

Proyecto básico de terminal exterior de atraque para  
cruceros de tamaño medio en Benidorm (Alicante).  
Obra de atraque exterior.

Anejo nº 5  
Estudio de soluciones

Autor:

Víctor Martí Grau

## ÍNDICE

1. Introducción	pág. 2
2. Área de maniobras	pág. 3
3. Calado mínimo	pág. 4
4. Emplazamiento	pág. 11
5. Alternativas de proyecto	pág. 12
6. Criterios y ponderaciones	pág. 13
7. Valoración	pág. 15

## 1. Introducción

El objeto de este anejo es evaluar cuál es el emplazamiento más adecuado para construir la terminal en un área tan amplia como es la bahía de Benidorm, y decidir cuál de las tipologías estructurales que sería posible ejecutar es la que mejor se adapta a las necesidades y condiciones existentes en el emplazamiento.

El emplazamiento debe estar en algún punto ubicado entre la línea de costa y el Islote de Benidorm. La selección de este punto debe hacerse considerando los siguientes criterios:

- A) Debe existir un área navegable suficientemente amplia entre la terminal y la costa para que los buques puedan efectuar las maniobras necesarias.
- B) Debe haber un calado suficiente para el buque de proyecto en todos los puntos del recorrido más desfavorable que pueda realizar.
- C) Las condiciones geotécnicas del terreno han de ser suficientes para garantizar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y funcionalidad de la estructura.
- D) El punto elegido ha de tener la mínima profundidad posible que permita cumplir con los anteriores condicionantes.

Las condiciones geotécnicas se tratan en el anejo de geología y geotécnia. En este anejo se detalla el procedimiento para determinar el área de maniobras necesaria, el calado mínimo y la selección del emplazamiento por métodos gráficos.

La selección de la tipología estructural se hace mediante un método de análisis multicriterio. Esta herramienta permite una selección objetiva de la solución más adecuada teniendo en cuenta las condiciones de contorno y los criterios directores.

El primer paso de este proceso es definir las alternativas que se van a considerar en el análisis y estudiar sus características.

En segundo lugar se establecen los criterios que han de regir la decisión. Esto es, aquéllos parámetros y objetivos que se deben perseguir y cumplir en mayor o menor grado para que la solución sea adecuada.

En tercer lugar se establece una ponderación de los criterios elegidos; un peso relativo según la importancia relativa de los criterios comparados entre sí.

Finalmente, se decide la valoración de cada uno de los criterios para cada una de las soluciones, habiendo establecido previamente una escala de valores, y se aplica la ponderación de los valores consignados en cada criterio.

La solución a adoptar es la que obtenga una puntuación mayor después de sumar todos los puntos obtenidos en cada criterio.

Las alternativas planteadas, en resumen, son:

- I) Plataforma sustentada por pilotes cimentados en una banqueta
- II) Cajones flotantes cimentados en una banqueta
- III) Plataforma flotante anclada

## 2. Área de maniobras

Al tratarse de una terminal exterior se ha decidido que los buques han de poder efectuar si fuere necesario la maniobra de parada en círculo. Esta es la maniobra que requiere más espacio, por tanto será suficiente para todas las demás maniobras.

Para su cálculo se sigue el procedimiento de la ROM 3.1-99, art. 8.6.3.1 mostrado en la figura 2.1.

A falta de estudios de mayor detalle podrán utilizarse los valores siguientes de los diámetros del círculo:

- Operación de buques con una sola hélice

Profundidad de agua	Diámetro del círculo	
	Recomendado	Mínimo
$\geq 5.0 D$	$8 L_{pp}$	$6 L_{pp}$
$1,5 D$	$10 L_{pp}$	$7 L_{pp}$
$\leq 1,2 D$	$16 L_{pp}$	$10 L_{pp}$

siendo  $D$  el calado del buque y  $L_{pp}$  la Eslora entre perpendiculares.

Figura 2.1

Las características del buque de proyecto se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características del buque de proyecto	
TPM (t)	50 000
Desplazamiento $\Delta$ (t)	29 000
Eslora total $L$ (m)	234.0
Eslora entre perpendiculares $L_{pp}$ (m)	199.0
Manga $B$ (m)	32.2
Puntal $T$ (m)	18.0
Calado $D$ (m)	7.1
Coefficiente de bloque	0.64
TRB (t)	40 000

Usando como referencia batimétrica la carta náutica de la ensenada de Benidorm presentada en el plano de batimetría, con profundidades referidas a la mayor bajamar, se comprueba que la maniobra se desarrollará en profundidades de agua mayores que  $1.5D(10.65\text{m})$  y menores que  $5D(35.5\text{m})$ .

Los diámetros mínimo y recomendado del círculo de parada se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Círculo de parada	
<b>Diámetro del círculo recomendado, <math>10L_{pp}</math></b>	1990 m
<b>Diámetro del círculo mínimo, <math>7L_{pp}</math></b>	1393 m

Desde el punto de vista de la seguridad, se ha decidido utilizar el diámetro recomendado. Por lo tanto el área de maniobras será un círculo de diámetro 1990 m tangente a la línea de atraque del muelle.

### 3. Calado mínimo

Para el cálculo del calado mínimo necesario se sigue el procedimiento de la ROM 3.1-99 de requerimientos en alzado. Se consideran una serie de factores relacionados con el buque, con el nivel de las aguas y con el fondo.

Puesto que los datos batimétricos están referidos a la mayor bajamar, no es necesario estudiar los factores relacionados con el nivel de las aguas.

Los factores relacionados con el buque se engloban dentro del símbolo  $H_1$ . A continuación se describen todos estos factores y se detalla su cálculo:

#### Factores relacionados con el buque

- **El calado estático del buque ( $D_e$ )**

Corresponde al crucero de mayor calado que puede operar, es decir, el buque de proyecto; calculado para flotación en agua de mar a plena carga.

$$D_e = 7.1 \text{ m}$$

- **Cambios en la densidad del agua**

El cambio de calado del buque ( $d_s$ ) producido por la variación en la densidad del agua sólo se tiene en cuenta cuando un buque pasa de navegar en agua salada a agua dulce. Esta situación no se presenta en este proyecto.

$$d_s = 0 \text{ m}$$

- **Sobrecalado por distribución de cargas**

Incrementos de calado ( $d_g$ ) por trimados, escoras, etc. producido por ciertas condiciones de carga. Su mayor valor se alcanza a proa o a popa. Según la ROM para cruceros puede cifrarse en  $0.0020L_{pp}$ .

$$d_g = 0.398 \text{ m}$$

- **Trimado dinámico**

El incremento de calado ( $d_t$ ) producido por el movimiento del buque a una velocidad determinada. Su cálculo se realiza con la fórmula de Huuska/Guliev/Icorels:

$$d_t = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}} K_s \quad (1)$$

$d_t$ : valor máximo del trimado dinámico (m)

$\nabla$ : volumen de desplazamiento del buque ( $m^3$ )

$F_{nh} = \frac{V_r}{\sqrt{gh}}$ ;      número de Froude

$V_r$ : velocidad relativa del buque respecto al agua (m/s)

$K_s$ : coeficiente de valor 1 para zonas sin restricciones laterales

$h$ : profundidad del agua en reposo (m)

Este efecto sólo se produce durante la maniobra de parada, puesto que para las velocidades menores a 1 m/s del área de atraque este efecto es despreciable. El número de Froud se ha tomado igual a 0,7 que es el límite que recomienda la ROM 3.1-99, siendo este un valor muy aproximado al que habrá realmente de acuerdo con los límites de velocidad establecidos y la profundidad de agua existente, resultando en un cálculo ligeramente del lado de la seguridad.

$$d_t = 2.4 \cdot \frac{29000}{1.025 \cdot 199^2} \cdot \frac{0.7^2}{\sqrt{1-0.7^2}} \cdot 1 = 1.177 \text{ m}$$

$$d_t = 1.177 \text{ m}$$

- **Movimientos a causa del oleaje**

El incremento ( $d_w$ ) en los requerimientos de calado se obtiene de la figura 3.1.

TABLA 7.1. MOVIMIENTOS VERTICALES DEL BUQUE DEBIDOS A LA ACCION DEL OLEAJE								
	Altura de la ola (m)							
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Eslora del buque ( $L_{pp}$ en m)	Desplazamiento vertical (m)							
75	0,10	0,17	0,34	0,58	0,76	1,02	1,30	1,58
100	0,05	0,14	0,28	0,46	0,65	0,87	1,12	1,36
150	0,00	0,09	0,20	0,34	0,51	0,69	0,87	1,08
200	0,00	0,05	0,15	0,26	0,40	0,57	0,72	0,92
250	0,00	0,03	0,10	0,21	0,33	0,48	0,63	0,80
300	0,00	0,00	0,07	0,16	0,25	0,39	0,56	0,68
400	0,00	0,00	0,04	0,11	0,18	0,31	0,51	0,58

Figura 3.1

Para este cálculo hay tres posibles situaciones de proyecto. El movimiento vertical durante la maniobra de parada, el movimiento vertical mientras el buque esta atracado con oleaje longitudinal, y el movimiento vertical mientras el buque esta atracado con oleaje transversal. Se considera para todos los casos el máximo oleaje posible según las condiciones de operación. En el caso del buque atracado se ha considerado el límite de operación que permite el atraque.

Los valores de la tabla están afectados con una serie de coeficientes que dependen del riesgo máximo admisible, la dirección del oleaje y la velocidad del buque, de acuerdo con la tabla 7.1 ROM 3.1-99.

$$E_{\text{máx}} = 0.5 \text{ (tabla 2.2 ROM 3.1-99)}$$

$$\text{Maniobra: } d_w = 0.15 \cdot 1.5 \cdot 1.35 \cdot 1.7 = 0.516 \text{ m}$$

$$\text{Atracque con oleaje longitudinal: } d_w = 0.15 \cdot 1.85 \cdot 1.45 = 0.402 \text{ m}$$

$$\text{Atracque con oleaje transversal: } d_w = 0.15 \cdot 1.85 \cdot 1.7 = 0.472 \text{ m}$$

$$d_{wm} = 0.516 \text{ m}$$

$$d_{wa} = 0.472 \text{ m}$$

• **Escoras del buque por la acción del viento**

El sobrecalado ( $d_v$ ) para buques de casco plano y acción de viento transversal se determina mediante las siguientes expresiones:

$$d_v = \frac{B \sin \theta_{TV}}{2} \quad (2)$$

$$\tan \theta_{TV} = \frac{F_{TV} \cdot d_{vd}}{\gamma_w \cdot (I - \nabla \cdot d_{bg})} \quad (3)$$

$$I = \frac{\pi \cdot L_{pp} \cdot B^3}{64} \quad (4)$$

$$d_{bg} = KG - D \cdot \left(0.84 - \frac{0.33 \cdot C_b}{0.18 + 0.87 \cdot C_b}\right) \quad (5)$$

Siendo:

$d_v$ : valor del sobrecalado (m)

$\theta_{TV}$ : ángulo de balance del buque por acción de viento transversal

$F_{TV}$ : resultante de la acción de viento

$d_{vd}$ : distancia vertical entre la línea de acción del viento y el centro de deriva

$d_{bg}$ : distancia vertical entre el cdg de pesos y el de empujes

$I$ : momento de inercia de la superficie de isocarena respecto al eje longitudinal

$\nabla$ : desplazamiento del buque

$C_b$ : coeficiente de bloque al calado  $D$

$B$ : manga del buque

$KG$ : altura del centro de gravedad de pesos sobre la quilla

El viento que se considera para el cálculo es el máximo que permiten las condiciones de operación. Para el cálculo de la fuerza resultante de viento transversal se ha seguido el procedimiento de la tabla 4.1 ROM 3.1-99.

Las situaciones de proyecto a evaluar son la de buque maniobrando y la de buque amarrado.

**Buque maniobrando  $d_v = 0.222 \text{ m}$**

$$R_v = \frac{\rho}{2g} \cdot V_{vr}^2 \cdot \left( \frac{C_{vl} \cdot A_{TV} \cdot \cos^2 \alpha_{vr} + C_{VT} \cdot A_{LV} \cdot \sin^2 \alpha_{vr}}{\cos(\varphi_v - \alpha_{vr})} \right) = 47.16 \text{ t}$$

$$V_{vr} = \sqrt{V_V^2 + V_{cr}^2} = 12.5 \text{ m/s} \quad \alpha_{vr} = \arctan \frac{V_V}{V_{cr}} = 53.13^\circ$$

$$V_V = 10 \text{ m/s} \quad V_{cr} = 7.5 \text{ m/s} \quad \tan \varphi_v = \frac{A_{LV}}{A_{TV}} \tan \alpha_{vr} \rightarrow \varphi_v = 82.26^\circ$$

$$A_{TV} = B(G + h_t) = 32.2(18 - 7.1 + 17) = 898.38 \text{ m}^2$$

$$A_{LV} = L_{pp}(G + h_l) = 32.2(18 - 7.1 + 14) = 4955.1 \text{ m}^2$$

$$C_{VL} = 0.8 \quad C_{VT} = 1.25 \quad \rho = 1.225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3$$

$$F_{TV} = R_v \cdot \sin \varphi_v = 46.73 \text{ t}$$

$$\tan \theta_{TV} = \frac{F_{TV} \cdot d_{vd}}{\gamma_w \cdot (I - \nabla \cdot d_{bg})} \rightarrow \theta_{TV} = 0.790736^\circ$$

$$\gamma_w = 1.025 \text{ t/m}^3$$

$$d_{vd} = \frac{10.9+17}{2} + 7.1 - 0.5 \cdot 7.1 = 17.5 \text{ m}$$

$$d_{bg} = 13.57 \text{ m} \quad KG = \frac{18+17}{2} = 17.5 \text{ m} \quad C_b = 0.64$$

**Buque parado en el muelle previo al amarre  $d_v = 0.184 \text{ m}$**

$$R_v = 38.67 \text{ t} = F_{TV} \quad V_V = V_{vr} = 10 \text{ m/s} \quad V_{cr} = 0 \text{ m/s} \quad \alpha_{vr} = 90^\circ \quad \varphi_V = 90^\circ \quad \theta_{TV} = 0.6544^\circ \quad d_{vd} = \frac{10.9+17}{2} + 7.1 - 0.5 \cdot 7.1 = 17.5 \text{ m}$$

• **Escoras del buque por la acción de la corriente**

El sobrecalado ( $d_c$ ) sólo se considera para corrientes de actuación variable, como es el caso de cambios de alineación del buque, y se determina mediante las siguientes expresiones:

$$d_c = \frac{B \sin \theta_{TC}}{2} \quad (6)$$

$$\tan \theta_{TC} = \frac{F_{TC} \cdot d_{cg}}{\gamma_w \cdot (I - \nabla \cdot d_{bg})} \quad (7)$$

$$I = \frac{\pi \cdot L_{pp} \cdot B^3}{64} \quad (8)$$

$$d_{bg} = KG - D \cdot \left(0.84 - \frac{0.33 \cdot C_b}{0.18 + 0.87 \cdot C_b}\right) \quad (9)$$

Siendo:

$d_c$ : valor del sobrecalado (m)

$\theta_{TC}$ : ángulo de balance del buque por acción de la corriente transversal

$F_{TC}$ : resultante de la acción de la corriente

$d_{cg}$ : distancia vertical entre la línea de acción de la corriente y el centro de gravedad del buque.

$d_{bg}$ : distancia vertical entre el cdg de pesos y el de empujes

$I$ : momento de inercia de la superficie de isocarena respecto al eje longitudinal

$\nabla$ : desplazamiento del buque

$C_b$ : coeficiente de bloque al calado  $D$

$B$ : manga del buque

$KG$ : altura del centro de gravedad de pesos sobre la quilla

**Buque maniobrando  $d_c = 0.725 \text{ m}$**

$$R_v = \frac{\gamma_w}{2g} \cdot V_{cr}^2 \cdot \left( \frac{C_{CL} \cdot A_{TC} \cdot \cos^2 \alpha_{cr} + C_{CT} \cdot A_{LC} \cdot \sin^2 \alpha_{cr}}{\cos(\varphi_{CP} - \alpha_{cr})} \right) = 502.51 \text{ t}$$

$$V_{cr} = \sqrt{V_C^2 + V_{vr}^2} = 7.512 \text{ m/s} \quad \alpha_{vr} = \text{atan} \frac{V_V}{V_{cr}} = 3.814^\circ$$

$$V_C = 0.5 \text{ m/s} \quad V_{vr} = 7.5 \text{ m/s} \quad \tan \varphi_{CP} = \frac{A_{LC}}{A_{TC}} \tan \alpha_{cr} \rightarrow \varphi_{CP} = 22.392^\circ$$

$$A_{LC} = L_{pp} \cdot D = 199 \cdot 7.1 = 1412.9 \text{ m}^2$$



$$A_{TC} = B \cdot D = 32.2 \cdot 7.1 = 228.62 \text{ m}^2$$

$$C_{CL} = 0.6 \quad C_{CT} = 4 \quad F_{TC} = R_{CP} \cdot \sin \varphi_{CP} = 191.43 \text{ t}$$

$$\tan \theta_{TV} = \frac{F_{TV} \cdot d_{vd}}{\gamma_w \cdot (I - \nabla \cdot d_{bg})} \rightarrow \theta_{TV} = 2.58057^\circ$$

$$\gamma_w = 1.025 \text{ t/m}^3$$

$$d_{cg} = \frac{18+17}{2} - 0.5 \cdot 7.1 = 13.95 \text{ m}$$

$$d_{bg} = 13.57 \text{ m} \quad KG = \frac{18+17}{2} = 17.5 \text{ m} \quad C_b = 0.64$$

En el caso de buque parado en la terminal la corriente no tiene efecto en el movimiento vertical puesto que se alcanza un régimen de equilibrio.

- **Escoras del buque por cambios de rumbo**

El sobrecaído ( $d_r$ ) para buques de casco plano se determina mediante las siguientes expresiones:

$$d_r = \frac{B \sin \theta_{CR}}{2} \quad (10)$$

$$\tan \theta_{CR} = \frac{F_c \cdot d_{dg}}{\gamma_w \cdot (I - \nabla \cdot d_{bg})} \quad (11)$$

$$F_c = \frac{M \cdot V_L^2}{R} \quad (12)$$

$$I = \frac{\pi \cdot L_{pp} \cdot B^3}{64} \quad (13)$$

$$d_{bg} = KG - D \cdot \left(0.84 - \frac{0.33 \cdot C_b}{0.18 + 0.87 \cdot C_b}\right) \quad (14)$$

Siendo:

$d_r$ : valor del sobrecaído (m)

$\theta_{CR}$ : ángulo de balance del buque por la fuerza centrífuga

$F_c$ : fuerza centrífuga

$d_{dg}$ : distancia vertical entre el centro de deriva y el centro de gravedad del barco

$d_{bg}$ : distancia vertical entre el cdg de pesos y el de empujes

$I$ : momento de inercia de la superficie de isocarena respecto al eje longitudinal

$\nabla$ : desplazamiento del buque

$C_b$ : coeficiente de bloque al calado  $D$

$B$ : manga del buque

$KG$ : altura del centro de gravedad de pesos sobre la quilla

$M$ : masa del buque incluida el agua que mueve con él

$V_L$ : velocidad lineal absoluta del buque

En el caso de buque parado o atracando el valor de este movimiento es 0.

**Buque maniobrando  $d_r = 0.633 \text{ m}$**

$$F_c = \frac{M \cdot V_L^2}{R} = \frac{29000}{9.81} \cdot \frac{7.5^2}{\frac{1990}{2}} = 167.12 \text{ t}$$

$$d_{dg} = \frac{18+17-7.1}{2} = 13.95 \text{ m} \quad d_{bg} = 13.57 \text{ m}$$

$$\theta_{CR} = 2.25322^\circ$$

- **Resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque ( $rv_{sm}$ ) y margen de seguridad ( $rv_{sd}$ ).**

Según la carta náutica consultada el fondo de la bahía es en mayor proporción fangoso con algunas zonas de arenas.

Por tanto, en la zona de maniobra:

$$rv_{sm} = 0.6 \text{ m}$$

$$rv_{sd} = 0.3 \text{ m}$$

Y fondeado en el muelle:

$$rv_{sm} = 0.0 \text{ m}$$

$$rv_{sd} = 0.3 \text{ m}$$

En las tablas 3.1 y 3.2 se resumen los factores relacionados con el buque.

Tabla 3.1 Factores del buque en maniobras	
Calado estático (De)	7.100 m
Distribución de cargas (dg)	0.398 m
Trimado dinámico (dt)	1.177 m
Oleaje (dw)	0.516 m
Viento (dv)	0.222 m
Corriente (dc)	0.725 m
Cambio de rumbo (dr)	0.633 m
Resguardo de control (rvsm)	0.600 m
Resguardo de seguridad (rvsd)	0.300 m

Tabla 3.2 Factores del buque fondeado	
Calado estático (De)	7.100 m
Distribución de cargas (dg)	0.398 m
Trimado dinámico (dt)	0.000 m
Oleaje (dw)	0.472 m
Viento (dv)	0.184 m
Corriente (dc)	0.000 m
Cambio de rumbo (dr)	0.000 m
Resguardo de control (rvsm)	0.000 m
Resguardo de seguridad (rvsd)	0.300 m

Determinación de la cota más baja que puede alcanzar el buque en desplazamiento:

$$\text{En la crujía: } H_{1c} = D_e + d_g + d_t + 0.7d_w + rv_{sm} + rv_{sd} = 9.936 \text{ m}$$

$$\text{En las bandas: } H_{1b} = D_e + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7rv_{sm} + rv_{sd}$$

$$H_{1b} = 11.491 \text{ m}$$

Determinación de la cota más baja que puede alcanzar el buque fondeado:

$$\text{En la crujía: } H_{1c} = D_e + d_g + d_t + 0.7d_w + rv_{sm} + rv_{sd} = 8.128 \text{ m}$$

$$\text{En las bandas: } H_{1b} = D_e + d_g + d_t + d_w + d_v + d_c + d_r + 0.7rv_{sm} + rv_{sd}$$

$$\mathbf{H_{1b} = 8.454 \text{ m}}$$

Los factores relacionados con el fondo se engloban dentro del símbolo  $H_3$ . Sólo incluye la imprecisión de la batimetría.

El margen para las imprecisiones de la batimetría en aguas exteriores sin sistemas de compensación del oleaje es:

$$\mathbf{H_3 = 0.25 \text{ m} + 1\% \text{ prof.} = 0.35 \text{ m}}$$

Finalmente para hallar el calado mínimo sólo hay que calcular  $H_1 + H_3$ .

**El calado mínimo necesario en la zona de atraque es de 8.454 m.**

**El calado mínimo necesario en la zona de maniobras es de 11.841 m.**

## 4. Emplazamiento

El lugar del emplazamiento, seleccionado teniendo en cuenta la profundidad mínima en la que el buque de proyecto puede realizar la maniobra de parada en círculo así como la distancia suficiente para realizar dicha maniobra sin invadir la zona protegida de 200 m paralela a la línea de costa, es un punto con las siguientes coordenadas:

COORDENADAS EMPLAZAMIENTO	
<b>Longitud:</b>	$0^{\circ} 8' 1.8'' W$
<b>Latitud:</b>	$38^{\circ} 30' 58.2'' N$

En este punto la profundidad a la que se encuentra el terreno natural es de 31 m respecto a la BMVE.

La figura 4.1 muestra gráficamente el área de maniobra superpuesta al plano de batimetría.

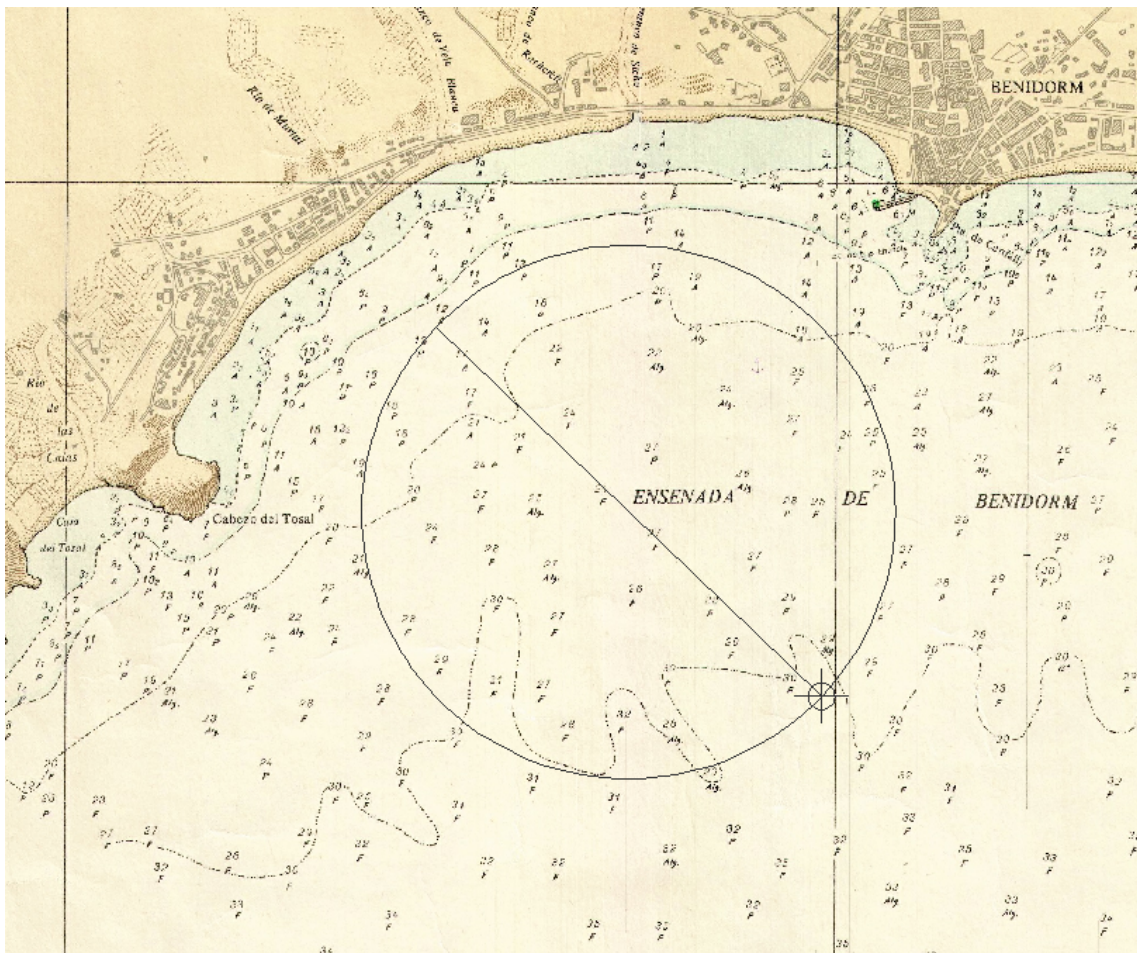


Figura 4.1

## 5. Alternativas de proyecto

El objetivo de la obra es dotar a la ciudad de Benidorm de una terminal exterior para cruceros que permita el atraque de estos, proporcionándoles las condiciones necesarias para las operaciones de embarque y desembarque de los pasajeros.

Una vez determinado mediante el análisis preliminar, las dimensiones básicas de la estructura y el emplazamiento, el principal punto que se plantea, es que en la ubicación elegida existe una profundidad de 31 metros que se debe cubrir con todas las alternativas propuestas.

Se han planteado las siguientes alternativas:

- Obra de atraque mediante banqueta y cajones flotantes
- Obra de atraque mediante banqueta y plataforma sustentada por pilotes
- Obra de atraque mediante plataforma flotante

### 5.1 Obra de atraque mediante banqueta y cajones flotantes

Esta solución consiste en la realización de un dragado para la colocación de la banqueta y su enrase que servirá de base a la estructura, a continuación se llevara a cabo el posicionamiento de los cajones para su posterior fondeo y por último el relleno, para finalizar con la construcción de la superestructura para el atraque de los cruceros.

Esta alternativa permite realizar de una manera relativamente rápida y económica una estructura con la suficiente entidad como para proporcionar las condiciones de protección y resguardo a los buques, así como una plataforma con la suficiente rigidez como para albergar la superestructura y las instalaciones para el pasaje instalaciones.

El principal problema reside en cubrir la profundidad que existe en la zona donde se ubica la obra evitando construir cajones excesivamente grandes y por tanto mucho más caros, por lo cual se ha optado por realizar una banqueta que permite salvar gran parte de esa distancia de manera más económica aunque ello requiere un gran volumen de tierras. Por otro lado dado que el puerto de Benidorm no tiene la suficiente entidad, será necesario fabricar y transportar los cajones desde algún puerto cercano.

### 5.2 Obra de atraque mediante banqueta y plataforma sustentada por pilotes

Esta solución consiste en la realización de un dragado para la colocación de la banqueta, a continuación se llevará a cabo la construcción de los pilotes sobre la banqueta, el descabezado y la construcción de las vigas del tablero, la construcción de la losa y para finalizar se realizará la superestructura para el atraque de los cruceros.

Esta alternativa permite realizar el atraque con una estructura mucho menos masiva que el caso de los cajones flotantes además de que es posible llevar a cabo todo el proceso in situ sin la necesidad de fabricar y transportar nada desde puertos cercanos esto proporciona cierto grado de economía por el ahorro de material de la estructura pero encarece el método de fabricación al ser más compleja la realización de los pilotes y requerir mayor tiempo por no ser posible la simultaneidad de trabajos como en el caso anterior que mientras se realiza la banqueta se pueden estar fabricando los cajones.

El principal problema igual que en el caso anterior, reside en como cubrir la profundidad que existe en la zona donde se ubica la obra, por lo cual se ha optado por realizar del mismo modo una banqueta a partir de la cual se anclaran los pilotes para sustentar la plataforma. Por otro lado dado que es una estructura abierta ofrecerá una menor protección y abrigo a los buques que será necesario subsanar dotando a la plataforma de un mayor canto o mediante de la disposición de pantalla en la zona opuesta al atraque.

### 5.3 Obra de atraque mediante plataforma flotante anclada

Esta solución consiste en la realización de una plataforma que sirva de base para la superestructura y el atraque de los cruceros construida y remolcada hasta su ubicación y la sujeción mediante cadenas ancladas al terreno por pilotes.

Esta alternativa es una solución relativamente más económica que las anteriores en cuanto al volumen de materiales, dado que no es necesaria la construcción de la baqueta; y el tiempo de trabajos in situ se limita al posicionamiento de la plataforma flotante y el anclaje al terreno.

El principal problema reside en que será necesario fabricar y transportar la plataforma desde algún puerto cercano, así como que al ser una estructura abierta ofrecerá una menor protección y abrigo a los buques limitando sus condiciones de uso.

## 6. Criterios y ponderaciones

Los criterios que van a considerarse para la selección entre las diversas soluciones planteadas son los siguientes:

### ➤ **Funcionalidad.**

Es importante que la solución adoptada cumpla con las condiciones requeridas con el mayor tiempo posible de permanencia en servicio.

### ➤ **Economía.**

Este factor es determinante para la elección de una alternativa que cumpliendo con las necesidades requeridas, se ajuste al objetivo de dotar a la ciudad con la infraestructura proyectada pero a la vez minimizando los costes de inversión, así como los costes de mantenimiento.

### ➤ **Facilidad constructiva.**

Este factor está directamente relacionado con la tipología de la obra y los medios disponibles, teniendo una repercusión claramente tangible sobre la economía de la obra. Esto incide también en los plazos de la obra, lo que repercute de nuevo en la economía.

Se considerarán en este apartado:

- Necesidad de construir y transportar elementos desde fuera de la obra.
- Posibilidad de realizar operaciones simultáneamente.
- Rendimiento en las unidades de mayor volumen.
- Maquinaria a utilizar para la construcción de las obras.

### ➤ **Impacto ambiental**

Dado que la ubicación de la obra está muy próxima a una isla que posee un elevado interés paisajístico y medioambiental, además de a un entorno turístico, será necesario minimizar en la medida de lo posible los efectos ambientales que cause de la actuación.

Asignaremos a cada criterio una puntuación comprendida entre 1 y 5 según una valoración subjetiva reflejada en la tabla siguiente:

VALORACION	PUNTUACIÓN
<b>Muy malo</b>	1
<b>Malo</b>	2
<b>Adecuado</b>	3
<b>Bueno</b>	4
<b>Muy bueno</b>	5

La puntuación de las valoraciones anteriores se ha de ponderar para cada criterio.

El objetivo de la ponderación es dar un mayor peso a aquellos aspectos que para nuestra obra tienen más importancia. A continuación detallaremos los coeficientes adoptados y razonaremos porque se han adoptado.

**Coeficiente de ponderación 10** para el criterio de **economía y facilidad constructiva** dado que están directamente relacionados, siendo determinante que la solución adoptada logre cumplir con las condiciones exigibles como obra de traque para cruceros pero a su vez minimizando los costes de construcción y mantenimiento que se determinan directamente por el costes de los recursos y materiales utilizados así como indirectamente por la rapidez y sencillez del proceso constructivo con un uso menor de medios.

**Coeficiente de ponderación 8** para el criterio de **impacto ambiental** dado que como se encuentra próximo una isla que posee un elevado interés paisajístico y medioambiental, además de a un entorno turístico teniendo en cuenta los residuos producidos por la obra, como la ocupación temporal del entorno y el tránsito de la misma necesaria.

**Coeficiente de ponderación 7** para el criterio de **funcionalidad** que consiste facilidad del tipo de estructura para cumplir con las condiciones adecuadas para el servicio.

CRITERIO	PONDERACIÓN
<b>Economía</b>	10
<b>Facilidad constructiva</b>	10
<b>Impacto ambiental</b>	8
<b>Funcionalidad</b>	7



## 7. Valoración

Justificación breve de los puntos sobre los que se apoya la puntuación cada solución.

- **Obra de atraque mediante banqueta y cajones flotantes**

**Economía-** Para esta solución será necesario movilizar un gran volumen de material para la banqueta así como la fabricación de cajones en un puerto cercano, con la necesidad de ser transportado hasta su ubicación definitiva y todo ellos además incluyendo la maquinaria necesaria que constatará entre otros de una draga, gánguiles, remolcadores y otras embarcaciones auxiliares. No obstante el coste de mantenimiento es medio-bajo.

**Facilidad constructiva-** Esta alternativa cuenta la posibilidad de realizar simultáneamente los trabajos in situ con la fabricación de los cajones en el puerto, además de la relativa sencillez y rapidez de todo el proceso, siendo las actividades más delicadas el transporte y fondeo de los cajones.

**Funcionalidad-** Una de las ventajas de esta solución es que al tratarse de una obra tan masiva consigue dotar al conjunto de las cualidades necesaria para el atraque y amarre suponiendo un buen abrigo del crucero para las operaciones de embarque y desembarque de los pasajeros.

**Impacto ambiental-** Al realizar parte de la construcción de la obra en el puerto, el posible impacto se limita principalmente al producido en las operaciones de realización de la banqueta.

- **Obra de atraque mediante banqueta y plataforma sustentada por pilotes**

**Economía-** Para esta solución, igual que en el caso anterior, será necesario movilizar un gran volumen de material para la banqueta para proceder a continuación a la construcción de los pilotes la plataforma que albergará la superestructura y todo ellos además incluyendo la maquinaria necesaria que constatará entre otros, una draga, gánguiles dotados de medios para el pilotaje y otras embarcaciones auxiliares, pero con una estructura mucho menos masiva y por tanto con un menos consumo de materiales. El coste de mantenimiento es medio-alto.

**Facilidad constructiva-** Esta alternativa no cuenta la posibilidad de realizar simultáneamente los trabajos y por tanto es necesario ir avanzando a medida que se van finalizando las actividades precedentes, además con la relativa dificultad para construir todos los pilotes necesarios para la plataforma mediante medios flotantes.

**Funcionalidad-** Una de las desventajas de esta solución es que al tratarse de una obra tan abierta es necesario realizar una plataforma de mayor canto o la colocación de planchas de protección para dotar al conjunto de las cualidades necesaria para el atraque y amarre suponiendo un buen abrigo del crucero durante las operaciones de embarque y desembarque de los pasajeros.

**Impacto ambiental-** El posible impacto se limita principalmente al producido en las operaciones de realización de la banqueta, los pilotes y la plataforma que alberga a la superestructura.



- **Obra de atraque mediante plataforma flotante anclada**

**Economía-** Para esta solución será la construcción de la estructura flotante en un puerto cercano y el posterior remolque hasta su ubicación definitiva con un coste muy reducido de materiales que se limitan a la plataforma flotante y los medios de anclaje al fondo y todo ellos además incluyendo la maquinaria necesaria que constatará entre otros de gánguiles, remolcadores y otras embarcaciones auxiliares.

**Facilidad constructiva-** Esta alternativa cuenta la facilidad de realizar la mayor parte de los trabajos en el puerto de construcción de la plataforma flotante y únicamente realizar el anclaje y construcción de la superestructura in situ posibilidad de realizar simultáneamente los trabajos in situ.

**Funcionalidad-** La gran desventaja de esta solución es al tratarse de una estructura flotante limita con gran medida el uso de la obra para el atraque de los además de no ofrecer apenas condiciones de abrigo para los cruceros.

**Impacto ambiental-** Posiblemente de todas las soluciones la que menos efecto tenga sobre el ambiente próximo a la obra.

A continuación se muestran los valores asignados para cada uno de los criterios según la solución adoptada.

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN			
	Cajones	Pilotes	Flotante
<b>Economía</b>	4	3	4
<b>Facilidad constructiva</b>	5	3	4
<b>Funcionalidad</b>	5	4	2
<b>Impacto ambiental</b>	3	3	4

En la siguiente tabla se muestra la puntuación final obtenida por cada alternativa, de acuerdo a los coeficientes de ponderación asignados a cada una de los criterios de valoración.

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN PONDERADA				
	Coefficiente	Cajones	Pilotes	Flotante
<b>Economía</b>	10	40	30	40
<b>Facilidad constructiva</b>	10	50	30	40
<b>Funcionalidad</b>	7	35	28	14
<b>Impacto ambiental</b>	8	24	24	32
<b>Total</b>		<b>149</b>	<b>112</b>	<b>126</b>

Por tanto la solución adoptada será la **obra de atraque mediante banquetta y cajones flotantes** dado que es la que ha obtenido una mayor puntuación en el análisis.