	7



1. INTRODUCCIÓN

Se quiere determinar el tamaño de la defensa y el bolardo mínimos necesarios para instalar en el muelle de atraque para graneles líquidos en la Dársena Sur del Puerto de Castellón.

Para poder realizar el dimensionamiento de estas defensas, lo normal sería realizarlo para el buque máximo del puerto de Castellón. Pero en ese caso sería sobredimensionar estas defensas de atraque, ya que el buque máximo que pueda entrar al puerto por la bocana no podrá ser atracado en ningún caso debido a sus extensas dimensiones del buque.

2. BUQUE DE CÁLCULO

El buque de mayor capacidad que se espera que use las instalaciones proyectadas es un granelero de 45.000 TPM. Las características de este buque son:

GRANELERO	
ESLORA TOTAL (L)	210 m
MANGA (B)	31 m
CALADO MÁXIMO (D)	11.65 m
ÁREA FRONTAL(AT)	770 m ²
ÁREA LATERAL(AL)	2960 m ²

A_T = Área de proyección transversal del buque expuesta a la acción del viento, en m².

A_L = Área de la proyección longitudinal del buque expuesta a la acción del viento, en m²

siendo:

$$A_T = B \times (G + h_T)$$

$$A_L = L_{PP} \times (G + h_L)$$

3. ENERGÍA DE ATRAQUE. CÁLCULO DE DEFENSAS

Para la maniobra de atraque se adopta una velocidad lateral mediante traslación transversal preponderante en dirección sensiblemente perpendicular a la línea de atraque y con ayuda de remolcadores, según la tabla 3.4.2.3.5.2. de la ROM 0.2-90.

La energía cinética desarrollada por el barco en el atraque puede tomarse igual a (ROM 0.2-90, punto 3.4.2.3.5.):

$$E = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot C_m \cdot \Delta \cdot V_b^2$$

Siendo:

- E: Energía cinética característica, en m.t
- Δ : Desplazamiento, en t
- V_b : Componente normal a la superficie de atraque de la velocidad de aproximación del buque en el momento del impacto, en m/s
- C_m : Coeficiente de masa hidrodinámica (adimensional) = $1 + 2 \cdot (D/B)$
- g: Aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)
- D: Calado del buque de proyecto
- B: Manga del buque de proyecto



Sustituyendo:

- $\Delta = 1.3 \cdot 45.000 \text{ t} = 58500 \text{ t}$
- $V_b = 0,1 \text{ m/s}$

$$C_m = 1 + 2 \left(\frac{11.65}{31} \right) = 1.75$$

$$E = \frac{1}{2 \cdot 9.8} \cdot 1.75 \cdot 58500 \cdot 0,1^2 = 52,2 \text{ mt}$$

La energía a absorber por el sistema de atraque puede aproximarse mediante la siguiente expresión:

$$E_f = f \times E$$

$$f = C_e \times C_g \times C_c \times C_s$$

Siendo:

- E_f : Energía cinética absorbida por el sistema de atraque
- E : Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque
- C_e : Coeficiente de excentricidad
- C_g : Coeficiente geométrico del buque
- C_c : Coeficiente de configuración del atraque
- C_s : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque

Para el cálculo de estos coeficientes se han utilizado los valores reflejados en la ROM 0.2-90, tablas 3.4.2.3.5.4., 3.4.2.3.5.5. y 3.4.2.3.5.6.

C_b : Coeficiente de bloque del buque

$$C_b = \frac{\Delta}{L_{pp} \cdot B \cdot D \cdot \gamma_w} = \frac{58.500}{200 \cdot 31 \cdot 11,651,025} = 0,79$$

$$k = (0,19 \cdot C_b + 0,11)L = (0,19 \cdot 0,79 + 0,11) \cdot 210 = 54,62$$

$$a = 0,25 \times L = 0,25 \times 210 = 52,5$$

$$\gamma = 75^\circ$$

$$C_e = \frac{k^2 + a^2 \cdot \cos^2 \gamma}{k^2 + a^2}$$

$$C_e = 0,55$$

$$C_g = 1,00 \text{ (El impacto se supone en la parte recta del barco)}$$

El coeficiente de configuración del atraque depende de la tipología del muelle:

$$C_c = 0,80 \text{ para muelle de gravedad (estructura maciza)}$$

Para el coeficiente de rigidez del sistema de atraque consideraremos éste como flexible, es decir, que la defensa se deforma más de 0,15 m por efecto del impacto del buque.

$$C_s = 1,00$$

Por tanto, sustituyendo todos los coeficientes, obtenemos la energía que deberán absorber las defensas:

$$E_f = 0,55 \times 1,00 \times 0,80 \times 1,00 \times 54,62 = 24,03 \text{ m.t}$$



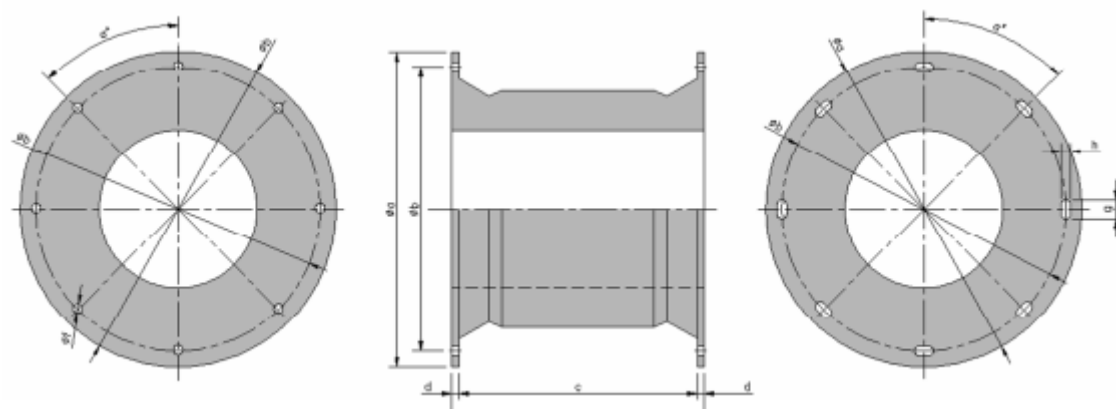
En condiciones extraordinarias el sistema de defensas deberá ser capaz de absorber una energía igual al doble de la calculada (ROM 0.2-90, página 199), esto es 48,06 m.t.

Se propone disponer defensas del tipo SC 1150 H, capaz de absorber una energía total de 53,8 m.t.

En estas condiciones, la reacción transmitida al buque resulta ser de 106,5 t. Disponiéndose un tablero de dimensiones 2,20 x 2,00 m, la presión sobre el caso del buque resulta ser:

$$p = \frac{106,5}{2,2 \cdot 2,0} = 24,2t / m^2$$

Inferior a las 25 t/m², reflejadas en la ROM 0.2-90 (página 198).



Fender	a	b	c	d	e	f	g	h	α	Weight (kg)	NºAnchors/ Metric
SC-400	650	550	364	18	400	30	60	30	90	62	4xM.22
SC-500	650	556	464	18	500	32	64	32	90	86	4xM.22
SC-630	840	708	580	25	630	40	80	40	90	173	4xM.30
SC-800	1050	900	740	30	800	40	80	40	60	372	6xM.30
SC-1000	1300	1100	930	35	1000	45	90	45	60	679	6xM.36
SC-1150	1500	1300	1076	37	1150	50	108	50	60	968	6xM.42
SC-1250	1650	1450	1170	40	1250	55	110	55	60	1317	6xM.42
SC-1450	1850	1650	1370	40	1450	61	122	61	60	2377	6xM.48
SC-1600	2000	1800	1510	45	1600	60	120	60	45	2538	8xM.48
SC-1700	2100	1900	1610	45	1700	66	130	66	45	3604	8xM.56
SC-2000	2200	2000	1900	50	2000	70	140	70	45	4798	8xM.60
SC-2250	2550	2300	2130	60	2250	75	150	75	36	6700	10xM.64
SC-2500	2950	2700	2360	70	2500	75	150	75	36	10020	10xM.64
SC-3000	3500	3250	2830	85	3000	75	150	75	36	16918	10xM.64

Fender		Grade				
		A	B	C	D	E
SC-400	R	128	114	98	76	61
	E	19.1	16.9	14.6	11.3	9
SC-500	R	217	193	167	128	103
	E	39.6	35.1	30.4	23.4	18.7
SC-630	R	339	301	256	200	160
	E	76.5	67.9	57.9	45.3	36.2
SC-800	R	508	451	390	300	240
	E	175	155	134	103	83
SC-1000	R	804	714	618	475	381
	E	351	311	270	207	166
SC-1150	R	1065	945	819	630	504
	E	538	477	414	319	255
SC-1250	R	1256	1114	965	742	595
	E	689	611	531	407	326
SC-1450	R	1691	1501	1301	1000	800
	E	1067	948	821	632	505
SC-1600	R	2060	1829	1585	1219	975
	E	1424	1264	1095	843	674
SC-1700	R	2322	2062	1786	1374	1099
	E	1729	1534	1329	1023	819
SC-2000	R	3215	2853	2473	1902	1521
	E	2812	2496	2164	1664	1332
SC-2250	R	4516	4008	3472	2672	2271
	E	4450	3949	3423	2633	2237
SC-2500	R	5777	4949	4289	3299	2805
	E	6161	5468	4739	3645	3088
SC-3000	R	8835	7841	6792	5224	4420
	E	9475	8409	7284	5602	4740



4. CARGAS DE AMARRE. CÁLCULO DE BOLARDOS

Sólo se consideran como cargas de amarre las producidas por el viento. Para el cálculo de éstas se utilizará la metodología expuesta en la tabla 3.4.2.3.5.9. de la ROM 0.2-90.

Se toma como velocidad del viento (V_v) la correspondiente al valor extremal asociado al máximo riesgo admisible ($V_{v,1min}$).

Para la determinación de los valores extremales asociados a máximos riesgos admisibles se tomarán según los criterios de la ROM 0.4 95.

El valor de $V_{v, 10 \text{ min}}$ se toma de la ROM 0.4-95, gráfico B4, área VII, caracterización extremal:

$$V_{v, 10 \text{ min}} = 29 \text{ m/s}$$

Para tener en cuenta la direccionalidad del viento y el periodo de retorno de los parámetros climáticos de 225 años se consideran los coeficientes.

$K=0,75$ para el viento del SSW (ROM 0.4-95)

$$k_T = 0.75 \sqrt{1 + 0.2 \ln(T)} = 1.082$$

Por lo tanto:

$$V_{v, 10 \text{ min}, \text{SSW}, 50 \text{ años}} = 29 \cdot 1,082 \cdot 0,75 = 23,5 \text{ m/s}$$

Se toman los factores de altura y rugosidad superficial (F_A) y topográfico (F_T) igual a 1, mientras que el factor de ráfaga (F_R) igual a 1.31.

$$V_{v, 1 \text{ min}} = 1,31 \times 23,5 = 30,8 \text{ m/s} \approx 31 \text{ m/s}$$

A_T : Área de la proyección transversal del buque expuesta al viento

$$A_T = 770 \text{ m}^2$$

A_L : Área de la proyección longitudinal del buque expuesta al viento

$$A_L = 2.960 \text{ m}^2$$

Se supone que el eje longitudinal del buque forma un ángulo de 90° con la dirección del viento:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\rho = 1,225 \times 10^{-3} \text{ t/m}^3 \text{ (peso específico del aire)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \text{ (aceleración de la gravedad)}$$

$$C_v = \text{factor de forma (adimensional)} = 1,3$$

$$V_v = 31 \text{ m/s}$$

$$R_v = \frac{\rho}{2 \cdot g} \cdot C_v \cdot V_v^2 \cdot (A_T \cdot \cos^2 \alpha + A_L \cdot \sin^2 \alpha)$$

$$R_v = 231,1 \text{ t}$$

φ = ángulo del eje longitudinal del buque con la dirección de la resultante

$$\varphi = 90^\circ$$

$$F_{TV} = R_v \times \sin \varphi = 231,1 \text{ t}$$

$$F_{LV} = R_v \times \cos \varphi = 0 \text{ t}$$

$$M_{TV} = F_{TV} \times K_e \times L$$

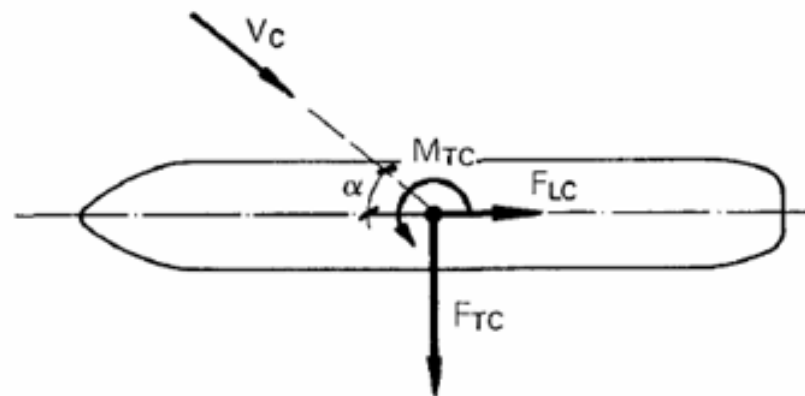


$\alpha(en^\circ)$	$K_{V,e}$					
	BUQUES CON SUPERESTRUCTURA CENTRADA		BUQUES CON SUPERESTRUCTURA A PROA		BUQUES CON SUPERESTRUCTURA A POPA	
	En lastre	A plena carga	En lastre	A plena carga	En lastre	A plena carga
0	0	0	0	0	0	0
30	0,15	0,10	0,33	0,37	0,16	-0,10
60	0,05	0,03	0,18	0,27	0,05	-0,12
90	-0,02	0,02	-0,04	0,16	-0,04	-0,16
120	-0,10	0,10	-0,05	0,12	-0,18	-0,27
150	-0,20	0,10	-0,16	0,10	-0,33	-0,37
180	0	0	0	0	0	0

Tabla Valores del coef. Adimensional de excentricidad según el tipo de buque y α .
(ROM 2.0-11)

$K_e = -0,04$, considerando embarcación en lastre

$$M_{TV} = 231,1 \times 0,04 \times 210 = 1.941,4 \text{ mt}$$



Una vez determinados los esfuerzos resultantes de la actuación de fuerzas de viento sobre el buque amarrado, se considera una configuración geométrica del amarre formada por 6 puntos de amarre, resistiendo cada uno de ellos una tercera parte de la fuerza total.

$$S = \frac{231,1}{3} = 77 \text{ tn}$$

Para tener en cuenta el efecto del momento, lo descomponemos en un par de fuerzas. Una de ellas producirá más tensión en las amarras de popa mientras que la otra disminuirá las de proa (o viceversa). Tomamos una separación entre fuerzas de 168 m ($= 0,8 \times L$), la fuerza que se obtiene será:

$$F = \frac{1.941,4}{168} = 11,6 \text{ tn}$$

Esta fuerza se supone resistida por una sola amarra, por lo que el valor de S (fuerza resistida por una sola amarra) resulta ser:

$$S = 77 + 11,6 = 88,6 \text{ tn}$$

Para tener en consideración los efectos dinámicos se tomará que la carga actuante sobre las amarras es 1,5 veces la teórica calculada (ROM 0.2-90, página 122), por lo que el bolardo a disponer resulta:

$$\text{Bolardo} = 1,5 \times 88,6 = 132,9 \text{ tn}$$



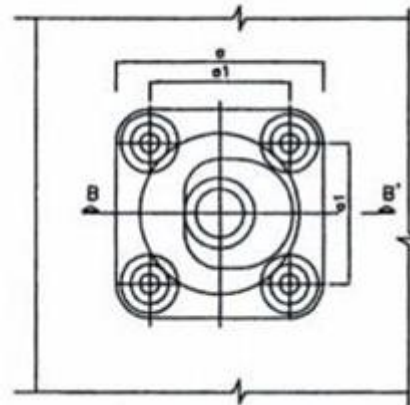
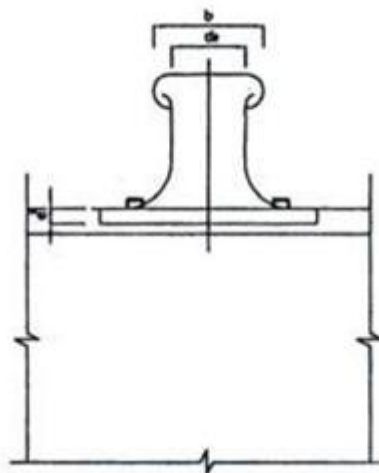
Si se tienen en cuenta los requisitos de la tabla 3.2.4.35.15 de la ROM 0.2-90, las cargas de amarre de tiro de bolardo tienen que ser como mínimo:

TABLA 3.4.2.3.5.15. CARGAS HORIZONTALES MÍNIMAS DE AMARRE PARA BUQUES DE DESPLAZAMIENTO SUPERIOR A 20.000 t	
DESPLAZAMIENTO (en t)	CARGAS DE AMARRE (en t)
20.000 ~ 50.000	80
50.000 ~ 100.000	100
100.000 ~ 200.000	150
> 200.000	200

Tiros Horizontales mínimos (ROM 0.2-90)

Para un desplazamiento de 58.500 t, se deben disponer como mínimos bolardos con un tiro de 100t.

Por lo que se dispondrán bolardos de **150 t** por motivos de seguridad.



Bolardo									
Tiro nominal (Tn)	Dimensiones (mm)								
	a	a1	d	d1	d2	e1	e2	h	b
5	470	270	35	82	170	35	35	290	250
10	500	330	40	90	190	40	40	330	280
15	500	330	42	92	200	40	40	350	300
30	600	400	66	130	230	45	45	410	350
50	730	500	75	140	260	50	50	470	400
75	860	580	80	160	290	60	60	530	450
100	940	640	91	180	320	65	65	590	500
125	1000	700	101	190	350	70	70	650	550
150	1000	700	101	190	380	75	75	710	600
175	1150	800	112	210	410	80	80	760	650
200	1230	850	112	210	410	85	85	800	700

Tabla de características de Bolardos

5. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE AMARRE Y DEFENSES

Según la ROM 02.90, el número y separación óptima entre ejes de defensas para obras de atraque discontinuas, bastarán dos defensas con una distancia entre ejes:

$0.50 \times L$ (para buques de más de 10.000 TPM)

$0.15 \times L$ (para buques menores de 10.000 TPM)

Siendo: L la menor eslora entre buques de proyecto.

Por lo que se ha adoptado cuatro defensas y seis bolardos, en la que su disposición se encuentra en el plano de “Distribución de Defensas y Bolardos”.





ANEJO 12: DEFENSAS Y BOLARDOS