



Autor: Pruñonosa Querol, Ruth

Tutor: Figueres Moreno, Miguel

Fecha: Septiembre, 2018. Valencia

ESTUDIO DE DIMENSIONAMIENTO DEL NUEVO CONTRADIQUE DEL PUERTO DE TARRAGONA

TRABAJO FINAL DE GRADO. Grado en Ingeniería Civil.

Curso 2017-2018

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*



ÍNDICE

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS

ANEJO 1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEJO 2. BASES DE DISEÑO

ANEJO 3. CLIMA MARÍTIMO

ANEJO 4. DIMENSIONAMIENTO CONTRADIQUE

ANEJO 5. PROCESO CONSTRUCTIVO

DOCUMENTO Nº2. PLANOS

DOCUMENTO Nº3. PRESUPUESTO



DOCUMENTO N°1. MEMORIA

Autor:

Pruñonosa Querol, Ruth

ÍNDICE

1. ORGANIZACIÓN DEL TFG.....	5
2. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO Y LOCALIZACIÓN	5
3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL	5
4. ESTUDIOS PREVIOS.....	6
CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO.....	6
GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA	7
CLIMA MARÍTIMO.....	9
5. ESTUDIO DE SOLUCIONES	9
6. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
7. CÁLCULO DE LA OBRA DE ABRIGO	10
8. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	12
9. CONCLUSIÓN	12

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Planta general del Puerto de Tarragona.....	6
Imagen 2. Ejemplo manto Cubípodos.....	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta Informe Sondeo.....	7
Figura 2. Perfil estratigráfico terreno.....	8
Figura 3. Sección espaldón acotada en metros.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Situación del Puerto de Tarragona.....	5
Tabla 2. Columna estratigráfica tipo.....	7
Tabla 3. Dimensionamiento manto principal.....	10
Tabla 4. Dimensionamiento morro.....	10

1. ORGANIZACIÓN DEL TFG

Este estudio llamado “Estudio de Dimensionamiento del Nuevo Contradique del Puerto de Tarragona”, se ha realizado como Trabajo de Fin de Grado por Ruth Pruñonosa Querol, alumna de cuarto curso del Grado de Ingeniería Civil de la Universitat Politècnica de València. El tutor del trabajo ha sido Miguel Figueres Moreno.

Esta memoria trata de resumir las acciones más destacables que se van a llevar a cabo en este estudio. Posteriormente, en los distintos anejos y planos, se desarrollaran todos los aspectos necesarios para poder realizar de forma satisfactoria el estudio del dimensionamiento del nuevo contradique.

2. OBJETO DEL PROYECTO BÁSICO Y LOCALIZACIÓN

El objeto de este estudio es la definición, optimización, justificación y valoración económica de la ampliación de la obra de abrigo del Puerto de Tarragona, con el fin de dotarlo de una mayor zona de abrigo.

Se trata de un estudio de soluciones de las posibles piezas a colocar en el manto exterior del contradique, con la finalidad de determinar aquella que dote a la nueva infraestructura cierta eficacia por lo que respecta a la relación comportamiento-coste.

Básicamente, la ampliación del puerto se va a realizar mediante la prolongación del Espigón Prats actual, ya que cuenta con una longitud de 380 metros y pasará a tener aproximadamente unos 1240 metros.

El puerto se encuentra localizado en la ciudad de Tarragona y tiene las siguientes coordenadas:

Situación del Puerto	
Latitud	41° 0,5' N
Longitud	1°, 14' W

Tabla 1. Situación del Puerto de Tarragona

3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

En el siglo XX la ciudad de Tarragona se consolida como ciudad portuaria e importante centro de comercio, desarrollándose obras del puerto y de la industria.

Actualmente, Tarragona destaca como una ciudad activa por su cultura, tradiciones e historia que se encuentra en continuo crecimiento.

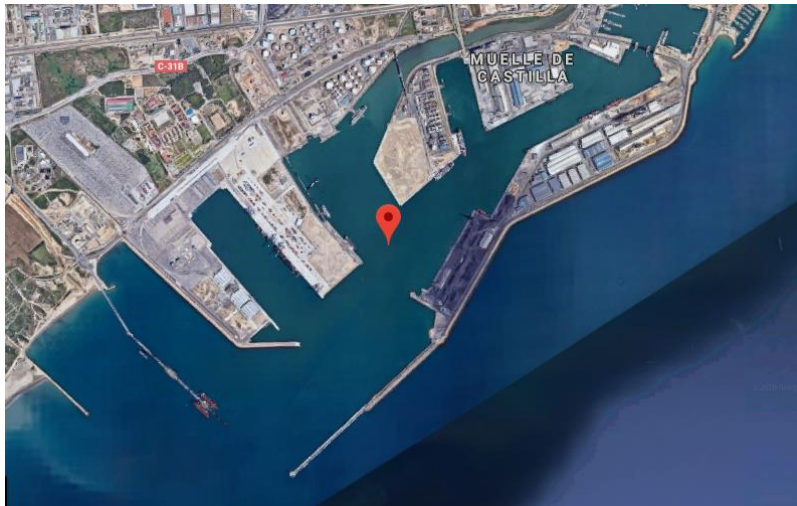


Imagen 2. Planta general del Puerto de Tarragona

El puerto mantiene servicios directos con 46 países a través de líneas marítimas regulares con 60 puertos de todo el mundo ya que se encuentra situado en un enclave geoestratégico único y es uno de los 5 puertos más importantes de España en tráfico de productos agrícolas y cereales, y es uno de los principales en la transportación de compuestos de la industria petroquímica, la descarga a granel de sólidos y vehículos. También destaca entre los puertos de Europa.

A día de hoy, el contradique que se va a ampliar cuenta con una longitud de unos 380 metros y lo que se va a hacer es prolongarlo hasta unos 1240 metros.

La finalidad de la ampliación del puerto es ofrecer un mejor servicio en el tráfico de mercancía y del resto de servicios portuarios, garantizando que todas las actividades portuarias se realicen en aguas protegidas, así como también poder atender la creciente demanda del tráfico de buques.

4. ESTUDIOS PREVIOS

CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO

En el "Anejo 02. Bases de Diseño", se encuentran los criterios generales de proyecto, para poder desarrollar posteriormente el clima marítimo del Puerto de Tarragona.

El procedimiento que se ha seguido es el establecido en la ROM 0.0-01. Procedimiento General y Bases de Cálculo en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias. Siguiendo esta ROM se han obtenido los valores de los índices IRE e ISA, con estos ha sido posible determinar la vida útil de la obra y la probabilidad conjunta de fallo.

Finalmente con una vida útil de 50 años y una probabilidad conjunta de fallo de 0.20, se obtiene que el periodo de retorno de la obra es de 225 años.

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

Este apartado ha sido desarrollado en el “Anejo 02. Bases de diseño”, dentro de los condicionantes de la obra.

Cabe destacar que los datos geotécnicos para realizar este estudio han sido extraídos del informe “Sondeos y estudio Geotécnico Nuevo Contradique Sur Puerto de Tarragona” realizado por Igeotest, del cual se extrae la columna estratigráfica del terreno sobre el que va a apoyar la obra:

Nivel	Tipo de suelo	Cota de base del estrato	γ_{sat} (t/m ³)	Largo Plazo	
				c' (t/m ²)	ϕ
A	Arenas finas limosas	-21,00 m	1,8	0	25°
B	Gravas arenosas con finos	-28,00 m	1,8	0,05	30°
C	Arcillas arenosas limosas	-37,00 m	1,9	0,2	31°
C	Arena gruesa a media	-50,60 m	2,0	0,2	37°

Tabla 2. Columna estratigráfica tipo

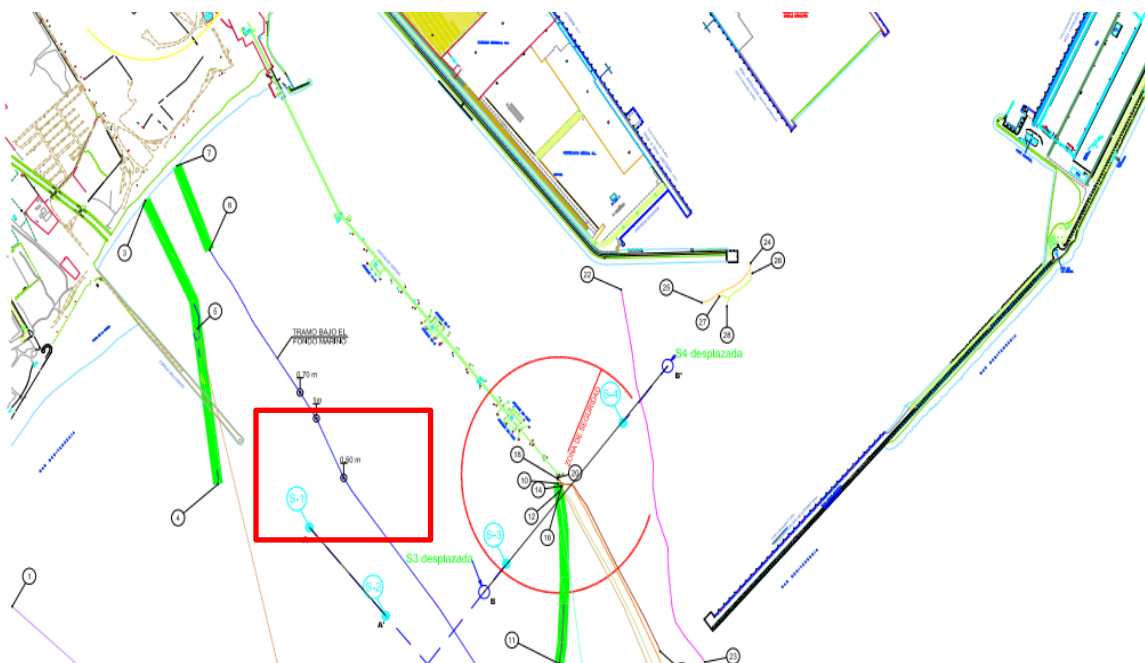


Figura 1. Planta Informe Sondeo

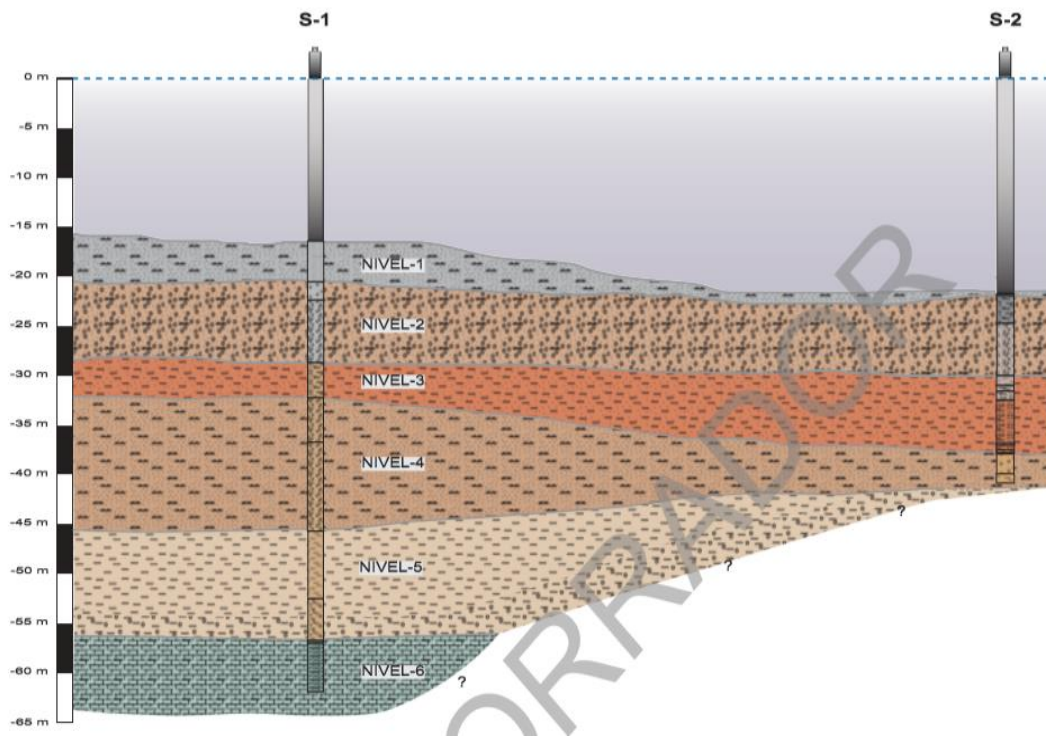


Figura 2. Perfil estratigráfico terreno

- Nivel -1: Arenas finas limosas de tonalidad gris oscuro con algo de materia orgánica. Con compacidad muy floja.
- Nivel -2: Gravas arenosas (de medias a gruesas), con intercalaciones de niveles más limosos o arcillosos y algunas pasadas de arena fina.
- Nivel -3: Arcillas arenosas limosas, de color ocre y rojizo, de plasticidad baja y consistencia dura.
- Nivel -4: Nivel de arena gruesa media con limos, de color marrón, compacidad densa. Con algunos niveles de mezcla de arenas con gravas mal graduadas más abundantes en techo y otros niveles con mayor contenido en arcillas de baja plasticidad.
- Nivel -5: Nivel de arcilla y arcilla con gravas a base de color marrón. Posee una plasticidad baja y consistencia dura.
- Nivel -6: Nivel de margas verdosas con vetas marrones, plásticas y consistencia muy dura. Con alguna grava de caliza aislada y también nódulos calizos.

CLIMA MARÍTIMO

El “Anejo 03. Clima marítimo” tiene la finalidad de caracterizar el clima marítimo en la zona de estudio.

Para ello se ha recurrido a la página web de Puertos del Estado, concretamente en el apartado de Oceanografía. Los datos para caracterizar el clima se han sacado de la Boya de Tarragona y del Mareógrafo de Tarragona, además, se ha consultado un punto SIMAR, por encontrarse cerca del nuevo contradique.

5. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Con la finalidad de determinar la pieza de la cual va a estar constituido el manto principal del nuevo contradique del Puerto de Tarragona, se ha realizado un estudio de soluciones, el cual se encuentra detallado en el “Anejo 04. Dimensionamiento del Contradique”.

Las soluciones estudiadas son las siguientes:

- Contradique en talud con Escollera Bicapa
- Contradique en talud con Cubos Bicapa
- Contradique en talud con Cubípodos Monocapa
- Contradique en talud con Cubípodos Bicapa
- Contradique en talud con Accropode II Monocapa
- Contradique en talud con Xbloc Monocapa
- Contradique en talud con Core-loc Monocapa

El estudio se realiza de una forma sencilla atendiendo a las características básicas de cada una de las piezas.

6. SOLUCIÓN ADOPTADA

Tras el estudio de cada una de las posibles soluciones, analizando sus ventajas y sus inconvenientes, finalmente se determina que la mejor opción es realizar el manto principal con Cubípodos Monocapa, utilizando esta solución tanto como para el tronco como para el morro, debido a que se trata de la mejor opción a nivel económico y funcional.



Imagen 3. Ejemplo manto Cubípodos

7. CÁLCULO DE LA OBRA DE ABRIGO

Una vez elegida la pieza principal del manto, pasamos a realiza todos los cálculos necesarios para el dimensionamiento del contradique.

Se muestra en la siguiente tabla, el valor de los parámetros relevantes para el diseño del contradique en talud:

Capa	Material	Peso unitario (t)	Número capas	Espesor (m)
Manto principal	Cubípodos	12.00	1	1.70
Capa intermedia 1	Escollera	1.20	1	0.80
Capa intermedia 2	Escollera	0.60	1	0.60
Núcleo	Todo-uno	2.15	-	-

Tabla 3. Dimensionamiento manto principal

Capa	Material	Peso unitario (t)	Número capas	Espesor (m)
Morro	Cubípodos	13.00	1	1.80
Capa intermedia 1	Escollera	1.30	1	0.80
Capa intermedia 2	Escollera	0.70	1	0.70
Núcleo	Todo-uno	2.15	-	-

Tabla 4. Dimensionamiento morro

Por otra parte, será necesaria la construcción de bermas de pie. Las características son las siguientes:

Berma de pie del tronco

$D_n = 1.70$ metros; $H_{sd} = 6.10$ metros; $W = 11.5$ toneladas

- Peso de la escollera de la berma
 $W = 10\% \times W_{\text{manto}} = 10\% \times 11.5 = 1.15$ toneladas
- Diámetro nominal de la escollera de la berma

$$D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{1.15}{2.7}} = 0.75 \text{ metros}$$

- Profundidad de coronación de la berma
 $h_i = 1.5 \times H_{sd} = 1.5 \times 6.10 = 9.15$ metros
- Ancho de la coronación de la berma
 $B = 3 \times D_{n50} = 3 \times 0.75 = 2.25$ metros

Berma de pie del morro

$D_n = 1.77$ metros; $H_{sd} = 4.72$ metros; $W = 12.65$ toneladas

- Peso de la escollera de la berma
 $W = 20\% \times W_{manto} = 20\% \times 12.65 = 2.53$ toneladas
- Diámetro nominal de la escollera de la berma

$$D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{2.53}{2.7}} = 0.978 \text{ metros}$$

- Profundidad de coronación de la berma
 $h_t = 1.5 \times H_{sd} = 1.5 \times 4.72 = 7.08$ metros
- Ancho de la coronación de la berma
 $B = 4 \times D_{n50} = 4 \times 0.978 = 3.91$ metros

A continuación, se detallan las cotas de coronación de los elementos principales del contradique desde del NMMA:

- Cota de coronación del manto: 6.37 m
- Cota de coronación del espaldón: 9 m
- Cota de coronación del núcleo: 3.6m
- Cota de coronación del filtro: 4.85 m

Finalmente, la sección del espaldón se establece, con la finalidad de que se verifique la seguridad de este frente a deslizamiento y vuelco. La sección es la siguiente:

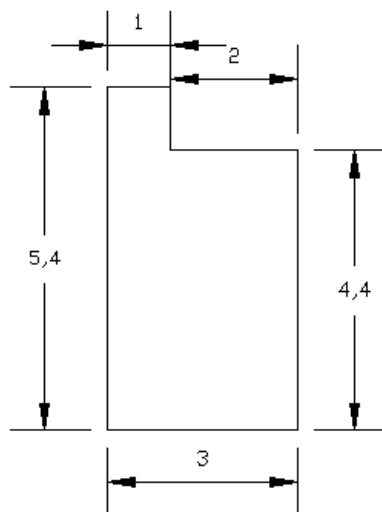


Figura 3. Sección espaldón acotada en metros

8. VALORACIÓN ECONÓMICA

El resumen del presupuesto por capítulos, es el siguiente:

HOJA FINAL, RESUMEN DE PRESUPUESTO	
Capítulo 01	ACTUACIONES PREVIAS 7.200,00 €
Capítulo 02	DEMOLICIONES..... 6.890,00 €
Capítulo 03	PROLONGACIÓN CONTRADIQUE..... 13.305.397,46 €
Capítulo 04	SEGURIDAD Y SALUD..... 300.000,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 13.619.487,46 €	
	GASTOS GENERALES (13% s/00,00) 1.770.533,37 €
	BENERICIO INDUSTRIAL (6% s/00,00) 817.169,25 €
	TOTAL SUMA 16.207.190,08 €
	IVA (21% s/00,00) 3.403.509,92 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 19.610.700,00 €	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de:
DIECINUEVE MILLONES SEISCIENTOS DIEZ MIL SETECIENTOS EUROS

Valencia, Septiembre de 2018

9. CONCLUSIÓN

Una vez realizadas todas las comprobaciones y todos los cálculos necesarios para el “Estudio de dimensionamiento del nuevo contradique del Puerto de Tarragona”, se concluye que la solución adoptada tras el estudio de piezas a colocar en el manto principal es una solución factible, tanto estructural como económica.

Firma Autora del Proyecto:

Bibliografía

- MEDINA, J. R y GÓMEZ-MARTÍN, M.E., (2015). *Manual del Cubípodo 2015*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- NEGRO, V. & VARELA, O., (2008). *Diseño de Diques Rompeolas*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.
- CLI. (2015). Abstract of Accropode Technical Specifications. *PhD Proposal*, 1(2), 687–793. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- the Accropode™ II Unit. (2011), (June).
- Curso, C., Serra, I., Tutor, V., & Valencia, D. A. (2016). Proyecto básico de remodelación del puerto deportivo “ Les Bassetes ”. T . M . (Benissa , Alicante).
- Principal, E. M., Constructivo, P., & Fallo, M. De. (n.d.). Diques en talud 1, 1–19.
- ¿Qué es Cubipod? (n.d.). Retrieved May 21, 2018, from <http://www.cubipod.com/es/cubipod/¿que-es-cubipod/>
- ACCROPODE™ II “Technology, experience and cost-effectiveness condensed into a single armour unit” & “Sharing skills and experience to achieve successful projects” ACCROPODE™ II Single-layer system for breakwater armouring Background. (n.d.). Retrieved from http://www.concretelayer.com/sites/default/files/ACCROPODE_II_Brochure.pdf
- BALSALOBRE JIMÉNEZ, A. (2017). Estudio de soluciones de la ampliación del puerto deportivo de Oropesa del Mar (Castellón). Obras de abrigo y ordenación interior. Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/86999>
- BARRACHINA CUCARELLA, A. (2016). Proyecto de ampliación del puerto de Burriana (Castellón). Estudio de soluciones. Obras de abrigo. Instalaciones de abastecimiento de agua y saneamiento. Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/70515>
- Ecopode, T. (2012). ACCROPODE™ II - ECOPODE™ Design Guide Table Guidelines for design - ACCROPODE™ II - ECOPODE™ Table Graph 1- Relationship between the design wave height as a, (m), 0–3.
- Civil, I. (2015). monocapa para condiciones singulares de proyecto en obras de abrigo en talud, 157–177. <http://doi.org/10.4995/ia.2015.3653>
- Agencia pública de puertos de Andalucía. (n.d.). Anejo: Clima Marítimo. *Proyecto de Dique Interior y Adecuación Del Fondo de La Dársena Del Puerto de La Atunara Para Futura Instalación Náutico-Deportiva*, 1–32.
- Estado, A. Y., & Del, A. (1984). Bloques escollera.
- Jensen, O. J. (2013). Safety of breakwater armour layers with special focus on monolayer armour units. *10th Coasts, Marine Structures and Breakwaters Conference 2013*, 33–44. <http://doi.org/10.1680/fsts.59757.0033>



- Juan, A., Castilla, P., Gabriel, T., & Sosa, C. (2015). Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Civil Prolongación del Dique-Muelle de Punta Sollana .
- Plan, P., Orientaciones, D. E. T. Y., Su, P., En, G., & Ambientales, C. (2013). Índice General.
- NCSE-02. (2013). Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Estado, P. del. (n.d.). Rom 0.0. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Puertos del Estado. (1990). Rom 0.2-90.
- Puertos del Estado. (1991). ROM 0.3-91. Oleaje. Anejo 1. Clima Marítimo en el Litoral Español. Retrieved from [http://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/ROM 0.3-91.pdf](http://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/ROM%200.3-91.pdf)
- Ministerio de Formento. (2005). Recomendaciones Para Obras Maritimas ROM 0.5-05 Recomendaciones Geotecnicas para Obras Maritimas y Portuarias.
- Losada Rodriguez, M. A. (2009). *Rom 1.0-09*.
- F, A. D. M. (2012). REDMAR : DE PUERTOS DEL ESTADO (Informe Anual 2012) Puertos del Estado Introducci ´.
- Datos, B. D. E., Aficos, O., & Estado, D. E. P. D. E. L. (2012). Puertos del Estado EXTREMOS M AXIMOS.
- Puertos del Estado. (2014). Puertos del Estado Boya de Golfo de Cadiz, 49.