

ANEJO 07: ESTUDIO SOLUCIONES

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	2
2.ANTECEDENTES	2
3.METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE LA OBRA.....	2
3.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	
3.1.1 OBRA DE ATRAQUE	
3.2.2 ACCESO A TIERRA	
3.2 ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS	
3.3 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN	
3.4 VALORACIÓN DE ALERNATIVAS	
4. SOLUCIÓN ADOPTADA	10



1. INTRODUCCION

En el presente anejo versará en el estudio y valoración de las diferentes alternativas que se van a plantear, una vez determinados los condicionantes, se procederá a escoger la más conveniente de forma razonada. Estableciendo un criterio para la elección de estas, y se establecerán unas pautas con diferente puntuación a las que se dotara de la importancia correspondiente con su consecuente explicación.

Se llevará a cabo una evaluación crítica y objetiva de las conveniencias de las distintas soluciones así como de la definición de cuál es la solución óptima para este proyecto.

Una vez definidas las condiciones de partida y las necesidades a satisfacer, cabe el análisis de diferentes soluciones posibles a adoptar.

La elección de la solución más favorable es el resultado de un complejo proceso en el que deben tenerse en cuenta multitud de factores (tecnológicos, funcionales, ambientales, económicos y estéticos), cumpliendo en cualquier caso, las restricciones impuestas por la reglamentación vigente.

2. ANTECEDENTES

Como ya se ha mencionada en anteriores anejos, la obra se encuentra en la Dársena Sur del Puerto de Castellón. La función para la cual va a estar destinada es al tipo de mercancías a granel, especialmente graneles líquidos. Respondiendo así, al porqué de la construcción de este muelle en la Dársena Sur, ya que, siendo esta la Dársena del futuro del puerto de Castellón, la cual siguiendo las ideas del “Plan Director del Puerto de Castellón”. En el que recalca como preferencias, destinar todas aquellas mercancías de graneles líquidos.

ANEJO 07: ESTUDIO DE SOLUCIONES

Entre los anejos que dejan claros estos antecedentes, se encuentran el anejo “Estudio de Viabilidad y Tráfico” apreciándose los diferentes usos para la cual estará destinada esta, además de los buques tipo que recibirá.

Como en todo estudio soluciones, cabe destacar la opción o alternativa de no realizar nada, por lo que esta alternativa ha sido descartada con el anejo “Justificación de la demanda” en el que se expone por qué se va a proceder a la construcción de esta y la necesidad. Por lo que si hay una necesidad resulta obvio descartar la alternativa de no hacer nada.

3. METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE OBRA

De entre las alternativas planteadas, la selección de la que mejor puede resolver el problema debe tener en cuenta las circunstancias que lo rodean. Para ello el análisis multicriterio es una herramienta muy útil que permite emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas.

En el ámbito de la evaluación, el análisis multicriterio se emplea especialmente en evaluaciones, más concretamente en la definición de opciones estratégicas de intervención.

El análisis multicriterio es un método que permite orientar la toma de decisiones a partir de varios criterios comunes. Este método se destina esencialmente a la comprensión y a la resolución de problemas de decisión. Se utiliza para emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas, por lo que puede emplearse en evaluación.

Su objetivo es alcanzar una solución mediante la simplificación del problema, respetando en todo momento las preferencias de los actores.



Para poder realizar un análisis multicriterio, es necesario disponer de un conjunto de acciones o alternativas competitivas. Para cada una de estas acciones, a través del análisis se elaborará:

- una familia de criterios que permita formar juicio sobre estas acciones;
- una tabla de valoración de las acciones por criterio;
- una agregación de los resultados para realizar una clasificación por orden de preferencia.

El análisis multicriterio puede realizarse a partir de datos tanto objetivos como subjetivos.

Los pasos a seguir en un análisis multicriterio se resumen a continuación:

1. **Objetivo:** seleccionar la mejor alternativa
2. **Alternativas:** plantear las alternativas posibles para la resolución del problema
3. **Criterios:** establecer los criterios a emplear en la toma de decisiones
4. **Ponderación:** asignar una ponderación a cada uno de los criterios establecidos
5. **Valoración:** establecer el nivel de satisfacción de cada alternativa
6. **Puntuación:** calcular la puntuación obtenida por cada alternativa
7. **Selección:** la alternativa que presente puntuación más alta, será la alternativa recomendada.

3.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

A la hora de estudiar las alternativas, se ha tomado la decisión de estructurar la obra en tres partes, ya que cada una de estas, puede y presenta diferentes aspectos y alternativas que merecen ser estudiadas y evaluadas para dar con la solución más óptima como bien se ha citado anteriormente.

Partes en las que será dividida la obra:

- Mota de Acceso
- Obra de atraque
- Puntos de Anclaje

Cada una de estas será estudiada por separado con sus respectivas alternativas.

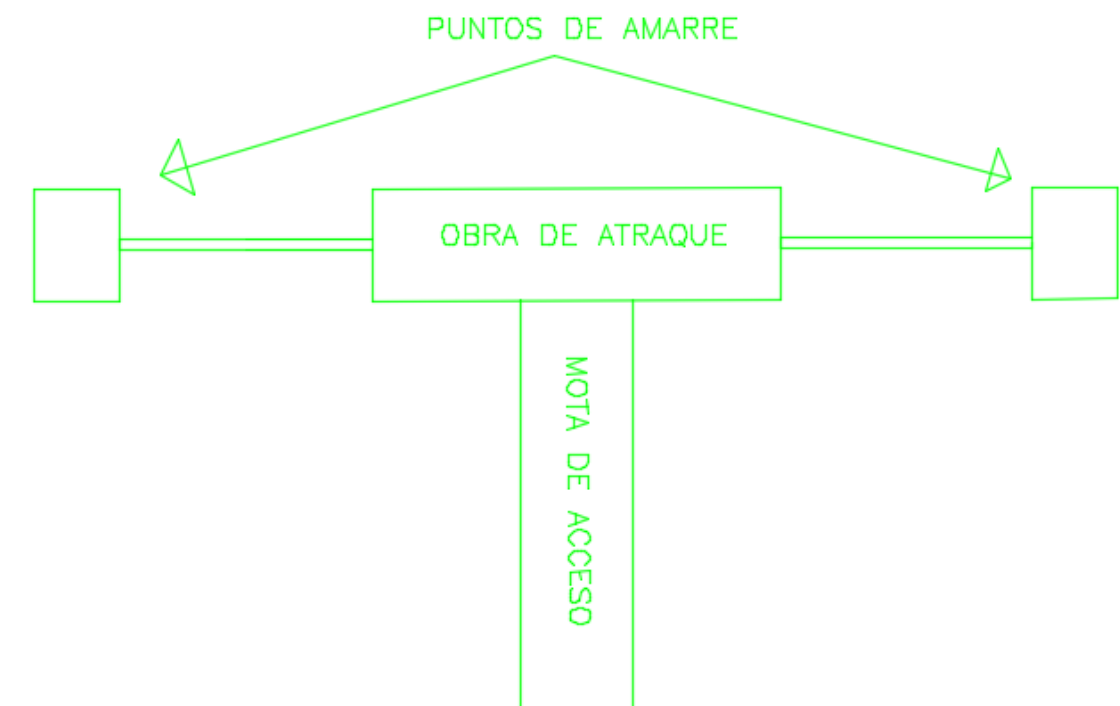


Imagen 1. Partes a estudiar



3.1.1 Obra de atraque

La obra de atraque es la parte que estará en contacto con el buque por lo que, sobre ella será donde se colocarán las instalaciones correspondientes. El objetivo fundamental de una la parte de atraque y amarre es proporcionar a los buques unas condiciones adecuadas y seguras para su permanencia en puerto y para que puedan desarrollarse las operaciones necesarias para las actividades de carga y descarga en este caso de graneles líquidos, que permitan así su transferencia entre estos y tierra.

Con respecto a las diferentes soluciones que puede presentar un muelle, se va a realizar las que se han considerado más lógicas en este tipo de atraques en las situaciones en las que se da. Obviamente desde un primer momento, para esta tipología de atraque se descartaron los diques en talud debido a que hace imposible el atraque de un buque por su talud, por lo que se plantearan alternativas de diques verticales.

Según el comportamiento estructural o resistente se ha optado directamente por una solución de muelle de gravedad resistiendo por su propio peso.

Alternativa 1 – Bloques de Hormigón

La primera alternativa que se va a estudiar será una solución mediante bloques de hormigón, estableciendo un paramento totalmente vertical (a tresbolillo).

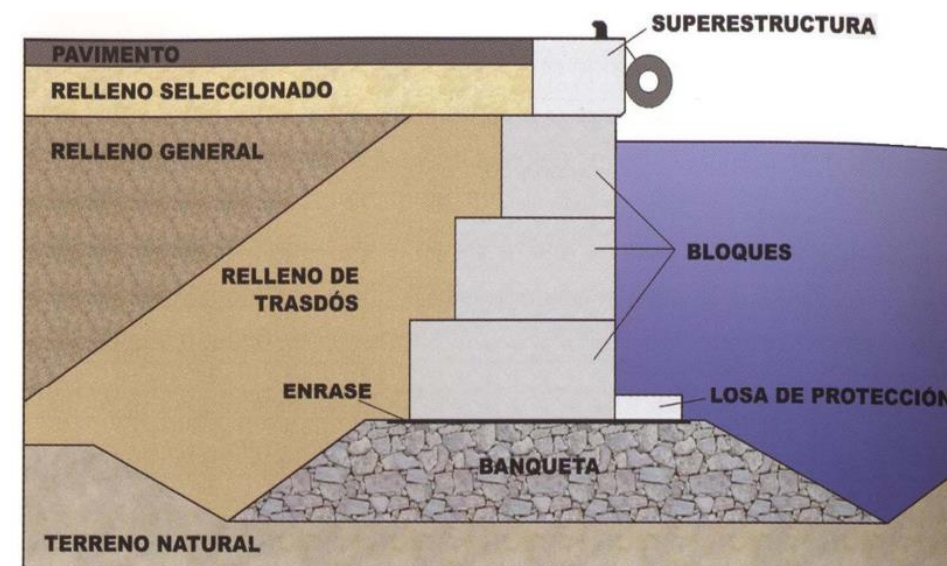


Imagen 2. Sección de un muelle mediante Bloques de Hormigón

Consiste en una serie de bloques prefabricados que se colocan bajo el agua pudiendo ser macizos o huecos, hasta una cota que permita realizar el hormigonado “in situ” de la superestructura. Estos se cimentan sobre una plataforma de escollera o sobre un enrase de sacos de hormigón. Cabe destacar que realizan una función de paramento vertical, por lo que resultan buenas soluciones cuando se cuenta con la presencia de rellenos en el trasdós, ya que transfieren una carga importante al terreno, por el gran tonelaje que suponen.

Alternativa 2 - Cajones

Esta segunda alternativa se basa en una solución con cajones prefabricados. La solución de cajones

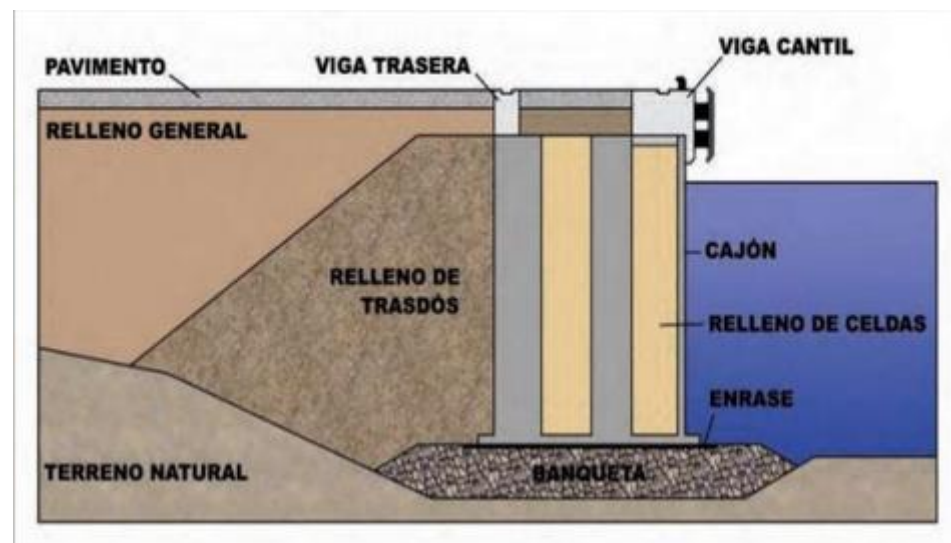


Imagen 3. Sección mediante Cajones

Contando con las ventajas de aligerar los grandes bloques y no causar problemas al terreno submarino. Esta solución sería de cajones de hormigón armado con células huecas en la que posteriormente en su fondeo serían rellenas. Resultan ser económicamente óptimas para la construcción de muelles con calados superiores a 10 metros.

Alternativa 3 – Duques de Alba



Imagen 4. Duques de alba

Los duques de Alba son estructuras aisladas que sirven para dar apoyo lateral y amarre a los buques. La construcción de los duques de Alba suele hacerse con base

ANEJO 07: ESTUDIO DE SOLUCIONES

de pilotes con una losa en cabeza. La estructura a analizar resistente está formada por una plataforma sustentada en pilotes verticales, pudiendo ser inclinados. En el caso de que exista un relleno adosado, puede complementarse con una estructura de contención de tierras y de unión con la plataforma en la coronación del talud. También pueden disponerse anclajes en la plataforma con el objeto de mejorar la capacidad resistente de la obra ante cargas horizontales. La estructura transmite al terreno de cimentación todas las acciones de uso y explotación actuantes sobre el tablero por medio de los pilotes. Cuando todos los pilotes son verticales, están solicitados por esfuerzos axiales. En caso de disponer pilotes inclinados o verticales inclinados, situación la cual se da en todas las cimentaciones de pilotes, ya que es prácticamente imposible que los pilotes queden con una disposición final de excentricidad nula, en ese caso estarán solicitados fundamentalmente por axiles y una flexión creada por la excentricidad existente y la fuerza a la que se someterá. Aun así la ejecución de pilotes es necesaria cuando nos encontramos con estratos resistentes a grandes profundidades.

Alternativa 4 - Hormigón Sumergido.

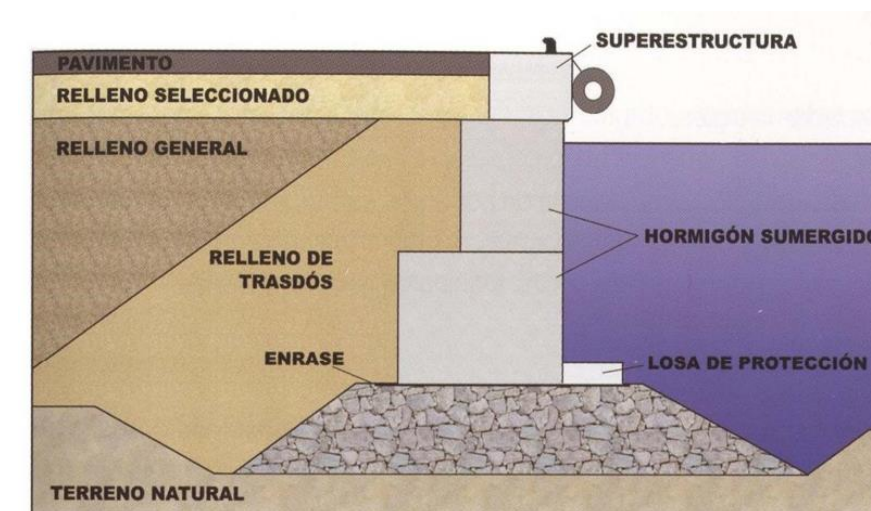


Imagen 5. Sección mediante Hormigón sumergido

La construcción de este tipo de muelles se lleva a cabo bajo el agua, casi en su totalidad, con procedimientos de hormigón sumergido, es decir, bombeando un hormigón rico en cemento con el extremo del tubo embutido en la masa de la zona a



hormigonar para que, al expandirse, se evite al máximo el lavado del cemento y el árido fino. Inicialmente, este sistema se aplicaba a muelles de pequeña altura asentados sobre el terreno existente pero en la actualidad se utiliza en terrenos de baja capacidad portante, sobre banquetas de escollera. Este tipo de muelles resulta factible su utilidad donde no exista espacio para la prefabricación de bloques o cajones y tampoco disponga medios para su colocación. Destacando la necesidad de utilizar para la construcción de estos, causa que encarece aún más esta alternativa.

3.1.2. Acceso a tierra

El acceso a tierra como ya se ha comentado anteriormente, es fundamental para los equipos de rescate o urgencia ya que se manipulan productos peligrosos pudiendo estos ocasionar daños perjudiciales, manipulación de instalaciones, mantenimientos, etc.

Las soluciones que pueden tomarse para este caso, se cuenta con variedad de opciones sobre todo pudiendo ser utilizadas la mayoría de las descritas anteriormente. No obstante por agilizar el estudio se va a considerar las dos opciones consideradas más factibles de cara a esta tipología de obra. Por lo que vamos a realizar también un análisis obteniendo así la solución más eficaz para tal obra.

Alternativa 1 - Sección en Talud.

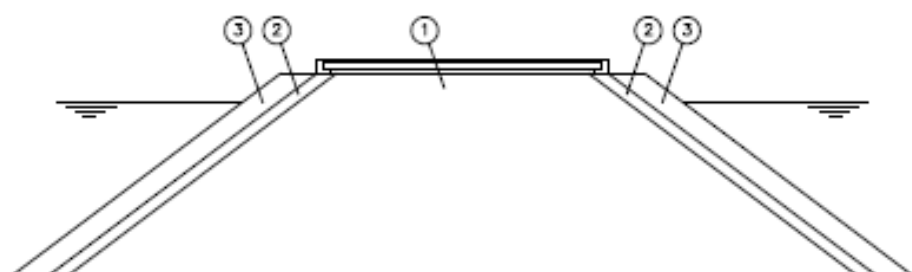


Imagen 6 .Sección en Talud.

La primera alternativa planteada trata sobre una solución en talud en la cual estaría compuesta por un núcleo central, manto exterior e interior de escollera. Por lo tanto están constituidos por materiales sueltos protegidos por escollera tanto natural o artificial que son las que componen los ya mencionados, mantos. Esta alternativa presenta una buena facilidad constructiva y suele ser muy usada para obras de interiores, pero aparte también presenta desventajas como la gran acumulación de finos que provoca este tipo de construcción en la zona de este, por lo tanto de cara al impacto ambiental presenta muy baja puntuación.

Alternativa 2 - Cajones

Esta metodología ya ha sido planteada para el caso de la obra de atraque, no obstante una vez descrita anteriormente, cabe destacar en cuanto a la mota de acceso los cajones nos abren más caminos de uso para este acceso, ya que se puede sacar más partida. Algunas de las ventajas que le podemos observar a esta solución es que la obra sería todo un conjunto lo que supone una facilidad constructiva de cara a la utilización de medios, ya que no se cambiaría de metodología. También hace que todo el perímetro de la obra puede ser atracable.

3.2 ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS

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

- a) Funcionalidad.** Es de vital importancia que la estructura finalmente adoptada como solución óptima cumpla con holgura las necesidades requeridas.
- b) Resistencia.** Obviamente, las obras a considerar deben ser seguras frente a las acciones a las que van a ser sometidas y deben responder con garantía a la forma de trabajo considerada.



c) Economía. Éste es un factor muy importante a la hora de poder decantarse por una solución u otra. Ni que decir tiene que está íntimamente ligado a la tipología de las obras proyectadas. Y como se verá en futuros factores, muchos de ellos inciden directamente en el aspecto económico.

d) 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.

Los ítems que se considerarán en este apartado serán los siguientes:

1. Rendimiento en las unidades de mayor volumen.
2. Maquinaria a utilizar para la construcción de las obras.

e) Impacto ambiental: Una obra de este tipo puede ocasionar una agresión grave al entorno natural dada la ubicación del mismo, circunstancia que ha de minimizarse, en la medida de lo posible.

A cada criterio se le asignará una puntuación comprendida entre 1 y 4 según una valoración subjetiva reflejada en la tabla siguiente:

VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
Malo	1
Adecuado	2
Bueno	3
Excelente	4

Tabla 7. Puntuación de criterios

3.3 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN

Se exponen a continuación los coeficientes elegidos y se intenta explicar con argumentos objetivos como se han hallado.

Se ha considerado como más relevante el coste final de las obras que en este caso, se podrá apreciar evaluando la longitud de los tramos de obras a construir, así como del uso de materiales y el procedimiento constructivo llevado a cabo, así como otras gestiones económicas necesarias para solventar por completo el objeto del proyecto, como es los servicios afectados. Así, asignamos al criterio de coste un **coeficiente de 10**.

Coste = 10

En el caso del impacto ambiental y la facilidad constructiva se considera que tienen prácticamente el mismo peso a la hora de comparar alternativas por lo tanto, se les asignará un **coeficiente de 8** a cada uno de estos criterios.

Para el caso de impacto ambiental, se valora tanto los residuos producidos por las obras, como la ocupación temporal de obras y del entorno. Por otra parte, se debe de tener en cuenta la maquinaria y el tránsito de la misma necesaria en cada método constructivo para realizar los trabajos de la reparación, aspecto a tener valorado por la emisión de gases así como ruidos y vibraciones.

Para la ponderación correspondiente a la facilidad constructiva, se considera el procedimiento de cada uno de ellos, centrándonos en el plazo.

Impacto Ambiental = 8

Por otro lado, la resistencia estructural de la solución adoptada, es un elemento imprescindible para el éxito del proyecto. Así, los asientos que se pueden producir durante la puesta en servicio del muelle, determinarán la resistencia de las obras. Se atribuye un **coeficiente de 7** al criterio de resistencia, porque aunque que sea un criterio importante, no sería lógico atribuir más importancia a



este carácter que al resto de criterios, dado que no existirá grandes diferencias en las alternativas planteadas.

Resistencia Estructural = 7

En cuanto a la ponderación del criterio de funcionalidad se le **atribuye un coeficiente de 5**, dado que todas las alternativas cumplen con el mismo grado de funcionalidad.

Funcionalidad = 5

En la tabla siguiente se muestran los coeficientes adoptados para cada criterio:

CRITERIO	PONDERACIÓN
Coste	10
Impacto Ambiental	8
Facilidad Constructiva	8
Resistencia	7
Funcionalidad	5

Tabla 8. Coeficientes

3.4 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

La valoración de las cuatro alternativas consideradas con respecto a los criterios establecidos se realizará mediante la metodología descrita. En la valoración se intenta acercarse todo lo posible a la realidad para poder obtener la mejor alternativa en función de los requisitos establecidos, con su correspondiente valoración y explicación de porqué ha sido la alternativa elegida.

ANEJO 07: ESTUDIO DE SOLUCIONES

La valoración se dividirá en tres partes, las ya mencionadas anteriormente, es decir, se valorará la mejor solución a cada parte de la obra, estableciendo la puntuación correspondiente para cada caso en la situación en la que se esté valorando. Por lo tanto:

- OBRA DE ATRAQUE

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN				
OBRA DE ATRAQUE	Cajones	H.Sumergido	Bloques	Duques de Alba
Coste	3	2	3	2
Impacto Ambiental	3	2	2	2
Facilidad Constructiva	3	2	3	4
Resistencia	4	3	4	3
Funcionalidad	3	2	3	3

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN					
CRITERIO	COEFICIENTE	Cajones	H.Sumergido	Bloques	Duques de Alba
Coste	10	30	20	30	20
Impacto ambiental	8	24	16	16	16
Facilidad Constructiva	8	24	16	24	32
Resistencia	7	28	21	28	21
Funcionalidad	5	15	10	15	15
TOTAL		121	83	113	104

En este caso, el cual es para obra de atraque, presenta mejores aportaciones los diques mediante cajones, frente al resto de alternativas planteadas. No obstante cabe destacar que como obra de atraque, lo cajones presentan muy buenas soluciones por no decir que son las mejores soluciones y las más adoptadas para estos casos, ya que evaluando la matriz multicriterio en lo único en lo que puede presentar desventajas esta alternativa es en el coste, pero dependiendo de la solución que se quiera adoptar ese coste es rentable para tal situación.



- **MOTA DE ACCESO**

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN		
MOTA DE ACCESO	Cajones	D. en Talud
Coste	2	3
Impacto Ambiental	4	2
Facilidad Constructiva	2	3
Resistencia	4	3
Funcionalidad	3	2

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN			
CRITERIO	COEFICIENTE	Cajones	D. en Talud
Coste	10	20	30
Impacto ambiental	8	32	16
Facilidad Constructiva	8	16	24
Resistencia	7	28	21
Funcionalidad	5	15	10
TOTAL		111	101

Para este caso, la valoración se ha considerado entre únicamente dos alternativas. Ambas presentan muy buenas ventajas frente a la mota de acceso, pero se escogerá la solución de cajones, ya que esta tiene un gran peso en los factores de impacto ambiental y resistencia con respecto a la solución en talud, con respecto a los otros criterios restantes sí que presentan similitud de ventajas y por tanto puntuación.

En este caso el impacto ambiental de los cajones es prácticamente muy bajo, sobre todo en comparación con la otra solución estableciendo una acumulación de materiales finos en la dársena. Con respecto a la resistencia el cajón también presenta mejores expectativas con respecto al dique en talud, ya que este no se presenta como solución resistente en ningún caso.

En la solución adoptada se podrá también hacer uso la mota de acceso como atraque de embarcaciones pequeñas, ya que con esta solución aumenta los metros de atraque, para esta obra, ya que convierte con esta solución lo que supone un

ANEJO 07: ESTUDIO DE SOLUCIONES

acceso únicamente para equipos de mantenimiento, ahora se le puede también adecuar embarcaciones a sus alrededores, facilitando esto la solución con paramento vertical, el cual, un dique en talud no dispone de tal y no podría presentar esta solución.

- **PUNTOS DE ANCLAJE**

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN		
PUNTOS DE AMARRE	Cajones	D. de Alba
Coste	2	3
Impacto Ambiental	2	2
Facilidad Constructiva	3	2
Resistencia	3	3
Funcionalidad	4	2

MATRIZ MULTICRITERIO DE VALORACIÓN			
CRITERIO	COEFICIENTE	Cajones	D. de Alba
Coste	10	20	30
Impacto ambiental	8	16	16
Facilidad Constructiva	8	24	16
Resistencia	7	21	21
Funcionalidad	5	20	10
TOTAL		101	93

Para el último caso a considerar, lo primero de todo, cabe destacar que las soluciones obtenidas hasta ahora, han sido tanto para obra de atraque como para mota de acceso, los cajones, por lo tanto a priori como solución rentable, un cajón obtendría una buena puntuación debido, a que el uso de un cajonero y lo que este conlleva, cuanto mayor sea la cantidad de construcción mucho mejor. Por lo que continuar con la misma tipología de construcción es más aconsejable desde un punto de vista económico debido a la rentabilidad.

Pasando a evaluar la tabla de valoración, la solución obtenida son de nuevo los cajones, ya que como se ha reflejado anteriormente el coste es menor siguiendo la metodología. De cara al futuro un cajón muestra mayor funcionalidad que un dique



de alba. Y por último de cara al impacto ambiental y la resistencia, se consideran la misma puntuación debido a que son similares, aunque a pesar de que el cajón resista más que el duque de alba, la función para la cual han sido diseñados, no presentan gran solicitudes de grandes cargas, por lo que se han valorado del mismo valor, ya que ambos cumplen con lo requerido.

4. SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada para las tres partes de la obra ha sido una construcción de cajones en todas ellas. Las ventajas que presenta este con respecto a las demás soluciones se han ido estableciendo en cada una de las partes de la valoración. Por lo que citando algunas de las cuales, por lo que sería la mejor solución para esta obra, son:

- Rentabilidad, debida a continuar con la metodología de construcción, frente a utilizar diferentes métodos, lo que también implica no solo el método sino también la maquinaria, materiales, etc.
- Aumento de la línea de atraque haciendo posible el atraque de embarcaciones auxiliares en la mota de acceso.
- La mínima contaminación frente al impacto ambiental que puede crear las otras soluciones en la cual ha sido comparado.
- Aprovechamiento de materiales, en la que el material que es necesario dragar para fondear estos cajones se va a reutilizar en los rellenos de celdas como gravas, ya que cumplen la función de estas para tal uso.
- Ahorro de traer material de canteras, lo cual es una solución poco aconsejable por su alto precio.
- Económicamente óptimos para calados superiores a 10 metros.



ANEJO 07: ESTUDIO DE SOLUCIONES