

ANEJO 7 .SISTEMAS DE AMARRE.

Proyecto de ampliación del Puerto Deportivo del Perelló (T.M. Sueca). Servicios.

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN.

2. BOLARDOS.

3. MUERTOS.

3.1. PESO DE LOS MUERTOS

3.2. CALCULO DE LAS CADENAS DE AMARRE Y DISPOSICIÓN DE LOS MUERTOS.

3.3. CALCULO DEL ARMADO DE LOS MUERTOS.

3.3.1. Materiales.

3.3.2. Acciones.

3.3.3. Esfuerzos.

1. INTRODUCCIÓN.

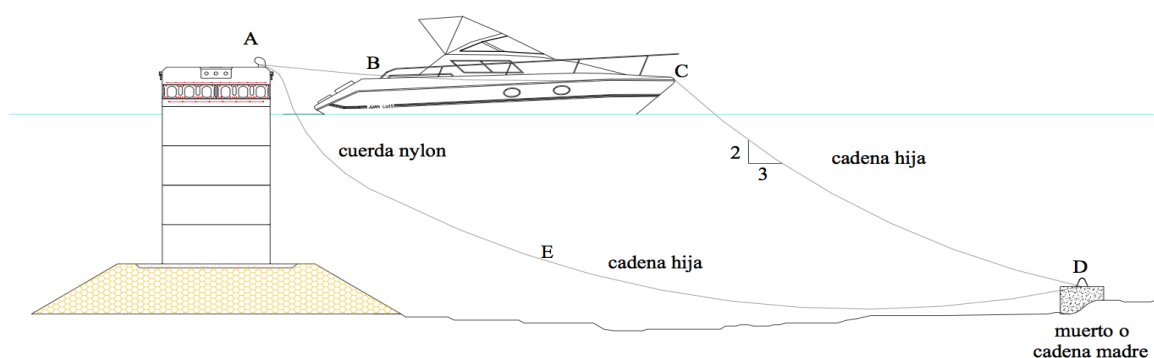
En este anejo se pretende desarrollar los cálculos necesarios para definir el sistema de amarre de las embarcaciones en los nuevos pantalanes del puerto.

Como ya se indica en anejos anteriores, el sistema a disponer sería el de atraque de popa con amarre a muerto en todos los pantalanes, excepto en la zona de combustible donde el amarre será de costado.

El amarre de costado se realiza al fijar la embarcación a los bolardos del cantil del muelle, por lo tanto, el número y resistencia de estos debe ser acordes con las fuerzas de tiro que provocan las embarcaciones.

El amarre a muerto siempre de punta y habitualmente con la proa hacia fuera, permite inmovilizar las embarcaciones de una manera muy efectiva, consiguiéndose mediante elementos muy económicos y que además permiten un máximo aprovechamiento de la superficie de agua abrigada

El esquema siguiente muestra el sistema de amarre:



Como se muestra en la figura, las embarcaciones quedan fijas al amarrarlas en los puntos B y C. El B se tensa con el punto A (bolardos) y el C se encuentra tesado con el punto D (muerto).

Para desamarrar se suelta el punto B, dejando el cabo AB colgando de A y el punto C se prolonga hasta el punto A, de manera que el muerto queda sujeto por los bolardos. De esta forma los esfuerzos transversales son absorbidos por los amarres, bolardos y por el muerto.

En este proyecto se han utilizado muertos de hormigón, junto con dos cuerdas, una de nylon y otra de acero.

2. BOLARDOS.

Los bolardos se dispondrán a lo largo de los pantalanes y en el muelle de atraque. Normalmente, las embarcaciones de este tipo aun con vientos intensos no pueden ejercer sobre los bolardos esfuerzos de consideración, dado su reducido tonelaje. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que puede presentarse una embarcación con motor de gran potencia y que puede darse el caso de que por una falsa maniobra aparezca un tirón de varias toneladas sobre el bolardo al que esta amarrada.

En las instalaciones náutico-deportivas suelen disponerse bolardos capaces de resistir esfuerzos de 10 kN. Se dispondrán dos tipos de bolardos, uno más pequeño, de 150 mm de altura para los amarres de eslora inferior o igual a 9 metros y otro mayor, de 250 mm de altura, para el muelle de recepción y embarcaciones de eslora superior a los 9 m .

El número total de puntos de amarre es de 195.

Cuando el amarre se realiza de punta con amarre a muertos, la separación de los bolardos coincide con el ancho de cada atraque. El número de bolardos a disponer en cada zona de atraque será el número de embarcaciones más uno, debido a que cada embarcación está amarrada a dos bolardos que delimitan el ancho de cada atraque.

Cuando el amarre se realiza de costado la separación de los bolardos debe ser aproximadamente un 15% mayor que la eslora de las embarcaciones para las cuales se proyecte el punto de amarre.

La separación de los bolardos según el tipo de embarcaciones es la siguiente:

Zona	Eslora (m)	Nº Amarres	Distancia entre bolardos (m)	Nº Bolardos a disponer
Pantalán 1 izq.	< 7	13	3	14
Pantalán 1 drcha.	< 7	14	3	15
Pantalán 2 izq.	< 7	18	3	19
Pantalán 2 drcha.	< 7	19	3	20
Pantalán 3 izq.	< 7	21	3	22
Pantalán 3 drcha.	< 7	23	3	24
Pantalán 4 izq.	< 7	22	3	23
Pantalán 4 drcha.	9	16	4,2	17
Pantalán 5 izq.	9	15	4,2	16
Pantalán 5 drcha.	10	13	4,8	14
Pantalán 6 izq.	10	6	4,8	7
Pantalán 6 izq. (*)	>10	6	5,4	6
Pantalán 6 drcha.	>10	9	5,4	10
TOTAL				207

(*) El pantalán 6 se divide en espacios para albergar tanto embarcaciones de hasta 10 m como para más de 10 metros de eslora.

Por tanto se colocaran:

- a) 170 bolardos de 150 mm de alto.
- b) 37 bolardos de 250 mm de alto.

Para el amarre de costado en la zona de combustible diseñaremos 4 bolardos, dos de ellos para embarcaciones menores y los otros dos para mayores de 9 metros. Por lo tanto, los más próximos a la zona de circulación tendrán una separación de 11,5 m y los otros dos interiores, de 10,35m.

3. MUERTOS.

3.1. Peso de los muertos.

Los muertos se dimensionan teniendo en cuenta que el peso de los muertos debe ser igual a la suma de la componente vertical y la horizontal de la tensión de amarre.

La acción más restrictiva en el dimensionamiento de los muertos es la acción del viento sobre las embarcaciones, ya que el esfuerzo del oleaje sobre las embarcaciones se considera despreciable frente a la acción del viento sobre ellas.

Para el calcula de la fuerza que el viento puede ejercer sobre las embarcaciones, consideramos el viento actuando de proa a popa sobre los barcos. La presión que ejerce el viento se corresponde con la siguiente expresión:

$$P = C * W = C * \frac{V^2}{16}$$

Donde:

P - Presión, en (kg/m²), ejercida sobre la proyección perpendicular a la dirección del viento de la superficie sobre la que actúa éste.

C - Coeficiente eólico. Depende de la forma de la superficie de la embarcación y del ángulo de incidencia del viento. Se considerará C = 0.8.

V - Velocidad del viento, en (m/s). Considerando la situación topográfica expuesta y estando a nivel del mar se tomará V=40 m/s.

Con los datos expuestos, la presión que ejerce el viento sobre el casco de las embarcaciones será:

$$P = C * W = C * \frac{V^2}{16} = 0,8 * \frac{40^2}{16} = 80 \text{ kg/ m}^2$$

Admitiendo que la proyección vertical de la superficie de aplicación de esta presión es un rectángulo de base la manga (M) de la embarcación y de altura la de la proa (h), la fuerza resultante horizontal que ejerce el viento sobre cada embarcación vendrá dada por la siguiente expresión:

$$F_h = P \cdot A_T = P \cdot m \cdot h = 80 \cdot m \cdot h$$

Para determinar la altura de proa sobre el nivel del mar se ha adoptado la siguiente expresión:

$$h = (E-1)/6$$

Donde:

E: Eslora (m).

h: Altura de proa sobre el nivel del mar (m).

Despreciando la curvatura de la catenaria que describe la cadena, la amarra del muerto tensada tiene una inclinación de pendiente 2/3 por lo que la componente vertical de la tensión de amarre será:

$$F_v = \frac{2}{3} \cdot F_h$$

De forma que el peso del muerto vendrá dado por:

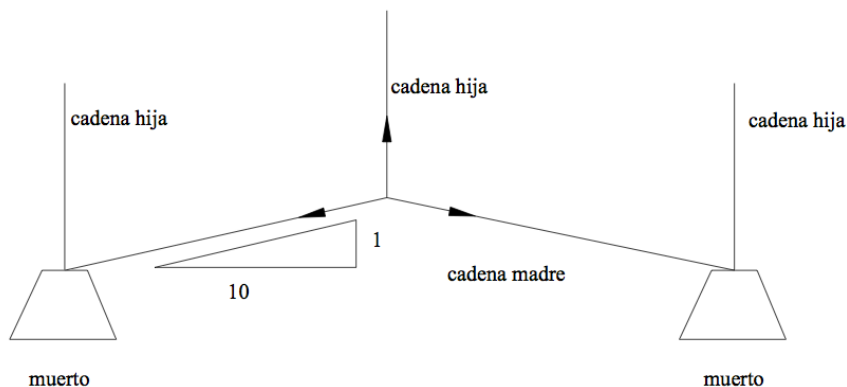
$$P = F_v + F_h$$

Si se colocan muertos individuales se obtienen, por aplicación directa de las últimas expresiones, los siguientes pesos:

Eslora (m)	Manga (m)	Altura de proa (m)	F _h (kg)	F _v (kg)	Peso del Muerto individual (kg)
< 7	3	1	240	160	400
9	4,2	1,33	446,88	297,92	744,8
10	4,8	1,5	576	384	960
>10	5,4	1,83	790,56	527,04	1317,6

3.2 Calculo de las cadenas de amarre y disposición de los muertos.

La disposición más habitual de los muertos es colocarnos de forma alterna, con cadena de flecha 1/10. El esquema de fuerzas es el siguiente:



Planteando equilibrio de fuerzas en las cadenas se deducen la siguientes expresiones:

$$E_{ch} = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} \quad E_{cm} = \frac{E_{ch}}{2 \cdot \sin 5,71^\circ} = 5 * E_{ch}$$

Es aconsejable no adoptar para las cadenas valores inferiores al calibre 12 mm, luego consideraremos este límite como inferior. Se considera que la tensión de trabajo de la cadena es de 600 kg/cm², por lo que, al ser soportado el esfuerzo de la cadena por dos secciones, se habrá de cumplir:

$$\frac{E_{ch}}{2 * \frac{\pi * C_{ch}^2}{4}} \leq 600 \quad \frac{E_{cm}}{2 * \frac{\pi * C_{cm}^2}{4}} \leq 600$$

De forma que los calibres mínimos resultantes para cada cadena vendrán limitados por:

$$C_{ch} \geq \sqrt{\frac{4 * E_{ch}}{2 * 600 * \pi}} \quad C_{cm} \geq \sqrt{\frac{4 * E_{cm}}{2 * 600 * \pi}}$$

En la siguiente tabla se resumen los cálculos realizados para obtener los calibres mínimos de las cadenas. En la solución adoptada se tomarán los calibres normalizados más adecuados.

Eslera (m)	E_{ch}	E_{cm}	C_{ch} (mm) >	C_{cm} (mm) >
< 7	288,44	1442,2	5,532	12,37
9	537,083	2685,415	7,549	16,88
10	692,26	3461,3	8,57	19,16
> 10	950,135	4750,675	10,04	22,45

Los calibres de las cadenas se han tomado de catálogos de empresas dedicadas al suministro y fabricación de este tipo de productos, y de la misma manera, se han obtenido las dimensiones y pesos estándar de los muertos. Por lo tanto, las soluciones adoptadas son las siguientes:

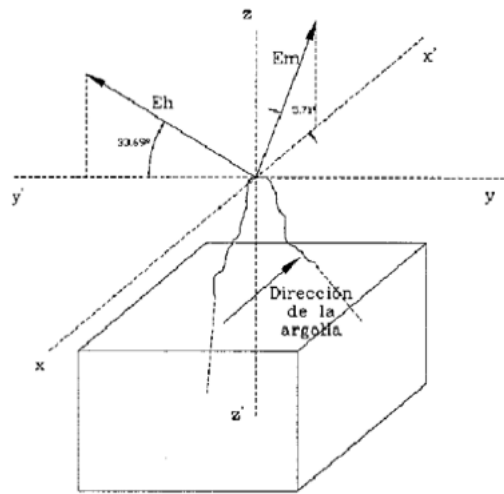
Eslera (m)	Muerto Hormigón.	Base (m)	Altura (m)	C_{ch} (mm)	C_{cm} (mm)
< 7	600 kg	0,9 x 0,9	0,45	12	14
9	1250 kg	1,2 x 1,2	0,54	12	18
10	1250 kg	1,2 x 1,2	0,54	12	20
> 10	2500 kg	1,4 x 1,4	0,76	12	24

En cuanto a la disposición de los muertos, se ha optado por colocar muertos alternos, de forma que existirán 2 muertos, unidos mediante cadenas madre, por cada 4 embarcaciones. Por tanto contamos con 100 muertos dentro del puerto. Esto se contempla en el plano correspondiente del Documento nº2

3.3. Cálculo del armado de los muertos.

3.3.1. Materiales.

Los muertos serán de hormigón armado HA-25/P/20/IIIb Qb con acero B500T.



3.3.2. Acciones.

Al estar los muertos colocados de forma alterna, el muerto está conectado a una cadena hija y a una cadena madre. Las acciones son las siguientes:

$$E_{ch} = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = \sqrt{F_h^2 + \left(\frac{2}{3}F_h\right)^2} = 1,2F_h$$

$$E_{cm} = 5 * 1,2 * F_h = 6 * F_h$$

3.3.3. Esfuerzos.

Tomamos como coeficiente de combinación 1,6.

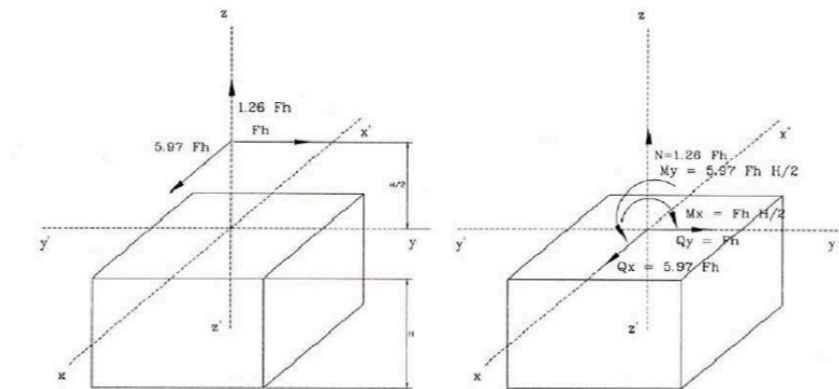
$$N_{tracción} = E_{ch} * \text{sen}(33,69) + E_{cm} * \text{sen}(5,71) = 1,26 * F_h$$

$$Q_y = E_{ch} * \cos(33,69) = F_h$$

$$Q_x = E_{ch} * \cos(5,71) = 5,97 * F_h$$

$$M_x = Q_y \frac{H}{2} = F_h \frac{H}{2}$$

$$M_y = Q_x \frac{H}{2} = 5,97F_h \frac{H}{2}$$



Recordando valores:

Eslora (m)	F_h (kN)	F_v (kN)	Dimensiones del muerto
< 7	2,35	1,568	0,9 x 0,9 x 0,45
9	4,38	2,92	1,2 x 1,2 x 0,54
10	5,64	3,76	1,2 x 1,2 x 0,54
>10	7,75	5,164	1,4 x 1,4 x 0,76

Por tanto, los valores obtenidos son:

Muerto	Q_{xd} (kN)	Q_{yd} (kN)	M_{xd} (kN.m)	M_{yd} (kN.m)
600 kg	14,23	2,38	0,52	3,22
1250 kg	53,87	9,024	1,52	9,07
2500 kg	74,03	12,4	2,945	17,58

Se puede observar que los esfuerzos que deben soportar los muertos son de poca importancia y estructuralmente podrían ser resistidos por la propia sección de hormigón. Al tratarse de un elemento con las tres dimensiones muy similares no son aplicables las especificaciones de armado mínimo para elementos lineales contempladas en la EHE.

No obstante se dispondrá de armadura para controlar la fisuración del hormigón. Se dispondrán mallazos de alambres B500T de 6 mm de diámetro en ambas direcciones en una superficie de 20x20 cm. Se distribuirán de forma uniforme en toda la altura del elemento. En el siguiente cuadro se especifican las armaduras a disponer en cada uno de los elementos, mostrando un detalle del mismo en el Documento Planos.

Muerto	Base (m)	Altura (m)	Armadura	Separación (cm)
600 kg	0,9 x 0,9	0,45	ME 20x20 AΦ6-6 B500T 0,7x0,7	25
1250 kg	1,2 x 1,2	0,54	ME 20x20 AΦ6-6 B500T 1x1	17
2500 kg	1,4 x 1,4	0,76	ME 20x20 AΦ6-6 B500T 1,2x1,2	28