



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Estudio de Soluciones para la Ampliación del Puerto de Altea  
(Alicante). Obras de Abrigo y Ordenación Interior.

---

*Presentado por*

Navarro Magro, Sandra

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2017/2018*

*Fecha: Septiembre 2018*

*Tutor: María Esther Gómez Martín*



# ÍNDICE GENERAL:

## **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEXOS**

MEMORIA

ANEXO I: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEXO II: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

ANEXO III: ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA

ANEXO IV: CONDICIONES GENERALES DE PROYECTO

ANEXO V: CLIMA MARÍTIMO

ANEXO VI: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

ANEXO VII: REQUERIMIENTOS EN PLANTA Y ALZADO

ANEXO VIII: ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONFIGURACIÓN MARÍTIMA DEL PUERTO

ANEXO IX: ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LAS OBRAS DE ABRIGO

ANEXO X: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

ANEXO XI: VALORACIÓN ECONÓMICA

## **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

PLANO 01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

PLANO 02. ESTADO ACTUAL

PLANO 03. ALTERNATIVA I

PLANO 04. ALTERNATIVA II

PLANO 05. ALTERNATIVA III

PLANO 06. ORDENACIÓN TERRESTRE

PLANO 07. REPLANTEO GENERAL

PLANO 08. SECCIÓN DIQUE I

PLANO 09. SECCIÓN DIQUE II

PLANO 10. PLANTA DE DRAGADO



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# **Estudio de Soluciones para la Ampliación del Puerto de Altea (Alicante). Obras de Abrigo y Ordenación Interior.**

---

## **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEXOS**

---

Autora: Sandra Navarro Magro

Tutora: María Esther Gómez Martín



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# **Estudio de Soluciones para la Ampliación del Puerto de Altea (Alicante). Obras de Abrigo y Ordenación Interior.**

---

## **MEMORIA**

---

## Índice:

<b>1. OBJETO DEL ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DEL TFG .....</b>	<b>5</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL .....</b>	<b>6</b>
<b>4. ESTUDIOS PREVIOS.....</b>	<b>8</b>
4.1 Estudio de oferta y demanda .....	8
4.2 Criterios generales de proyecto .....	8
4.3 Clima marítimo .....	9
4.4 Geología y geotecnia .....	9
4.5 Requerimientos en planta y alzado .....	10
<b>5. ESTUDIO DE SOLUCIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE ABRIGO .....</b>	<b>13</b>
<b>7. VALORACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>14</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>14</b>



## Índice de figuras:

Figura 1. Ubicación de Altea en España .....	5
Figura 2. Ubicación de Altea en la provincia de Alicante .....	6
Figura 3. Vista aérea del puerto de Altea .....	7
Figura 4. Vista en planta de la solución elegida .....	12
Figura 5. Sección del tronco del dique .....	13
Figura 6. Sección del morro del dique .....	15

## Índice de tablas:

Tabla 1. Situación del puerto de Altea .....	6
Tabla 2. Características generales del puerto de Altea .....	7
Tabla 3. Número de amarres según eslora en puerto deportivo de Altea .....	8
Tabla 4. Dimensiones del buque de proyecto .....	8
Tabla 5. Valoración final de cada alternativa .....	11
Tabla 6. Valoración final del estudio de soluciones del manto principal del dique .....	13



## 1. Objeto del estudio y organización del TFG

El trabajo con el título “Estudio de Soluciones para la Ampliación del Puerto de Altea (Alicante). Obras de Abrigo y Ordenación Interior” tiene como objetivo la realización del Trabajo Final de Grado (TFG) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.

En este trabajo se estudian distintas soluciones para realizar una ampliación del puerto deportivo de Altea, de manera que puedan atracar en él embarcaciones con esloras de hasta 25 metros, de manera que se aumente la oferta de amarres. Así, se conseguiría aumentar el número de turistas que demanden amarres para buques de grandes esloras.

En esta memoria se explicarán brevemente los aspectos más importantes, estando todos ellos más detallados en sus respectivos anexos.

## 2. Localización

El puerto deportivo de estudio se encuentra en el término municipal de Altea, el cual le da nombre al puerto, a menos de 3 kilómetros del centro urbano.

Altea es una ciudad con gran interés, tanto para el descanso vacacional como para el retiro de los jubilados. La ciudad está ubicada en la Costa Blanca y cuenta con más de 6 kilómetros de playas y calas.



Figura 1. Ubicación de Altea en España.



Figura 2. Ubicación de Altea en la provincia de Alicante.

### 3. Antecedentes y estado actual

El puerto deportivo de Altea tiene una larga historia. En su origen era pesquero, pero fue remodelado en 1985 para admitir el uso deportivo. Su bocana, abierta al Sur, y a poco más de una milla de la punta Albir, le proporciona buena protección frente a todos los vientos además de ser una eficaz referencia en las aproximaciones durante el día y por las noches con el faro situado en su cumbre, aunque también son visibles las luces del puerto. Los barcos de pesca amarran en el muelle de levante, mientras los pantanales que parten del muelle de ribera están ocupados por el Club.

Situación del puerto	
Latitud	38° 35' 08" N
Longitud	00° 03' 13" W
Carta náutica	288 A

Tabla 1. Situación del puerto de Altea.

Características generales	
Superficies	Tierra (m <sup>2</sup> ) 69.222 Agua abrigada (m <sup>2</sup> ) 101.331
Calado en la bocana (m)	6,0

Tabla 2. Características generales del puerto de Altea.

El puerto de Altea acoge en su interior al Club Náutico de Altea fundado en 1977, ocupa aproximadamente la mitad de la zona del puerto, y desde sus comienzos, es todo un ejemplo de atención al cliente, de cuidado del medio ambiente y de la promoción del deporte náutico.

El puerto deportivo de Altea cuenta, actualmente, con 369 amarres, distribuidos en cuatro pantalanes fijos con amarre tipo finger y con muerto, además de los muelles de ribera ocupados por el club, que disponen individualmente de agua y energía eléctrica. Por otra parte, dispone de una zona de varadero de más de 900 m<sup>2</sup> y de zona de hibernaje y remolques. Es uno de los puertos más amplios y con mejores instalaciones del litoral alicantino.

En cuanto a las obras de abrigo son de tipología de dique en talud, realizadas con una escollera. Estas se distribuyen en dique y contradique, se puede decir que el dique principal que compone el muelle de Poniete cuenta con dos orientaciones formando un ángulo de 120º entre sí, a principal que es paralela a la costa con dirección suroeste de 380 metros aproximadamente de longitud y un ancho mínimo de 15 metros, también la prolongación oblicua con dirección sureste y tiene 400 metros de longitud y 15 metros de ancho también. Por otra parte, el contradique tiene una orientación este de unos 280 metros de longitud y 15 metros de ancho.



Figura 3. Vista aérea del puerto de Altea.

## 4. Estudios previos

### 4.1 Estudio de oferta y demanda

En el “Anexo III: Estudio de Oferta y Demanda” se ha estudiado la oferta y la demanda de amarres en España, centrandlo el estudio en la Comunidad Valenciana.

Actualmente el puerto deportivo de Altea cuenta con 369 amarres. La eslora máxima de las embarcaciones que pueden atracar en este puerto es de 18 metros, mientras que la tendencia actual es adquirir embarcaciones con mayores esloras.

El número de amarres para cada eslora se muestra en la siguiente tabla:

Eslora	Nº amarres
< 8 m	64
8 - 10 m	60
10 - 12 m	92
12 - 15 m	103
15 - 18 m	45
> 18 m	5
<b>TOTAL</b>	<b>369</b>

Tabla 3. Número de amarres según eslora en puerto deportivo de Altea.

Se propone la ampliación de este puerto con el objetivo principal de dar servicio a embarcaciones de 25 metros de eslora.

Las características de la flota de proyecto son:

Eslora total L (m)	Eslora entre perpendiculares Lpp (m)	Manga B (m)	Puntal T (m)	Calado D (m)
25	21	6,5	-	2,8

Tabla 4. Dimensiones del buque de proyecto.

### 4.2 Criterios generales de proyecto

El objeto del “Anejo IV: Condiciones Generales de Proyecto” es el cálculo de los criterios generales para el desarrollo del clima marítimo.

Obteniendo a partir de la metodología de la ROM 0.0 – 01, el índice IRE y el índice ISA y a partir de estos la vida útil con un resultado igual 25 años y la probabilidad conjunta de fallo igual a 0.10.

Con estos datos se pueden realizar el cálculo del periodo de retorno siendo igual a 250 años.

### **4.3 Clima marítimo**

---

Es imprescindible el estudio del clima marítimo para conocer la altura de ola que incidirá sobre las obras de abrigo. Para ello se ha utilizado información de la ROM 0.3-91 y de la web oficial de Puertos del Estado. De esta última se ha obtenido la información correspondiente a la Boya de Alicante, que es la más cercana al puerto.

Al estudiar el oleaje se ha obtenido que el más frecuente es el que procede de la dirección ESE, que además es el que posee una mayor altura de ola significativa.

También se ha realizado la propagación del oleaje hasta el dique, tanto para el régimen extremal como para el régimen medio.

En el “Anejo v. Clima Marítimo” se puede consultar el desarrollo completo.

### **4.4 Geología y geotecnia**

---

Es importante realizar una serie de estudios previos para conocer las características del suelo de Altea y alrededores. Estos estudios previos son: geología, litología, geomorfología y geotecnia.

Conocer la batimetría del lugar es esencial en este tipo de obra, ya que determinará si es necesario dragar, y en ese caso, el volumen necesario.

En la hoja 848 (Benidorm) del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, está detallada la descripción geológica de esta zona. Se puede afirmar que, por ser una zona litoral, los materiales están expuestos a una gran agitación dinámica debida a la acción del oleaje, lo que provoca que bajo del mar se encuentren arenas muy finas, removidas y mal graduadas. No obstante, bajo esta capa, cuyo espesor se desconoce, puede ser que se encuentren megabrechas de margas y margocalizas con bloques.

La geotecnia este municipio viene detallada en la hoja 73 del Mapa Geotécnico a escala 1:200.000, publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Haciendo un resumen conjunto de todas las características, se puede decir que el terreno de la zona de estudio presenta condiciones constructivas muy desfavorables. Esto es debido a que, pese a que la zona presenta un relieve con pendientes suaves del 2%, la capacidad de carga del terreno es baja, lo que puede dar lugar al fallo de la obra por asentamientos excesivos si esta es muy rígida.

## 4.5 Requerimientos en planta y alzado

El dimensionamiento en planta y alzado de cualquier puerto deportivo viene restringido por una serie de condicionantes a tener en cuenta.

La orientación de la bocana será lo más perpendicular posible a la dirección del oleaje más frecuente, que es dirección ESE en este caso, de manera que las embarcaciones puedan acceder al puerto de forma segura.

El ancho de la bocana y de la vía de navegación (Bt) es la anchura nominal de la vía de navegación o espacio libre que debe quedar permanentemente disponible para la navegación de los buques más una anchura adicional de reserva para tomar en consideración los factores relacionados con los contornos.

$$Bt=37 \text{ metros}$$

Para la determinación de la profundidad en las diferentes áreas de navegación y flotación se deberán tener en cuenta distintos factores relacionados con el nivel del agua, con el buque y con el fondo. El calado en la bocana y en la vía de navegación, para la flota tipo, deberá ser mínimo 5 metros, mientras que en atraque deberá ser 4 metros. Así pues, se ha decidido dragar toda la dársena hasta una cota -4 metros.

Para que el buque pueda cambiar de dirección o de orientación en redondo invirtiendo su sentido de marcha, es necesario disponer de un área de maniobra, cuyas dimensiones están calculadas en el "Anejo VII: Requerimientos en Planta y Alzado" para el caso de que se efectúe sin ayuda de remolcadores.

## 5. Estudio de soluciones

Se han propuesto varias alternativas en planta de la ampliación del puerto. Con el fin de elegir cuál es la solución óptima, se ha realizado un análisis multicriterio.

Los criterios estudiados son económicos, funcionales, ambientales, técnicos, estéticos y legales, y se ha asignado a cada criterio un coeficiente de ponderación, en función de la importancia.

Cabe destacar que en todas ellas se ejecutará el relleno del dique o contradique para proceder a su rehabilitación y que pueda ser reutilizado como muelle de amarre de las embarcaciones. La nueva dársena acogerá a los buques de mayores esloras, entre 15 y 25 metros, por los cuales se lleva a cabo dicha ampliación.

La primera de ellas, la alternativa 0, estudia la posibilidad de que no se realice la ampliación y, por tanto, el puerto se quede tal y como está actualmente.

La alternativa I propone la construcción de un nuevo contradique, paralelo al actual, pero desplazado hacia el sur. De esta manera, no se modifica la dársena interior actual. El actual contradique se rehabilitaría realizando un relleno y convirtiéndolo así en un nuevo muelle para que puedan amarrar las embarcaciones. Además, se generarían nuevos espacios verdes, zonas de aparcamiento cubierto al norte del nuevo contradique y zonas de talleres para la reparación y mantenimiento de los barcos.

La alternativa II es muy parecida a la alternativa I, con la diferencia de que, en este caso, además de construir un nuevo contradique y rehabilitar el actual, se alarga el dique de Poniente paralelo a la costa, generando una nueva dársena interior y quedando de esta manera más protegida frente al oleaje que en la propuesta anterior. La diferencia de amarres creados en ambas soluciones es muy pequeña ya que en esta se generan solo tres amarres más.

En la última alternativa, la alternativa III, se propone la construcción de una nueva dársena ubicada al este de la actual. Se verían afectados los dos tramos del dique actual ya que para poder llevar a cabo esta solución se debe demoler el muro y el espigón del dique paralelo a la costa y poder reconvertirlo en un muelle donde puedan atracar las embarcaciones.

Una vez realizado el estudio de soluciones de todas las alternativas propuestas, se ha llegado a la conclusión de que la que resulta más adecuada es la alternativa II.

	Alternativa 0	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
Condicionantes económicos	0	20	15	10
Condicionantes funcionales	15	15	20	20
Condicionantes ambientales	16	16	16	4
Condicionantes técnicos	15	9	15	15
Condicionantes estéticos	8	10	10	6
Condicionantes legales	25	20	20	20
<b>TOTAL</b>	<b>79</b>	<b>90</b>	<b>96</b>	<b>75</b>

*Tabla 5. Valoración final de cada alternativa.*

A continuación, se muestra la vista en planta de la solución elegida:

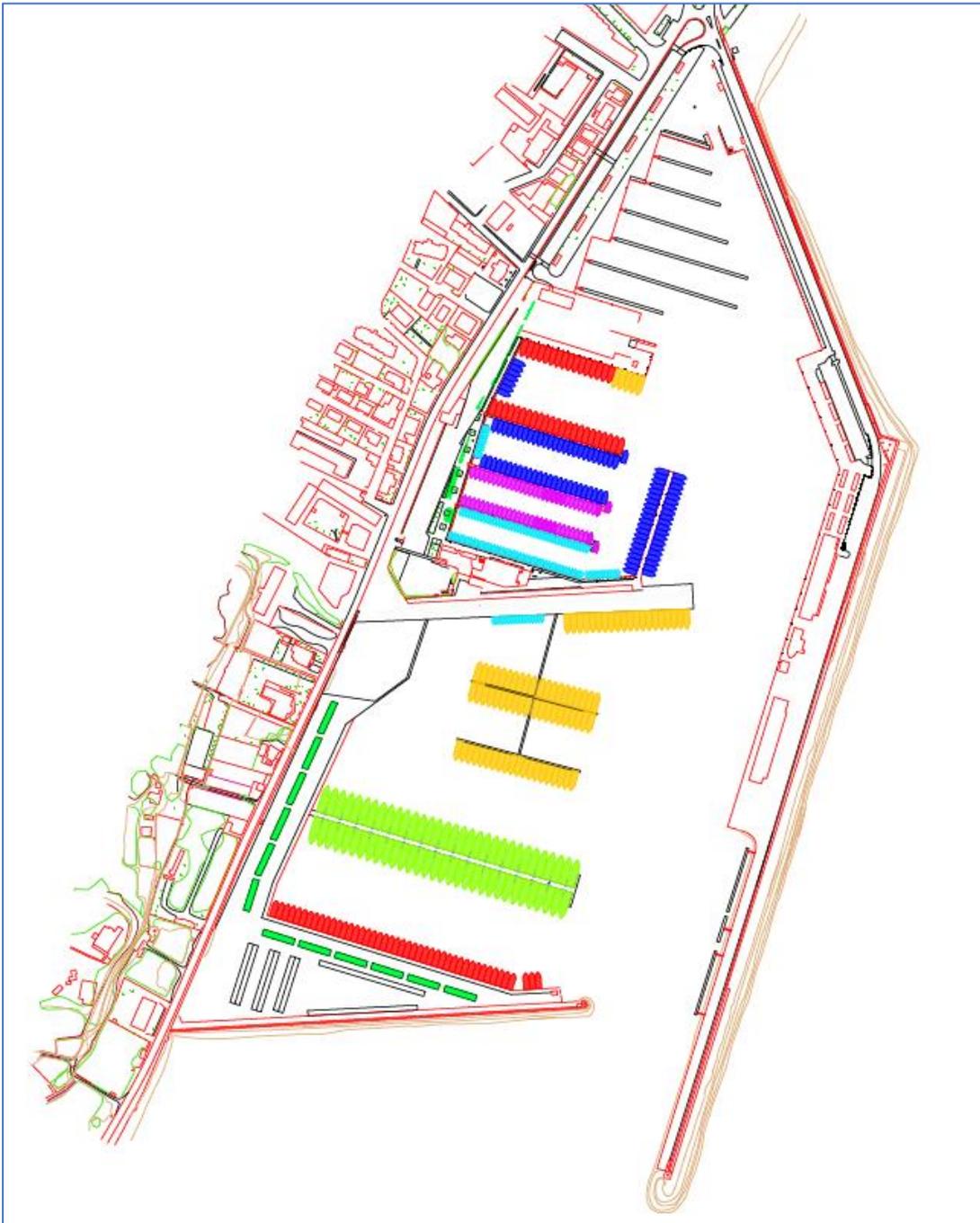


Figura 4. Vista en planta de la solución elegida. (Fuente: Elaboración propia)

## 6. Dimensionamiento de las obras de abrigo

Se ha optado por la construcción de un dique en talud. En este tipo de dique, el manto principal es la parte del dique que debe resistir las acciones generadas por las olas rompiendo sobre el talud durante los grandes temporales.

Se ha realizado un estudio de soluciones del manto principal, estudiando distintos materiales posibles y eligiendo el más adecuado. Los materiales estudiados son la escollera, los cubos, los cubípodos y los acrópodos. Este estudio se ha realizado de la misma manera que el estudio de soluciones en planta, pero en este caso los criterios estudiados han sido económicos, ambientales, funcionales y estéticos.

Se han obtenido los siguientes resultados, resultando como mejor opción el uso de cubípodos.

	Escollera	Cubos	Cubípodos	Acrópodos
Condicionantes económicos	10	15	20	15
Condicionantes funcionales	15	20	25	25
Condicionantes ambientales	8	12	16	12
Condicionantes estéticos	6	6	8	6
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>53</b>	<b>69</b>	<b>58</b>

Tabla 4. Valoración final del estudio de soluciones del manto principal del dique.

A continuación, se ha realizado el dimensionamiento de la obra de abrigo. Para ello se ha dividido el dique en dos secciones representativas. La sección I corresponde al tramo del tronco del dique situado en la línea batimétrica de mayor profundidad y la sección II corresponde al morro del dique.

Se ha realizado el dimensionamiento de las distintas partes que forman el dique: manto principal, filtro, berma de pie y espaldón. En el “Anexo X: Desarrollo de la Solución Adoptada” se pueden ver desarrollados todos los cálculos.

En las figuras inferiores, se pueden ver dos imágenes con las secciones tipos del dique:

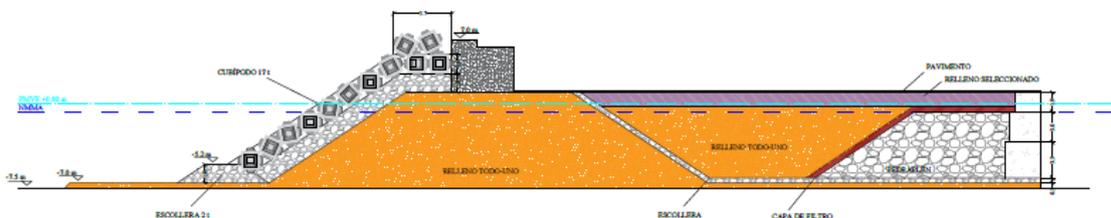


Figura 5. Sección del tronco del dique.

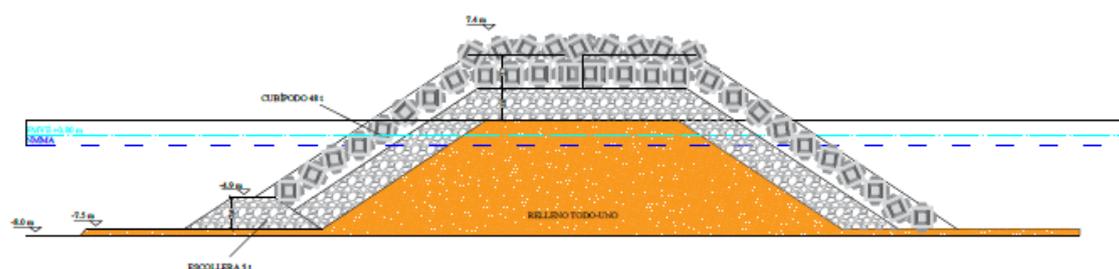


Figura 6. Sección del morro del dique.

## 7. Valoración económica

A continuación, se muestra el cuadro resumen del presupuesto ordenado por capítulos.

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO GENERAL

	IMPORTE	PORCENTAJE
CAPÍTULO 01. ACTUACIONES PREVIAS	7,027.00 €	0.04%
CAPÍTULO 02. DEMOLICIONES	73,382.73 €	0.45%
CAPÍTULO 03. MOVIMIENTO DE TIERRAS	782,714.24 €	4.83%
CAPÍTULO 04. OBRAS DE ABRIGO	13,420,726.32 €	82.77%
CAPÍTULO 05. MUELLE	1,541,583.84 €	9.51%
CAPÍTULO 06. ESTACIÓN DE COMBUSTIBLE	3,330.00 €	0.02%
CAPÍTULO 07. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS	211,088.10 €	1.30%
CAPÍTULO 08. PAVIMENTACIÓN	175,443.15 €	1.08%
<b>IMPORTE TOTAL DE LA OBRA</b>	<b>16,215,295.38 €</b>	<b>100.00%</b>

## 8. Conclusiones

Después de la información recogida en la presente memoria, teniendo en cuenta su desarrollo en los correspondientes anejos y junto con el resto de los documentos que componen el “Estudio de Soluciones para la Ampliación del Puerto de Altea (Alicante). Obras de Abrigo y Ordenación Interior”, se puede concluir que la solución propuesta y desarrollada satisface las necesidades exigidas, cumple con la normativa vigente y no supone un impacto negativo sobre el medio, a su vez puede ser factible en términos económicos.