

Anejo nº11

Estudio de soluciones

Proyecto básico de nuevos amarres en el puerto de Cullera (Valencia)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ESTUDIO DE SOLUCIONES. EMPLAZAMIENTO	5
2.1. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	5
2.1.1. Alternativa 0: No acción	6
2.1.2. Alternativa 1: Zona Puente de Hierro (margen izquierda).....	6
2.1.3. Alternativa 2: Zona Puente de la Vega (margen derecha)	7
2.1.4. Alternativa 3: Zona Puente de la Vega (margen izquierda).....	8
2.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	9
2.2.1. Criterios establecidos.....	10
2.2.2. Coeficientes de ponderación	11
2.2.3. Valoración de las alternativas.....	12
2.2.4. Comparativa de las alternativas	14
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES. PANTALANES	15
3.1. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	15
3.1.1. Alternativa 1: Pantalán fijo sobre pilotes.....	15
3.1.2. Alternativa 2: Pantalán flotante mediante guiado de pilotes	16
3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	17
3.2.1. Criterios establecidos.....	17
3.2.2. Coeficientes de ponderación	18
3.2.3. Valoración de las alternativas.....	18
3.2.4. Comparativa de las alternativas	19
4. MATERIAL DEL PANTALÁN	19
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	20

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se analizan las posibles soluciones al emplazamiento de las infraestructuras y la tipología y material de las mismas.

En base a las limitaciones y resultados de anejos anteriores se elegirá la solución óptima que cumpla con los principales objetivos del proyecto de forma segura y cómoda para el usuario, además de conservar en buen estado el entorno.

En un primer apartado se estudiarán mediante un análisis multicriterio las diferentes alternativas para la localización de los nuevos pantalanes.

A continuación, en el segundo apartado se realizará el mismo proceso para determinar la solución idónea de tipología de las obras de atraque y amarre.

El tercer apartado justifica la elección del material de los pantalanes en función a unas consideraciones básicas del entorno, la estética y el coste.

Por último, se resumirá la solución adoptada para las nuevas instalaciones del Puerto de Cullera.

2. ESTUDIO DE SOLUCIONES. EMPLAZAMIENTO

En este apartado se realiza la selección de la mejor alternativa para el emplazamiento de las nuevas infraestructuras, para ello se describen con detalle las distintas soluciones y se comparan en base a unos criterios.

Puesto que las nuevas instalaciones se encuentran dentro del cauce del río la forma más idónea de atracar las embarcaciones es abarloadas a la infraestructura con la proa en dirección contraria a la corriente, de forma que no supongan un impedimento al flujo y las condiciones de permanencia sean menos acometedoras. Esto reduce a una sola posibilidad la disposición de los pantalanes dando lugar a la solución en planta.

La disyuntiva se crea en el lugar donde situar dichas infraestructuras y base a ello se presentan las siguientes alternativas.

2.1. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El principal objetivo de este proyecto es el aumento del número de amarres en el puerto de Cullera y, en consecuencia, conseguir potenciar el sector deportivo y comercial del municipio, y situar al puerto como el motor económico todo ello buscando la integración con su entorno sin perjudicar las condiciones ambientales.

A continuación, se describen las posibles soluciones al emplazamiento de las infraestructuras, para ello se indican el número de amarres que se obtienen con cada una de ellas así como las dimensiones de las mismas.

2.1.1. Alternativa 0: No acción

Esta alternativa supone seguir con las actuales infraestructuras y oferta de amarres sin efectuar ningún tipo de intervención en el puerto.



Figura 11.1. Disposición actual de los amarres del Puerto de Cullera (Alternativa 0)

2.1.2. Alternativa 1: Zona Puente de Hierro (margen izquierda)

Esta solución consiste en la remodelación de la zona norte del puerto aguas arriba del Puente de Hierro en la margen izquierda del río, donde se situarían los nuevos amarres. Esta alternativa consiste en la demolición de los actuales embarcaderos para construir dos pantalanés de 111 metros de longitud cada uno y una anchura de 2,5 m.

De esta manera, se ampliaría el número de amarres con la optimización del espacio actual, pasando de embarcaderos de uso individual o dual a pantalanés con amarres abarloados de tres embarcaciones y menor separación entre filas de barcos.

Además, se mejoraría la seguridad del atraque de las embarcaciones frente a las condiciones adversas del entorno, al estar más protegidas.



Figura 11.2. Emplazamiento de los nuevos amarres (Alternativa 1)

Para esta solución como para el resto se ha fijado en el *Anejo nº11: Diseño de áreas de navegación y flotación*, la anchura y longitud máxima de los pantalanes, así como las dimensiones del canal de navegación.

A partir de la anchura del pantalán, la mayor manga de los buques de la flota tipo teniendo en cuenta que el número máximo de embarcaciones abarloadas son 3 y que los pantalanes estarán un par de metros despegados de la margen del río para alcanzar la profundidad de agua requeridas, se obtiene el ancho del cauce que ocuparán dichas infraestructuras y embarcaciones. Resulta un total de 15 metros, aproximadamente.

En esta alternativa el ancho del cauce del río varía entre los 40 metros y 44 metros. Según lo comentado anteriormente, y tomando el ancho del cauce más condicionante, el canal de navegación que quedaría restando el espacio ocupado por las instalaciones y buques tendría un ancho de 25 m.

Valor que resulta insuficiente para una navegación segura y cómoda según los resultados del anejo nº11 donde se obtiene un ancho necesario de 32,9 m.

Las dimensiones de atraque y distribución de amarres resultante sería la que se detalla a continuación:

Distribución de amarres						Total
L	Eslora	m	6	9	12	
B	Manga	m	2,1	2,7	3,4	
N_a	Nº amarres	ud	39	15	6	
L_a	Longitud total atraque	m	117	67,5	36	
S	Superficie	m²	737,1	546,8	367,2	1.651,1

Tabla 11.1. Distribución de amarres por eslora (Alternativa 1)

Los principales inconvenientes que presenta esta solución son:

- El poco calado que se presenta en la batimetría del tramo, variando entre 3 metros bajo el puente y 2,5 metros aguas arriba del mismo.
- El nivel de agua alcanzado en una avenida, siendo mayor que para el resto del río hasta su desembocadura, lo que supone un mayor riesgo de inundación.
- La lejanía a la costa, que conlleva una disminución del atractivo turístico, uno de los objetivos que se buscan con la ampliación del número de amarres en el puerto.

2.1.3. Alternativa 2: Zona Puente de la Vega (margen derecha)

La siguiente alternativa es similar a la anterior en cuanto a disposición de las infraestructuras pero con un emplazamiento distinto. En este caso, los pantalanes se situarían aguas abajo del Puente de la Vega, en la margen derecha del río, a la altura del muelle de hormigón donde se encuentran los veleros.

En esta solución se proyectan 3 pantalanes de 112 metros de longitud dos de ellos y el otro de 100 m, todos con una anchura de 2,5 metros.

Respecto a la anterior alternativa, también se verían afectados varios embarcaderos individuales y una pequeña zona de la margen próxima al puente, donde actualmente hay vegetación típica de la ribera del río.

A continuación, y del mismo modo que en la anterior solución, se procede a obtener el ancho del canal de navegación resultante tras la construcción de las infraestructuras.

Para este caso el cauce tiene un ancho que varía entre los 44 y 45 metros en la zona de los veleros, mientras aguas abajo de éstos varía entre los 59 y 61 metros. Quedando un canal de navegación de 29 metros y de 44 metros, respectivamente.

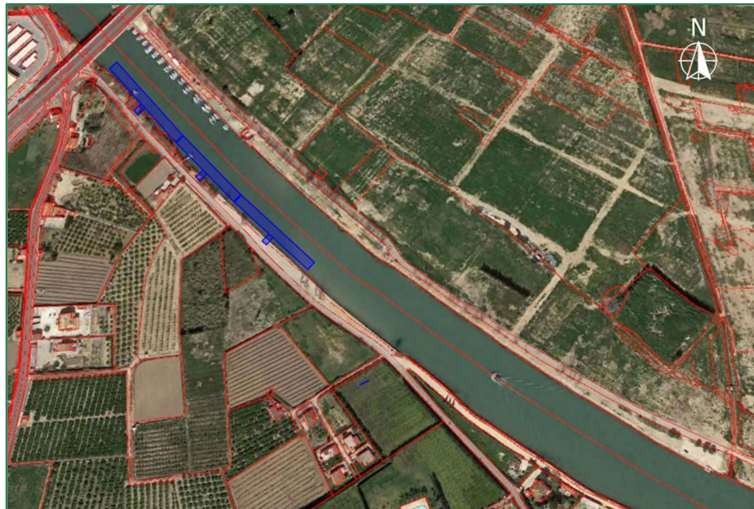


Figura 11.3. Emplazamiento de los nuevos amarres (Alternativa 2)

Las dimensiones del atraque y el reparto de amarres propuestos con esta solución son:

Distribución de amarres						Total
L	Eslora	m	6	9	12	
B	Manga	m	2,1	2,7	3,4	
N_a	Nº amarres	ud	60	24	6	
L_a	Longitud total atraque	m	180	108	36	
S	Superficie	m²	1.134	874,8	367,2	2.376

Tabla 11.2. Distribución de amarres por eslora (Alternativa 2)

La problemática de esta localización se basa, principalmente, en los siguientes aspectos:

- Disminución de la capacidad de desagüe del río en el tramo próximo al puente, pues en éste quedarán enfrentadas infraestructuras a ambos márgenes del río.
- Agitación generada por las ondas de las embarcaciones pesqueras en su salida y entrada al puerto pesquero, aguas arriba del puente de la Vega.
- La cercanía a la costa, lo que supone una mayor concentración de sal y en consecuencia un ambiente más agresivo para los materiales de las infraestructuras.

2.1.4. Alternativa 3: Zona Puente de la Vega (margen izquierda)

La solución que se plantea en este caso es muy similar a la anterior pues se encuentra en el mismo tramo final del río pero en la margen izquierda aguas abajo y seguidamente del muelle de los veleros.

Para esta alternativa se proyectan cuatro pantalanes, los dos más próximos al muelle de veleros tienen una longitud de 80 m cada uno y los dos siguientes son 100 m, todos ellos con un ancho de 2,5 m.

Esta zona dispone ampliamente de los requerimientos dimensionales de las instalaciones pues el cauce es más ancho, además no hay ninguna infraestructura enfrente.

Las actividades previas de desbroce de la margen se encontrarían realizadas pues actualmente esa zona está adecuada para el tránsito con una capa de tierra.



Figura 11.4. Emplazamiento de los nuevos amarres (Alternativa 3)

Adoptando esta alternativa, las dimensiones de la línea de atraque y la distribución de amarres que se proponen son las siguientes:

Distribución de amarres						Total
L	Eslora	m	6	9	12	
B	Manga	m	2,1	2,7	3,4	
N _a	Nº amarres	ud	66	24	9	
L _a	Longitud total atraque	m	198	108	54	
S	Superficie	m ²	1.247,4	874,8	550,8	2.673

Tabla 11.3. Distribución de amarres por eslora (Alternativa 3)

Los problemas que plantea esta opción son similares a los de la anterior solución, con la salvedad de que la disminución de la capacidad hidráulica del río se vería afectada en menor medida pues el ensanchamiento sería menor que si hubiera instalaciones en ambas márgenes.

Además, hay que tener en cuenta que esta alternativa presenta un riesgo de inundación algo que la anterior, en parte ocasionada por que en esta margen la acumulación de sedimentos transportados por el río es algo mayor.

2.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

Para realizar la comparación de las diferentes alternativas planteadas que proporcione la solución final, se emplea un análisis multicriterio.

El análisis consiste en establecer una serie de criterios que las alternativas cumplirán en mayor o menor grado.

Para evaluar el grado de cumplimiento se valora la alternativa cualitativamente para cada criterio, y a su vez se le asigna a cada calificativo un valor numérico. Valor al que posteriormente se le aplicará un coeficiente de ponderación en función de la importancia del criterio.

Finalmente, sumando las cifras obtenidas de cada criterio se consigue la puntuación final de la alternativa.

2.2.1. Criterios establecidos

En anejos anteriores se han ido detallando los diferentes aspectos que se engloban en los criterios que a continuación se indican. Para ello se describen resumidamente las conclusiones extraídas para cada tema en cuestión.

Antes de pasar a detallar cada uno de ellos se comentan las consideraciones generales que se han tenido en cuenta.

Para poder valorar de forma exacta cada alternativa, desde el punto de vista económico, sería necesario realizar el presupuesto de cada una de ellas. Debido al alcance de este documento no se realizan tales presupuestos.

Dado que en todas las alternativas la tipología estructural de las infraestructuras es la misma, en líneas generales, el presupuesto dependerá de las dimensiones de las instalaciones y la tipología elegida, siendo más cara la pilotada donde el presupuesto dependerá, además, de la profundidad del estrato competente sobre el que se hincan los pilotes.

A continuación, se describen los aspectos fundamentales que han sido tenidos en cuenta en la valoración de cada solución planteada.

- Condicionante legal

Las limitaciones legales que se presentan para este proyecto vienen dadas por el emplazamiento de las obras. Se encuentran en un terreno clasificado como de Dominio Público Hidráulico que se rige por la Ley de aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Esta legislación junto con la establecida por la Confederación hidrográfica del Júcar determinará la viabilidad del proyecto en función de la afección que este tipo de actuación puede tener sobre el entorno fluvial.

- Condicionante físico

La localización de las infraestructuras establecerá los efectos ambientales a los que se verán sometidas las mismas, tanto en su construcción como en su fase de explotación. Cuanto más alejado se encuentre de la desembocadura menor, o nulo, será el efecto del mar sobre las instalaciones, en contraposición, mayor serán los asociados a una avenida.

- Condicionante técnico

En este aspecto se tendrá en cuenta el régimen de crecidas del río y de temporales del mar que provoquen direcciones de oleaje favorables a la entrada en la bocana, aunque en menor medida y

sólo en el caso de las proximidades a la desembocadura. De forma que las nuevas infraestructuras sean capaces de soportar los esfuerzos a los que se encuentran sometidas.

- **Condicionante funcional**

Esta consideración hace referencia a las dimensiones de las nuevas áreas que permitan las maniobras necesarias de los buques, una correcta accesibilidad a las mismas y una navegación cómoda.

- **Condicionante económico**

El factor económico tiene un papel importante en la elección de una solución, no solo en su fase de construcción sino en su explotación y mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Su análisis tiene como finalidad determinar la solución económicamente más viable, de menor impacto y con mejores beneficios de explotación.

- **Condicionante ambiental**

Este aspecto es fundamental en una obra civil pues cualquier actuación supone una afección en la dinámica del flujo del río y características geométricas del cauce.

La normativa vigente de aplicación, en lo referente al medioambiente, determinará los condicionantes ambientales a tener en cuenta, como los relativos a la protección del cauce del río, protección de los suelos, generales de ejecución de obras y actividades, materiales a emplear, calidad de las aguas, etc.

- **Condicionante estético**

Este criterio tiene en consideración la armonía e integración de las infraestructuras con el entorno existente, de forma que cause interés y atracción al público que visita el puerto.

2.2.2. Coeficientes de ponderación

A continuación, se asigna un peso a cada criterio, de forma que queda establecida la relevancia de los mismos en el proceso de elección. Los valores van de 5 a 10 de menor a mayor importancia.

En la tabla siguiente se muestran los coeficientes adoptados:

Criterio	Coeficiente de ponderación
Funcional	10
Legal	9
Económico	8
Físico	7
Técnico	7
Ambiental	6
Estético	5

Tabla 11.4. Coeficientes de ponderación según criterio

Se ha considerado el criterio funcional como el más importante para la elección de la solución óptima pues es un aspecto fundamental en el diseño de las nuevas infraestructuras, cuyo objetivo se centra en ofrecer facilidad, comodidad y utilidad en su empleo, de forma que al usuario le resulte de su agrado.

El criterio que sigue al funcional en importancia es el legal, como ya se ha comentado dado el gran interés ambiental de la zona en la que se proyectan los nuevos amarres es de obligado cumplimiento una serie de normas y condiciones para que los correspondientes organismos y entes aprueben su construcción.

El último de los condicionantes entre los tres con mayor peso, es el económico. En cualquier obra civil este aspecto cobra un papel importante pues se pretende encontrar la mejor relación calidad/precio, sin que resulte un proyecto desmesurado.

A continuación, se establecen con el mismo peso los criterios físico y técnico. Aunque también son aspectos a tener en cuenta, cobran menos importancia que los anteriores pues el lugar de emplazamiento de las nuevas infraestructuras en cualquier caso es el cauce del río, con ciertas diferencias según la zona, del mismo modo ocurre con los esfuerzos a los que se verán sometidos los amarres.

Por último, se encuentran los criterios ambiental y estético. No se consideran especialmente determinantes en la elección de la solución óptima pues todas las alternativas se encuentran en el mismo entorno, y sus diferencias estéticas no presentan grandes diferencias.

2.2.3. Valoración de las alternativas

En este subapartado se analiza, de forma cualitativa, el grado de cumplimiento de cada una de las alternativas propuestas para cada criterio establecido con anterioridad.

Esta valoración tiene asociada una puntuación numérica para que, posteriormente, se puedan comparar cuantitativamente las soluciones planteadas. Dicha relación se muestra en la siguiente tabla.

Valoración	Puntuación
Muy malo	1
Malo	2
Adecuado	3
Bueno	4
Muy bueno	5
Excelente	6

Tabla 11.5. Puntuación numérica del método multicriterio

Alternativa 0: No acción

En esta solución se contempla la posibilidad de no realizar ninguna actuación sobre el río. Esto supone una valoración EXCELENTE en los aspectos legal, económico y ambiental. Mientras que para el resto de criterios no existe una valoración pues todos se basan en la construcción de la infraestructura.

Alternativa 1: Zona Puente de Hierro (margen izquierda)

Según el condicionante funcional esta solución es MALA, pues reduce el canal de navegación en una zona de estrechez del propio cauce, sin llegar al mínimo establecido en el anejo nº11. Además, si se tiene en cuenta la comodidad del usuario y la lejanía de la costa, resulta menos viable.

Respecto al condicionante legal, dado que las infraestructuras ocuparían el cauce del río, en esta solución es necesario solicitar la autorización administrativa por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar para la realización de las obras.

Puesto que esta margen, actualmente, ya se encuentra afectada por encontrarse en el entorno urbano, con la pavimentación de aceras y accesos a pequeños embarcaderos resultará menos costoso obtener tal autorización.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede decir que esta alternativa en temas legales tiene una valoración BUENA.

Económicamente resulta una alternativa BUENA, a igualdad de infraestructura en ésta solución serían necesarios menos trabajos previos de acondicionamiento del terreno. Por otra parte, es una solución más económica que las restantes pues se proyecta una menor longitud del pantalán, sin embrago oferta menor número de atraques.

Desde el punto de vista físico, las infraestructuras de esta alternativa como del resto, suponen una afección a la hidrodinámica del flujo del río. Como se ha podido ver en el anejo hidráulico, en el tramo cercano a la desembocadura, la capacidad de desagüe del río no se ve comprometida. Pero en este caso, y a falta de datos, se considera que debido a que el cauce es más estrecho de forma natural junto con las instalaciones, la alteración es mayor.

Por tanto, se puede concluir que la evaluación de la alternativa para el condicionante físico es MALA.

Valorando la solución según el criterio técnico, dada la localización de las instalaciones, estas se verían sometidas a importantes aumentos de nivel de agua y caudales como consecuencia de posibles avenidas.

No se considera calificación para este criterio pues respecto al lugar de emplazamiento que es lo que se analiza en este primer estudio de soluciones, este aspecto no influye.

Evaluando según el criterio ambiental esta solución no supone una gran agresión al entorno. Las nuevas infraestructuras no afectan en gran medida el transporte de sedimentos del río, por consiguiente tampoco al equilibrio del sistema acuático natural.

Asegurando que durante la fase de construcción, explotación y mantenimiento no se pondrá en riesgo la calidad de las aguas se puede decir que la valoración ambiental de esta alternativa es ADECUADA.

Finalmente, y al igual que el criterio técnico, el aspecto estético para este estudio no se considera.

Alternativa 2: Zona Puente de la Vega (margen derecha)

Esta solución resulta ADECUADA en cuanto al aspecto funcional pues es un emplazamiento que en un tramo no llega a cumplir con los requerimientos dimensionales del canal de navegación, pero en su mayor proporción sí lo hace, también cuenta con un calado amplio que varía entre los 4,5 y 5,5 metros en todo el tramo. Por otra parte, la proximidad a la costa la hace más idónea.

Legalmente esta solución requiere las mismas aprobaciones que el resto pero podrían resultar más lentas o presentar algunos problemas pues la margen no se encuentra muy alterada, aunque en parte esta acondicionada por una capa de tierra. Se considera una alternativa BUENA.

Respecto al tema económico resulta una alternativa BUENA pues en parte el terreno esta acondicionada y aunque la longitud de las infraestructuras sean mayores a la anterior se ofertan más plazas de atraque, y en consecuencia se generará mayor beneficio.

En este caso, el emplazamiento físico de las infraestructuras es más idóneo que el anterior pues la afección sobre el flujo del río no es significativa, además, es una zona de riesgo de inundación baja. Por tanto, resulta una solución MUY BUENA en este sentido.

Al igual que la anterior alternativa el aspecto técnico y estético no tienen valor en este análisis.

Por último, ambientalmente esta solución es similar a la anterior, teniendo en cuenta las mismas consideraciones para asegurar la calidad del agua. Al respecto, se concluye que es una alternativa ADECUADA.

Alternativa 3: Zona Puente de la Vega (margen izquierda)

En cuanto al tema funcional esta solución es MUY BUENA pues cumple con los requerimientos de dimensiones del diseño de los canales de navegación y flotación con mayor holgura que la anterior ya que no tiene infraestructuras enfrente, y presenta el mismo calado que la anterior.

Respecto al tema legal esta alternativa es similar a las anteriores y de igual modo es BUENA.

Económicamente resulta una BUENA solución, el terreno se encuentra acondicionado por completo y la longitud es muy poco inferior a la anterior con unas pocas menos plazas de atraque.

Su emplazamiento también es idóneo pero en este caso, la zona de riesgo de inundación es mayor y parte de las infraestructuras se encuentran en el recorrido curvo interno del final del río hacia su desembocadura, donde se pueden producir mayores depósitos de sedimentos. Con todo esto, se considera una solución BUENA.

Como para el resto de alternativas los criterios técnico y económico no tienen cabida en este estudio.

Finalmente, en el aspecto ambiental es una solución ADECUADA, aunque no supone una gran afección el entorno en el que se actúa tiene un importante valor ambiental.

2.2.4. Comparativa de las alternativas

A continuación, se muestra la matriz resultado del análisis multicriterio, donde se muestran la puntuación obtenida para cada alternativa.

		Alternativa 0		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Funcional	10	-	-	2	20	3	30	5	50
Legal	9	6	54	4	36	4	36	4	36
Económico	8	6	48	4	32	4	32	4	32
Físico	7	-	-	2	14	5	35	4	28
Técnico	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ambiental	6	6	36	3	18	3	18	3	18
Estético	5	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		138		120		151		164	

Tabla 11.6. Matriz del método multicriterio

Finalmente, como resultado del método multicriterio se obtiene que la alternativa 3 es la elegida en base a las consideraciones comentadas anteriormente.

La alternativa 0 obtiene una puntuación mayor que la 1 pero no se resolvería la falta de oferta de amarres en el puerto de Cullera. Mientras que la alternativa 1 adquiere la peor puntuación pues su emplazamiento no es adecuado.

Por otra parte, las alternativas 2 y 3 obtienen puntuaciones similares, siendo algo superior la 3 pues proporciona mayor funcionalidad que la 2.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se ha considerado la alternativa más favorable a la que alcanza la mayor valoración global, la alternativa 3.

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES. PANTALANES

En este apartado se realiza la selección de la mejor alternativa de tipología estructural de los pantalanes, de igual manera que en el apartado anterior se describen con detalle las posibles soluciones y se comparan en base a unos criterios.

Según lo recogido en la ROM 2.0-11, las obras de atraque de uso náutico – deportivo deben garantizar una permanencia segura de las embarcaciones en puerto, facilitando la accesibilidad de sus usuarios y permitiendo el máximo aprovechamiento del espacio disponible.

3.1. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

La ROM 2.0-11 recomienda para el caso de embarcaciones que permanezcan atracadas, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, como tipología más conveniente el pantalán continuo.

En base a ello, y teniendo en cuenta el tipo de terreno sobre el que se sitúan los pantalanes en sus primeros niveles tiene baja capacidad portante, se plantean las posibles soluciones que a continuación se describen.

3.1.1. Alternativa 1: Pantalán fijo sobre pilotes

Esta solución consiste en una estructura rígida que se encuentra apoyada sobre elementos verticales como pueden ser pilotes, pilas o cajones que están cimentados en el terreno.

Debido al terreno en el que se sitúan y el espacio disponible, el tipo de apoyo más conveniente son los pilotes.

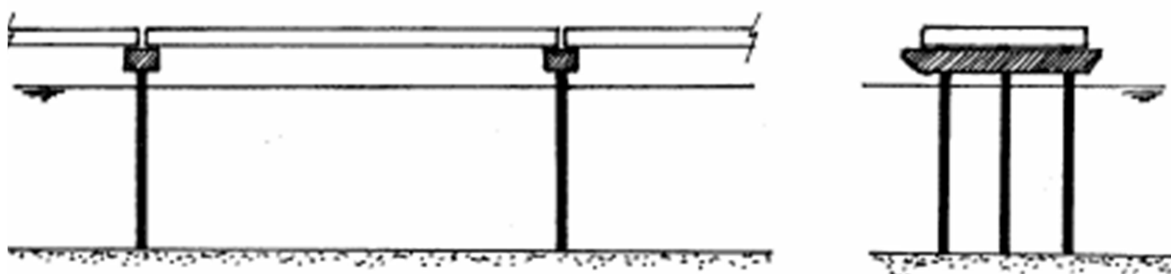


Figura 11.5. Pantalan fijo sobre pilotes. (Fuente: Apuntes de Puertos y Costas del LPC ETSICCP de Valencia)

Al encontrarse en una posición fija son estables, soportan importantes cargas y presentan buena resistencia sobre las fuerzas externas a las que puede verse sometido.

A pesar de tener una construcción cara, a largo plazo resultan económicos pues los costes de conservación y mantenimiento no son altos.

3.1.2. Alternativa 2: Pantalan flotante mediante guiado de pilotes

En este caso la parte estructural de la obra marítima se encuentra flotando, con posibilidad de movimientos verticales y/o horizontales.

El amarre se consigue mediante el guiado desde estructuras fijas, pilotes, que resisten las acciones horizontales de uso y explotación. Mientras que las cargas verticales son resistidas por la propia estructura.

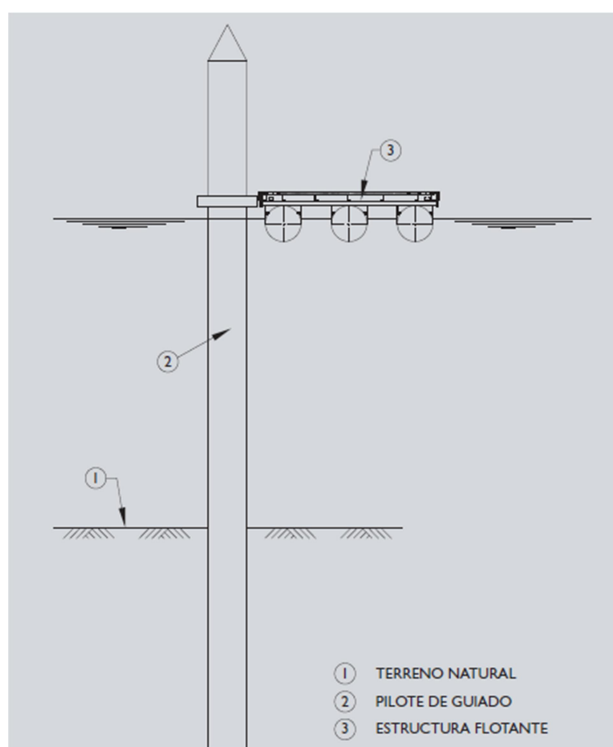


Figura 11.6. Pantalan flotante guiado con pilotes. Sección tipo (Fuente: ROM 2.0-11)

Su construcción es sencilla y económica pues, en general, son prefabricados. Además, generan poco impacto sobre el medio ambiente.

3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

Del mismo modo que se ha procedido en el anterior estudio de soluciones se realiza el análisis para la elección de la alternativa idónea para la tipología estructural de la obra de atraque y amarre.

3.2.1. Criterios establecidos

La ROM 2.0-11 recoge los criterios que se deben tener en cuenta en la elección de la tipología estructural más conveniente para una obra de atraque y amarre.

A continuación, se describen tales consideraciones:

- Condicionante técnico

Este criterio hace referencia a la adaptabilidad y resistencia de la estructura a los agentes externos provocados por el clima y el medio en el que se encuentran.

En ese sentido las obras fijas de pilotes resisten mayores fuerzas verticales y horizontales en condiciones de seguridad.

Por el contrario, en referencia a la adaptabilidad, son las estructuras flotantes las que mejor se adaptan a la variación de calado.

- Condicionante económico

Es un criterio general que tiene en cuenta la adaptabilidad a una posible evolución de la demanda de amarres durante su vida útil, los costes de construcción, mantenimiento y reparación en la vida útil y, en su caso, los de desmantelamiento y recuperación ambiental.

- Condicionante físico

Este condicionante hace referencia a la calidad y homogeneidad del terreno de cimentación donde se sitúa la obra de atraque y amarre. Además, considera los agentes sísmicos.

Las estructuras pilotadas son aplicables a todo tipo de terreno y se adaptan bien a la variabilidad del mismo. Su utilización es recomendable en aquellos terrenos en los que el sustrato resistente está a una profundidad importante.

En cuanto a los agentes sísmicos de la zona, puesto que se trata de obras abiertas que no tienen trasdós las fuerzas que gobiernan el diseño son las de inercia, caso en el que son más ventajosas las obras flotantes.

- Condicionante ambiental

Este criterio hace referencia a la afección de la construcción de la obra de atraque en el medio. Siempre que sea posible se ha de elegir la tipología que favorezca la calidad del agua, la circulación y la no retención de elementos flotantes.

3.2.2. Coeficientes de ponderación

El peso asignado a cada criterio se muestra en la siguiente tabla y se justifica a continuación.

Los valores van de 7 a 10 de menor a mayor importancia.

Criterio	Coeficiente de ponderación
Técnico	10
Económico	9
Físico	8
Ambiental	8

Tabla 11.7. Coeficientes de ponderación según criterio

En la asignación de la importancia de cada criterio en la elección de la solución se ha optado por priorizar el cumplimiento de las funciones de las obras atraque en condiciones de seguridad frente al aspecto económico, físico y ambiental. Por ello, se sitúa en primer lugar el criterio técnico.

En segundo lugar, se ha situado el condicionante económico pues resulta fundamental al tener en consideración el coste de la obra durante toda su vida útil, así como el de posibles ampliaciones que sean necesarias en el puerto, en consecuencia a un aumento de demanda.

A continuación se encuentran los aspectos físico y ambiental con el mismo peso, considerando igual de importante las características geotécnicas y sísmicas del medio como la afección sobre él.

3.2.3. Valoración de las alternativas

La valoración tiene asociada la siguiente puntuación numérica a la que, posteriormente, se le aplicará la ponderación según el criterio considerado.

Valoración	Puntuación
Muy malo	1
Malo	2
Adecuado	3
Bueno	4
Muy bueno	5
Excelente	6

Tabla 11.8. Puntuación numérica del método multicriterio

Alternativa 1: Pantalán fijo sobre pilotes

Como se ha comentado con anterioridad este tipo de estructura resisten bien frente a fuerzas verticales y horizontales, sin embargo no se adecua a la fluctuación del nivel de agua que se produce anualmente en el río Júcar, o de forma más extrema como el que ocurre en una avenida. Por esto se considera una solución ADECUADA respecto al criterio técnico.

En cuanto al tema económico resulta una solución BUENA, pues en principio resulta cara pero a largo plazo se rentabiliza, resultando económica.

Respecto al condicionante físico es una BUENA alternativa ya que el terreno es suelto en su superficie y el nivel competente se encuentra a una profundidad considerable.

Finalmente, a pesar de ser una estructura abierta se considera que es ADECUADA.

Alternativa 2: Pantalán flotante mediante guiado de pilotes

Este tipo de estructura es menos estable que el anterior pero en contraposición se adapta perfectamente a los cambios de nivel de agua que es un aspecto fundamental a tener en cuenta en este proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior resulta una alternativa, técnicamente, MUY BUENA.

Económicamente es una solución BUENA, ya que su proceso constructivo, a excepción del pilotado, resulta sencillo ya que en su mayoría son piezas prefabricadas. Si fuese necesario reubicar la infraestructura portuaria el 70% de ella sería recuperable.

Por otra parte, requiere un mantenimiento más habitual para conservar en buen estado las guías de los pilotes.

Al igual que la anterior solución y en el criterio físico presentar las mismas características, la alternativa resulta BUENA.

Ambientalmente, esta solución es BUENA pues, además de ser una estructura abierta, con su adaptabilidad al nivel del agua permite una mejor circulación.

3.2.4. Comparativa de las alternativas

En la siguiente tabla se muestran las puntuaciones obtenidas para cada alternativa, tras aplicar la ponderación a la calificación asignada en cada criterio.

		Alternativa 1		Alternativa 2	
Técnico	10	3	30	5	50
Económico	9	4	36	4	36
Físico	8	4	32	4	32
Ambiental	8	3	24	4	32
TOTAL			122		150

Tabla 11.9. Matriz del método multicriterio

Como resultado de la aplicación del método multicriterio se obtiene que la alternativa 2 es la solución más óptima en base a los criterios considerados. Por tanto, la tipología estructural de las obras de atraque y amarre será pantalán flotante mediante guiado de pilotes.

4. MATERIAL DEL PANTALÁN

En la tabla 11.10 se recogen las características que presentan cada uno de los distintos materiales, con los que se construyen los pantalanes, para cada aspecto considerado.

	Económico	Durabilidad	Estética
Madera	Coste muy bajo	Muy baja frente al agua	Acorde con el entorno
Hormigón	Coste alto en adquisición y construcción	Alta si están tratados	Acorde con el muelle actual
Aluminio	Coste de mantenimiento alto	Alta si están tratados	Acorde con el entorno
Acero	Coste de mantenimiento alto	Alta si están tratados	Acorde con el entorno
Plásticos	Coste bajo	Muy alta frente a agua del mar	Desacorde con el entorno

Tabla 11.10. Resumen características de cada material

Teniendo en cuenta que se prioriza en la elección la relación durabilidad/precio al aspecto estético, y en base a la anterior tabla, se determina que el material que mejores particularidades presenta en conjunto es el acero. A pesar de su similitud con el aluminio, el acero presenta mejor comportamiento frente aguas expuestas.

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Las nuevas instalaciones que permitirán aumentar la oferta de amarres en el puerto de Cullera se emplazarán en la margen izquierda del río Júcar aguas abajo del Puente de la Vega y a continuación del varadero público.

Consistirán en cuatro pantalanés flotantes guiados mediante pilotes, dos de ellos de 80 metros de longitud y los otros dos de 100 metros, con una anchura de 2,5 metros que dan lugar a 99 nuevas plazas de amarre para esloras comprendidas entre los 6 y 12 metros.

El material del que estarán compuestos los pantalanés será de acero galvanizado resistente a la corrosión con piso de tablonés de madera.

El atraque se realizará abarloado al pantalan y a otras embarcaciones con la proa en dirección contraria a la corriente fluvial.