



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# DOCUMENTO 1. MEMORIA

---

PROYECTO BÁSICO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE  
DÉNIA (ALICANTE) PARA USOS NÁUTICO-DEPORTIVOS.  
OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE.

---

*Presentado por*

Barreira Ribera, Pablo Gonzalo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: SEPTIEMBRE 2019*

*Tutor: Jorge Molines Llodrá*





## Índice

1. Objeto del TFG.....	2
2. Localización y antecedentes.....	3
3. Estudios previos .....	5
4. Estudio de demanda.....	6
5. Estudio de soluciones.....	7
6. Descripción general de la obra.....	9
7. Proceso de ejecución de la obra .....	10
8. Programa de trabajo .....	11
9. Normativa y documentación utilizada .....	13
10. Justificación de precios.....	14
Figura 1. Localización del puerto.....	3
Figura 2. Emplazamiento de las posibles soluciones a estudiar.....	8
Figura 3. Sección tipo del muelle de bloques.....	10
Figura 4. Plan de obra.....	12
Tabla 1. Situación del puerto.....	3
Tabla 2. Estudio multicriterio .....	8



## 1. Objeto del TFG

El presente proyecto, con título “Proyecto básico de la ampliación del puerto de Denia (Alicante) para usos náutico-deportivos. Obras de atraque y amarre.” se redacta en calidad de Trabajo de Fin de Grado (TFG) por el alumno Pablo Barreira Ribera, miembro de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Mediante el desarrollo de este trabajo se tiene como finalidad la obtención del título de Grado en Ingeniería Civil.

El objeto de este documento es presentar un resumen y una breve explicación de todos los documentos que contiene el proyecto justificando con la ayuda de este la solución adoptada y describir su ejecución. Se opta por proyectar una posible ampliación del puerto deportivo dado que, tanto la población como el turismo se encuentran en una fase de aumento, por lo que el aumento de la capacidad del puerto, en lo que a obras de atraque y amarre concierne, queda requerido y justificado. A su vez, tras el fuerte periodo de crisis transcurrido, la matriculación de embarcaciones ha aumentado en los últimos tres años, por lo que la ejecución de la ampliación queda también justificada.

Esta memoria resumirá los aspectos más importantes del proyecto, estando todos ellos explicados en mayor detalle en sus respectivos anejos.

## 2. Localización y antecedentes

El puerto está localizado en la ciudad de Denia, comarca de la Marina Alta, situado al norte de la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana. Denia posee una superficie de 66,18 km<sup>2</sup> con una población de 41.733 habitantes registrada en el año 2018.



Figura 1. Localización del puerto

El puerto está situado al este de la ciudad en las coordenadas geográficas:

Coordenadas geográficas	
Longitud	38° 50' 48" N
Latitud	00° 07' 33" E
Carta náutica	834 y 4751

Tabla 1. Situación del puerto

La titularidad del puerto de Denia pertenece a la Generalitat Valenciana desde 1982 y su gestión la está llevando a cabo la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente a través de la Dirección General de Puertos y Costas. Actualmente se encuentra en un plan de desarrollo de la Generalitat denominado "Plan de Utilización de los Espacios Portuarios del Puerto de Denia".

El puerto tiene una forma seudotriangular configurada por el litoral y dos grandes muelles de protección. El vértice exterior, que está protegido por un manto de escollera en talud, proporciona la entrada al puerto con seguridad incluso en condiciones marcadas por el mal tiempo.



En el lado suroeste se encuentran las dársenas deportivas, gestionadas por el Club Náutico. En la parte central se halla la dársena pesquera, las antiguas instalaciones de Balearia y los amarres públicos gestionados por la Generalitat. Por último, en el lado noroeste, se localizan más dársenas deportivas, sin embargo, estas están gestionadas por El Portet y El Raset.

Hasta marzo de 2013, con la construcción de la nueva Estación Marítima de Balearia, la zona comercial también se encontraba en la posición central originando un problema de falta de continuidad del puerto, así como la cohesión con la ciudad, por lo que se trasladaron las actividades industriales y comerciales al muelle de enfrente.

A parte del uso comercial el puerto de Denia tiene otros dos: el pesquero y el deportivo. Históricamente el uso principal era el pesquero impulsado por la fuerte tradición pesquera de la zona, aunque con el paso de los años los otros dos usos han ido adquiriendo más importancia debido a la cercanía con las Islas Baleares, consiguiendo que este sea uno de los puertos que tenga el mayor movimiento de pasajeros de la Comunidad Valenciana.



### 3. Estudios previos

La realización de una serie de estudios previos es fundamental para conocer los factores que pueden afectar o condicionar al puerto. Por ello se van a realizar estudios previos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos de la zona para así poder conocer las características del terreno sobre el que se va a construir y del clima marítimo para observar su afección sobre las obras a construir.

La geología en este municipio está detallada en la hoja 796 (Gandia) del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, donde se encuentra detallada la descripción geológica de la zona proporcionando datos del terreno encontrado en las inmediaciones del puerto. Se encuentran dunas de arena, yacimientos de calizas microcristalinas y de derrame de glaciares, así como una zona extensa de afloramiento de glaciares en acumulación.

En la hoja 64 (Alcoy) del Mapa Geotécnico a escala 1:200.000 se observa, que el puerto está rodeado de diferentes terrenos como son llanuras litorales de aluviones, zonas de marjales y marismas con materia orgánica y las ya mencionadas dunas de arenas.

Dado que la ejecución de las obras se va a realizar en la propia dársena del puerto y no en sus alrededores, se ha tenido que obtener información acerca del terreno de la dársena del "INFORME DE LOS TRABAJOS DE SONDEO Y RECONOCIMIENTO DE LOS FONDOS DEL PUERTO DE DENIA" realizado el 3 de mayo de 1990 por el Instituto Técnico de la Construcción, el cual se basa en la realización de una serie de sondeos y el reconocimiento de los fondos del puerto de Denia. Gracias a este informe se ha conocido que en el fondo de la dársena se encuentran diferentes terrenos desde estratos poco resistentes de fangos, pasando por arenas limosas hasta encontrar estratos de arenisca e incluso de resistentes calizas. Con los cálculos realizados se asegura que las obras se pueden emplazar sobre el estrato de arenas limosas, pues son lo suficientemente resistentes para no colapsar estructuralmente.

En cuanto a las condiciones hidrogeológicas cabe destacar que Denia pertenece a las unidades hidrogeológicas Plana de Gandía-Dénia. El flujo subterráneo encontrado es de dirección SO-NE y posee potenciales hidráulicos decrecientes hacia el marjal de Pego-Oliva. Ha sido demostrado que en lo que a la descarga de concierne, los ríos de la zona son los claros ganadores de caudal y, además, estos no abastecen a los acuíferos, por lo que la forma principal de relleno de estos es la infiltración de agua de lluvia.

Respecto al clima marítimo, se han analizado los datos correspondientes al régimen medio con los datos registrados del punto Simar 2086107 y los datos correspondientes al régimen extremal con datos de la Boya de Valencia obteniendo que la dirección dominante del oleaje es la NE. Se ha concluido que, en régimen medio, la altura significativa anual para una probabilidad de no excedencia es de 2m, mientras que en el extremal la altura de ola significativa para la probabilidad de excedencia de 0,02 es de 7,01m. Atendiendo a esta Hs se ha optado por valorar si es necesaria la ejecución de una obra de abrigo en la obra a realizar y, para prevenir riesgos de reflexión del oleaje por la dársena del puerto, ya que la obra planteada es un muelle de bloques de paramento vertical, se ha optado por ejecutar un obra de protección en talud de escollera con una escollera de 3 toneladas para disminuir las reflexiones dentro del puerto.

En cuanto a la batimetría existente, es necesario conocerla para saber que será necesario tanto dragar como realizar rellenos, en este caso de escollera, para la obra de protección.



## 4. Estudio de demanda

El estudio de demanda se ha realizado para, en primer lugar, determinar si la obra a realizar está económicamente justificada, ya que existe la demanda suficiente para que la ejecución de la obra sea coherente y, en segundo lugar, para determinar el buque tipo para el que se va a ejecutar la obra. Por ello se han analizado datos en detalle entre los años 2016 y 2019 de la demanda de embarcaciones que han sido matriculadas, así como el análisis de factores económicos y poblacionales de la ciudad de Dénia y de otros municipios colindantes entre los años 2013 y 2018.

Respecto al número de embarcaciones matriculadas se ha estudiado que desde el año 2016, año desde el que el número de matriculaciones ha estado en crecimiento siempre, hasta el año 2019 las embarcaciones de esloras de hasta 12m han aumentado prácticamente siempre, aunque no de manera constante, pues la crisis económica ha dejado de afectar a este sector de esloras. Atendiendo a los datos obtenidos de matriculaciones por la Asociación Nacional de Empresas Náuticas (ANEN) y a los buques tipo establecidos por la ROM 2.0-11, se ha escogido una embarcación de proyecto con las siguientes dimensiones:

- Eslora: 10m
- Manga: 4m
- Calado mínimo: 1,9m

En cuanto a los factores socioeconómicos, se ha analizado que desde el año 2013 hasta el 2018 el número de habitantes en Dénia ha disminuido, así como su tasa de paro, por lo que se puede estimar que son las personas que se encontraban desempleadas las que han emigrado. También se ha determinado que una de las principales fuentes económicas de Dénia es el turismo y como este abunda en los meses estivales, en ellos la tasa de paro decrece, pero de una manera un tanto ficticia, ya que cuando estos transcurren se vuelve a desemplear a gran parte de la población. Dado que la ejecución de la ampliación del puerto provoca directamente más puestos de trabajo, esta queda justificada.

Por último, para acabar de justificar la obra, se ha analizado el grado de ocupación del puerto, obteniendo que este en el año 2018 era del 70%, es decir suficientemente solicitado para justificar una ampliación y dotar de un mayor servicio a los clientes portuarios, directos o indirectos.



## 5. Estudio de soluciones

La ejecución de la obra podría realizarse de diversas maneras y en diferentes emplazamientos, que, a continuación, serán expuestos.

La alternativa 1 propone la construcción de un muelle de bloques de 167 x 1334m en el espacio existente al noreste del varadero protegido por una obra en talud de escollera para que la agitación ejercida por el oleaje y por el tránsito de otras embarcaciones afecte a las embarcaciones que deben entrar o salir del emplazamiento no se vean tan afectadas por el oleaje a la hora de realizar las maniobras correspondientes. Junto al varadero, también se propone la ejecución de un pantalán continuo flotante con guías perimetrales para poder acceder a las embarcaciones amarradas. En ambas construcciones las embarcaciones amarrarán a muerto permitiendo una capacidad de 76 nuevos amarres. A parte de la ejecución de las obras de atraque esta alternativa requerirá la construcción de una serie de plazas de aparcamiento, así como la de instalaciones para la correcta explotación del puerto. Este espacio se encuentra localizado en la zona designada por el puerto como zona de usos industriales y comerciales, al lado del área industrial, por lo que se decide que este emplazamiento es poco apropiado para las obras debido a que no estaría integrado en el puerto.

La siguiente, alternativa 2, propone la ejecución de las obras en el emplazamiento que queda al norte del puerto, pero fuera de él, concretamente entre el Dique del Raset y el Dique del Norte en Bajo el Caballo, ganándole así espacio al mar. En esta alternativa se debería diseñar tanto una bocana nueva para dar acceso a la dársena, las correspondientes obras de abrigo, ya que en este emplazamiento no se ha construido aún, los muelles donde amarren las embarcaciones y las instalaciones para la explotación de la ampliación. Se opta por desestimar esta solución, ya que en la zona del del emplazamiento existe una pradera de posidonia que se encuentra en regresión, así que no es viable la ejecución de la obra en dicha zona. Además, teniendo en cuenta la demanda existente en el puerto, la realización una obra de tales dimensiones no quedaría justificada.

La tercera alternativa estudia la posibilidad de realizar la construcción de las obras de atraque y amarre aprovechando el muelle donde yace la gasolinera del puerto junto al Real Club Náutico y construyendo dos tramos nuevos de muelle con una disposición en forma de "U". Se pretende aprovechar el muelle de la gasolinera removiendo la escollera que actúa como obra de abrigo para emplear la cara norte de este como zona de atraque también. A continuación, se alargará el muelle existente en perpendicular y luego se ejecutará otro de bloques en paralelo al primero donde está la gasolinera. Ambos muelles serán de bloques y estarán protegido por un talud de escollera para evitar la reflexión del oleaje por la dársena del puerto. Los nuevos muelles tendrán un ancho de 8m y una longitud de 40, el perpendicular, y 146m el paralelo. De manera se incrementará la capacidad del puerto en 59 amarres nuevos, todos ellos a muerto.

Por último, la alternativa 4 propone la ejecución de la obra al oeste de donde se va a ejecutar la alternativa 3. Se plantea, en primer lugar, la construcción de un dique de bloques de hormigón de 57 x 50m en la parte del puerto a la altura de la calle Castell d'Olimbroi precedido por la construcción de otro muelle perpendicular a este, también de bloques de hormigón, y de dimensiones 61 x 14m. Así pues, con esta solución se ganarían hasta 22 amarres a muerto nuevos.



Figura 2. Emplazamiento de las posibles soluciones a estudiar

Presentadas las posibles soluciones, estas han sido sometida a un análisis multicriterio bajo criterios legales, ambientales, estéticos, técnicos, funcionales, físicos y económicos y sociales con el fin de escoger la solución óptima para ejecutar la obra.

Análisis multicriterio					
Condicionantes		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Ambiental	a	8	0	10	10
	b	5	3	10	10
	c	7	5	10	10
	d	9	5	9	9
Estético	a	8	7	7	7
	b	1	8	10	9
Técnico	a	6	5	7	8
	b	6	5	6	6
	c	3	6	9	9
Funcionales y físicos	a	10	10	9	2
	b	8	10	6	4
	c	8	8	0	3
	d	4	7	5	6
Económicos y sociales	a	6	1	8	7
	b	5	5	10	10
	c	6	7	8	8
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>118</b>

Tabla 2. Estudio multicriterio

Se concluye, por tanto, que la alternativa escogida es la alternativa 3, la cual tiene una puntuación semejante a la 4, pero mucha más capacidad que es el objetivo buscado más deseado.



## 6. Descripción general de la obra

La obra que se va a realizar consiste en la construcción de dos muelles de bloques de hormigón en la dársena del puerto, concretamente en la parte sureste del mismo cerca del antiguo varadero y del Real Club Náutico de Dénia, con el fin de ampliar la capacidad del puerto para que este pueda albergar un mayor número de embarcaciones náutico-deportivas de hasta 10m de eslora.

Actualmente existe un muelle de 140m de longitud y se pretenden construir dos muelles de características geométricas en planta parecidas a este tramo teniendo los muelles nuevos una anchura de 8m y una longitud de 40m uno y 146m el otro, pero siendo ambos de bloques de hormigón apoyados sobre una banqueta de todo-uno de 0,5m de altura. La sección del muelle estará formada por 6 bloques de hormigón prefabricados de dimensiones 1,85x2,67x2m apilados en dos alturas y colocados en hileras de 3 por una grúa telescópica alcanzando el ancho de 8m y una altura de 4,5m. Encima de estos, para que el muelle sea transitable, se colocará una capa de pavimento de 0,30m de espesor. En su conjunto la obra tendrá una altura de 4,70m. En el lado externo de los nuevos muelles se colocará un manto de escollera de protección. El muelle estará formado por 558 bloques de hormigón prefabricados.

Se ha observado que en la zona del muelle el calado existente varía entre 1,2m y 2,5m, calado que para embarcaciones de uso náutico-deportivo no es completamente suficiente. Además, dada la batimetría existente y que en toda la dársena del puerto la capa superior de terreno es de fangos, aunque de una espesor variable, se deberá dragar esta. Atendiendo a los terrenos encontrados se opta por elegir una draga de cuchara bivalva articulada. En el emplazamiento del muelle se dragará hasta la cota -4m sobre la que se ejecutará la banqueta de todo-uno, ya que a este calado ya ha aflorado el estrato de arenas limosas, el cual será suficientemente resistente para soportar las cargas ejercidas por el muelle.

La construcción del muelle de bloques necesita un área sobre la que depositar los mismos durante su ejecución. Existen diversos lugares de almacenamiento como pueden ser el espacio que queda libre al oeste del restaurante Balandros, lugar idóneo por la proximidad a la dársena y el fácil transporte de los bloques a su emplazamiento final.

Dado que la ejecución de las obras se realiza en una zona, donde ya existen plazas de aparcamiento suficientes, la realización de nuevas no es necesaria.

Se han realizado los cálculos necesarios para comprobar que el muelle es estable frente a las condiciones de vuelco, hundimiento y deslizamiento teniendo en cuenta las acciones provocadas por el peso propio de los elementos que conforman la estructura, por la subpresión, por el empuje hidrostático y por el empuje ejercido por la escollera de protección. A estas cargas de carácter permanente hay que añadirles las cargas variables correspondientes, es decir, una carga de operación estipulada en la normativa y otra correspondiente al tiro de bolardo ejercido por las embarcaciones. Los cálculos necesarios se han realizado respecto a la sección más desfavorable.

Por último, para el dimensionamiento de la obra de abrigo, mediante ábacos de reflexión, se ha calculado la altura de ola incidente en el muelle y con ella se ha dimensionado la escollera pertinente que resista dicho impacto, obteniendo una escollera de 3 toneladas estando esta colocada en un talud 3H:2V.

## 7. Proceso de ejecución de la obra

La construcción del muelle de gravedad de bloques de hormigón se compone por las siguientes fases:

1. Voladura controlada de los 4 bloques de hormigón existentes en la dársena
2. Dragado de la zanja para la cimentación de la banquetta
3. Banqueta de cimentación
4. Enrase de la banquetta
5. Fabricación y acopio de los bloques
6. Colocación de los bloques
7. Pavimento
8. Colocación de la escollera de protección

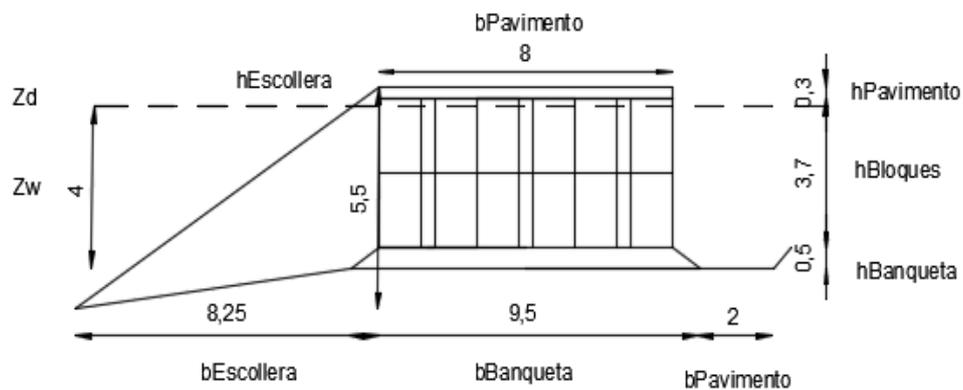


Figura 3. Sección tipo del muelle de bloques



## 8. Programa de trabajo

Para la realización del programa de trabajo se debe tener en cuenta los aspectos correspondientes factores que puedan retrasar la ejecución de la obra. Se ha optado por estudiar los condicionantes siguientes:

- Plazo y calendario:

El calendario es un tema fundamental que se debe considerar, ya que hay que tener en cuenta cómo afecta la ejecución de la obra al uso del puerto para determinar las ventanas de operación válidas y no afectar ni a los usuarios ni al tráfico marítimo de este.

- Licencias y permisos:

La falta de licencias y permisos no permitirá en ningún caso que se inicien las obras, es por esto por lo que este condicionante legal es el más limitante de todos.

- Equipos y materiales:

La disponibilidad de equipos y materiales es, sin duda, el factor técnico más limitante para llevar a cabo la ejecución de la obra. Hay que considerarla para la correcta programación de las actividades y para que la obra se pueda ejecutar en el tiempo estimado.

- Clima marítimo:

El clima marítimo es un condicionante que suele afectar y retrasar la ejecución de obras portuarias, pues si se generase un oleaje de tamaño considerable la ejecución de la obra se debería paralizar, ya sea por afección al uso de la maquinaria o por transporte de sedimentos que no permitiese aprovechar al máximo el rendimiento de estas, por ejemplo.

- Afección a la población:

Dado que el puerto está muy próximo a Dénia, se deberá tener evitar cualquier tipo de molestia a la población por la ejecución de las obras, así como cualquier tipo de contaminación. Se deberán tomar medidas, sobre todo, contra la emisión de polvo. Se ha establecido que el horario de trabajo será de lunes a viernes de 8:00 a 20:00.

Teniendo en cuenta estos condicionantes, las actividades que se deben realizar para ejecutar las obras y el rendimiento de cada uno, se ha calculado que en realizar toda la obra se tardarán 49 días, es decir, 2 meses de trabajo, que, empezándolas en noviembre, estas concluirán en enero, muy a tiempo de comenzar la etapa estival.

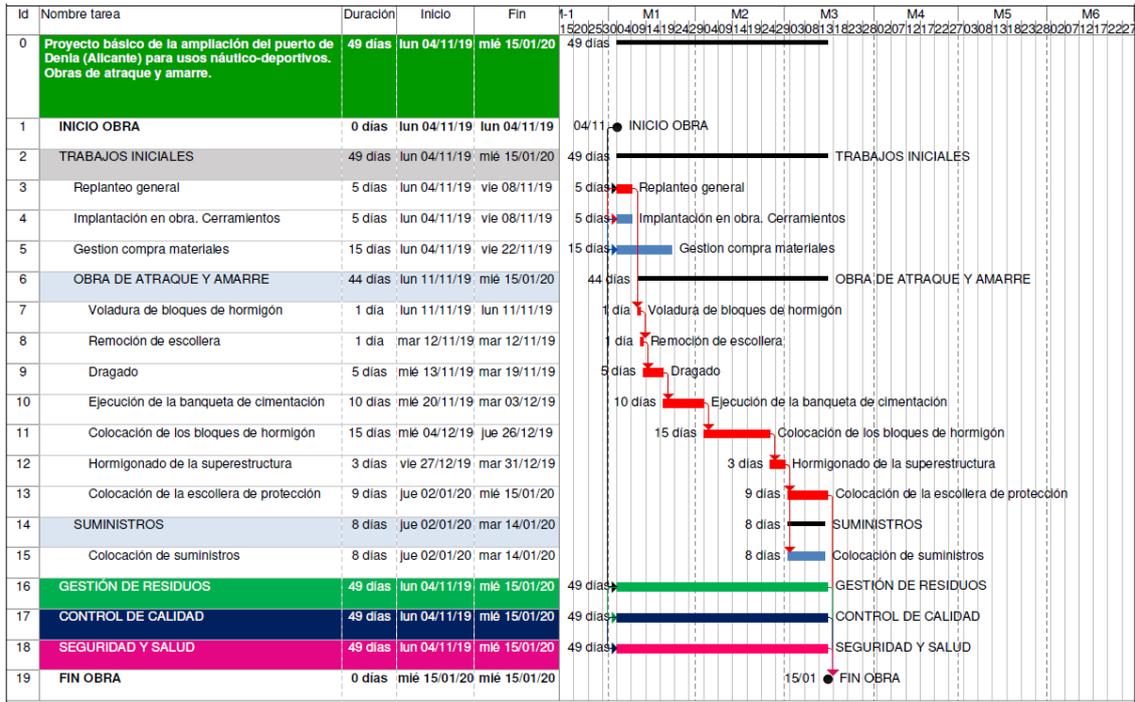


Figura 4. Plan de obra



## 9. Normativa y documentación utilizada

Para la realización del presente proyecto básico se ha empleado la siguiente normativa:

ROM 2.0-11 Obras de Atraque y Amarre: Criterios generales y Factores del Proyecto (tomo I y II)

ROM0.5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias

ROM 3.1-99 Configuración Marítima de los Puertos: Canales del Acceso y Áreas de Flotación

ROM 0.0 Procedimiento General t Bases de Cálculo para Proyectos en Obra Marítimas (Parte I)

ROM 4.1-18 Proyecto y Construcción de los Pavimentos Portuarios

ROM 0.2-90 Acciones para Proyecto de Obra Marítima y Portuaria

Reglamento de Costas 2014 (Artículo 88)

Ley 2/2013, de 29 de mayo, de Costas, publicado en el BOE en el número el 30/05/2013

*Shore Protection Manual*

Normal de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)

En cuanto a la documentación se ha empleado, sobre todo, la ayuda del libro “*Guía de Buenas Prácticas para le Ejecución de Obras Marítimas*” (2ª Edición) como diversas páginas web enumeradas en la bibliografía.



## 10. Justificación de precios

La definición de las 11 unidades de obra, junto a las mediciones de cada uno y sus respectivos precios unitarios han permitido la creación de 6 capítulos de obra, en donde han sido agrupadas estas. El sumatorio de los capítulos proporciona la obtención del presupuesto de ejecución material el cual asciende a la cantidad de SETECIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SETENTA EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS (742.070,04€).

### PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

CAPÍTULO 1: VOLADDURAS.....	1.823,16€
CAPÍTULO 2: DRAGADO.....	39.740,07€
CAPÍTULO 3: ESCOLLERAS Y ARENA.....	39.365,83€
CAPÍTULO 4: MUELLE.....	624.304,80€
CAPÍTULO 5: SUMINISTRO.....	20.223,60€
CAPÍTULO 6: SEGURIDAD Y SALUD.....	16.612,58€
<b>TOTAL.....</b>	<b>742.070,04€</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de SETECIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SETENTA EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS (742.070,04€).

Fecha: SEPTIEMBRE 2019

Autor del proyecto: PABLO BARREIRA RIBERA

Fdo.: