Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

PROJECTE

Títol

Disseny i projecte del contradic del Port de l'Ampolla

Autor/a

Carlos Martín Alcalde

Tutor/a

Francesc Xavier Gironella i Cobos, Vicente Gracia Garcia

Departament

Departament d'enginyeria hidràulica, marítima i ambiental

Intensificació

Enginyeria marítima

Data

Juny de 2013

DOCUMENTO 1

Memoria

Diseño y proyecto del contradique del puerto de l'Ampolla

711-PRO-CA-6173

Carlos Martín Alcalde

ETSECCPB UPC-Barcelona TECH

Barcelona, Junio de 2013

1 Introducción y antecedentes 1

2 Objeto del proyecto 2

3 Condicionantes 3

3.1 Condicionantes urbanísticos 3

3.2 Condicionantes socioeconómicos 3

3.3 Condicionantes resistentes y funcionales 3

3.4 Condicionantes ambientales 4

4 Situación actual 4

4.1 Generalidades 4

4.2 El medio físico 5

4.3 Estado actual del puerto 5

5 Características del área de proyecto 6

5.1 Batimetría 6

5.2 Geología 6

5.3 Hidrología 7

5.4 Climatología 7

6 Estudio del clima 7

6.1 Clima medio 8

6.1.1 Clima medio escalar 8

6.1.2 Clima medio direccional 8

6.1.3 Clima medio estacional 8

6.2 Clima extremal 8

7 Demanda náutico-deportiva 9

8 Estudio de alternativas 10

8.1 Presentación de alternativas 10

8.2 Análisis multicriterio 13

8.2.1 Análisis de robustez 14

9 Estudio de propagación y agitación 15

9.1 Descripción del proceso 15

9.2 Propagación desde aguas profundas 15
9.3 Agitación de la lámina de agua 16
9.4 Operatividad del puerto 17
10 Descripción de la solución adoptada 18
10.1 Obras de abrigo 18
10.2 Obras de atraque 19
10.2.1 Muelles 19
10.2.2 Pantalanes 20
10.3 Instalaciones 20
10.3.1 Dimensiones en planta 20
10.3.2 Calados necesarios 21
10.3.3 Dimensionamiento de la superficie terrestre 21
10.4 Firmes 21
10.5 Redes de servicios 21
10.5.1 Red de saneamiento 22
10.5.2 Red de abastecimiento 22
10.5.3 Red eléctrica e iluminación 22
11 Dinámica litoral 23
11.1 Diseño de la nueva playa 24
12 Estudio de impacto ambiental y paisajístico 24
13 Presupuesto 26
14 Justificación de precios 26
15 Estudio económico financiero 26
16 Plan de obra 27
17 Expropiaciones 28
18 Propuesta de clasificación del contratista 28
19 Propuesta de fórmula de revisión de precios 28
20 Declaración de obra completa 29
21 Cumplimiento de la Ley de Costas 29

22 Documentos que incluye el proyecto..... 29

1 Introducción y antecedentes

La historia de la localidad de l'Ampolla no se puede entender sin tener en cuenta su puerto y el vigoroso río Ebro. El puerto se sitúa en una bahía natural llamada el Fangar, formada por el Cap Roig y por la Punta del Fangar. Este abrigo natural es el que ha servido para acoger históricamente a las distintas flotas pesqueras que han trabajado en el Golf de Sant Jordi.

Esta historia ha estado estrechamente vinculada a la pesca y al tránsito marítimo. De hecho, se han encontrado monedas y ánforas que confirman los vestigios de la actividad comercial marítima de los romanos. Ya en el siglo XVI, el Papa Adrián escogió l'Ampolla para embarcarse y dirigirse hacia Roma. Hacia esa época, la localidad se convirtió en un hostal en el camino real de Tarragona a Valencia, donde las familias de pescadores ofrecían hospedaje a los caminantes. A finales del siglo XIX, las playas del pueblo empezaron a ser muy apreciadas para tomar baños de mar, se hicieron tan famosas, que se dispuso un tren para los bañistas que unía Tortosa con l'Ampolla.

Los grandes acontecimientos de la historia mundial incidieron de alguna manera en la historia particular de la villa. En el año 1917, en el contexto de la Primera Guerra Mundial, el barco francés *Maxsherda* fue hundido por un submarino alemán y, como muestra del apoyo prestado a los náufragos, el gobierno francés regaló al pueblo una estatua de bronce.

El puerto pesquero se amplió por primera vez de forma relevante en el año 1947, en el que data el proyecto del embarcadero de l'Ampolla del ingeniero Aurelio González Isla, quien da nombre a la plaza situada delante de la dársena pesquera.

Hacia el año 1980, se hicieron las primeras obras de prolongación del dique de levante y del contradique. En 1983, se terminaron las obras de condicionamiento de una nave para descarga y clasificación de pesca. Durante el año 1988 y 1989 se realizaron nuevas obras de prolongación del dique rompeolas y del contradique. Fue en ese mismo año en el que el Club Náutico solicitó la concesión de puerto deportivo para explotar la nueva dársena que se creó entre el dique y el contradique. Las últimas modificaciones del puerto comportaron incluir un martillo en el dique para reducir la agitación del espejo interior de agua.

La tendencia del siglo XX en la actividad del puerto ha sido la de mantener la actividad pesquera pero sustituir la actividad comercial por actividad deportiva y de ocio. El municipio ha experimentado, a su vez, un fuerte crecimiento del parque de viviendas, en contraposición con la tendencia sufrida por el global de la comarca. Hoy en día destaca la actividad hotelera y de servicios inmobiliarios, ambas actividades importantes indicadores de la actividad turística. Las ampliaciones citadas del puerto han ido acompañadas de un crecimiento del sector turístico. La actividad náutica deportiva funciona como complemento básico al desarrollo de la actividad turística. El crecimiento urbano se desarrolla en función del sector predominante y ocupa el frente costero como recurso básico.

La demanda de actividad náutica deportiva sigue en aumento, pero la sobreexplotación del frente marítimo del núcleo urbano genera diferentes problemáticas en la ordenación del espacio libre, especialmente en el sistema viario, falta de aparcamientos y continuidad del tránsito de peatones.

La necesidad de mejora de los servicios náuticos turísticos va ligada a los problemas de espacios y accesos, por lo que es importante integrar el nuevo puerto con la fachada marítima. La nueva configuración del puerto deberá de estar integrada con las actividades comerciales y hoteleras que se realizan en sus alrededores.

2 Objeto del proyecto

El puerto de l'Ampolla es un puerto pesquero y deportivo que se caracteriza por un porcentaje elevado de embarcaciones de pequeña eslora. Tal y como recoge el Pla de Ports de la Generalitat, el puerto no presenta problemas de saturación relevantes actualmente, aunque sí presenta otras deficiencias y la demanda continuará creciendo.

Se precisa de una mejora de los servicios náuticos que viene determinada por las siguientes características:

- Debe adaptar las nuevas plazas ofertadas de amarre al perfil de demanda futuro, que corresponde a embarcaciones de esloras de 12m o superiores. Actualmente, el puerto tan sólo cubre el 50% de la demanda de embarcaciones medias y prácticamente nada de las embarcaciones grandes.
- A la vez se debe disponer de instalaciones dedicadas a las embarcaciones transeúntes. El perfil demandante futuro y la posición geográfica del puerto de l'Ampolla exigen que se facilite un número de amarre mayor para este tipo de embarcaciones. El municipio ocupa una posición estratégica en las rutas de las embarcaciones, tanto nacionales como extranjeras, que se dirigen o bien hacia el Levante español o bien hacia las Islas Baleares, sin necesidad de rodear el Delta del Ebro. Es por lo tanto, un punto de atraque, suministro y revisión de embarcaciones en estas dos rutas. Se deberá adecuar las instalaciones para ofertar un mayor número de amarres del perfil exigido a transeúntes y unas instalaciones de astilleros y talleres conforme.
- La superficie de varadero actual es mínima y está principalmente copada por embarcaciones de vela ligera. Se precisa de mayor porcentaje de superficie tierra agua para el desarrollo de este tipo de actividades y de otros usos complementarios.
- El problema de agitación existente se resolvió parcialmente mediante la construcción de un dique martillo en el dique de Levante. Las nuevas estructuras no deben inducir una mayor oscilación de la lámina de agua que pueda reducir la operatividad general del puerto. Se tendrá en cuenta tanto en el diseño de la planta como en la elección del tipo estructural.
- Ya se ha comentado que el puerto es una infraestructura que genera una fuerte actividad complementaria en el principal sector económico del municipio, que corresponde al turístico. En este sentido, se establecen consideraciones a tener en cuenta:
    - Existe una demanda importante de plazas de aparcamiento.

- Se debe garantizar la continuidad del paseo marítimo para peatones en todos sus puntos.
- Por la parte de poniente, se ejecutó por parte del Ministerio de Medio Ambiente un nuevo paseo, alimentando a la vez la playa artificial de l'Arquitecte. Se trata de la principal playa urbana del municipio, que deberá desaparecer para poder situar la nueva dársena deportiva. En este aspecto será necesaria una medida compensatoria al respecto.
- Con tal de complementar la actividad turística del barrio marítimo, se deberá mejorar los servicios relacionados con los cruceros turísticos.

Todas estas consideraciones y características del puerto que fijan sus deficiencias se entienden como objetivos a realizar mediante la ampliación que se estudia en este proyecto. Cualquiera de las alternativas que se proponen deberá cumplir con el máximo número de las necesidades y deficiencias descritas en este apartado.

3 Condicionantes

Con carácter general, a la hora de diseñar un proyecto de pequeño y mediano puerto, los condicionantes a tener en cuenta se resumen en los siguientes:

3.1 Condicionantes urbanísticos

Todas las actuaciones deberán de estar de acuerdo con el planeamiento general del territorio a ocupar. Tal y como se comenta en el Anejo II, existen una serie de planes que afectan al ámbito terrestre y a su ordenación y, por otra parte, en el terreno ganado al mar se debe aplicar la Ley de Costas y solicitar su adscripción a la Generalitat.

3.2 Condicionantes socioeconómicos

Tal y como se ha definido en el apartado 2, la mayoría de los condicionantes para la ampliación del puerto vienen relacionados con el punto de vista turístico. La concesión del puerto a una empresa privada, en este caso al Club Náutico, debe de generar unos ingresos que promuevan la gestión y capital privados para que funcione de forma autónoma. En ese sentido, en el Anejo XIX se realiza un estudio exhaustivo de la explotación del puerto durante los años de concesión.

3.3 Condicionantes resistentes y funcionales

Obviamente, las obras que configuren la nueva disposición del puerto deberán cumplir una serie de requisitos en cuanto a su resistencia (véanse Anejo VIII y IX).

Por otro lado, para garantizar la correcta explotación del puerto, se debe garantizar unos ciertos calados en la bocana y en las dársenas (véase Anejo X), así como unos anchos mínimos en los canales de navegación (véase Anejo XIV).

Así pues, el diseño de las nuevas instalaciones portuarias, se hace teniendo en cuenta los espacios mínimos necesarios para satisfacer la creciente demanda de amarres y servicios, así

como para garantizar la estancia en el puerto con comodidad. Se realiza un estudio de mercado náutico (véase Anejo V) para determinar con detalle el número y perfil que se debe abastecer.

3.4 Condicionantes ambientales

La construcción de la nueva zona de puerto en poniente supone la supresión de la playa artificial del Arquitecte. Se estudia una solución compensatoria para este caso y el efecto general en el transporte de sedimentos (véase Anejo XV). A la vez, se tiene en cuenta el impacto paisajístico que creará la nueva disposición del puerto y se proponen medidas correctoras (véase Anejo XVI).

4 Situación actual

4.1 Generalidades

L'Ampolla es un municipio de Catalunya, perteneciente a la provincia de Tarragona, en la comarca del Baix Ebre. En 2012, su población era de 3.606 habitantes. Está situado en la entrada del puerto natural conocido como Bahía d*el Fangar*.

El municipio se formó en 1989, tras separarse de El Perelló, después de varios años de litigios. La Ampolla había sido declarado municipio en 1937 pero la segregación quedó anulada al finalizar la Guerra Civil española.

En el término municipal de la Ampolla se encuentran localizadas ocho playas, lo que ha convertido al municipio en un destino turístico. Además, su situación cercana al parque natural del Delta del Ebro ha fomentado el turismo ecológico.

Figura 1. Situación de l'Ampolla en Catalunya.

4.2 El medio físico

El municipio de l'Ampolla está situado en el golfo de Sant Jord d'Alfama, al sur del Cap Roig, compartiendo el tramo costero de acantilados bajos, con frecuencia de playas de gravas y sustrato básico formado por conglomerados cuaternarios al norte y el tramo costero de la planicie deltaica del Ebro al sur. El límite septentrional morfológico del delta se sitúa en l'Ampolla, en el barranco de Sant Pere.

El puerto de l'Ampolla está situado en el tramo litoral, ocupando el frente marítimo del núcleo urbano, entre la playa Avellanes, en el Este, y la playa de l'Arquitecte, en el Oeste.

Sus coordenadas son 40º 48.7'N – 0º 42.7'E.

4.3 Estado actual del puerto

La zona de servicio del puerto tiene una superficie total de 163 284 m2 de los que 44 908 m2 corresponden a superficie de tierra y 118 376m2 a superficie de agua. El sector portuario coincide con el Dominio Público Marítimo Terrestre y el límite terrestre se aproxima a la línea de fachada edificada.

Las diferentes zonas que conforman el puerto son:

- **Dársena pesquera**: espacio portuario comprendido entre el dique de abrigo y la plaza González Isla. Cuenta con dos pantalanes de 30 y 36m de longitud y otra de 84m que se comparte con la dársena deportiva y situada en el paseo marítimo. La superficie de la dársena es de 21 645 m2 de agua y 10 382 m2 de tierra. La dársena pesquera dispone de diferentes equipamientos como la lonja, fábrica de hielo, almacén de cajas, casetas, rampa de botadura, sistema de gestión de residuos y una estación de carburante.
- **Dársena deportiva**: la dársena deportiva se organiza en forma de peine desde el muelle de la ribera y el contradique. El área de equipamientos se sitúa alrededor de la sede social del Club Náutico de l'Ampolla. Cuenta con diversos pantalanes y una oferta de amarres de 428 unidades. La superficie de tierra es de 14 026 m2 y la de lámina de agua de 27 178 m2.

Tabla 1. Distribución amarres deportivos actuales de l'Ampolla.

Eslora	Ampolla	
L<6m	31.8%	136
6<L<8	40.7%	174
8<L<10	14.3%	61
10<L<12	9.1%	39
12<L<15	4.2%	18
15<L<20	0.0%	-

L>20m	0.0%	-
TOTAL	100%	428

- **Fachada urbana:** tal y como se ha comentado, el límite terrestre se ajusta a la delimitación del DPMT e incorpora la fachada marítima de l'Ampolla. Dentro de la zona de servicio se incluye el paseo marítimo desde la plaza González Isla hasta la playa de l'Arquitecte además de un tramo a levante próximo a la cala Avellanes. Esta zona de fachada urbana contiene la actividad característica de los frentes marítimos. Asimismo, toda su superficie corresponde al sistema viario y a espacios libres con la excepción de una zona edificada con cubierta integrada en los espacios públicos urbanos que lindan con la dársena pesquera. Existen diversos aprovechamientos de la superficie en forma de terrazas abiertas y cerradas destinadas a la restauración. Recientemente se han realizado unas obras de ordenación de esta zona en la que se ha mejorado el paseo de viandantes y el mobiliario y regulado los aparcamientos. La superficie de esta zona es de 11 870 m2.
- **Las obras de defensa:** El puerto de l'Ampolla queda resguardado de los temporales gracias al dique de levante o dique de abrigo y el dique de poniente o contradique. En los últimos años se construyó un martillo en el dique de abrigo para reducir la agitación de la bocana. La superficie de las áreas de escollera es de 6 539 m2 de la escollera del dique de levante, 1 368 m2 del martillo y la superficie seca de la escollera del dique de poniente es mínima y se contabiliza dentro de la zona de agua y canales comunes. En total, las escolleras y acantilados ocupan una superficie de 7 907 m2.

5 Características del área de proyecto

5.1 Batimetría

Para un estudio de este tipo, la precisión de la batimetría es muy importante. Por un lado, se necesita una batimetría a pequeña escala de los alrededores del puerto para determinar los calados necesarios de amarre y navegación y los movimientos de tierra a realizar para la nueva obra. Por otro lado, se necesita de una batimetría de mayor escala para poder simular la propagación y la agitación de los distintos oleajes y poder valorar la respuesta de las nuevas estructuras.

Se dispone de una batimetría de los alrededores del puerto y de dos más a mayor escala que han sido digitalizadas y tratadas para este proyecto.

5.2 Geología

En la zona de estudio se diferencian dos tipos de áreas geológicas diferenciadas según su origen de formación: por un lado tenemos la parte a la que pertenece l'Ampolla de tierra formadas en el periodo pleistoceno, y por otro lado las que pertenecen a la llanura deltaica que son principalmente depósitos sedimentarios, formadas en el holoceno.

En las zonas adyacentes al puerto nos encontramos con los siguientes materiales: terraza fluvial de gravas, arenas y lutitas; marismas degradadas y torvas con intercalación de arenas y lutitas; marismas, limos, arenas, materia orgánica y sales; sedimentos de playa del holoceno; plana permanente sumergida de arenas finas, limos y arcillas; planicie de arena eólica subáerea; cordón de duna litoral, y planicie aluvial formada por gravas, arenas y lutitas.

5.3 Hidrología

El principal elemento de la red fluvial de la zona de estudio es, obviamente, el río Ebro. Se trata de un río de carácter marcadamente mediterráneo, con un caudal muy irregular, tanto en relación con las variaciones mensuales como las anuales. No obstante, el caudal medio de este río ha ido disminuyendo en las últimas décadas por efecto de un aumento del consumo de agua en toda la cuenca. El caudal medio anual en Tortosa durante el período de 1912-2001 ha sido de unos 12 729 hm3 año y el intervalo de variación ha oscilado entre 4 284 y 28 692 hm3 año. A lo largo del tramo deltaico, el Ebro se comporta hidrológicamente como un estuario, ya que en el fondo del cauce del río, desde Tortosa hasta la desembocadura, presenta una elevación inferior al nivel medio del mar. Por este motivo, en ausencia de descarga fluvial, el agua marina penetraría a través del cauce del río hasta esta población.

Actualmente, el río Ebro presenta tres desembocaduras: la bocana de Migjorn (tan solo abierta excepcionalmente en períodos de fuertes caudales), la bocana de Llevant (obstruida artificialmente) y la bocana de Sorrapa.

5.4 Climatología

El clima del Baix Ebre es mediterráneo de tipo litoral sur, excepto en el área de los Ports de Beseit, donde es de tipo prelitoral sur. La precipitación media anual varía entre los 550 y los 600mm en buena parte de la comarca, excepto en los puertos, donde asciende a 900 mm anuales. Los picos de lluvia se dan en otoño y los mínimos en verano, especialmente en la costa. Los inviernos son fríos en la montaña y suaves en el delta del Ebro, con medias que oscilan entre los 5º y los 11º C, dándose los valores bajos en la montaña; y los veranos calurosos, entre 20º y 25º C, comportando una amplitud térmica anual media.

6 Estudio del clima

Para el estudio de clima se han utilizado los datos de la boya direccional de Cabo Tortosa, dado que es la boya más cercana a la zona de proyecto, situada en las coordenadas 40 43.29 N - 00 58.89 E, a 60m de profundidad y a 5 minutos de la costa. Esta boya es, por lo tanto, la que mejor representa las condiciones de oleaje que puedan presentarse en las proximidades del puerto de l'Ampolla.

Sin tener en cuenta los periodos vacíos de registro, los datos corresponden al periodo comprendido entre julio de 1990 y diciembre de 2011, lo cual se considera perfectamente representativo tanto para clima medio como para el extremal.

El estudio completo se encuentra en el Anejo IV.

6.1 Clima medio

El régimen medio se puede definir como el conjunto de estados de oleaje que pueden ocurrir en condiciones normales. Así pues, el régimen medio está directamente relacionado con las condiciones medias de operatividad. A partir del estudio de clima medio se realizan estudios de agitación interior del puerto o cálculos de afectación de la dinámica litoral. En el caso de un puerto, es esencial conocer cuál es el tiempo promedio en el cual la bocana y/o algún muelle pueden estar inoperativos a lo largo del año.

6.1.1 *Clima medio escalar*

En el régimen medio escalar se estudia la función de distribución estadística que define la probabilidad de excedencia de un determinado valor de la variable de altura significante.

Se escoge un ajuste por mínimos cuadrados a una función de distribución de Weibull y se obtiene la siguiente distribución:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - 0.5901}{0.2561}\right)^{1.1}\right] \qquad (1)$$

6.1.2 *Clima medio direccional*

Con tal de realizar un estudio de operatividad preciso, se realiza una división de los oleajes en 16 direcciones. De éstas se escogen como más peligrosas para el puerto y más probables las direcciones NE, ENE, E, ESE y SE.

Para éstas se realiza un ajuste a una función de Weibull, en este caso biparamétrica (k=1) mediante mínimos cuadrados. Se obtienen los coeficientes direccionales para cada una de ellas y la probabilidad de ocurrencia.

Adicionalmente se forman tablas de encuentro Hs-Tp, para cada una de las direcciones, con la probabilidad condicionada de ocurrencia de cada oleaje. De esta manera se tienen clasificados todos los oleajes posibles mediante sus frecuencias, para realizar el estudio de operatividad del puerto.

6.1.3 *Clima medio estacional*

El uso de un puerto deportivo está muy marcado por la estacionalidad. A la hora de definir la operatividad de un puerto y los periodos de mantenimiento es importante tener en cuenta que en épocas estivales se encuentra en pleno rendimiento y en cambio, en invierno, la actividad es menor.

Por ello se realiza un ajuste por mínimos cuadrados a las distribuciones que se ajustan al comportamiento del clima marítimo medio en cada estación, se calculan las probabilidades de ocurrencia y se conforman las tablas de encuentro con las frecuencias para el estudio de operatividad derivado de la agitación.

6.2 Clima extremal

En este caso el análisis se centra en la caracterización de los eventos extremos o temporales para la zona de estudio, es decir, un subconjunto de datos dentro del total de los registros

visuales o de la curva de estados de mar. El objetivo principal del análisis es poder caracterizar los temporales o sucesos extremos para determinar así las acciones de diseño que deberá soportar la obra de abrigo.

Se realiza un análisis entre distintas funciones distribución de Weibull y Gumbel y la que mejor parámetro R cuadrado presenta, y por lo tanto, mejor ajuste es para el clima extremal escalar: es una Weibull con A=0.6535, B=2.2524 y k=1. También se hace un estudio del clima extremal direccional para las 5 direcciones utilizadas en el clima medio.

Se escoge, acorde con la ROM 0.2-90, riesgo E=0.5, pues se seguirá con la tipología estructural de dique en talud existente y vida útil L=25 años y se obtiene un periodo de retorno Tr=36.1 años (36.6 si se sigue la ROM 0.0).

Se calculan los oleajes de diseño y sus periodos asociados con este periodo de retorno y se obtiene la ola de diseño proviene el **ENE** con una altura significante en aguas profundas de **6.04m** y un periodo asociado medio de **12.15** segundos.

7 Demanda náutico-deportiva

Se realiza una estimación del número de amarres necesarios en la ampliación de nuestro puerto siguiendo la metodología expuesta en el Pla de Ports de Catalunya. Los objetivos expuestos en el mismo plan proponen:

- Intentar evitar la concentración de los amarres en zonas determinadas (tales como la Costa Brava) con mucha estacionalidad y ligada a segundas residencias y promover un reequilibrio mediante un mayor desarrollo en las provincias de Barcelona y especialmente de Tarragona.
- Priorizar la ampliación de los puertos existentes con un mejor aprovechamiento de los tramos de costa e intentar evitar la posibilidad de ejecutar nuevas obras en el litoral.

De la evolución del mercado náutico en Catalunya se obtiene:

- El tamaño medio de los puertos deportivos ha crecido con los años en referencia al número de amarres. Pasó de 403 amarres de media en 1982 a 665 en 2005.
- Los servicios y equipamientos de los nuevos puertos deportivos tienen unas características muy distintas de los de las antiguas instalaciones: están orientados a un público más diverso que al usuario tradicional, son de mayor tamaño y tienen un porcentaje de embarcaciones de esloras superiores a 10 metros más elevado. También se han producido cambios en los servicios complementarios presentes en los puertos, ya que actualmente hay una gran oferta de servicios complementarios relacionados con la náutica en la gran mayoría de puertos deportivos: talleres, varaderos, actividades turísticas, zonas de restauración y ocio.

La comarca del Baix Ebre es la comarca catalana con menor número de amarres (803, de los cuales 428 pertenecen a l'Ampolla, el resto a l'Atmetlla) y uno de los puntos a tener en cuenta para aumentar la capacidad en un futuro próximo.

Determinando la demanda de amarres para uso privado, para embarcaciones transeúntes, la demanda de hibernación y los elementos de fondeo y acceso al mar de pequeñas embarcaciones, se obtiene que el **déficit** de embarcaciones de la zona del Baix Ebre (y sólo se contempla la ampliación del puerto de l'Ampolla) es de unas **400 embarcaciones**, las cuales deberán adaptarse al nuevo perfil demandante expuesto.

En el estudio de demanda expuesto en el Anejo V se hace una propuesta de distribución de amarres genérica que se particulariza para la alternativa escogida de diseño.

8 Estudio de alternativas

En el Anejo VI se realiza un amplio estudio de alternativas en el cual se presentan las mismas, se realiza un análisis multicriterio bajo una hipótesis base y también un análisis de robustez para eliminar la componente subjetiva del multicriterio.

8.1 Presentación de alternativas

La totalidad de las alternativas contempladas son cinco: la primera corresponde a la de no realizar la ampliación, después se proponen 3 alternativas de diseño y finalmente se analiza como una más la propuesta del Pla Especial.

- **Alternativa 0**: Planta actual del puerto de l'Ampolla. En el caso que el análisis multicriterio determine que la ampliación produce más perjuicios que beneficios, o que el modelo de explotación del puerto ampliado es deficitario, se contemplará la solución de no aumentar la capacidad actual.

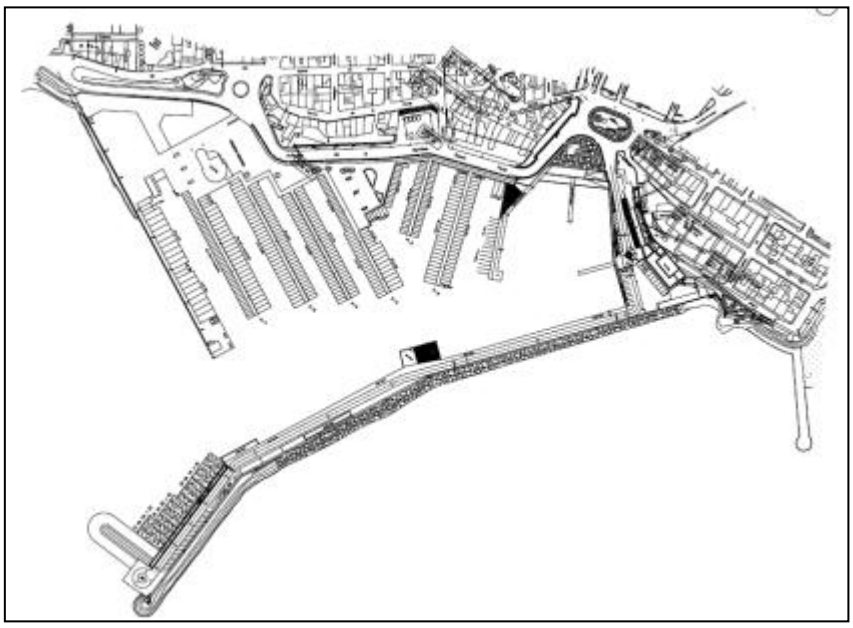

Figura 2. Alternativa 0

- **Alternativa 1**: La primera alternativa propuesta, que basa su diseño en cumplir con los condicionantes de diseño bajo el mínimo coste. Se prolonga el dique de Levante mediante una 4º alineación, se crea una nueva dársena con 5 nuevos pantalanes y se protege la entrada con dos diques martillos de bloques de escollera, el más exterior

aprovechando el existente actualmente. Se sitúa la rampa en una posición cómoda y se dota de una superficie de varadero y talleres que cumple las exigencias. Protección del contradique mediante una nueva playa, creada como medida compensatoria. Propuesta de amarres de 435 y 236 plazas de parquin.

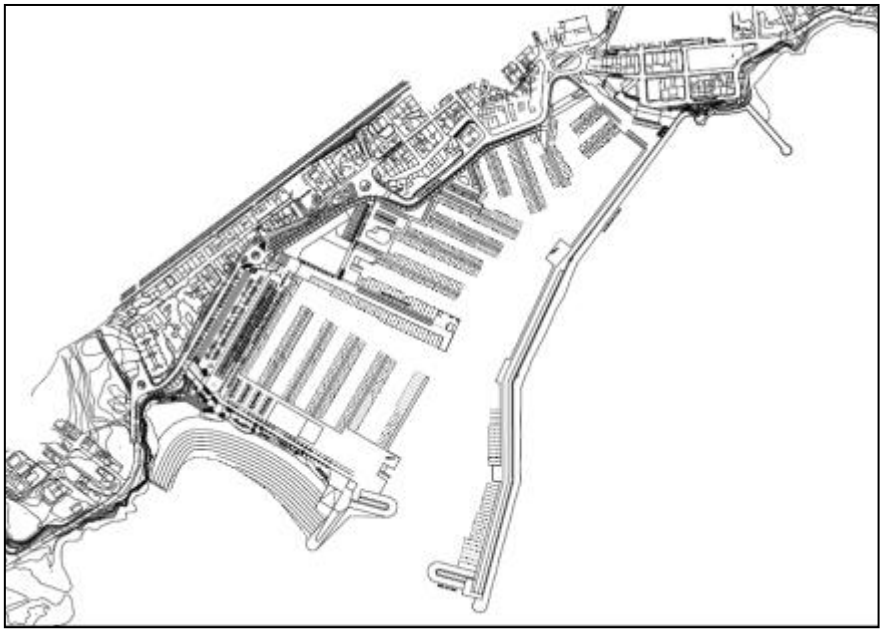

Figura 3. Alternativa 1.

- **Alternativa 2**: diseño basado en parámetros de comodidad, funcionalidad, operatividad y estética del puerto. Se prolonga el dique de levante, aunque 30 m menos que la alternativa anterior. Se protege mediante dos espigones colocados de tal manera que la entrada de agua directa es prácticamente imposible.

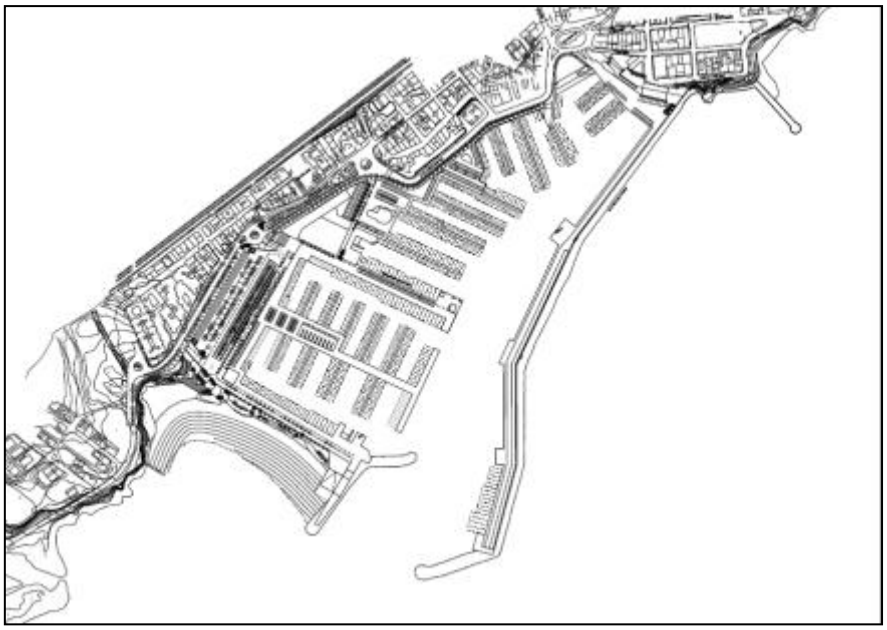

Figura 4. Alternativa 2.

El elemento más característico es la construcción de un muelle central desde donde se distribuyen los pantalanes y los amarres. La zona de operaciones pasa del muelle del

contradique al muelle central. Se protege igualmente el contradique mediante una playa entre dos muros de escollera. 467 nuevos amarres con 214 nuevas plazas de parquin.

- **Alternativa 3**: Esta alternativa se ha diseñado protegiendo la nueva dársena de una manera similar a la de la Alternativa 2 y mejorando las limitaciones que ésta presentaba (poco espacio de tierra y mala situación de la rampa de botadura). A la vez, se intenta cerrar la bocana para evitar la entrada directa de oleaje y reducir la agitación desde la entrada, con la construcción de dos espigones.

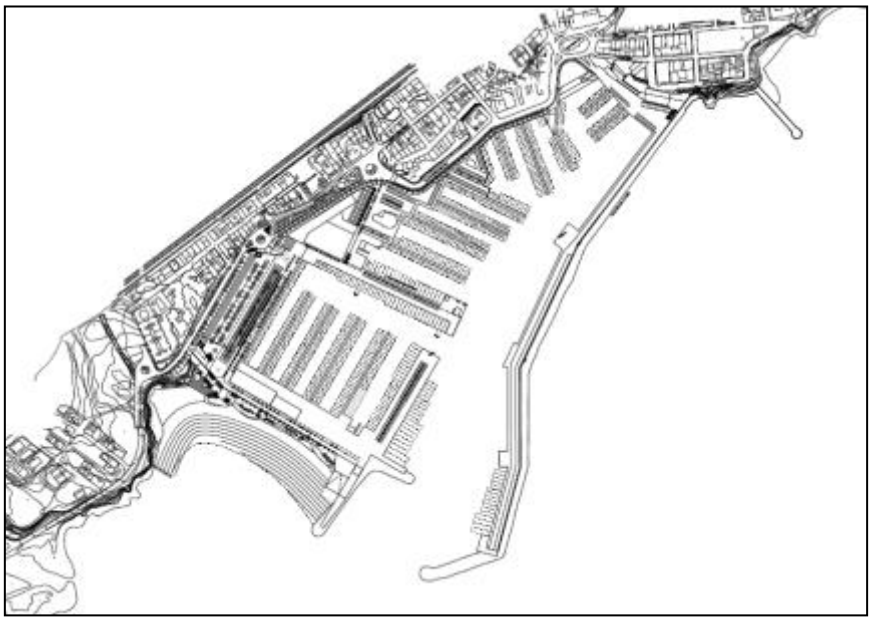

Figura 5. Alternativa 3.

Se construye un muelle vertical que cierra la dársena y que ofrece un mayor número de amarres de gran eslora, en comparación a las otras alternativas. La protección del contradique es del mismo tipo que el considerado en todas las alternativas. 423 nuevos amarres (mayor porcentaje de grandes esloras) y 228 nuevas plazas de aparcamiento.

- **Alternativa propuesta por el Pla Especial**: se incluye también esta alternativa y se aplican los mismos criterios para determinar su rentabilidad económica y su respuesta frente a la agitación. Esta ampliación se centra principalmente en la creación de una nueva dársena protegida con un muelle vertical de tipo claraboya antireflejante. En cambio, no contempla la prolongación del dique de levante, por lo que es más probable que las olas entren directas hacia el nuevo muelle y rompan en la bocana, entorpeciendo las condiciones de operatividad. La oferta de amarres es también inferior, 243 nuevos amarres, no llegando a satisfacer la demanda establecida por el Pla de Ports. Contempla la playa como protección del contradique y como medida compensatoria hacia el municipio.

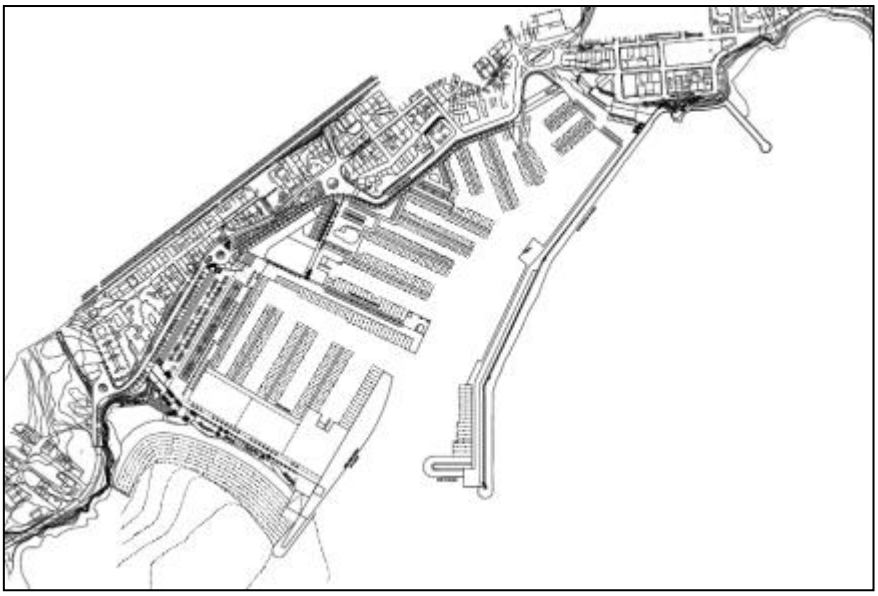

Figura 6. Alternativa propuesta en el Pla Especial.

8.2 Análisis multicriterio

Se entiende por método de análisis multicriterio aquel procedimiento de análisis que permite combinar distintos elementos de estudio que, en principio, no son fácilmente comparables debido a su heterogeneidad. Con el análisis, por lo tanto, lo que se trata es de poder valorar criterios diferenciados. El objetivo principal es obtener la mejor alternativa posible de entre todas las estudiadas.

Los indicadores utilizados se clasifican según su relevancia (en importantes, básicos y complementarios) y según su categoría (en económicos, funcionales, ambientales y estéticos). La valoración escogida va de 0 a 1 con 5 intervalos intermedios, siendo 0 muy deficiente y 1 la valoración óptima.

Para la correcta valoración de cada indicador se realiza previamente un análisis financiero y un análisis de agitación para cada alternativa (un total de 40 casos simulados: 5 plantas de puerto frente a 4 direcciones con 2 periodos cada una de ellas). Adicionalmente se exponen en el Anejo VI todos los argumentos y justificaciones de las puntuaciones escogidas en cada apartado.

Los pesos para la hipótesis básica escogidos son los siguientes:

- **Indicadores económicos: 37.5%.** Coste ejecución 5%, TIR 10%, VAN 7.5%, PRI 7.5% y B/C 7.5%.
- **Indicadores funcionales: 50%.** Reducción de la agitación 25%, maniobrabilidad 5%, plazas para chárteres 5%, impacto sobre el turismo 7.5% y posición de rampa y taller 7.5%.
- **Indicadores ambientales: 10%.** Impacto sobre el medio ambiente 5% e impacto visual 5%.
- **Indicador estético:** 2.5%.

Las puntuaciones para cada indicador así como la valoración final de la hipótesis base se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis multicriterio y resultado.

Criterio	Indicador	A0	PP	A1	A2	A3
Económico	Coste ejecución	1	0.8	0.8	0.4	0.6
	TIR	0.2	0	1	0.6	0.8
	VAN	0.2	0	1	0.8	0.8
	PRI	0.2	0.2	1	0.8	0.8
	B/C	0.2	0	1	0.8	0.8
Funcional	Agitación	0.6	0.6	0.8	1	1
	Maniobrabilidad	1	1	0.8	0.4	0.6
	Chárteres	0	0.4	0.8	0.6	1
	Impacto turismo	0	0.4	0.8	1	0.8
	Rampa y taller	0.4	0.8	1	0.4	0.8
Ambiental	Imp. Medio ambiente	1	0.8	0.8	0.8	0.4
	Imp. Visual	1	0.8	0.8	0.4	0.8
Estético	Estética	1	0.8	0.6	1	0.8
TOTAL PONDERADO		**4.2**	**4.25**	**8.35**	**7.3**	**7.9**

La mejor solución que se obtiene de la hipótesis base de pesos es la Alternativa 1, seguida de la Alternativa 3 y de la Alternativa 2, respectivamente.

8.2.1 *Análisis de robustez*

La elección de las variables se ha determinado por importancia en el proceso de decisión y por ser aquellas que producen una diferencia comparativa que pueda ser un argumento para decantarse por una alternativa u otra. El proceso de ponderación, sin embargo, es muy difícil de que quede libre de valoración subjetiva o de errores de apreciación. Por ese motivo, se ha considerado necesaria la realización de un análisis de robustez del método multicriterio propuesto.

En este estudio se proponen 8 nuevas combinaciones de pesos intentando mantener la jerarquía de los criterios, dentro de un intervalo determinado.

De esta forma, la solución que más veces quede mejor valorada por este modelo de análisis, se podrá concluir que se trata de la mejor propuesta de todas las estudiadas.

Los resultados de las 8 hipótesis consideradas son:

Tabla 3. Resultado de todas las hipótesis de pesos consideradas.

	A0	PP	A1	A2	A3
H. Base	**4.2**	**4.25**	**8.35**	**7.3**	**7.9**
H1	4.85	4.25	**8.75**	7.3	8.05
H2	4.9	4.55	**8.75**	7.3	8.15
H3	4.8	4.85	**8.55**	7.7	8.4
H4	5	4.8	**8.7**	7.55	8.45
H5	5.1	5	**8.55**	7.9	**8.55**
H6	5.25	5.35	**8.5**	7.55	8.05
H7	5.05	5.15	**8.6**	7.15	8.2
H8	4.8	4.4	**8.8**	7.6	8.15

Acorde a todo ello se concluye que:

1. La Alternativa 1 es la que mejor valoración obtiene en global bajo todas las hipótesis de cálculo según las ponderaciones expuestas y, por lo tanto, será la alternativa escogida para el diseño de la ampliación el puerto de l'Ampolla.

9 Estudio de propagación y agitación

9.1 Descripción del proceso

El estudio de propagación y agitación se realiza para determinar las condiciones de operatividad en las diferentes zonas del puerto.

El proceso de determinación de la operación implica dos fases importantes que dependen la una de la otra. La primera fase corresponde a una propagación del oleaje desde aguas profundas hasta aguas intermedias y la segunda a otra propagación de aguas intermedias a aguas someras y a las inmediaciones del puerto, por tal de determinar la altura de ola significante dentro del puerto.

Se exponen las condiciones respecto a las alturas máximas y a las distintas zonas a considerar para los requerimientos mínimos de servicio según la ROM 3.1-99. Se divide el interior del puerto en 7 zonas, en las que se determinará el coeficiente de agitación.

9.2 Propagación desde aguas profundas

Para realizar la propagación desde aguas profundas se recurre al software SWAN *(Simulating WAves Nearshore).* Se utiliza una batimetría que incluye el hemidelta norte, desde la zona donde se encuentra la boya del Cabo Tortosa (a 60m de profundidad) en el sur, y hasta la

altura de l'Atmetlla de Mar, por el norte. La resolución de esta malla es de celdas de 10m de ancho. Se propaga una onda de 1m de altura significante desde aguas profundas con su periodo y dirección y se establecen 3 puntos para realizar el anidamiento de las mallas de diferentes resoluciones. Estos puntos se encuentran a una profundidad de unos 6-7m. En este punto se extrae el valor de la altura significante, la variación de la orientación respecto a la inicial y el periodo.

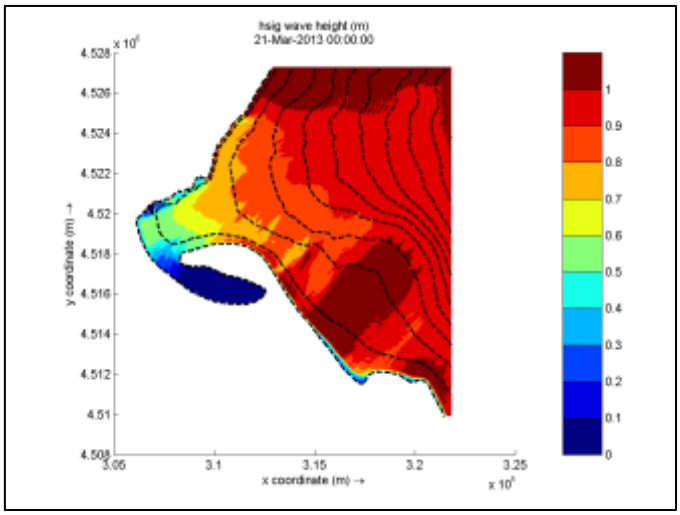

Figura 7. Propagación oleaje proviene del ENE con Tp=12 seg.

Los casos modelados incluyen las direcciones con mayor probabilidad de ocurrencia que puedan ser peligrosas para la operatividad del puerto: ENE, E, ESE y SE. Se ha suprimido el estudio de la dirección NE pues su probabilidad de ocurrencia es de 0.3%. Para cada dirección se simulan 3 casos con 3 periodos distintos: 5, 8 y 12 segundos. Se estudian ondas con periodos tan largos, pues son las causantes de la agitación interna.

Del estudio de propagación se concluye que:

1. El oleaje se reorienta en todos los casos de tal manera que, sea cual sea la dirección de la que proviene el oleaje, se asemeja más a un levante en aguas someras.
2. La altura de ola se ve reducida entre un 40% y un 60% en la propagación desde 58m de profundidad hasta 6-7m.
3. El oleaje del ENE es el que ve reducida en menor cantidad su altura de ola facilitado por la ausencia de obstáculos naturales en su entrada hacia los puntos de control.

9.3 Agitación de la lámina de agua

Para realizar la propagación de los últimos metros y la penetración en la zona del puerto se utiliza una malla de mayor resolución, con celdas cuadradas de 4 metros de lado. Se utilizan las variables obtenidas en el proceso de propagación como representativas de los lados a los que pertenecen.

El modelaje de la agitación de la lámina de agua se ha realizado mediante el software SWASH (*Simulating WAves till Shore*) perteneciente a la Delft University of Technology. Se utiliza una malla rectangular orientada 0º respecto a la horizontal, pues todos los oleajes entran con una orientación de entre 45º y 135º respecto al norte de forma horaria.

Se utilizan los coeficientes de reflexión del *Shore Protection Manual* para definir las zonas internas del puerto y su respuesta a la llegada de oleaje, según el tipo de estructura.

Con las zonas del puerto definidas, se introducen los valores obtenidos en la propagación como condiciones iniciales en la agitación y se determinan los coeficientes de agitación en estas zonas, para cada uno de los 12 casos simulados (3 periodos para las 4 direcciones).

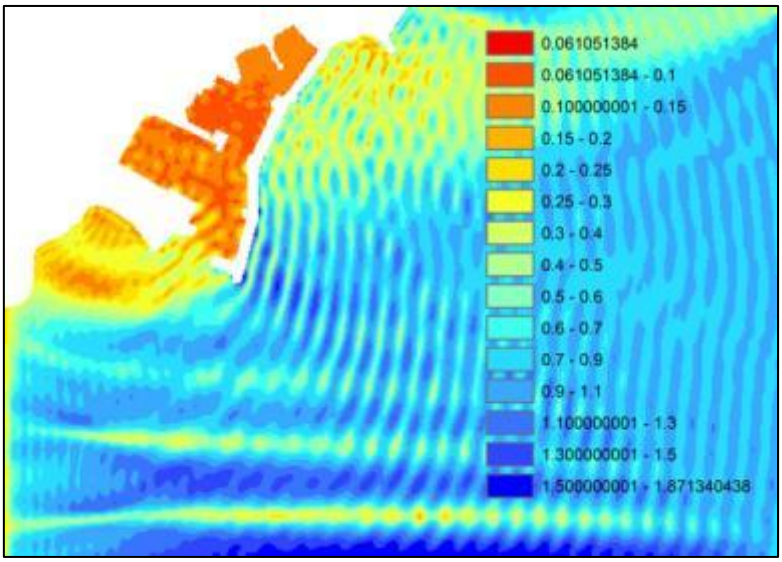

Figura 8. Resultados de la simulación de agitación para ENE con Tp=12s.

Del modelado y análisis que se ha realizado para determinar los niveles máximos de la lámina de agua en las distintas zonas del puerto se concluye que:

1. Los mayores coeficientes se dan cerca de la bocana, en el canal de entrada y en los amarres para yates de mayor eslora y los menores coeficientes de agitación corresponden al interior de la nueva dársena deportiva.
2. Los oleajes más enérgicos, es decir, con periodos de pico mayores, producen un mayor coeficiente de agitación.
3. Los oleajes del E y del ENE son los que producen una reducción menor de sus alturas de ola.

9.4 Operatividad del puerto

Utilizando las tablas de encuentro que indican las frecuencias del Anejo IV, se determinan la altura de ola en aguas profundas que debe presentarse para que se supere los valores máximos en aguas abrigadas, según la zona. Se calcula para estas olas, el número de horas anuales en que se superan, dada su dirección y su periodo.

Si se siguen los criterios de la ROM 3.1-99 (es decir, altura máxima de 0.4m para los barcos deportivos y de 0.6 m para los barcos pesqueros), obtenemos en la bocana 41.4h anuales de no operación de media anualmente, de las cuales 5h ocurren en temporada alta.

Si se establecen exigencias más realistas y acordes con embarcaciones de pequeña eslora (0.3m para embarcaciones de recreo y 0.5m para embarcaciones de pesca) se obtienen 150h anuales de no operación en la bocana (de las cuales 20.2h son en temporada alta) y 24h

anuales de no operación en el amarre de grandes yates (de las cuales menos de 2h son en temporada alta).

Del estudio de operatividad del nuevo diseño para la ampliación del puerto de l'Ampolla se extrae:

1. Los niveles más elevados de agitación se dan en la bocana y canal de navegación principal. Esta zona es la única que supera los niveles tanto los medios aceptables de cierre para cualquier efecto meteorológico (de 20h anuales) como los mínimos de servicio recomendados por efecto del nivel del agua (10h anuales).
2. Sin embargo, todas las demás zonas cumplen la normativa al tener menos horas de inoperatividad anual y una mayor holgura.
3. Además si se considera la Temporada Alta, en ningún momento se exceden los umbrales establecidos de operación.

10 Descripción de la solución adoptada

10.1 Obras de abrigo

Como obras de abrigo se contempla la prolongación del dique de Levante mediante una cuarta alineación que siga la batimétrica de cota -5m, la colocación de dos martillos dique para amortiguar la entrada directa de agua y el contradique se protegerá mediante la nueva playa.

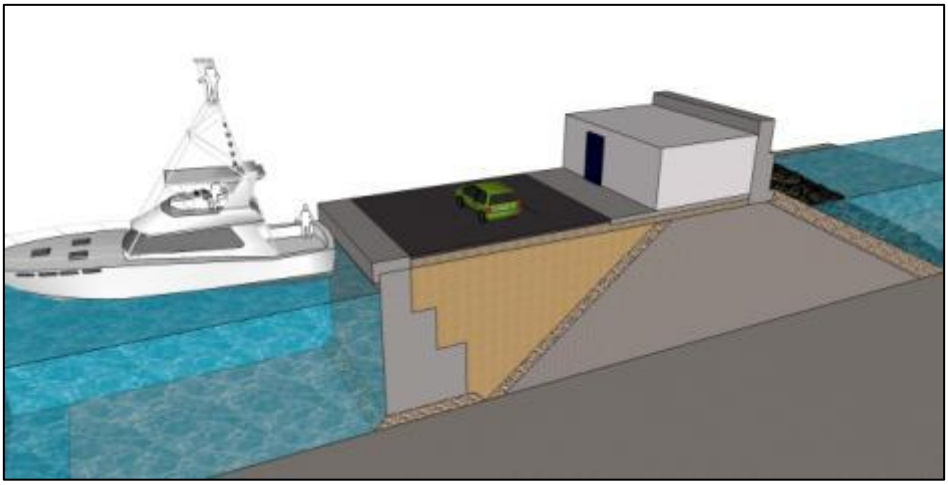

Figura 9. Sección tipo del dique de abrigo.

En el dique de abrigo, se realiza la comprobación estructural de los elementos del manto al oleaje de diseño propagado a pie de dique y se proyectan bloques de escollera natural calcárea de 5.5 Tn de peso para el manto que corona en una cota de 3.25m y tiene una berma de 3.5m, dos capas de filtro con escollera de 275-300 kg (con talud interior de 1:1.25 y exterior de 1:2), núcleo formado por escollera sin clasificar y un espaldón de hormigón en masa que corona a +4.25m. Se estudia el caudal de rebase para un dique con muelle adosado en el cual circulan vehículos ligeros y existen edificaciones y se obtiene que con esa cota de coronación se cumplen los requisitos.

El muelle adjunto se trata de un muelle de gravedad formado por bloques de hormigón sumergido en L colocados de menor a mayor tamaño. Estos bloques se encuentran apoyados sobre una banqueta de regularización formada por bloques de unos 200 kg. Por encima de él se encuentra una viga cantil que una los bloques y les proporcione horizontalidad. En la cuarta alineación se prevé la construcción de unos pañoles para uso pesquero y deportivo.

Adicionalmente se contemplan dos diques martillos formados íntegramente por elementos de escollera natural de 2-3 Tn, formando una estructura de gran permeabilidad. Su función no es estructural sino puramente funcional para mejorar las condiciones de operatividad en el interior del puerto y facilitar el acceso de las embarcaciones por la bocana.

10.2 Obras de atraque

10.2.1 *Muelles*

Para la elección de la tipología de muelle a utilizar en la nueva dársena y nuevas estructuras del puerto se tienen en cuenta criterios de uso, explotación, geotécnicos, morfológicos, climáticos, medioambientales, constructivos, de conservación y de mantenimiento.

De entre las opciones del prediseño (muelle de bloques prefabricados, muelle de hormigón sumergido o muelle de cajones) se escoge un **muelle de hormigón sumergido** por las siguientes razones:

1. La disponibilidad de espacio en los aledaños del puerto es pequeña, el paseo marítimo es un área de actividad turística y de restauración importante que no se puede ocupar durante dos o tres años y el puerto se encuentra encajonado por la vía del tren, no existe espacio suficiente para que la instalación de la planta de prefabricación sea compatible con la actividad del frente marítimo.
2. Tener que transportar y montar la estación de prefabricado representa un sobrecoste frente a la opción de hormigonar in situ.
3. No se rentabiliza la instalación de una planta de fabricación de cajones, pues los muelles no superan los 4.5m de calado y las longitudes son pequeñas (recordando que los cajones están recomendados para calados de entre 10 y 20m y grandes longitudes).

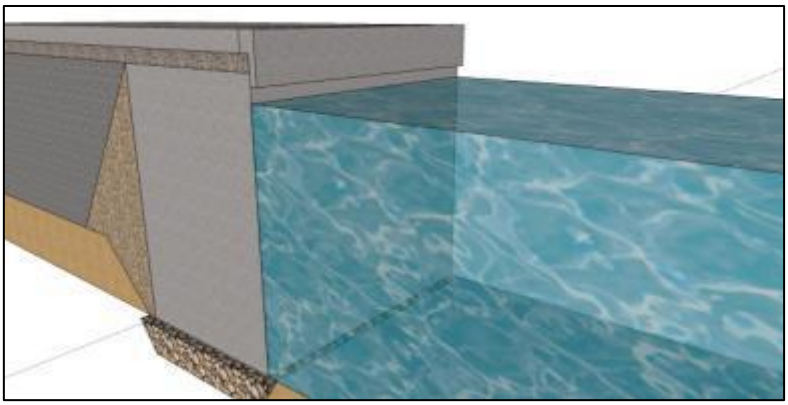

Figura 10. Sección tipo de muelle.

Una vez realizadas las comprobaciones frente a los estados límites últimos de equilibrio estático, se establece la sección tipo de muelle a considerar para el nuevo muelle de Ribera, la ampliación del antiguo contradique y para el muelle del segundo contradique:

- Formado por un bloque de hormigón sumergido de unos 3.75m de altura por 2.5m de anchura dispuesto sobre una banqueta de regularización de escollera natural de entre 50 y 200kg, con un Pedraplén en el trasdós para transmitir el nivel de agua entre las dos partes, hormigón magro por encima del árido de caliza de relleno y la superestructura y el firme encima, con una viga cantil de cerramiento.

10.2.2 *Pantalanes*

La determinación de la estructura de pantalán se basa en los a existentes en las dársenas actuales del puerto de l'Ampolla. Se ha escogido un pantalán de tipo fijo formado por placas de hormigón prefabricado de 12m de largo por 3m de ancho, con 35 cm de espesor y francobordo de 65 cm dispuestos encima de pilonas de bloques de hormigón prefabricados de 2m de ancho por 1m de largo apoyadas sobre una banqueta de escollera natural de 50 a 200 kg.

10.3 Instalaciones

10.3.1 *Dimensiones en planta*

- Se obtiene un total de 5.4 ha de nueva superficie abrigada (correspondiente 3.1 ha a la nueva dársena y 2.3ha a los accesos y zona abrigada por el dique de Levante).
- La distribución final de los amarres por esloras y por usos se encuentra en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución final de los amarres.

Eslora (m)	Número de amarres	Amarres privados	Amarres públicos
E ≤6	76	76	0
6< E ≤8	135	111	24
8< E ≤10	102	52	50
10< E ≤12	62	32	30
12< E ≤15	47	25	22
15< E ≤18	7	5	2
E >18	6	4	2
TOTAL	**435**	305	130

- El ancho de la bocana escogido es de 79m.
- El ancho mínimo del canal principal de navegación será superior a 40.5m.
- El ancho mínimo del canal secundario de navegación será superior a 27.9m.

- El radio de giro para acceder a la nueva dársena es de 122m.

10.3.2 *Calados necesarios*

- El calado mínimo de la nueva dársena se fija en 3.5m.
- El calado mínimo de la bocana se fija en 4.5m.
- Se obtiene un volumen total a dragar (correspondiente a banquetas, dragados de fondo, zona del muelle de Ribera, dragados de limpieza y dragado en la bocana) de 20 847 m^3.

10.3.3 *Dimensionamiento de la superficie terrestre*

- 4 500 m^2 de superficie de varadero.
- 1 150 m^2 del edificio de usos deportivos del muelle del contradique (dispuestos en dos plantas).
- 1 305 m^2 de edificio destinado a talleres y astilleros.
- 1 522 m^2 de edificio destinado a usos generales en el muelle de Ribera, bajo rasante.
- 242 m^2 en dos plantas del edificio para capitanía marítima.
- 715 m^2 de pañoles en el dique de Levante.
- 236 nuevas plazas de parquin.

10.4 Firmes

Conforme a las recomendaciones ROM 4.1-94 y a la Instrucción 6.1 y 6.2 IC de secciones de firme se establecen los diferentes firmes en las zonas ampliadas del puerto. Según las características del relleno, la categoría de la explanada escogida es E2 (buena).

Según las cargas de cálculo, la intensidad de uso y/o la categoría de tráfico, se distingue 4 zonas:

- Zona de circulación y acceso: se dispondrá sobre la explanada una capa de zahorra artificial de 30 cm y encima 10 cm de mezcla bituminosa tipo S en caliente, dispuesta en dos capas de 5 cm cada tongada.
- Zona de estacionamiento tipo 1 y otras zonas de los muelles: pavimento de hormigón vibrado HP40 con un grueso mínimo de 20cm, con una base de 25 cm de zahorra.
- Zona de estacionamiento 2: la capa base estará formada por 25 cm de zahorra artificial sobre dos capas de 6cm cada una de mezcla bituminosa S en caliente.
- Zona de operaciones: 29 cm de pavimento de hormigón vibrado HP40 sobre 25 cm de zahorra artificial.

10.5 Redes de servicios

En el Anejo XII se realiza un análisis y dimensionamiento de las redes de servicio que serán necesarias para la ampliación del puerto de l'Ampolla.

10.5.1 *Red de saneamiento*

Se proyecta una red separativa de aguas residuales y pluviales, con tuberías de polietileno de alta densidad y un pendiente mínimo del 4%.

La red de aguas residuales recogerá las aguas generadas por las diferentes actividades del puerto. Se proyecta una red con tuberías de 300mm de diámetro para recoger las aguas fecales de los edificios y otras instalaciones. Esta red funciona por gravedad. En cambio las aguas residuales y de sentina de las embarcaciones se podrán verter en unas rejas habilitadas a lo largo del puerto y después de ser depuradas (en una estación de tratamiento de aguas residuales prefabricada situada en el puerto) mediante una red a presión con tuberías de 50mm, se evacuarán hacia la red de saneamiento municipal, junto con las aguas fecales de los edificios. La segunda red de diseña a presión debido a las largas distancias y la baja altura en muelles y pantalanes que no permitirían los pendientes mínimos.

La red de aguas pluviales se ha diseñado para recoger y evacuar las aguas de los tejados de las edificaciones y de toda la superficie del puerto. Estas serán conducidas directamente al mar mediante tuberías de 250mm de diámetro. Se proporciona a las diferentes superficies de los muelles de pendientes del 1% y del 1,5%, dependiendo de la zona, para facilitar el desagüe directo al mar. En la zona del nuevo muelle de Ribera y en la zona de varadero y operaciones, los elementos de captación escogidos son imbornales o pozos de registro con reja. En los diferentes puntos de vertido de estas al mar, distribuidos en 2 puntos distintos, se utilizarán desengrasadores para separa los posibles elementos flotantes y grasa.

10.5.2 *Red de abastecimiento*

El suministro de agua potable se realiza a partir de la red general municipal existente. Esta red llega a todos los armarios de servicios que han de servir a las embarcaciones a través de muelles y pantalanes. También llega a todos los edificios proyectados y se disponen bocas de riego cada 100m como máximo, con la presión y el caudal suficientes para la limpieza de pavimentos y para el mantenimiento de las zonas verdes. Además, de acuerdo con la normativa de incendios, se consideran cinco hidrantes dispuestos en puntos estratégicos cada 200m como máximo, asegurando que cualquier punto de los edificios se encuentra a una distancia máxima de 100m de uno de ellos.

Las tuberías son de polietileno de alta densidad de 150mm de diámetro en los ramales principales y de 50mm en los secundarios, y la totalidad de la red está dotada de las llaves de paso y válvulas necesarias que han de permitir aislarla por tramos y que están instaladas en arquetas con sus correspondientes anclajes y con tapas de fundición.

Las conducciones circulan en los muelles por dentro de los orificios de las placas alveoladas, por dentro de los pantalanes prefabricados y en zanjas en las otras zonas.

10.5.3 *Red eléctrica e iluminación*

La red eléctrica del puerto de conecta a la red general del municipio a través del cuadro de control eléctrico situado cerca del acceso secundario del puerto, donde se dispondrán los comandos , fusibles e interruptores de las diferentes líneas proyectadas, así como un reloj con

programador astronómico para el encendido y apagado automáticos de los puntos de luz del alumbrado.

Se prevén tres tipos de líneas eléctricas:

- Líneas que dan servicio a todos los amarres a través de los muelles y pantalanes.
- Líneas que conectan con los elementos de alumbrado.
- Líneas que dan servicio a los diferentes edificios e instalaciones del puerto.

Las conexiones para los amarres del puerto se hacen a través de los armarios de servicio situados en el borde de los muelles y pantalanes, que llevan en el exterior una lámpara que los iluminará. En cada uno de estos hay dos ó cuatro conexiones de corriente con sus correspondientes fusibles, para 100W a 220V. En el mismo armario de servicios hay dos ó cuatro tomas para el abastecimiento de agua potable, tomándose las correspondientes medidas aislantes para evitar posibles cortocircuitos.

Se diferencian cuatro zonas de iluminación, según necesidades:

- *Para las zonas del paseo* y zonas adyacentes al puerto que no forman parte de aparcamientos: lámparas de 3.5m de alto cada 15m de 80W.
- *Zonas de aparcamiento*: lámparas de 4m de altura cada 20m con 100W de potencia.
- *Muelles y pantalanes*: lámparas de 4m de altura cada 15m, potencia 250 W.
- *Estación de suministro de carburante*: lámparas de 10m de altura cada 12m, potencia 400W.

11 Dinámica litoral

Del estudio de la dinámica litoral se extrae que:

1. Que el tramo al que pertenece el puerto y su ampliación corresponde a nivel de vulnerabilidad número 3: tramos sin interés medioambiental destacado, según el *Pla de Ports de Catalunya* 2007-2015.
2. Que el aporte de sedimentos del Delta del Ebro se ha visto reducido en un 95% a causa de las grandes centrales hidroeléctricas construidas en su cauce.
3. Que el delta del Ebro forma en si una unidad fisiográfica completa la cual obtiene un balance de sedimentos nulo con el exterior.
4. Que existe un fuerte impacto de los oleajes de levante que eliminan el sedimento de grano fino que no está protegido y las pocas playas de arena que existen o bien se encuentran protegidas de manera natural por accidentes geográficos como cabos o acantilados, o se encuentran protegidas por espigones artificiales y son alimentadas.
5. Que se compensará la pérdida de la playa urbana artificial actual del Arquitecte con la construcción de otra playa de mayores dimensiones, con tipología semejante de grano y con una distribución en planta y en alzado de equilibrio según lo expuesto.

11.1 Diseño de la nueva playa

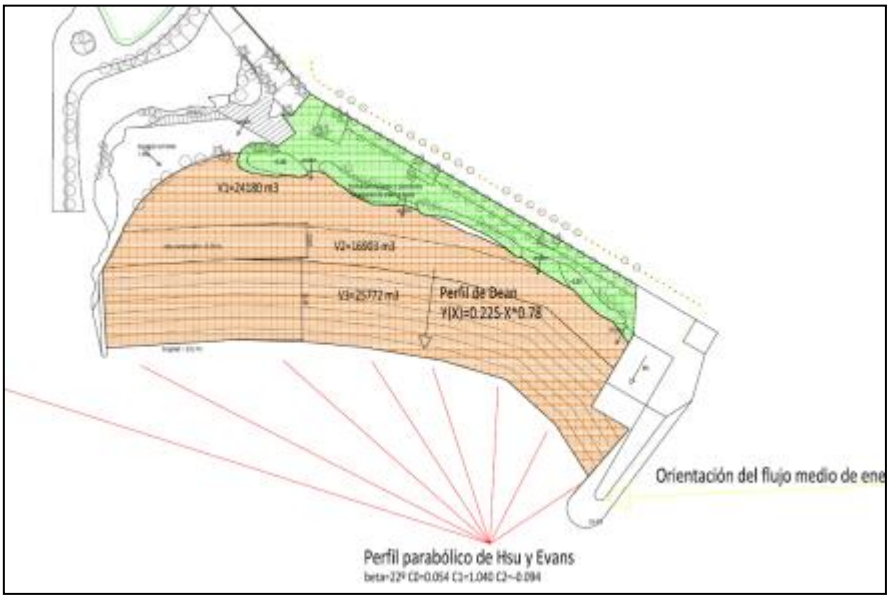

Figura 11. Planta de equilibrio propuesta para la nueva playa del Arquitecte.

El diseño de esta playa se va a realizar siguiendo las teorías para playas de equilibrio, entendiendo como tal la configuración a la que tiende la forma de la playa bajo condiciones estacionarias de la dinámica actuante. Si bien en sentido estricto esta configuración de equilibrio no existe en la naturaleza, permite tener una representación aproximada, pero fiel, de la morfología de la misma. La playa de equilibrio queda definida por tres aspectos:

- Perfil de equilibrio: se utiliza la formulación de *Dean*, con valor de n= 0.78 y con un parámetro A=0.225 correspondiente al tamaño de grano de la nueva playa de gravas pequeñas de entre 5 y 12mm.
- Planta de equilibrio: se utiliza la formulación logarítmica de *Hsu y Evans* para playas encajadas en equilibrio.
- Granulometría de equilibrio: se supone que la granulometría aportada sigue una distribución normal centrada en los 9mm y con una dispersión de 0.738 mm.

Con estos aspectos se determinan las dimensiones de la playa: mínimo de 15m de playa seca, 40m de ancho medio de playa en pendiente, coronación en cota +2.2m, 66 855 m^3totales aportados y plantación de especies dunares en la berma para fijar el material arenoso.

12 Estudio de impacto ambiental y paisajístico

En el Anejo XVI se han analizado los efectos sobre el medio que comporta la ampliación del puerto de l'Ampolla con sus acciones infraestructurales principales. Las conclusiones a las que se llega del análisis son:

1. Las actuaciones que conllevará la ampliación serán altamente visibles, sobre todo desde la propia fachada marítima, pero también desde las distintas playas del municipio de l'Ampolla y desde el margen de la Bahía del Fangar. Sin embargo, dada la

altura máxima reguladora de los edificios futuros, el efecto paisajístico desde los principales puntos de observación naturales situados a gran altura (macizo del Montsià, els Ports) se verá atenuado por la diferencia de altura y no representa un problema.

2. En referencia al impacto paisajístico del paisaje costero, la ampliación no comportará una transformación del paisaje actual, sino que se debe entender como una ampliación de la tipología de paisaje ya existente, la cual corresponde con un paisaje propio de instalaciones portuarias de dimensiones pequeñas y medias de un pueblo pesquero y con continuidad en la trama urbana. Esta nueva ocupación, en cualquier caso, se circunscribe en el área de protección por el nuevo dique de levante. Además, la pérdida de la playa artificial de l'Arquitecte se verá altamente compensada por la adecuación de una nueva playa en el nuevo contradique de características texturales y cromáticas correspondientes a la playa actual.
3. En cuanto al efecto de la construcción de los elementos de puerto y protección. La ampliación de la dársena deportiva hacia poniente, el nuevo contradique, los correspondientes muelles y la cuarta alineación del dique rompeolas comportarán la creación de barreras visuales respecto a la situación actual. El efecto más relevante será causado por el nuevo contradique, dispuesto de manera perpendicular a la línea de costa, naciendo desde el dique de Ribera, que conforma el mayor obstáculo visual visible desde todos los puntos de observación de la fachada marítima y desde puntos situados hacia el sur del puerto. No obstante, este contradique se protegerá con una playa de gravas con lo que se reduce su impacto visual.
4. Si consideramos el efecto de la contaminación lumínica debido a la nueva iluminación del puerto, es evidente que se aumentará la iluminación existente, pues se debe garantizar el perfecto servicio de los muelles y las dársenas. Se diferencia entre diferentes zonas con diferentes necesidades lumínicas para optimizar el efecto de contaminación y, para los pantalanes, se instalarán lámparas de bajo coste encima de las torretas de suministros para evitar un efecto lumínico visible a mayor distancia.
5. Del análisis de las especies biológicas existentes en el área del puerto se extrae que tampoco son necesarias medidas especiales. La especie más importante a tener en cuenta, la posidonia oceánica se encuentra al norte del puerto, en la zona del Cabo Roig, y las especies de la zona del puerto son especies invasoras que viven en ambientes nitrificados.
6. Adicionalmente, se incluye una lista de especies vegetales a evitar en la plantación de árboles y arbustos como medidas integradoras del paisaje para respetar la existencia de las especies autóctonas.

Los impactos paisajísticos analizados se valoran como **moderados y globalmente asumibles**.

13 Presupuesto

El presupuesto de ejecución material total del proyecto de ampliación del puerto de l'Ampolla asciende a una cantidad de 11 477 305.01 € (once millones cuatrocientos setenta y siete mil trescientos cinco euros con un céntimo), cifra que incluye la partida de seguridad y salud que asciende a 196 834.67€ (ciento noventa y seis mil ochocientos treinta y cuatro euros con sesenta y siete céntimos) y que supone un 1.45% del total de las obras.

El presupuesto de ejecución por contrata, teniendo en cuenta el 13% de Gastos Generales y el 6% de Beneficio Industrial, asciende a 13 657 992.96 € (trece millones seiscientos cincuenta y siete mil novecientos noventa y dos euros con noventa y seis céntimos).

El presupuesto total por contrata con IVA incluido (21% de IVA) sube a **16 526 171.48 €** (dieciséis millones quinientos veintiséis mil ciento setenta y un euros con cuarenta y ocho céntimos).

14 Justificación de precios

Para calcular el importe expuesto del Presupuesto de Ejecución por Contrata del Proyecto, se han obtenido previamente los precios de las diferentes unidades que, una vez aplicadas a las mediciones obtenidas en función de la definición de cada partida, permiten cuantificar el coste de los principales capítulos. En el Anejo XIX se detallan los precios de la mano de obra, en función de los convenios vigentes, de los materiales y de la maquinaria.

15 Estudio económico financiero

En el Anejo XVII se evalúa la viabilidad económica de la ampliación propuesta.

La explotación de la infraestructura es en modo concesión cedida al Club Nàutic de l'Ampolla. El periodo de concesión considerado es de 25 años, que empiezan a contabilizar una vez las obras esten finalizadas. Al final de este periodo, la gestión del puerto pasa a manos del organismo competente dentro de la Generalitat de Catalunya, que corresponde a Ports de la Generalitat, el qual decidirá si ampliar la concesión o asumir su gestión.

Se establece un modelo de explotación teniendo en cuenta:

- En los ingresos: gestión de los amarres, aprovechamiento de las edificaciones, aprovechamientos ligados a la explotación.
- En los costes: costes de inversión (capital y financiación), costes de personal, costes derivados de la actividad, pago anual de la concesión, costes de conservación y pago a las aseguradoras.

Se escogen los cuatro indicadores económicos más relevantes para determinar la viabilidad de proyectos y se obtienen los siguientes resultados en la hipótesis base:

Tabla 5. Resultados del análisis financiero expresados mediante los indicadores económicos.

VAN	11 328 651.51 €
TIR	47%
PRI	10 años
C/B	1.38

Adicionalmente se realiza un análisis de sensibilidad de resultados, teniendo en cuenta:

- La variación del TIR con la variación de las partidas actualizadas.
- La variación del VAN con la tasa de actualización.
- Se proponen dos nuevas hipótesis de cálculo (variando el IPC, los intereses, la tasa de actualización, de ocupación y % de nuevos socios): hipótesis pésima e hipótesis óptima. Con estas dos hipótesis se pretende dar un abanico de confianza a los resultados obtenidos de la hipótesis base.

Las principales conclusiones que se extraen del estudio de viabilidad son:

1. El proyecto de ampliación del puerto de l'Ampolla es económicamente rentable. Se obtienen unos valores muy positivos como indicadores de la rentabilidad de la inversión. Incluso en el caso de la hipótesis pésima, los indicadores de rentabilidad durante el periodo de concesión son muy positivos.
2. Dados los valores elevados de la tasa de rentabilidad, del ratio coste beneficio y del periodo del *payback*, en las diferentes hipótesis de cálculo, se propone la financiación de la obra mediante inversión privada o tipo PPP.

16 Plan de obra

Se prevé un periodo de ejecución de las obras de dieciocho (18) meses, de acuerdo con el plan de obra incluido en el Anejo XVIII del presente proyecto.

De manera global, la obra se ejecutará siguiendo las siguientes fases:

- Organización e implantación de la obra
- Fase de dragados.
- Retirada del actual dique martillo.
- Construcción de la cuarta alineación del dique rompeolas.
- Construcción del muelle de Ribera.
- Ampliación del antiguo contradique.
- Construcción del segundo contradique.
- Creación de la nueva playa.

- Construcción de los pantalanes.
- Fases de edificación y urbanización.

Este plan de obra se considera una estimación aproximada de la realidad, ya que dependerá fundamentalmente de las disponibilidades del adjudicatario y del plazo que se señale para la ejecución de las obras, que es susceptible de ser modificado si se utilizan maquinaria o equipos distintos a los previstos.

En el anejo se realiza una descripción de las fases enumeradas y se adjuntan un diagrama de Gantt, un diagrama con camino crítico y un diagrama de red.

17 Expropiaciones

No son necesarias, por llevarse a cabo las obras en dominio público.

18 Propuesta de clasificación del contratista

Dada la especialización y el volumen de las obras proyectadas, se propone que el adjudicatario disponga de la clasificación del **Grupo F de Obras Marítimas** y los subgrupos 1 (dragados), 2 (escolleras) y 3 (muelles con bloques de hormigón), del Real Decreto 1098/01, de 12 de octubre, por el que se aprueba el reglamento general de la ley de contratos de las administraciones públicas, Título II, Capítulo II, Sección I, Artículo 25.

19 Propuesta de fórmula de revisión de precios

Los precios de las obras a las que se refiere el presente proyecto serán revisables, por lo que se propone la aplicación de la siguiente fórmula de revisión de precios para contrato de obras correspondiente a las obras portuarias (fórmula número 14) regulada por el Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre:

$$K_t = 0.34 \cdot \frac{H_t}{H_0} + 0.33 \cdot \frac{E_t}{E_0} + 0.18 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0.15 \qquad (2)$$

Con:

K_t Coeficiente teórico de revisión.

H_0 Índice del coste de la mano de obra en la fecha de licitación

H_t íd., íd en el momento de la ejecución

E_0 Índice del coste del coste de la energía en la fecha de licitación

E_t íd., íd en el momento de la ejecución

S_0 Índice del coste de los materiales siderúrgicos en la fecha de licitación

S_t íd., íd en el momento de la ejecución

20 Declaración de obra completa

El presente proyecto de ampliación del puerto de l'Ampolla cumple lo que se dispone en el Artículo 21 de la Ley de Contratos del Estado, aprobada por Decreto 923/65 de 8 de abril y modificada por la Ley 5/75 de 17 de marzo, en los que los proyectos se referirán a obras completas, en el sentido que la obra es susceptible de ser librada para el uso público, comprendiendo todos los elementos precisos para su utilización, sin prejuicio de las ampliaciones de la legislación vigente, artículo 44.7 de la Ley de Costas y el artículo 88 del Reglamento para el desarrollo de la citada ley.

21 Cumplimiento de la Ley de Costas

A efectos de lo dispuesto en el artículo 44.7 de la Ley 22/88 de Julio de 1988, declara que el Proyecto cumple las disposiciones de la misma.

En Tarragona, a Junio de 2013.

22 Documentos que incluye el proyecto

El presente proyecto consta de los documentos que se relacionan a continuación:

Documento 1. Memoria y Anejos

Memoria

Anejos

Anejo I. Análisis territorial y urbanístico.

Anejo II. Marco de ordenación del puerto.

Anejo III. Estudio del medio.

Anejo IV. Estudio de clima.

Anejo V. Demanda náutico-deportiva.

Anejo VI. Análisis de alternativas.

Apéndice 1: Resultados análisis económicos financieros alternativas

Apéndice 2: Resultados análisis de robustez.

Anejo VII. Estudio de propagación y agitación.

Anejo VIII. Obras de abrigo.

Anejo IX. Obras de atraque.

Anejo X. Dimensionamiento de instalaciones.

Anejo XI. Dimensionamiento de firmes.

Anejo XII. Redes de servicios.

Anejo XIII. Mobiliario y jardinería.

Anejo XIV. Estudio de maniobrabilidad.

Anejo XV. Dinámica litoral.

Apéndice 1. Características del proyecto de regeneración de las playas a levante del Puerto de l'Ampolla

Anejo XVI. Impacto ambiental y paisajístico.

Anejo XVII. Estudio económico-financiero.

Apéndice 1: Resultados detallados del análisis

Anejo XVIII. Plan de obra.

Apéndice 1: Diagrama de Gantt

Apéndice 2: Diagrama con camino crítico.

Apéndice 3: Diagrama de red.

Anejo XIX. Justificación de precios.

Anejo XX. Reportaje fotográfico.

Anejo XXI. Estudio de seguridad y salud.

Memoria

Planos y fichas

Planos

Fichas

Señalización

Protecciones en obra

Líneas eléctricas

Maquinaria de obra

Pliego de condiciones

Presupuesto

Mediciones

Resumen del presupuesto

Presupuesto

Justificación de precios

Cuadro de precios número 1

Cuadro de precios número 2

<u>Documento 2. Planos</u>

0. Índice de plano

1. Generalidades

1.1 Situación general

1.2 Topografía

1.3 Batimetría

2. Estado actual del puerto

2.1 Planta actual

2.2 Superficies, usos y amarres actuales

3. Alternativas en planta

3.1 Alternativa 1

3.2 Alternativa 2

3.3 Alternativa 3

3.4 Alternativa del Pla Especial

4. Solución adoptada

4.1 Calificación del suelo

4.2 Usos de los edificios

4.3 Descripción geométrica

4.4 Accesos y viales

4.5 Distribución de los amarres

4.6 Descripción de parquin y amarres

4.7 Delimitación de la superficie de ampliación

4.8 Volúmenes y zonas a dragar

4.9 Delimitación de superficies para estudio de agitación

4.10 Nueva batimetría

5. Infraestructuras portuarias

5.1 Obras de abrigo

5.2 Obras de atraque

5.3 Secciones tipo dique de Levante

5.4 Secciones tipo muelles de la nueva dársena

5.5 Secciones dique martillo

5.6 Vistas pantalanes nueva dársena

5.7 Sección del muelle de Ribera al dique de Levante

6. *Nueva playa del Arquitecte*
7. *Redes de servicios*
   - *7.1 Red de aguas residuales*
   - *7.2 Red de aguas pluviales*
   - *7.3 Red de abastecimiento de aguas*
   - *7.4 Red eléctrica e iluminación.*
8. *Mobiliario y jardinería.*

Documento 3. Pliego de condiciones técnicas

Documento 4. Presupuesto

Mediciones

Resumen del presupuesto

Presupuesto

Cuadro de precios núm 1

Cuadro de Precios núm 2

Última hoja

Barcelona, junio de 2013

El autor del proyecto

Carlos Martín Alcalde