

Anejo nº 10. Estudio de soluciones.

Índice

1. Objeto	3
2. Partes estudiadas	3
2.1 Paseo Marítimo	3
2.2 Dique.....	5
2.2.1 Tipología del dique	6
2.3 Pantalanés.....	11
3. Solución	13

1. Objeto

El objeto del estudio de soluciones consiste en determinar cuál será la solución definitiva a la problemática encontrada en el puerto de Dénia y conseguir su reordenación y mejora. Tal y como se expone en el *anejo 0*, la actuación que se trata en este proyecto es la actuación número 3: Demolición del dique y adecuación del paseo marítimo del Club Náutico, centrada en la parte del Club Náutico, por lo que, en los siguientes apartados se estudiará en profundidad las posibles alternativas hasta llegar a la más adecuada para favorecer en todo momento la mejora del puerto de Dénia.

2. Partes estudiadas

Para comprender mejor el objetivo de la actuación en el puerto vamos a ver cada parte en detalle.

La planta objeto es la siguiente:

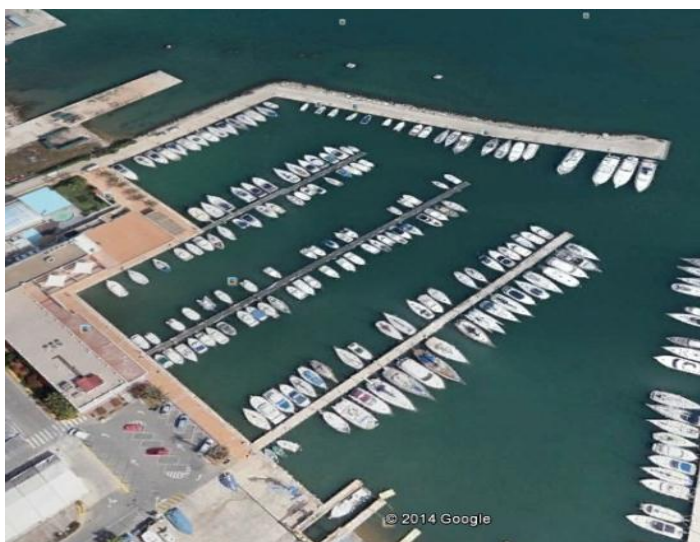


Fig. 01 Planta de la zona

2.1. Paseo Marítimo

Debida a la falta de continuidad en el puerto para los peatones, se ha considerado oportuna la idea de llevar a cabo un paseo marítimo ubicado en el entorno del puerto. De esta manera, los peatones cuentan con un espacio adjudicado para ellos sin tener que pasar por zonas que no estaban adaptadas totalmente para esta tipología de uso peatonal, y por otro lado, ayuda a una buena organización conjunta del puerto, ya que éste cuenta con alto volumen de visitantes a causa de las características costeras con las que cuenta la ciudad de Dénia.

La realización del paseo marítimo permite dos alternativas que se desarrollan a continuación.

Alternativa 1

El paseo marítimo de esta zona es una continuación del que viene de la anterior, también del Club Náutico, y enlazarlo con la parte central, que será urbanizada.

En primer lugar, la propuesta del paseo marítimo se basa en un trazado perimetral alrededor de la zona exterior al puerto. De este modo, no interrumpe las actividades que se realizan en el interior. Esta alternativa se podría llevar a cabo si se redujese el ancho de la carretera adyacente a un único carril, o si se dejara en una única dirección. Por lo que, conlleva a modificaciones sobre el espacio de la carretera de Dénia a Xàbia.

De tal manera que la continuación del puerto sería la siguiente que vemos en la imagen:



Fig 02. Alternativa 01 del paseo marítimo

Alternativa 2

La segunda alternativa para la realización del paseo marítimo ya no es por el perímetro exterior del puerto sino que sería por el interior del mismo. En la planta siguiente se vería el tramo que del mismo modo enlaza con la parte anterior del Club Náutico y continúa con la zona central.

Esta segunda alternativa presenta más ventajas que la primera puesto que a pesar de que el trazado se propone por el interior, se puede ver que gracias a la reordenación de la zona que se realiza en la actuación número 2, adecuación del paseo marítimo y reordenación del Club Náutico. El espacio queda reorganizado de tal manera que permite llevar a cabo las actividades portuarias propias del puerto y combinarse, al mismo tiempo, con un paseo marítimo que presenta el trazado de la siguiente imagen.



Fig 03. Paseo marítimo por el interior del puerto

2.2. Dique

La zona objeto de estudio cuenta con la presencia de un dique que obstaculiza la idea general de un trazado continuo del paseo marítimo, ya que esta actuación 3 viene enlazada con la actuación 2 y continua el trazo con la actuación 5 de urbanización del frente marítimo. Debido a este primer inconveniente de la presencia del dique se plantean dos alternativas sobre él.

Alternativa 1:

Si seguimos la alternativa 1, el paseo marítimo se encuentra ubicado en la parte exterior del puerto, el dique no presenta inconveniente a la continuidad del paseo marítimo. Por lo tanto, se dejaría tal y como está sin efectuarse ninguna acción sobre él.

Alternativa 2:

En cambio, la segunda alternativa consiste en llevar a cabo la demolición del dique. Esto se plantea así porque el paseo marítimo situado en el interior del puerto y acondicionado al paso de las personas no encuentra sentido estético a la presencia del dique. Así mismo, no se puede tomar una decisión por simple criterio estético sino que, además, la función del dique como obra de abrigo es la de romper el oleaje pero esta misión del elemento tiene sentido en zonas con oleaje dañino a las embarcaciones. En el interior del puerto el oleaje que llega se ve muy disminuido gracias a la presencia de elementos que difractan el oleaje en la bocana y por ello no hay necesidad estricta de la presencia dique y éste puede ser demolido. De todos modos, para asegurar que la agitación del oleaje en la zona del dique no produce daños a las embarcaciones se realiza el estudio de agitación conveniente.

Una vez expuestas las distintas alternativas, surge el desconocimiento de la tipología de dique presente, de tal manera que a continuación se presentan las tipologías más importantes para al final determinar la correspondiente al dique en cuestión.

2.2.1. Tipología del dique

Es necesario determinar cuál es la tipología del dique puesto que si se llevase a cabo la *Alternativa 2*, resulta conveniente conocer la sección de esta obra de abrigo. No hay documentos que detallen la tipología del dique, por ello, se plantean los posibles tipos de diques más habituales existentes de acuerdo con la ROM 1.0-09:

- Dique vertical
- Dique mixto
- Dique en talud

Estos tres tipos de diques se van a explicar con más profundidad.

- Dique vertical.

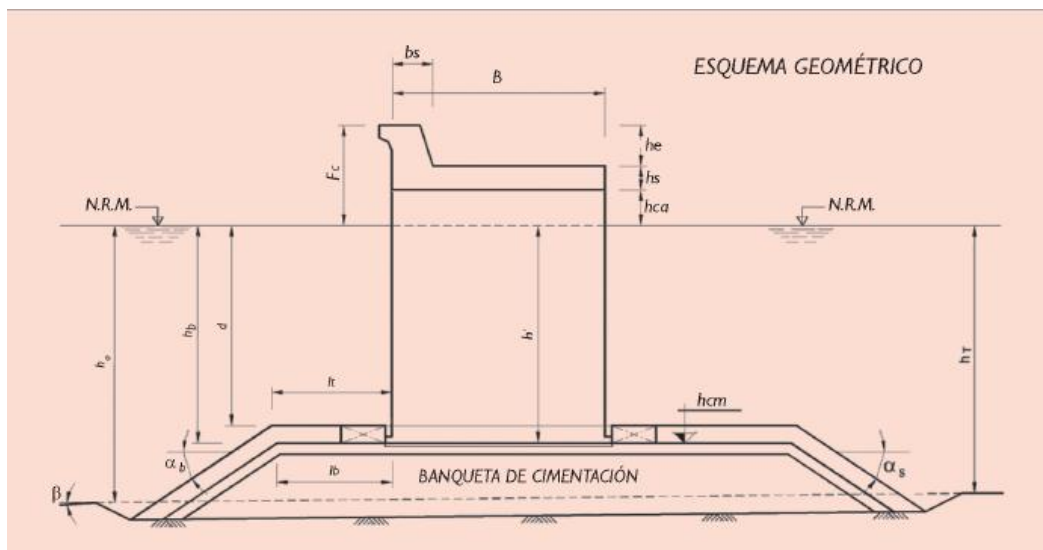


Fig 04. Esquema geométrico de dique vertical

La figura representa es una sección de dique vertical cuyas partes central y superestructura están formadas por un único elemento estructural.

Tradicionalmente, el paramento de barlomar es vertical, de ahí su denominación de dique vertical, y se puede construir mediante cajones prefabricados, bloques de hormigón en masa, tablestacas, recintos hincados, etc. El cuerpo central suele apoyar en una banqueta de cimentación de material granular, debidamente protegida, en su caso, para que sea estable frente a las oscilaciones del mar.

En zonas con grandes profundidades las dimensiones de esta banqueta pueden ser relevantes estando formada, generalmente por un núcleo de todo uno de cantera enrasado a una profundidad tal que permita la colocación del cuerpo central (por ejemplo el fondeo del cajón), y que su estabilidad no esté afectada por las oscilaciones del mar.

En zonas de profundidades intermedias o reducidas, salvo complicaciones relacionadas con la capacidad portante del terreno, la cimentación puede estar formada por una capa filtro,

todo uno de cantera y la banqueta de enrase propiamente dicha, todos ellos, en general, de pequeño espesor en comparación con el tramo central. El espesor de cada uno de estos elementos y los tamaños de los materiales deben adecuarse a las necesidades geotécnicas e hidráulicas.

Para proteger la cimentación y el lecho natural en los casos en los que éste sea potencialmente erosionable, es conveniente construir berma de pie formada por la prolongación del núcleo de todo uno y por los mantos necesarios. En muchas ocasiones se construye sobre la berma, adosado al cuerpo central un bloque de grandes proporciones, denominado de guarda, con la finalidad de reducir y desfasar el pico de las subpresiones en el borde de barlomar de la cimentación con el piso de presiones en el paramento.

Es habitual coronar la superestructura con un parapeto que, a barlomar, está curvado para facilitar el retroceso del flujo de agua, y que se conoce con el nombre de botaolas.

El dique esencialmente actúa como un reflector del flujo de energía incidente, y la transmisión de energía a sotamar sólo se produce por rebase o en proporciones muy pequeñas a través de la cimentación.

Con carácter general, se recomienda la tipología de dique vertical allí donde sea muy poco probable la rotura de las olas contra el paramento. A tal efecto se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{d}{h} \geq 0,85$$

$$\frac{l_t}{L} < \frac{1}{20}$$

$$\frac{H_l}{L} \leq \left(0,11 + 0,03 \frac{1 - K_R}{1 + K_R}\right) \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

$$H_* = (1 + K_R)H_l$$

Donde:

H_* : altura de ola al pie del dique

H_l : altura de ola del tren incidente. Representativa de las alturas mayores en el estado.

- Dique mixto.

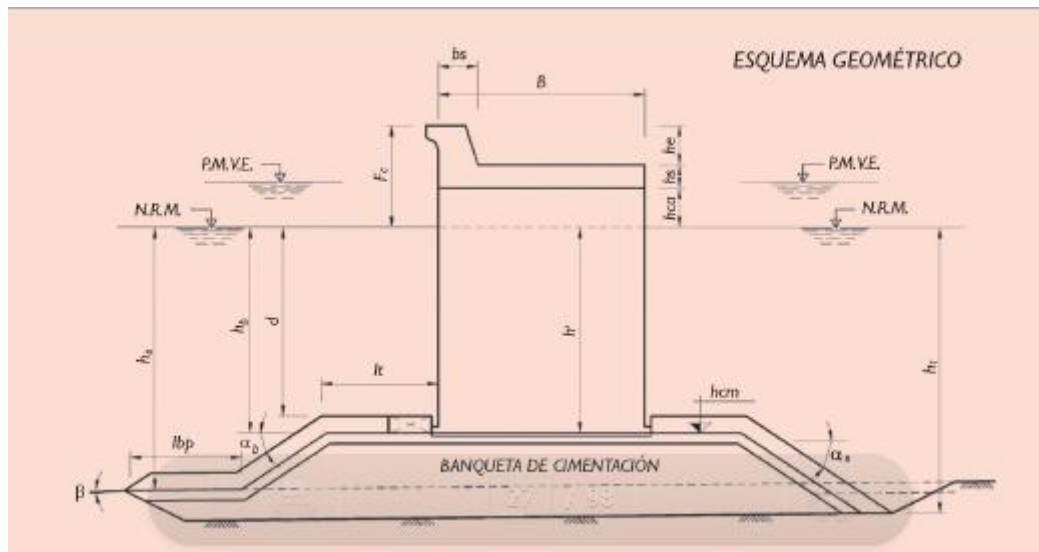


Fig 05. Esquema geométrico de dique mixto.

Cuando la cimentación del dique vertical ocupa una proporción notable de la profundidad tal que su presencia modifica significativamente la cinemática de las oscilaciones del mar, la tipología se denomina dique mixto. En la figura 05 se define una tipología mixta; la función protectora se comparte entre el tramo inferior ampliando su función de cimentación, y el tramo central, que se extiende por encima del plano de agua proporcionando los servicios de una superestructura.

- Dique en talud.

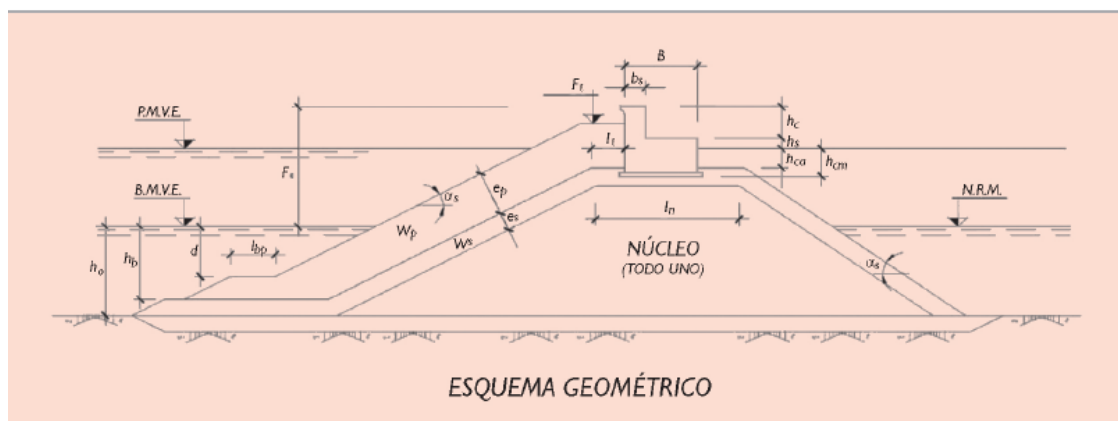


Fig 06. Dique en talud. Tipología Iribarren.

De acuerdo a lo que dice la ROM 1.0-09, la imagen de la *figura 06* representa un dique en talud, tradicionalmente llamado rompeolas o dique de escollera, coronado con un espaldón (opcional).

El cuerpo central consta de una secuencia de mantos conformando una transición entre el núcleo de todo uno de cantera y el manto principal, que construido mediante piezas

naturales o artificiales, es el elemento resistente de la acción del oleaje. Excepto en el caso de fondo rocoso, para asegurar la estabilidad y la forma del talud es necesario construir una berma de pie que proteja adecuadamente el terreno, la cimentación y, además, proporcione apoyo a los mantos secundarios y principal. El dique en talud puede tener o no superestructura.

Dependiendo de las características del oleaje incidente, en particular el peralte de la ola y el talud del manto principal, cuyo cociente define el número de Iribarren, el dique puede actuar como parcialmente reflejante como disipativo.

La transmisión de energía a sotamar del dique se puede producir por rebase de las olas por la coronación del espaldón y a través de la cimentación y cuerpo central del dique, pudiendo ser significativa en el caso de no cuidarse adecuadamente mediante la construcción de mantos que actúen de filtro del flujo de energía.

Con carácter general un dique en talud se puede construir para abrigar frente a cualquier régimen de oleaje: olas sin romper, rompiendo o rotas. Siempre que sea posible se recomienda utilizar piedra natural como elemento del manto principal y adoptando un ángulo del talud α , del lado de barlomar tal que se encuentre en el intervalo $[1,5 \leq \cot \alpha \leq 3,0]$. En su defecto, sin perjuicio de que puedan utilizarse otro tipo de piezas artificiales, se recomienda utilizar piezas cúbicas o ligeramente paralelepípedicas ($a \cdot a \cdot 1,3a$) de hormigón en masa. En este caso, se recomienda adoptar taludes con ángulos que cumplan $[1,5 \leq \cot \alpha \leq 2,0]$.

Para piezas artificiales de hormigón, cúbicas o paralelepípedicas, se recomienda iniciar unos tanteos de predimensionamiento sobre los cuales no entramos en detalle porque para este caso no son necesarios.

Tipos de diques en talud:

- Dique en talud con camino de rodadura.
- Dique en talud sin superestructura.

Para la selección de un tipo de dique, hay que tener en cuenta varios factores:

- Comportamiento frente a los agentes climáticos marítimos: dependen de su geometría y de la disposición de sus partes teniendo en cuenta las características del oleaje y la profundidad del agua.
- Comportamiento del terreno: factor fundamental a la hora de elegir la tipología de un dique por la adecuación del suelo marino para soportar los esfuerzos transmitidos por el dique y las oscilaciones del mar, es decir: la compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante y la capacidad de las partículas del suelo para permanecer en él en presencia de la dinámica marina.
- Condicionantes morfológicos: es importante tener en cuenta la disponibilidad del espacio en planta, las pendientes del terreno y los calados naturales

- Condicionantes de los materiales y procesos constructivos: uno de los factores más importantes. La disponibilidad de materiales de préstamo y el método constructivo condicionan la tipología de dique a escoger.

En función del volumen de material y los procedimientos constructivos son más apropiados un tipo de diques u otro:

- En talud, para volúmenes de préstamo muy grandes y medios constructivos como carga, vertido, grúa importante. Adaptabilidad posible.
 - En vertical, para volúmenes de préstamo pequeños y medios constructivos como fondeo cajón y vertido. Adaptabilidad difícil.
 - Mixto, para volúmenes de préstamo grandes y medios constructivos como carga, vertido, grúa y fondeo. Adaptabilidad muy difícil.
- Requerimientos climáticos durante el uso y explotación: la solución ideal sería que el flujo incidente fuera totalmente disipado por el dique pero no se consigue con ninguna de las tipologías actuales de dique de abrigo.

Cabe destacar que los diques verticales, son los que menos energía transmiten a través del cuerpo central y son los que más energía reflejan. En el caso de los de talud, son los que menos energía reflejan y los que más disipan, y los mixtos tienen un comportamiento intermedio entre diques granulares y verticales.

- Requerimientos de conservación, reparación y desmantelamiento:
 - Coste de conservación: relacionado con el número de elementos que constituyen cada parte del dique. Los diques verticales son los que menos elementos tienen, a diferencia de los diques en talud con espaldón y mixto que son los que más. Por tanto, los diques verticales ofrecen conservación factible frente los verticales y mixtos que se caracterizan por una conservación compleja.
 - Reparación: depende de la importancia del modo de fallo. Tanto los diques de talud como los mixtos ofrecen una mayor resistencia pero, su reparación es muy lenta y costosa y además necesita los mismos medios de reparación que los utilizados durante su construcción, por lo que suele ser cara. En cuanto a los diques verticales, los fallos más comunes suelen ser el vuelco o deslizamiento siendo problemáticos para su reparación y necesario el desmantelamiento total de la sección, por tanto, su reparación es rápida.
 - Desmantelamiento: en general, para diques de talud y mixtos es complicado y difícil, y en los diques verticales es más sencillo.
- Requerimientos ambientales:
 - El dique vertical es la tipología que menor impacto ambiental tiene.

- Todas las tipologías producen transporte de sedimentos y sustancias pero los diques reflejantes incrementan este efecto respecto a los más disipativas.
- Los efectos de la porosidad de las partes de la obra, en los diques verticales actúan como barreras impermeables que retienen mejor las arenas y facilitan el dragado, en cambio, los diques granulares (talud y mixto) pueden llegar a alterar la profundidad del dique.

2.3. Pantalanes

El tercer elemento de posible actuación serían los pantalanes. Al igual que en los casos anteriores, se plantean dos alternativas.

Alternativa 1.

Esta alternativa consiste en la realización del paseo marítimo por el perímetro externo al puerto, esta parte se centraría en otra zona y los pantalanes no se verían afectados.

Alternativa 2.

En cambio, la alternativa 2 en función de la nueva ubicación del paseo marítimo por el interior, conlleva a la demolición del dique por motivos estéticos y de continuidad al nuevo espacio peatonal. Aquí aparece la actuación sobre los pantalanes, puesto que si el dique es demolido los amarres situados en él han de ser recolocados, debido a esta nueva situación se propone la reposición de nuevos pantalanes con una mayor longitud, para dar cabida a las embarcaciones amarradas en el dique y al mismo tiempo, aumentar el número de amarres del Club Náutico, el cual se vería favorecido debido a la mayor demanda de amarres en su zona.

A continuación se refleja la función de los pantalanes y las distintas tipologías de los mismos para al final elegir la más adecuada para el caso que se está estudiando.

Los pantalanes, como tipología de obras de atraque y amarre, de acuerdo a las afirmaciones de la ROM 2.0-11, tienen como objetivo fundamental proporcionar a los buques unas condiciones adecuadas y seguras para su permanencia en puerto y/o para que puedan desarrollarse las operaciones portuarias necesarias para las actividades de carga, estiba, desestiba, descarga y transbordo así como embarque y desembarque de pasajeros, vehículos y mercancías que permitan su transferencia entre buques o entre éstos y tierra u otros medios de transporte

Estos elementos se definen como estructuras de atraque y amarre, fijas o flotantes, que pueden conformar líneas de atraque tanto continuas como discontinuas, atracables a uno o ambos lados. No disponen de rellenos adosados y, por tanto, no dan lugar a la creación de explanadas, a diferencia de los muelles.

Tipos de pantalanés:

- Pantalan fijo:

Están cimentados al terreno de manera que permanecen siempre en la misma posición. Usados en zonas de pequeña carrera de marea. Los hay de dos tipos: apoyados sobre pilotes y sobre pilas.

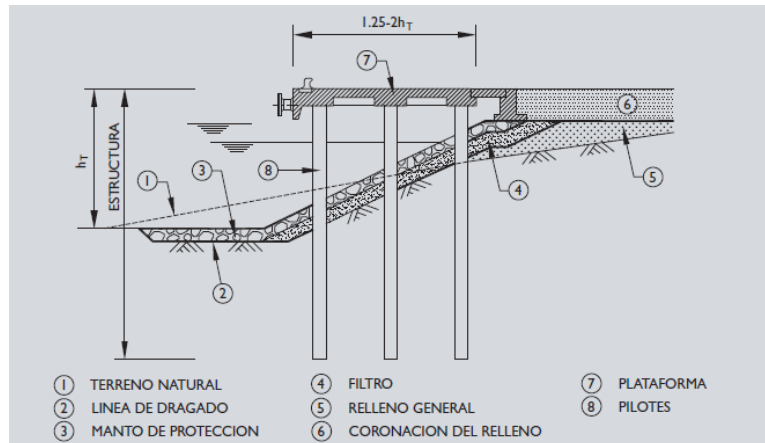


Fig 08 pantalan cimentado con pilotes. Fuente ROM2.0-11

- Pantalan flotante:

Idóneos para zonas de gran calado, con fondos marinos de muy baja calidad o rocosos o para mareas mayores de 1m. No están cimentados al fondo, sino que flotan y mantienen su posición en planta por medio de unos elementos estabilizantes: pilotes o muertos anclados en el fondo.

○ Pilote guiado.

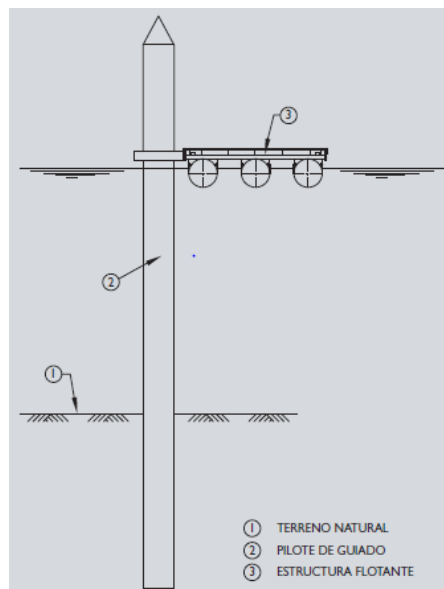


Fig 09. Pantalan con pilote guiado. Fuente: ROM 2.0-11

- Muertos anclados al fondo.

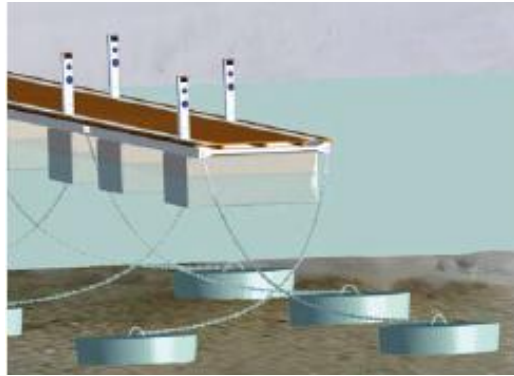


Fig 10. Pantalán anclado a muertos de hormigón. Fuente: Catálogo ITP, 2007.

Es necesario tener en cuenta la agitación en el interior del puerto para que aquellas embarcaciones que se vayan a colocar en los extremos de los pantalanes sean las de mayor eslora, ya que son más grandes y cuentan con más estabilidad en caso de fuerte agitación.

3. Solución

Una vez expuestas las ideas de reordenación en la zona de los edificios del Club Náutico, se procede a tomar una decisión de cuáles serán las que se van a llevar a cabo.

En primer lugar, en lo que corresponde al paseo marítimo se opta por realizar la *Alternativa 2*. Ya que de esta manera se consigue integrar en el entorno interior del puerto el paseo marítimo, para que los visitantes de la zona puedan disfrutar de ello sin tráfico rodado alrededor, de un paisaje más lúcido con presencia del mar y los barcos, y finalmente, en combinación con las actuaciones 2 y 5 se cumple con el objetivo del proyecto de reordenación y mejora del puerto de Dénia.

Una vez se realiza el paseo marítimo por el interior del puerto se considera que para dar la continuidad con la zona central, el dique puede ser demolido, pues gracias al estudio de agitación se ha comprobado que la presencia del dique no es estrictamente necesaria, lo cual conduce a su desaparición y da lugar a la posibilidad de alargar los pantalanes de la zona, para conseguir un mayor número de atraques, atendiendo de esta manera a la demanda que tiene el Club Náutico de aumentar el número de amarres.

Como se ha visto, unas actuaciones conllevan a otras, por lo que, de entre las dos alternativas posibles al final la que se toma como válida será la *Alternativa 2* en las tres partes.