

MEMORIA

- **ANTECEDENTES.**

En Andalucía se dispone de una importante infraestructura náutico-deportiva, repartida en el litoral con 41 puertos, dentro de los cuales encontramos tanto puertos de Andalucía como puertos de interés general del estado.

Figura 1.1. Puertos de interés general de estado.

En la provincia de Granada encontramos el puerto de Punta de la Mona (Almuñécar) y el puerto de Motril el cual es de interés general del estado y en el que centraremos nuestra atención para la realización de la obra.

Motril es una ciudad de auténtica dimensión marinera, punto de entrada y salida de grandes buques, abriéndose al mar con un gran puerto comercial, un puerto pesquero y con el puerto deportivo.

Este puerto deportivo, de coordenadas latitud 36° 44' 00,0" N, Longitud 3° 33' 00,0" O, posee 196 atraques con una eslora máxima de 6m a 20m. Este número de atraques junto con su localización llevan a la propuesta del proyecto de ampliación del puerto deportivo, debido a la demanda que posee este y a la necesidad de separarlo del puerto comercial y pesquero para una mayor

comodidad de los usuarios, proporcionando además un importante valor urbano aprovechando al máximo la superficie disponible.

- **OBJETO DE LA OBRA.**

El desarrollo del Proyecto de Ampliación del Puerto Deportivo de Motril, se produce principalmente para mejorar el acceso, separando el puerto deportivo del puerto comercial y pesquero además de ampliar las instalaciones existentes, dada la demanda de atraques que se está produciendo, debido al aumento considerable en los últimos años de las actividades náutico-deportivas.

Para la ampliación de estas instalaciones, debido a la limitación de espacio existente en la Dársena interior del puerto, se recurre a la demolición y dragado de la zona próxima al actual puerto deportivo, construyéndose un Nuevo Puerto Deportivo, con el cual pasaremos de una superficie de 1.5ha a aproximadamente 8ha.

Esto conlleva la construcción de un nuevo dique de abrigo y un canal de paso para las embarcaciones a dicho puerto.

Con esta ampliación se pasarían de los 196 atraques actuales a 375 atraques.

- **DATOS DE PARTIDA.**

- **Descripción y justificación de la obra.**

- *Descripción general de la zona.*

El proyecto se pretende llevar a cabo en el sur de España dentro de la comunidad autónoma de Andalucía en la provincia de Granada y termino municipal de Motril. Es la Capitanía de la provincia marítima de Granada (GR-1), gestionado por la Autoridad Portuaria de Motril y considerado como uno de los puertos de Interés General del Estado.

Figura 3.1. Ubicación Puerto de Motril

El puerto de Motril está situado en el tramo comprendido entre el Delta del Río Guadalfeo, que forma la Punta del Santo, por el Oeste, y el Cabo Sacratif, por el Este.

Su posición geográfica es:

Longitud	Latitud:
3°31'30" O	36°43'06" N

La máxima carrera de mareas es de 1,10 m, el viento reinante es el SE, y el dominante el SW. El puerto de Motril está situado en mar abierto y no cuenta con abrigo natural. Está protegido artificialmente por un dique exterior paralelo a la costa y un contradique, sensiblemente perpendicular a aquel. La boca de entrada al Puerto, tiene una orientación SE, con un ancho de 250 m. y un calado en BMVE de 12,00 m con un fondo de arenas.

Figura 3.2. Actual Puerto de Motril

La superficie de flotación total es de 1.002 Ha, dividiéndose en dos zonas:

- **Zona I** de 60.9 Ha de la cual 56Ha es comercial, 3.4 Ha es pesquera y 1.5Ha deportiva.
- **Zona II** de 941.1 Ha

A estas zonas se le corresponden una serie de Dársenas, las cuales son:

- Dársela comercial o Dársela interior, formada por el Real Club náutico, muelle Poniente, Muelle graneles, muelle costa, muelle levante y vial muelle dique.
- Dársela pesquera formada por muelle pesquero y vial muelle dique.
- Nueva Dársela o dársela de las azucenas formada por muelle de las Azuceras, muelle contradique y muelle dique.

Figura 3.3. Distribución del Puerto de Motril.

- *Descripción de la zona de actuación.*

El actual Puerto deportivo posee las siguientes coordenadas:

Longitud	Latitud:
3°33'00'' O	36°44'00'' N

Figura 3.4. Actual puerto deportivo.

En esta zona está situado el Real Club Náutico de Motril, compuesto por socios privados que utilizan las instalaciones para marrar sus embarcaciones de recreo así como disponer de instalaciones sociales.

La zona sobre la cual se va a realizar el Nuevo Puerto Deportivo, se encuentra próxima al actual, utilizando también superficie de este, logrando así una mayor superficie para la ejecución, aproximadamente 9.5ha.

Figura 3.5. Zona de actuación.

- *Descripción de los accesos.*

a) Comunicaciones por autovía.

Dispondrá de acceso directo desde la A-7, sin atravesar ninguna población, a las siguientes ciudades:

Figura 3.6. Acceso al Puerto de Motril por autovía.

b) Comunicaciones aéreas.

Dispone de 3 aeropuertos ubicados en un radio de 45 minutos por carretera: Granada, Almería y Málaga.

Figura 3.7. Acceso al Puerto de Motril por medios aéreos.

c) Comunicaciones ferroviarias.

Las estaciones ferroviarias más cercanas al Puerto de Motril son: Granada, Almería, Málaga y Linares/Baeza.

Figura 3.8. Acceso al Puerto de Motril por medios ferroviarios.

- **Topografía y batimetría.**

Tanto la información topográfica y batimétrica empleada en el presente Proyecto ha sido suministrada por la Autoridad portuaria de Motril (APM). Las cotas empleadas están referidas al cero del Puerto de Motril, que se encuentra 0,4109 m por debajo del Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA).

- *Topografía.*

Las bases topográficas empleadas son las siguientes:

Figura 3.9. Bases topográficas

Siendo las coordenadas de estos puntos, son coordenadas ED 50-UTM, Huso 30. Con un mareógrafo (M1) en el área del actual puerto deportivo y otro mareógrafo (M2) en la dársena pesquera.

UTM 30N				
Pto.	X	Y	Z (Alicante)	Z (Motril)
P1	454330,7506	4064102,1277	3,4674	3,8783
P2	454201,1816	4064518,3477	4,6427	5,0536
P3	452938,1880	4064700,7377	2,5995	3,0104
P4	453457,9230	4063906,9952	1,9084	2,3193
M1	452850,0915	4064477,5354	1,9991	2,4100
M2	453352,1288	4064172,3539	2,1176	2,5285

Tabla 3.1. Coordenadas de las bases topográficas.

- *Batimetría.*

La batimetría empleada en este Proyecto ha sido aportada por la APM, diferenciándose varias fuentes de información para la confección de la batimetría de proyecto:

- Batimetría interior del Puerto de Motril (Noviembre de 2008).
- Batimetría exterior (Enero 2009).
- Batimetría de la Playa de Las Azucenas (Marzo 2009).
- Batimetría de la Playa de Poniente (Marzo 2009).

En todos los casos las cotas señaladas están referidas al cero del Puerto de Motril.

Figura 3.10. Batimetría actual del Puerto de Motril.

- **Caracterización geotécnica.**

Para la caracterización de los terrenos donde se ubican las obras se han llevado a cabo una campaña geotécnica, que consiste en la ejecución de varios sondeos mecánicos a rotación y ensayos de penetración dinámica. Todo lo referente a esta campaña junto con la caracterización geotécnica se encuentra en el ANEJO 2.

- *Geología local.*

Figura 3.11. Geología local.

Geológicamente, la zona de estudio se encuentra en el dominio del Complejo Alpujárride, que se caracteriza por presentar una tectónica muy compleja quedando sus materiales englobados en diferentes escamas o mantos de cabalgamiento que se superponen y yuxtaponen unos a otros. En nuestro caso particular, el Manto de Murtas y el de Alcázar forman el substrato rocoso de la zona, aunque los materiales predominantes en el área de la localidad estudiada son de edad Cuaternaria, y básicamente depósitos aluviales (arenas y gravas).

Todos los materiales paleozoicos y puntualmente los mesozoicos (se presentan sólo en algunos afloramientos sin apenas metamorfismo y conservando la mayor parte de las características que ya ostentaban después de su diagénesis) de la zona a excepción de los datados en el cuaternario están metamorfozados en mayor o menor grado. El grado de metamorfismo conseguido por algunas de las formaciones de estas sucesiones es muy alto, llegándose, aunque solo sea localmente, a la formación de migmatitas.

Los depósitos cuaternarios están compuesto por sedimentos detríticos aluviales de debido a la acción de los agentes hídricos, el cual se constituye de un potente conjunto detrítico a base de arenas, limos y gravas de redondeamiento variable (función de la distancia al área fuente) disponiéndose en cuerpos subhorizontales con mayor o menor continuidad lateral, respondiendo dicha sucesión a distintos capítulos en la historia del depósito de dichos materiales, siendo los episodios más energéticos los que se corresponden con los niveles más groseros y viceversa.

Donde los depósitos aluviales se encuentran con el medio marino se desarrollan depósitos de playa más o menos extensos. Los sedimentos en estas áreas se clasifican mejor siendo más evidente el redondeamiento de las partículas.

El área objeto de estudio se sitúa Cuaternarios compuestos por arenas y gravas encostradas a techo seguidos de sedimentos Pliocenos formados por arenas, gravas y conglomerados de ambiente tanto continental como marino.

- *Perfil geotécnico.*

Según la información recogida en el ANEJO 2, se adopta el siguiente perfil geotécnico:

Figura 3.12. Perfil geotécnico.

Siendo para cada terreno mostrado, los siguientes parámetros geotécnicos:

Dado que los trabajos se llevan a cabo en la zona de España con mayor actividad sísmica, se ha realizado un estudio de la posible licuefacción de los terrenos detectados, concluyendo del mismo que las arenas limosas son susceptibles de sufrir licuefacción, por lo que se han reducido los parámetros geotécnicos de las arenas, afectando a los mismos por un coeficiente reductor de valor 0.5. Así, la tangente del ángulo de rozamiento interno de las arenas se verá reducida en un 50%.

- **Caracterización sísmica.**

Figura 3.13. Mapa de peligrosidad sísmica.

Dado que el área donde se ubica la zona de estudio es de peligrosidad sísmica potencial, caracterizada por tener una aceleración sísmica $0.12g < a_b < 0.16g$, según la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02) será necesario tomar en consideración medidas contra los efectos sísmicos en las estructuras de la edificación.

El cálculo de las acciones sísmicas según la citada norma se realizará basándose en los siguientes parámetros:

- Importancia de las construcciones Importancia normal.
- Coefficiente de contribución (K) $K= 1,0$
- Aceleración sísmica básica (a_b) $a_b= 0,14 g$
- Coefficiente de riesgo (ρ) periodo de vida de $t = 50$ años y coeficiente de riesgo $\rho = 1,00$.
- Tipo de terreno El terreno se clasifica de tipo I por tratarse de un suelo granular compacto-denso en el nivel de bolos y grava y de tipo III y tipo II en los limos fangosos marinos por ser granular suelto en los primeros 10 m y granular suelto-compacto de 10 m en adelante respectivamente.
- Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales (v_s) Como se trata de un terreno tipo III, tipo II y tipo I de modo que la velocidad de propagación de las ondas es de $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$, $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$ y $V_s > 750 \text{ m/s}$ respectivamente
- Coefficiente de suelo (C) Cuando se trata de un terreno estratificado para obtener el coeficiente del terreno medio se habrá de realizar una ponderación entre los coeficientes de cada uno de los estratos, en función de su espesor (e). Para ello, se aplica la expresión siguiente:

$$C = \Sigma (C_i * e_i) / 30 \quad (1)$$

Los valores C según el tipo de terreno presente son los siguientes:

Pudiendo adoptarse como $C=1.5$.

- Coefficiente de amplificación del terreno (S) $S= 1.5/1.25 = 1.2$
- Aceleración sísmica de cálculo (a_c)

$$a_c = S * \rho * a_b \quad (2)$$

$$a_c = 1.2 * 1,00 * 0,14 g = 0,168 g \text{ } 0.17 \cdot g$$

- **Oleaje.**

- *Obtención de datos.*

Para realizar el análisis del clima marítimo de la zona donde se ubica el puerto de Motril se ha llevado a cabo una recogida de información proporcionada por diversas fuentes.

- *Datos WANA corregidos.*

Dado que no existe ninguna boya próxima a la zona de proyecto, se utilizarán como referencia los datos del nodo WANA2020013, situado justo frente a Motril, y para corregir los valores de HS se utilizará la boya del Cabo de Gata, que se comparará con el nodo WANA2030013 que se halla junto a la boya. El periodo de registro considerado en este análisis abarca desde Enero de 1996 hasta Enero de 2009, es decir, un total de 13 años.

En la figura 3.14 se muestra la ubicación de las fuentes de datos para el análisis y

caracterización.

Figura 3.14. Ubicación de fuentes de datos.

El conjunto de datos WANA está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados, y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Sin embargo, los datos WANA no son datos de predicción sino datos de diagnóstico o análisis. Esto supone que, para cada instante, el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelados y consistentes con las observaciones realizadas.

Las series de viento y oleaje del conjunto WANA no son homogéneas, pues el modelo de vientos se modifica de modo periódico cada 6h, mientras que el modelo de oleaje se analiza cada 3 h.

Para generar los campos de oleaje se ha utilizado en modelo numérico WAM. Dicha aplicación es un modelo espectral de tercera generación que resuelve la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a priori, sobre la forma del espectro de oleaje. Este modelo trabaja en el Atlántico con una resolución de 0,25 grados (30 Km), y en el Mediterráneo con una resolución de 0,125 grados (15 Km).

La correlación obtenida entre datos WANA y boya se empleará para corregir los valores del nodo WANA con el que se determina el régimen de oleaje. En la siguiente figura se ve la correlación obtenida y la corrección para valores de H_S del nodo WANA.

- *Datos DOW.*

En el año 2012 se ha realizado una revisión del clima marítimo mediante otra fuente de datos, la cual posee mayor número de años y se ha calibrado a partir de las boyas y datos de satélite.

Para actualizar el clima marítimo en el Puerto de Motril se han empleado los datos de oleaje (altura de ola significativa, periodo de pico y dirección media) de la base de datos generada numéricamente por el IH Cantabria. Los datos están calibrados con información instrumental, propagados hasta el entorno del puerto, tienen periodicidad horaria y son homogéneos y continuos desde el año 1948 hasta el 2008.

En la figura 3.15 , se muestran los nodos disponibles de esta fuente de datos:

Figura 3.15. Nodos disponibles.

Para la caracterización del clima marítimo en esta actuación se ha seleccionado el nodo M-1.

- *Metodología.*

El uso de las dos fuentes de datos requiere una metodología de trabajo diferente, debido a las características que presentan los datos.

Los datos WANA corregidos caracterizan el oleaje en aguas profundas. Por lo tanto, el análisis que se ha realizado de estos datos informa sobre las condiciones del oleaje en aguas profundas. La metodología seguida para el análisis de estos datos ha sido:

- Distribución sectorial del oleaje
- Régimen medio del oleaje
- Régimen extremal del oleaje

Para obtener una descripción del oleaje en la ubicación de la obra es necesario utilizar un modelo numérico para propagarlo. Esta propagación se llevará a cabo

con el modelo OLUCA.

Los datos DOW caracterizan el oleaje a pie de dique, ya que han sido propagados con modelos numéricos que tienen en cuenta el efecto de la batimetría. Por lo tanto, todos los resultados obtenidos a partir de ellos ya están en la propia localización de la obra.

Los resultados obtenidos con los datos WANA corregidos se han utilizado para hacer el estudio de operatividad, mientras que los resultados del régimen extremal con el nodo DOW se ha utilizado para el cálculo de estabilidad del dique.

- *Análisis de datos WANA.*
- *Distribución sectorial del oleaje.*

La distribución sectorial del oleaje queda caracterizada mediante las rosas de oleaje, que discretizan los datos en direcciones y alturas de ola. Cada sector se representa con un brazo de la rosa. La longitud de cada brazo es proporcional a la probabilidad de presentación de cada sector, calculada como la frecuencia relativa muestral. De esta forma, se puede apreciar visualmente cuáles son los sectores que predominan. La discretización en alturas de ola permite determinar cuáles son los sectores más energéticos.

Tras la corrección de los valores de H_s , puede determinarse la rosa de oleaje en aguas profundas.

Figura 3.16. Rosa de oleaje nodo Wanna 2020013.

Según se aprecia en la figura, los oleajes dominantes en la zona de estudio corresponden a los sectores E y WSW. Dicha disparidad es característica del sur de España, ya que los vientos vienen dominados por el efecto del Estrecho de Gibraltar.

En la tabla 3.2 se muestra la altura de ola significativa (H_S) del nodo.

Tabla 3.2. Altura de ola significativa

- *Régimen medio.*

El objetivo del estudio del régimen medio es caracterizar la probabilidad de no superación de diferentes niveles de altura de ola en un año medio. Esto se lleva a cabo mediante el ajuste de la muestra de alturas de ola disponible a una función de distribución acumulada. La función utilizada habitualmente para caracterizar el régimen medio del oleaje es la distribución de Weibull de mínimos. Su función de distribución acumulada es:

(3)

Donde:

- A es el parámetro de posición.
- B es el parámetro de escala.
- C es el parámetro de forma.

Los tres parámetros de esta distribución deben estimarse. En el presente análisis se ha utilizado para ello el método de los momentos.

Para determinar el régimen medio escalar se ha ajustado la distribución muestral compuesta por todos los datos corregidos del nodo WANA a una distribución Weibull de mínimos. Este ajuste puede verse en la siguiente figura que define el régimen escalar:

Y para regímenes direccionales:

- *Distribución H_S - T_P*

En las siguientes figuras se muestra la relación de las variables altura de ola significativa (H_S) y período de pico (T_P), para el conjunto completo de datos y para el sector E respectivamente. Esta relación se utilizará para definir el conjunto de oleajes tipo que caracterizan el clima de la zona.

- *Resultados obtenidos.*

Siguiendo la metodología de cálculo de la ROM 2.0, la combinación de acciones se llevará a cabo adoptando valores compatibles entre sí para los diferentes agentes climáticos. Así, en cada uno de los estados de proyecto considerados se deberán adoptar diferentes alturas de ola y período.

En la tabla 3.3 se resumen los valores de altura de ola obtenidos para las distintas direcciones, diferenciando probabilidades de no excedencia de 50%, 85% y 90% ya que son éstas probabilidades las susceptibles de ser consideradas al aplicar la metodología de cálculo de la ROM 2.0.

WIEB ULL	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E
0.5	0.58	0.46	0.25	0.20	0.17	0.11	0.41	0.53
0.85	1.05	1.02	0.68	0.42	0.31	0.21	0.77	1.22
0.9	1.20	1.22	0.65	0.55	0.36	0.24	0.89	1.45
A	0.241	0.177	0.088	0.175	0.095	0.042	0.183	0.088
B	0.465	0.416	0.258	0.058	0.109	0.095	0.321	0.618
C	1.16	0.91	0.77	0.45	0.930	1.16	1.06	1.06

Tabla 3.3. Valores de altura de ola

Dado que el oleaje se considerará el agente climático predominante, en la mayor parte de los estados de proyecto se considerará el régimen extremal. Únicamente se tomarán valores del régimen medio del oleaje en el caso de condiciones excepcionales debidas a sismo (tanto extremal como extraordinario). Para dicho estado de proyecto se considerará el oleaje de cálculo correspondiente a una probabilidad de no excedencia del 50% tomada del régimen medio, que en este caso se traduce en:

Dirección	WSW
H_S	0.58m
T_P	5s

- *Régimen extremal.*

La caracterización de los valores extremos del oleaje resulta fundamental, ya que condicionará directamente la definición de las acciones extremas que deberán ser capaces de resistir las obras de abrigo a proyectar. El problema que se presenta a la hora de caracterizar estas acciones radica en que los sucesos peligrosos tienen lugar con muy poca frecuencia. Por lo tanto, se debe utilizar una teoría que permita estimar el comportamiento de los niveles altos a partir de los bajos. Esto se consigue con la teoría de valores extremos.

En función de los datos que se utilicen para extrapolar el comportamiento de la cola superior de la distribución se distinguen los siguientes métodos:

- Distribución de tamaños: utiliza todos los datos disponibles y extrapola el resultado a la cola superior.
- Distribución de extremos: divide el tiempo de registro en intervalos y únicamente

utiliza el máximo de cada uno.

- Distribución de excesos: calcula la distribución de los excesos sobre un umbral suficientemente alto.

Según el teorema de Fisher-Tippett, si la distribución que se quiere caracterizar tiene la cola superior regular y el número de datos es suficientemente grande, la distribución del máximo de éstos se aproxima a uno de los siguientes modelos: Fréchet, Gumbel o Weibull.

Para caracterizar el régimen extremal se ha utilizado la distribución de Weibull. Para la estimación de los parámetros de este modelo se requiere disponer de datos fiables y con un período de registro largo. En este caso, el método para seleccionar los datos a analizar ha sido el de excesos sobre un umbral. Cuanto más alto sea el umbral, más probable será que los datos analizados se distribuyan según una distribución de máximos, pero menos datos quedarán para estimar los parámetros. Se ha definido un umbral, de forma que el número de datos a analizar sea coherente con el tiempo de registro y suficientemente grande como para llevar a cabo la estimación.

El régimen extremal escalar de los datos del nodo WANA se presenta a continuación:

Donde se observa que se ha definido un umbral de 3.0m y el número total de temporales tratados ha sido 41.

La metodología empleada para definir el régimen extremal direccional está basada en el uso de los coeficientes de direccionalidad, K_α , de forma similar a la descrita en la ROM 0.3-91. Para un determinado sector α , el régimen extremal direccional se define, a partir del régimen extremal escalar, multiplicando la altura de ola correspondiente a un periodo de retorno dado por el coeficiente K_α .

Para cada dirección se define el coeficiente K_α como el cociente entre la altura de ola asociada a aquella dirección y la máxima de esas alturas de ola. Por tanto, el coeficiente $K_\alpha = 1$ se asigna a la dirección que presenta mayor altura de ola asociada.

Para obtener las alturas de ola asociadas mediante el uso de la información direccional de los datos WANA se han seguido dos procedimientos diferentes:

- Obteniendo la media de las 6 y 20 alturas de ola más altas de cada sector:

Tabla 3.4 Media de las 6 y 20 alturas de ola más alta en cada sector.

- A partir de los regímenes medios direccionales de donde se obtiene el estimador representativo de las alturas extremas como media de las alturas de ola significativa H_s asociadas a las probabilidades de no excedencia de 0,990, 0,995 y 0,999

Tabla 3.5. Alturas de ola significativa H_s asociadas a las probabilidades de no excedencia de 0,990, 0,995 y 0,999.

Quedando recogidos en la tabla 3.6 un resumen de los resultados obtenidos para los coeficientes de direccionalidad, según las diversas tipologías, así como el valor medio resultante.

Tabla 3.6. Coeficientes de direccionalidad.

Aplicando la metodología de trabajo establecida en la ROM 2.0, será necesario disponer de datos de oleaje para los períodos de retorno de 5, 50 y 500 años. Para cada uno de estos períodos de retorno mencionados se podrá obtener la altura de ola de cálculo del régimen extremal escalar asociado a dichos períodos y, posteriormente, definir los valores extremos sectoriales aplicando los

coeficientes de direccionalidad al valor escalar.

Los valores de cálculo en aguas profundas que deberán propagarse se muestran en la tabla 3.7, para los períodos de retorno de 5, 50 y 500 años, con los valores de H_s asociados a la banda de confianza superior del 90%.

Tabla 3.7. Valores de cálculo (H_s) en aguas profundas.

• *Propagación de oleaje.*

Una vez caracterizado el oleaje en aguas profundas, se procede en este apartado a la realización de las propagaciones hasta la zona de estudio. Para los modelos se emplearán los resultados obtenidos en los apartados anteriores.

Para el estudio de propagaciones se ha empleado el modelo OLUCA-SP, integrado dentro del SMC, desarrollado por la Universidad de Cantabria. El OLUCA, es un modelo parabólico de propagación del oleaje espectral, el cual considera los fenómenos de asomeramiento, difracción, refracción, disipación de energía por rotura de oleaje y fricción por fondo, y reflexión lateral de forma interna.

Todas las propagaciones realizadas cubren el dominio de la siguiente figura:

Figura 3.17. Propagaciones.

Dado que el registro de datos no llega a 15 años, y el periodo de retorno con el que se trabaja excede con mucho ese periodo, puede tomarse como oleaje de diseño la altura de ola procedente de la estima central en el ajuste del régimen extremal escalar.

En la siguientes tablas (3.8,3.9 Y 3.10) se recogen los valores obtenidos para las direcciones pésimas SW y WSW, para cada uno de los períodos de retorno estudiados y mostrando la altura de ola en avance sobre el dique. Se adoptan estas dos direcciones por tratarse de aquellas más energéticas y que determinarán el dimensionamiento del dique. Nótese que los valores del coeficiente de propagación para estas dos direcciones son cercanos a 0.8 para el WSW y 0.9 para el SW. Esta es la razón por la cual la dirección E, aunque tiene valores importantes de altura de ola en aguas profundas, muestra alturas de ola a pie de dique inferiores a las del SW y WSW, ya que el coeficiente de propagación correspondiente es muy pequeño (en torno a 0.2). Además, la incidencia de los oleajes del E pro-pagados resulta muy oblicua al dique, y por lo tanto inocua.

Para TR = 500 años, para las direcciones SW y WSW que son las más energéticas se tendrá:

Tabla 3.8. Propagación de ola en dirección SW y WSW(TR=500).

Para TR = 50 años, para las direcciones SW y WSW se tendrá:

Tabla 3.9. Propagación de ola en dirección WSW y SW (TR=50).

Para TR = 5 años, para las direcciones SW y WSW se tendrá:

Tabla 3.10. Propagación de ola en dirección WSW y SW (TR=5).

Como resumen de todo esto tenemos:

	T_R = 500 años	T_R = 50 años	T_R = 5 años
H_S	6.74m	5.10m	3.79m
T	13s	10.50s	8.50s
Dirección	SW	SW	SW

Al seguirse los procedimientos de verificación de la seguridad establecida en la ROM 0.5-05 (método estándar y específico), **el oleaje de cálculo en cada caso será uno de los tres definidos anteriormente**, en función de que el oleaje se considere agente climático predominante o no, y del procedimiento de verificación seguido.

- *Análisis de datos DOW.*

- *Distribución sectorial del oleaje.*

A continuación se presenta la rosa de oleaje de los datos del nodo DOW. La misma información en forma numérica se puede ver en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Datos del nodo DOW de la rosa de oleaje

Observando la Figura se puede apreciar que los oleajes con mayor frecuencia de presentación son los procedentes del sector SSE (con un 27% de frecuencia de presentación), SW (21%) y WSW (17%) y ENE (10%).

Figura 3.18. Rosa de oleaje anual datos DOW Motril.

El sector SSE, a pesar de ser el más frecuente, no es el que registra los mayores temporales. Los sectores que han registrado mayores alturas de ola son: SW, WSW y SSW, llegando a tener los 2 primeros alturas de ola significantes que superan los 3 m.

Para analizar si existen variaciones estacionales en la distribución sectorial del oleaje, se ha realizado las rosas de oleaje estacionales, que se presentan a continuación.

Se puede observar en estas figuras (3.19-3.22) que en verano y otoño el sector SE tiene una mayor frecuencia de presentación que en primavera e invierno.

Figura 3.19. Rosa de oleaje primavera, datos DOW Motril.

Figura 3.20. Rosa de oleaje verano, datos DOW Motril.

Figura 3.21. Rosa de oleaje otoño, datos DOW Motril.

Figura 3.22. Rosa de oleaje invierno, datos DOW Motril.

- *Régimen medio del oleaje.*

Régimen medio escalar

Para determinar el régimen medio escalar, se ha ajustado la distribución muestral propuesta para todos los datos del nodo Datos DOW a una distribución de Weibull de mínimos. En la Figura, se puede ver este ajuste. El valor estimado de los parámetros de

la distribución ha sido: A= 0.235, B= 0.280 y C= 0.89.

Regímenes medios direccionales

El régimen medio direccional proporciona la probabilidad de no excedencia de diferentes valores de altura de ola en un año medio condicionada a que el oleaje provenga de un sector dado. El procedimiento para calcular los regímenes medios direccionales es el mismo que para el régimen escalar. En este caso, el registro total se divide en clases en función de la dirección de incidencia del oleaje. La distribución muestral de los datos que pertenecen a cada una de estas clases se tiene que ajustar a la distribución teórica.

A continuación, como resumen de este análisis, se puede ver la comparación de todos los regímenes medios direccionales y una tabla con los parámetros estimados de la distribución de Weibull. Las probabilidades de no excedencia definidas por las funciones de distribución obtenidas tienen que ser interpretadas como probabilidades condicionadas, por lo tanto tienen que ser valoradas con la correspondiente frecuencia de presentación sectorial del oleaje a partir del Teorema de las probabilidades totales.

Sector	A	B	C
SE	-0.875	1.379	3.4
SSE	-0.181	0.783	3.4
S	0.187	0.078	0.8
SSW	0.424	0.012	0.4
SW	-0.484	1.204	1.8
WSW	0.475	0.157	0.8
W	0.264	0.213	1.3

Tabla 3.12. Probabilidad de que la altura de ola no sea superada.

Estas distribuciones se pueden utilizar únicamente para condiciones medias. Para tener un orden de magnitud: la probabilidad de que la altura de ola no sea superada más de 12 h por año es de 0.9986, de 48 h 0.9945 y la de 1 semana es de 0.9808. Por lo tanto, estas distribuciones se tienen que utilizar para valores de probabilidad de excedencia situados en la parte central.

- *Distribución de T_P*

Analizaremos la relación que existe entre la altura de ola significativa (H_S) y el período de pico del oleaje (T_P), esta relación sirve para definir el conjunto de oleajes tipo que caracterizan el clima de la zona.

Para cada uno de los sectores considerados se ha realizado un histograma para la variable período de pico, en estos histogramas se aprecia cuáles son los períodos más frecuentes, cuál es el período de pico medio de todos los oleajes registrados para cada sector y apreciar visualmente el grado de dispersión que hay.

También se ha realizado un diagrama de dispersión para cada sector que relaciona las variables altura de ola significativa (H_S) y el período de pico (T_P):

- *Oleaje cuasi permanente.*
 - *Altura de ola.*

Según el régimen medio escalar de los datos del IH para Motril, la altura de ola que se supera un 50% del tiempo es de $H_s=0,42$ m.

Calculando el percentil 50% de los datos (mediana) se obtiene un valor de 0,39 m.

- *Período de pico.*

Para determinar un período característico para esta altura de ola, se ha realizado un histograma con la distribución de los T_p asociados a aquellas alturas de ola que están comprendidas entre 0.35 y 0.45 m. De esta forma puedes ver cuáles son los períodos asociados a alturas de ola similares a la que se supera un 50% del tiempo.

- *Clima extrema del oleaje.*

Para caracterizar el régimen extremal a partir de los datos DOW, se ha utilizado la distribución de Weibull. El método para seleccionar los datos a analizar ha sido el de excesos sobre un umbral. Cuanto más alto sea el umbral, más probable es que los datos analizados se distribuyan según una distribución de máximos, pero menos datos quedan para estimar los parámetros. Se ha definido un umbral, de forma que el número de datos a analizar sea coherente con el tiempo de registro y suficientemente grande como para hacer la estimación.

El régimen extremal de los datos DOW define las características del oleaje del dique de abrigo. En la siguiente figura, se muestra el régimen extremal escalar de los datos DOW. Se ha realizado ajustando una distribución de Weibull a la muestra resultante de seleccionar los valores máximos de altura de ola significativa de las borrascas que superaran el umbral de 3.3 m. El número total de borrascas consideradas ha sido de 15.

Como se puede ver en esta figura, existe un temporal (noviembre de 1959) con una altura de ola considerablemente mayor que el resto. La máxima H_s observada es de 4.03 m, mientras que el resto de temporales no llega a superar los 3.7 m. Este dato provoca que al ajustar una distribución de Weibull a la distribución muestral, la cola superior de la distribución tome una curvatura considerable. También se puede comprobar que la incertidumbre para períodos de retorno grandes es importante.

Una vez determinado el régimen extremal direccional, se han calculado las alturas de ola asociadas a diferentes períodos de retorno. En la tabla 3.13 se muestran las alturas de ola asociadas a la estima central y a la banda de confianza del 90%.

Tr (años)	E.C.	B.C. (90%)
10	3.44	3.53
50	3.77	4.00
100	3.93	4.29
300	4.21	4.86

500	4.35	5.18
-----	------	------

Tabla 3.13. Alturas de ola asociadas a estima centra y a la banda de confianza.

- *Periodo de pico.*

Para asociar un período de pico a cada una de las alturas de ola descritas anteriormente, se ha ajustado un modelo bivariado que describe los períodos de pico en función de la altura de ola. En la siguiente figura se muestra un diagrama de dispersión, que se ha utilizado para ajustar un modelo normal a los períodos, condicionados a diferentes valores de altura de ola. De esta forma, se ha determinado cómo varían los 2 parámetros que definen estas distribuciones normales en función de la altura de ola: μ que es la media y σ que es la desviación típica.

La relación que se ha obtenido para el valor medio, μ , de los periodos en función de la altura de ola significativa (H_S) es:

$$\ln(\mu) = 1.5194 + 0.48365 \cdot \ln(H_S) \quad (3)$$

Utilizando esta relación, se obtiene que el período de pico medio condicionado a una altura de ola de 5.18 m (correspondiente a un período de retorno de 500 años) supera los 10 s. Por lo tanto, se puede tomar un período de pico de 11 s como el asociado a este valor de H_s . De todas formas, existe gran variabilidad en la relación entre H_s y T_p y se debe tener en cuenta en los cálculos donde intervengan ambas variables.

- **Viento.**

- *Distribución sectorial del viento.*

La caracterización del régimen de vientos de la zona de estudio se ha llevado a cabo empleando los datos del nodo WANA 2020013, el mismo que se ha utilizado para el oleaje.

El periodo de registro considerado en este análisis es el mismo que el del registro de oleaje, es decir, abarca desde Enero de 1996 hasta Enero de 2009, con un total de 13 años. La información recopilada para la determinación de los regímenes medios se limita únicamente a la variable velocidad media del viento U (m/s), la dirección media asociada, y la velocidad de racha máxima y su dirección asociada.

Para la generación de los campos de viento se ha empleado el modelo HIRLAM. Se trata de un modelo atmosférico mesoescalar e hidrostático cuya resolución es de 0,5 grados en el Atlántico y 0,2 grados en el Mediterráneo.

El mencionado modelo incluye asimilación de datos instrumentales, lo que permite analizar los datos del siguiente diagnóstico simulado, consistentes con las simulaciones anteriores y con los datos instrumentales medidos. Los datos de viento facilitados son promedios horarios a 10 metros de altura sobre el nivel del mar.

Debido a la resolución con la que se ha integrado el modelo de Atmósfera, los datos de viento no reproducen ni efectos orográficos de escala inferior a 15 Km, ni procesos con escala temporal inferior a 6 horas

A continuación se muestra el histograma de frecuencias de presentación de dicho nodo empleado.

La frecuencia de presentación sectorial del viento puede apreciarse en las correspondientes rosas de viento (Figura.3.23).

Figura 3.23. Rosa de viento.

Según se aprecia en la figura, los vientos dominantes en la zona corresponden a los sectores E y W, de igual forma que sucedía con el oleaje, lo cual es característico del sur de España, debiéndose todo ello al efecto del Estrecho de Gibraltar.

- *Régimen medio.*

El análisis del régimen medio de la variable velocidad media del viento se realiza asimismo a partir de los datos del nodo WANA, y realizando un ajuste por mínimos cuadrados a una función de distribución de tipo Weibull triparamétrica. Este ajuste se puede apreciar en la siguiente gráfica junto con los coeficientes y parámetros que definen el ajuste.

Parámetro	WANA
a	-0.463
b	6.579
c	2.000
r	0.9996

- *Régimen extremal.*

Dado que los puntos WANA únicamente proporcionan datos de régimen medio, la fuente de información más apropiada para la caracterización del régimen extremal del viento es la ROM 0.4-95. Según el Atlas de Vientos del Litoral Español, incluido en la ROM 0.4-95, Motril se sitúa en el Área V.

La ficha completa de dicho Área es la siguiente:

- *Velocidades del viento a considerar en los estados de proyecto.*

Empleando la información anteriormente mostrada para régimen medio y régimen extremal, para cada uno de los estados de proyecto se considerarán los siguientes valores de velocidad del viento.

Para verificaciones de la seguridad en que se considere oleaje asociado a TR = 50 años.

En este estado de proyecto se considerará el viento como agente climático no predominante e independiente del predominante (que será el oleaje), por lo que se adoptará el valor de combinación fundamental correspondiente al cuantil del 80% de la distribución de extremos anuales (TR = 5 años).

Según el Atlas de Vientos del Litoral Español, incluido en la ROM 0.4-95, Motril se sitúa en el Área V, y se adoptará una velocidad básica del viento de 29 m/s, asociada a un período de retorno de 50 años.

Como se establece en el apartado 3.2.1.4 de la ROM 0.4-95, el valor característico del viento de proyecto para un período de retorno de 5 años se determinará mediante la expresión siguiente:

$$V_{5\text{años}} = V_{50\text{años}} \cdot K_T \cdot K_\alpha \quad (4)$$

Determinándose K_T mediante la siguiente expresión, donde T es el período de retorno, 5 años en este caso:

$$K_T = 0.75 \cdot \sqrt{T} = 0.862 \quad (5)$$

Adoptando para K_α el valor máximo de 0,95 (correspondiente a la dirección SSW establecida en el Atlas de Viento del Litoral Español), independientemente de la dirección considerada.

$$V_{5\text{años}} = 29 \cdot 0,862 \cdot 0,95 = 23,748 \text{ m/s}$$

La velocidad del viento de proyecto vendrá dada por la siguiente expresión:

(6)

Donde:

- $V_{v,t(z)}$ es la velocidad del viento asociado a una duración t y a una altura z, en m/s.
- $V_{b,T}$ es la velocidad básica del viento asociada, en este caso, a un período de retorno de 5 años, en m/s.
- F_A es el factor de altura y rugosidad superficial, que se obtiene de la tabla 2.1.4.1.2 de la ROM 0.4-95.
- F_T es el factor topográfico, que se obtiene de la tabla 2.1.4.2.1 de la ROM 0.4-95.
- F_R es el factor de ráfaga máxima, que se extrae de la tabla 2.1.4.3.1 de la ROM

0.4-95.

Según la tabla 2.1.4.1.1 de la ROM 0.4-95, la superficie queda clasificada como de Categoría I, por lo que empleando las tablas mencionadas anteriormente, se obtiene los siguientes valores para los factores comentados.

FA = 1 (para altura de 10 m sobre el nivel medio del mar).

FT = 1 (superficie llana o débilmente accidentada).

FR = 1,31 (para Categoría I, altura 10 m y ráfaga de 1 minuto de duración, determinada mediante la tabla 3.2.1.2.1, por tratarse de un buque de eslora mayor de 25 m).

Se obtiene la siguiente velocidad del viento asociada a un período de retorno de 5 años.

$$V_{v,t} = 23,748 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,31 = \mathbf{31,11 \text{ m/s}}$$

Para verificaciones de la seguridad en que se considere oleaje asociado a TR = 500 años

Para condiciones de trabajo excepcionales debidas a la presentación de un agente climático de carácter extraordinario (oleaje en este caso), como agente climático no predominante e independiente estadísticamente del predominante, el viento adoptará el valor de combinación fundamental correspondiente a una probabilidad de no excedencia del 85% tomada del régimen medio. Según se deduce en la anterior tabla la velocidad del viento a considerar en este estado de proyecto será **9 m/s**.

Para verificaciones de la seguridad en que se considere sismo asociado a TR = 50 años

Para este caso resulta irrelevante que el viento se considere agente climático predominante o no predominante, y en todo caso adoptará el valor correspondiente a una probabilidad de no excedencia del 50% tomada del régimen medio. Tal como se deduce de la tabla, esto supone que la velocidad del viento a considerar sea de **5 m/s**.

Para verificaciones de la seguridad en que se considere sismo asociado a TR = 500 años

Para caso de proyecto resulta irrelevante que el viento se considere agente climático predominante o no predominante, y en todo caso adoptará el valor correspondiente a una probabilidad de no excedencia del 50% tomada del régimen medio. Tal y como se deduce de la tabla, esto supone que la velocidad del viento a considerar sea de **5 m/s**.

- **Datos REDMAR.**

- *Introducción.*

El informe de la RED de Mareógrafos de Puertos del Estado (REDMAR) presenta un compendio único de varios parámetros derivados de las medidas registradas por los mareógrafos de la red, relacionados con la marea y el nivel del mar en los puertos de gran interés, tanto en la fase de diseño como durante la ejecución de obras o la explotación y planificación portuaria.

A continuación se muestran los puertos con estaciones a la REDMAR (Figura 3.24), dentro de los cuales se encuentra en puerto donde se va a realizar la actuación de objeto de este proyecto.

Figura 3.24. Ubicación de puertos con estaciones REDMAR.

- *Antecedentes.*

La REDMAR surgió como respuesta a la necesidad de disponer de una red de medida de nivel del mar que permitiera la consulta del dato en tiempo real por

parte de los usuarios del puerto y la generación de series largas de nivel del mar. Dentro de las aplicaciones de interés más inmediato para los puertos, se encuentra la utilización de los datos de nivel del mar en tiempo real para la realización de dragados o para la navegación en el interior de algunos puertos. Además, las series históricas que la red de mareógrafos proporciona, producto principal en el que se basa este informe, permiten afrontar los siguientes estudios:

- Realización de análisis extrémales y regímenes medios que sirven de referencia a la hora de proyectar una obra en la costa.
- Seguimiento del cero del puerto o nivel de referencia.
- Obtención de constantes armónicas más precisas para la realización de las tablas de marea (o predicción de marea astronómica).
- Conocimiento de la componente meteorológica del nivel del mar en caso de tormenta.
- Estudio de la evolución del nivel medio del mar.
- Calibración de modelos numéricos de corrientes y mareas.
- Calibración de datos de altimetría espacial.

• *Datos REDMAR del puerto de Motril.*

La serie histórica del puerto de Motril para el período 2005-2012, se basa en los datos registrados por cada uno de los mareógrafos especificados en la tabla 3.14:

Estación	Sensor	Longitud	Latitud
Motr	Presión (Aanderaa)	003° 31' 45.19" W	36° 43' 22.69" N
Mot2	Rádar (Miros)	003° 31' 24.96" W	36° 43' 12.86" N

Tabla 3.14. Datos de los mareógrafos de Motril.

En el diagrama que se muestra a continuación, se indica el periodo de datos de cada mareógrafo que ha entrado en la serie histórica junto con el tiempo de operatividad de cada uno:

Las líneas continuas indican los períodos de funcionamiento de cada uno de los mareógrafos implicados. La sombra sobre la línea del mareógrafo marca el periodo para el que sus datos son incluidos en la serie histórica.

Ceros de medida

Radar MIROS que sustituye al sensor de presión Aanderaa instalado en 2004 al inicio del Muelle de Poniente, cerca del Club Náutico. El nuevo equipo se encuentra en otra ubicación, a unos 600 m, al final de Muelle de Levante, próximo a la baliza de entrada de la dársena pesquera, colocado el sensor de radar sobre la superficie del agua en un mástil en forma de L que lo eleva unos metros sobre el cantil del muelle.

Figura 3.25. Ubicación de mareógrafos.

El clavo geodésico más cercano es el MOT2, situado sobre el cantil a la izquierda del mareógrafo. El IGN realizó una nivelación de alta precisión entre los dos mareógrafos en 2009. El cero del mareógrafo coincide con el cero del puerto y está situado 2.528 m bajo MOT2 y 0.416 m por debajo del Nivel Medio del Mar en Alicante. El cero hidrográfico está situado 2.528 m bajo dicho clavo.

Los datos se transmiten por GPRS a Puertos del Estado por correo electrónico cada minuto (muestreo 1 minuto). Este sensor también mide agitación y transmite parámetros de oleaje cada 20 minutos.

Figura 3.26. Cotas de los ceros de referencia respecto al mareógrafo Mot2

En la figura 3.26 se muestran las cotas de los ceros de referencia respecto al clavo de referencia del mareógrafo Mot2. El clavo de referencia es el más cercano al mareógrafo al que ha llegado la línea de nivelación de alta precisión del Instituto Geográfico Nacional (IGN) o el colocado por Puertos del Estado para la calibración del mareógrafo, si la estación está pendiente de nivelar. El NMMA (Nivel Medio del Mar en Alicante) es el origen de altitudes en tierra establecido por el IGN y que en la península ibérica procede del nivel medio del mar en Alicante durante la década 1870-1880. El cero hidrográfico, establecido por el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), coincide aproximadamente con el nivel de agua más bajo y varía con las características de la marea a lo largo de la costa. Es la mínima bajamar astronómica (BMMI) calculada para el puerto por el IHM. El cero del puerto está definido por el propio puerto y coincide normalmente con la mínima bajamar. El cero REDMAR, cero de las medidas de los mareógrafos, suele coincidir con el cero del puerto.

Componentes del nivel del mar.

En estas gráficas se muestra la distribución de frecuencia relativa del nivel del mar horario observando (gráfico superior), marca astronómica horaria (gráfico inferior-izquierda) y residuo meteorológico horario (gráfico inferior-derecha). La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad de nivel observado, marea y residuo es el centímetro.

Régimen medio y percentiles.

- Régimen medio de bajamares y pleamares.

En el gráfico se muestra la distribución de la frecuencia relativa de bajamares y pleamares observadas. La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad de nivel del mar es el metro. Aunque se representa conjuntamente, los histogramas se han calculado para la serie de bajamares y para la serie de pleamares independientemente.

- Percentiles de la serie de nivel horario.

Se muestra la distribución de frecuencia relativa acumulada (izquierda) y tabla de percentiles (derecha) de nivel horario observado. La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad del nivel es el metro.

- Percentiles de la serie de residuo meteorológico.

La distribución de frecuencia relativa acumulada y la tabla de percentiles del residuo meteorológico horario. La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad del residuo es el metro.

- Medidas mensuales.

- **CRITERIOS GENERALES DEL PROYECTO.**

- **Caracterización de la obra.**

Este apartado solo está referido a las obras del dique de abrigo.

La obra proyectada deberá estar dividida en tramos, siendo estos los conjuntos continuos de secciones que cumplen una función específica y que están sometidos a los mismos niveles de acción de los agentes actuantes, formando parte de la misma topología formal y estructural.

Todos aquellos tramos cuya destrucción o pérdida de servicio tengan similares repercusiones económicas, sociales, ambientales, tendrán el mismo carácter general, empleándose este, como un indicador de importancia de dichos tramos.

Para establecer las repercusiones se emplearán una serie de índices, los cuales vienen definidos en la ROM 0.0:

- Índice de repercusión económica, IRE.
- Índice de repercusión ambiental, ISA.

En este caso, como se trata de una única alineación de dique, con una misma sección tipo en toda su longitud, y con iguales condiciones en lo relativo a la repercusión social, económica y ambiental en caso de fallo, considerando que toda la obra posee el mismo carácter general.

Según la ROM 1.0 se determinan los índices indicados anteriormente (IRE e ISA), según estos índices se determina la vida útil y la probabilidad de fallo asumible.

En la figura 2.2.33 de la ROM 1.0, se encuentran los índices IRE e ISA junto con la vida útil mínima en función del tipo de área abrigada. En este caso, según dicha figura, al tratarse de un puerto deportivo se considera un **IRE medio (r_2)**, por lo que será una obra de repercusión económica media ya que $5 < IRE \leq 20$ (según apartado 2.7.1.5 de ROM 0.0-0.1)

El índice ISA lo obtendremos de la figura 2.2.34 de la ROM 1.0:

Como en nuestro caso no se considera la realización de operaciones sobre el dique, no consideraremos zona de almacenamiento u operaciones adosadas, por lo que se adoptará un **ISA no significativo (S_1)**, por lo que será una obra sin repercusión social y ambiental significativa ya que $ISA < 5$ (según apartado 2.7.1.7 de ROM 0.0-0.1)

Una vez obtenidos estos índices, en función de ellos se definirán los siguientes parámetros:

- Método de verificación.

- La vida útil de la obra.
- La máxima probabilidad conjunta de fallo y el nivel de operatividad.
- Los métodos de verificación de la seguridad y del servicio frente a los modos de fallo adscritos a ELU y ELS y los métodos de verificación de la explotación frente a los modos de parada operativa.
- Los planes de conservación, inspección, auscultación e instrumentación del tramo de la obra.

- **Método de verificación.**

Según la tabla 2.2.16 de la ROM 1.0, en función de los índices IRE e ISA, se obtienen los métodos de verificación:

El número entre corchetes indica:

- [1]: Método del Coeficiente de seguridad global, (Nivel I)
- [2]: Método de los Coeficientes Parciales, (Nivel I)
- [3]: Métodos de Nivel II
- [4]: Métodos de Nivel III.

Según esta tabla, para un IRE medio y un ISA no significativo, se aplicará el método de los coeficientes parciales (Nivel I).

- **Vida útil de la obra.**

La elección de la vida útil se realizará ajustándose al tiempo en que se prevé en servicio la estructura.

Para su valoración se tendrá en cuenta la posibilidad, facilidad y factibilidad económica de las reparaciones, la probabilidad y posibilidad de cambios en las circunstancias y las condiciones de utilización previstas como consecuencia de variaciones en operaciones o tráfico portuario, y la viabilidad de esfuerzos y readaptaciones a nuevas necesidades de servicio.

En general, la vida útil se adopta en función de del tipo de obra o instalación y del nivel de seguridad requerido (Tabla 2.2.1.1 ROM 0.2-90).

En este caso este tipo de obra es una infraestructura de carácter general, no ligada a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto. Con un nivel de seguridad 1, puesto que se trata de una obra de interés local/ auxiliar con pequeño riesgo de pérdidas humanas y daños medioambientales en caso de rotura.

De igual forma, según la figura 2.2.33 de la ROM 1.0, mostrada en los apartados anteriores, para un dique con un IRE medio (r_2) se comprueba que la vida útil mínima será vida útil de **25 años**.

- **Periodo de retorno.**

Se considerarán los valores de las acciones correspondientes a un período de retorno de 50 y 500 años.

- **BUQUE DE PROYECTO.**

El Buque de Proyecto es el que se utilizará para el dimensionamiento de los accesos y áreas de Flotación, dado que estas áreas serán utilizadas por distintos tipos de buques, cuyas dimensiones y otras características de maniobrabilidad pueden ser muy diferentes.

Este buque de proyecto será representativo dentro de los diversos tipos de buques existentes, con objeto de asegurar que el dimensionamiento a realizar

permita la operación en condiciones de seguridad de cualquiera de ellos, así como de otros buques que tengan que operar en simultaneidad con ellos en tales áreas.

En la tabla 3.1 de la ROM 3.1-99, quedan recogidas una serie de dimensiones medias de buques, en el supuesto de buques a plena carga, que pueden utilizarse para proyectos de obras marítimas y portuarias.

Dentro del proyecto de “Ampliación del puerto deportivo de Motril”, nos encontramos con dos tipos generales de embarcaciones de recreo:

- Embarcaciones deportivas a motor
- Embarcaciones deportivas a vela.

De las cuales, según un estudio de distribuciones según el tipo de propulsión de las embarcaciones de recreo en el litoral mediterráneo, se considera que un 65% de las embarcaciones son a motor y un 35% a vela.

Según la tabla mencionada anteriormente tendremos las siguientes dimensiones posibles:

Según esto el buque de proyecto tendrá las siguientes dimensiones (Tabla 5.1):

CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA DE PROYECTO		
<i>BUQUE</i>	<i>TIPO 1 (MOTOR)</i>	<i>TIPO 2 (VELA)</i>
Desplazamiento (t)	50	60
Eslora máxima (m)	24	24
Manga (m)	5.50	4.60
Calado máximo (m)	3.30	3.60

Tabla 5.1. Características de la flota de proyecto.

La flota propuesta será la siguiente:

ESLORAS	FLOTA PROPUESTA (%)	FLOTA PROPUESTA
≤ 12,0 m	84%	314
≤ 18,0 m	14%	52

≤ 21.0	2%	7
TOTAL	100%	373

Tabla 5.2. Flota propuesta.

En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran las diferentes partes que componen el buque para su dimensionamiento.

ESLORA: Longitud del casco.

Figura 5.1. Esquema de eslora de buque.

MANGA: Anchura máxima del casco.

Figura 5.2. Esquema de la manga de buque.

CALADO: Distancia vertical desde la quilla hasta la línea de flotación.

Figura 5.3. Esquema del calado de buque.

- **DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.**

Para conseguir el objetivo del presente proyecto, ampliar el actual puerto deportivo, se han de realizar una serie de operaciones las cuales irán dando forma a la construcción hasta obtener el resultado definido.

En primer lugar, para conseguir esta ampliación, se requiere una superficie mayor en la cual albergar un mayor número de embarcaciones. Esta superficie se obtendrá mediante la desmantelación y posterior demolición de una serie de instalaciones y empresas ubicadas en propiedad del puerto. Algunas de estas empresas son:

- Productos asfálticos (Proas).
- SEAE
- CEMEX
- Almacén de poniente
- Hormigones Domingo Giménez.
- Motrileña de líquidos

Una vez realizada la demolición de estas instalaciones tendremos la superficie necesaria y una serie de acciones constructivas, las cuales se recogen en el presente proyecto.

- **Movimiento de tierras.**

La zona a excavar y dragar será la indicada a continuación (Figura 6.1) y se adjunta en su correspondiente plano. Esta superficie es de 115.027,708 m², con un volumen total de 575.138,529 m³, consiguiendo así el calado de -4,0m necesario para que las embarcaciones maniobren sin peligro de quedar encalladas.

Figura 6.1. Zona a excavar y dragar.

La cota de excavación precisa para conseguir este calado será de -6,60m. Para conseguir dicho calado se han de realizar una serie de operaciones. En primer lugar, se deberá de realizar la demolición del firme actual, para así poder alcanzar el primer estrato del terreno. Una vez alcanzado este primer estrato se procederá a la excavación mediante una cuchara bivalva hasta que el nivel de agua impida excavar mediante este procedimiento. Una vez se produzca esta situación se comenzará a dragar mediante unas dragas de cuchara (Figura 6.2) hasta alcanzar el calado establecido.

Se ha seleccionado este equipo de dragado debido a que es el más adecuado según las condiciones de emplazamiento, las características del terreno, el tipo de calado necesario (profundidades pequeñas) entre otras características.

Las dragas de cuchara consisten en una pontona sobre la que se instala una grúa con gran capacidad de elevación. La grúa acciona la cuchara que se llena con el material dragado y este se deposita sobre un gánguil (pontón).

Figura 6.2. Draga de cuhara.

Este tipo de draga presenta una serie de ventajas e inconvenientes los cuales se indican a continuación:

- **Muro de tablestacas.**

Para la sujeción del terreno vertical, antes de realizar la excavación se realizará un muro de tablestacas para así evitar que el terreno se desprenda.

La tablestaca seleccionada será metálica (AZ 18) con las siguientes dimensiones (Figura 6.3).

Figura 6.3. Dimensiones de tablestaca.

Este muro de tablestacas se ejecutará en todo el perímetro de la zona de actuación.

Estas tablestacas se hincarán desde una plataforma construida al efecto, realizándose las siguientes actividades:

- Hinca de tablestaca
- Excavación de la banquetta (Figura 6.4)
- Colocación de tirantes (Figura 6.5)
- Excavación final (Figura 6.6)
- Eliminación de la banquetta. (Figura 6.7)

Figura 6.4. Excavación de la banquetta.

Figura 6.5. Colocación de tirantes

Figura 6.6. Excavación final

Figura 6.7. Eliminación de la banquetta.

Los martillos para la hinca de las tablestacas será del tipo simple efecto, este consiste en una maza que se eleva y se deja caer sobre una pieza que apoya sobre la tablestaca.

Durante la ejecución de la hinca de las tablestacas se deberá asegurar:

- El acceso y evolución de la maquinaria.
- La correcta situación en planta de la tablestaca.

- La hinca hasta la cota definida.
- Correcta colocación de los perfiles para los anclajes.
- Adecuada conexión entre las tablestacas

Finalmente, el acabado del muro de tablestacas es el indicado a continuación (Figura 6.8):

Figura 6.8. Modelo del acabado de la colocación de tablestaca.

- **Canal de acceso.**

Esta nueva dársena deportiva precisa de un canal de acceso propio, para así evitar la interferencia con el resto de barcos que atracan en este puerto.

Este canal dispondrá de un calado de -4,0m y un ancho de 66,4 m con dos carriles de navegación para facilitar la entrada y salida de las embarcaciones, además de una banda de separación intermedia.

Estas dimensiones se conseguirán mediante el dragado de la playa actual, según lo descrito en el correspondiente apartado de dragado de la obra.

- **Dique de abrigo.**

El dique de abrigo se ubicará en el lateral derecho del canal de acceso. Este dique de abrigo será del tipo vertical, el cual está constituido por una banquetta de escollera sobre la que se apoya una estructura de paramentos verticales realizada con cajones de hormigón armado.

Para la construcción del dique vertical con cajones de hormigón armado se realizarán las siguientes actividades (Figura 6.9):

Figura 6.9. Proceso constructivo del Dique vertical.

- Dragado del terreno natural para eliminar suelos que no tenga suficiente capacidad portante.
- Colocación de la banquetta de cimentación. En primer lugar se colocará el núcleo de la banquetta vertiéndolo desde pontones de apertura por fondo. Este núcleo será homogéneo con todo en uno de cantera, el cual cumplirá las condiciones especificadas en el pliego del presente proyecto. A continuación, se colocará la escollera de los mantos de protección de los taludes de la banquetta de cimentación que no interfieran con el enrase e la cara superior, el fondeo de cajones y la colocación de los bloques de guarda.
- Enrase de la banquetta de cimentación (Figura 6.10), este se realizará cuando el temporal al que este expuesto sea mínimo.

Figura 6.10. Enrase de la banquetta de cimentación.

- Transporte de cajones. Estos cajones serán remolcados cuando el hormigón haya adquirido la resistencia necesaria, una vez se haya conseguido se obtendrán los permisos pertinentes para el transporte de estos.
- Fondeo de los cajones. En esta operación apoyaremos el cajón sobre la banquetta de cimentación, inundando de manera controlada las celdas mientras se mantiene el cajón a flote.
- Una vez fondeado el cajón se procederá a desmontar los elementos auxiliares

empleados (plataformas, pasarelas, grupos hidráulicos, generadores etc), revisándose e instalándose en el siguiente cajón.

- Relleno de celdas y juntas. Estas celdas serán rellenas mediante una draga con difusor de reparto con el material obtenido del dragado de forma que se van rellorando varias celdas al mismo tiempo.
- Manto de protección de la banquetta y bloques de guarda. Al fondear los cajones se modifican las condiciones hidráulicas del entorno, por lo cual los bloques de guarda se instalarán a la mayor brevedad para evitar socavaciones. Tras colocar estos bloques de guarda se deben completar de inmediato los mantos de protección de la banquetta.
- Construcción del espaldón, se realizará de forma rigurosa considerando los siguientes aspectos:
- Espacio reducido donde pueden coincidir camiones, grúas y encofrados de distintos elementos.
- La acción del mar, con la combinación de las mareas y el oleaje, pudiéndose producir rebases que impida el trabajo de los equipos.

Los cajones que forman el dique vertical tendrán un ancho de cajón de 9m, estos cajones serán de hormigón armado (Figura 6.11), constarán de tres partes, solera (losa maciza de hormigón armado de 0.40m de espesor), fuste (prisma recto con aligeramientos en toda su estructura) y zapatas (zonas voladas de la solera respecto al fuste).

Los aligeramientos de los cajones serán de celdas circulares con las siguientes características:

- Solera de 0,40 m
- Vuelo de zapatas de 0,35m
- Espesor de la zapatas 0,40m
- Diámetro de las celdas: 2,50m.
- Espesor de hormigón entre celdas: 0,15m.
- Espesor mínimo de hormigón en las paredes exteriores excepto en el lado del mar 0,20 m.
- Espesor mínimo del hormigón respecto a la pared exterior del lado del mar: 0,40m.

Figura 6.11. Modelo cajones de hormigón armado

- **Muelle.**

En el presente proyecto están definidos dos conjuntos de muelles:

- Muelle de separación de la dársena interior con la nueva dársena deportiva.
- Muelle de la dársena deportiva.

Estos muelles serán de la tipología de pilotes de diámetro 900mm y 600mm respectivamente, esta estructura está formada por una plataforma sustentada por pilotes que transmiten los esfuerzos al terreno. Esta plataforma está formada por una losa y un encepado, el cual transmite los esfuerzos a los pilotes.

La construcción de estos muelles de pilotes se realizará construyendo directamente los pilotes con medios flotantes.

Los pilotes serán "in situ" (Figura 6.16), por lo cual el proceso será el siguiente:

- Suministro y colocación de las camisas y de las armaduras.(Fig. 3.12, 3.13,3.14)
- Suministro y colocación del hormigón, asegurándose la continuidad en el hormigonado. (Fig. 3.15)
- Sostenimiento de las camisas perdidas durante el fraguado del hormigón.

En cada uno de los pilotes se dispondrá una camisa recuperable exterior (12mm) y una camisa concéntrica perdida (5mm). Entre ambas camisas se dispondrán

unos separadores extraíbles, que se retiran cuando el hormigón del pilote que llena la camisa interior tiene suficiente resistencia (3 días después del hormigonado) para recuperar la camisa exterior.
A continuación se describe el proceso de hinca de estos pilotes.

Figura 6.12. Hinca de camisa recuperable hasta la cota determinada.

Figura 6.13. Colocación de la camisa perdida.

Figura 6.14. Colocación de la armadura del pilote.

Figura 6.15. Hormigonado de pilotes y recuperación de camisa principal.

Figura 6.16. Acabado de la colocación de los pilotes.

Una vez hormigonados los pilotes se procede a la ejecución de los encepados y posteriormente sobre ellos las losas.

- **Pantalán.**

Para obtener un mayor número de atraques a los diversos muelles ubicados en el interior de la nueva dársena deportiva, se acoplarán de forma perpendicular a estos, una serie de pantalanes flotantes y a estos una serie de fingers (Fig.6.17) para separar las embarcaciones y facilitar el acceso a estas.
Estos pantalanes serán flotantes y serán seleccionados de catálogo. De igual modo sucede con los fingers.

Figura 6.17.Modelo de Pantalán flotantes y Fingers

- **DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS.**

En el Anejo de cálculos estructurales se describen todos los condicionantes tenidos en cuenta en el diseño de la estructura proyectada así como los cálculos realizados.

- **PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.**

El plan de control de calidad viene detallado en el Anejo correspondiente, y se determina en el sentido exigido por el Decreto 67/2011 de 5 de abril, que regula el control de calidad de la construcción y obra pública.

- **SEGURIDAD Y SALUD.**

Debido a la entidad, tanto presupuestaria como de plazo de ejecución, y siguiendo

las prescripciones del Artículo 4 del RD 1627/1997, resulta obligatoria la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud en las obras. Este estudio se adjunta en el anejo correspondiente.

- **GESTIÓN DE RESIDUOS.**

Cumpliendo con lo establecido en la legislación, se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se incluye en el Anejo correspondiente.

- **CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.**

La obra que nos ocupa es una obra marítima que comprende actuaciones de:

- Dragado.
- Construcción de dique de abrigo.
- Muelle de pilotes
- Pantalán flotante.
- Muro de tablaestacas.

En aplicación del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobada por el Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de junio y Reglamento General de dicha ley aprobado por Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre, incluidas actualizaciones posteriores y R.D. Ley 5/2005 de 11 de marzo, de reformas urgentes para el impulso a la productividad y para la mejora de la contratación pública, se requerirá un contratista que disponga de una categoría técnica F 5

Grupo F Obras Marítimas
Subgrupo 5 Con pilotes y tablaestacas.

Según el plazo de la obra y su correspondiente presupuesto, la categoría de los contratos de obras, determinada por la anualidad media, será de una Categoría económica f para todos los subgrupos señalados, ya que la anualidad media será superior a 2.400.000 euros.

Para que el contratista pueda ser clasificado en los subgrupos correspondientes deberá acreditar alguna de las siguientes circunstancias:

- Haber ejecutado obras específicas del subgrupo durante el transcurso de los últimos cinco años.
- Haber ejecutado en el último quinquenio obras específicas de otros subgrupos afines, del mismo grupo, entendiéndose por subgrupos afines los que presenten analogías en cuanto a la ejecución y equipos a emplear.
- Haber ejecutado, en el mismo período de tiempo señalado en los apartados anteriores, obras específicas de otros subgrupos del mismo grupo que presenten mayor complejidad en cuanto a ejecución y exijan equipos de mayor importancia, por lo que el subgrupo de que se trate pueda considerarse como dependiente de alguno de aquéllos.
- Cuando, sin haber ejecutado obras específicas del subgrupo en el último quinquenio, se disponga de suficientes medios financieros, de personal experimentado y maquinaria o equipos de especial aplicación al tipo de obra a que se refiere el subgrupo.

- **REVISIÓN DE PRECIOS.**

El objeto de la revisión de precios es ir modificando los precios de las unidades de obra o factores de producción progresivamente, a medida que transcurre el tiempo de ejecución de la obra, para asegurar el equilibrio económico financiero del contrato, teniendo en cuenta la variación de los precios debidos a la inflación y otras variaciones del mercado provocadas por cambios en la oferta y la demanda. Para llevar a cabo este ajuste progresivo de los precios se utiliza unas fórmulas polinómicas en las que los distintos sumandos reflejan la variación de los precios de las principales unidades de obra o factores de producción y por tanto las que más afectan a la evolución económica de la obra.

Cada sumando está formado, a su vez, por dos factores. Un primer factor refleja el peso que la de determinada unidad o factor en la obra en concreto. El segundo factor expresa la variación de los precios con respecto a los precios del momento de la licitación.

Siguiendo lo prescrito en el capítulo II del título III del RDL 3/2011 de Contratos del Sector Público, y el Real Decreto 1359/2011 de 7 de octubre, las fórmulas de revisión de precios propuestas son:

- Fórmula N °321. Diques verticales.

(7)

Donde:

K_t : Índice de revisión de precios.

C_0 : Índice de coste del cemento en la fecha de licitación.

C_t : Índice del coste del cemento en el momento de la ejecución.

E_0 : Índice de coste de la energía en la fecha de licitación.

E_t : Índice del coste de la energía en el momento de la ejecución.

R_0 : Índice de coste de áridos y rocas en la fecha de licitación.

R_t : Índice de coste de áridos y rocas en el momento de la ejecución.

S_0 : Índice de coste de materiales siderúrgicos en la fecha de licitación.

S_t : Índice de coste de materiales siderúrgicos en el momento de ejecución.

- **PLAZO DE GARANTIA.**

De conformidad con lo establecido en el Reglamento General de Contratación, y dado que las obras definidas en el presente proyecto carecen de singularidades que aconsejen la imposición de un periodo de garantía superior al mínimo exigido por la Administración, se considera un plazo de garantía de las obras de UN (1) AÑO, desde la fecha de recepción de las obras.

Durante este plazo, el contratista será responsable de la conservación y mantenimiento de las obras, según lo establecido en el R.G.C.

- **DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.**

- **MEMORIA Y ANEJOS.**

MEMORIA

- Antecedentes.
- Objeto de la obra.
- Datos de partida.
- Criterios generales del proyecto.
- Buque de proyecto.
- Descripción de la obra.
- Dimensionamiento de las obras.
- Plan de control de calidad.
- Seguridad y salud.
- Gestión de residuos.
- Clasificación del contratista
- Revisión de precios.
- Plazo de garantía.
- Documentos de que consta el proyecto.
- Consideración final.

ANEJOS.

Anejo N° 1. Tipología empleada.

Anejo N° 2. Geología y geotecnia.

Anejo N° 3. Movimiento de tierras.

Anejo N° 4. Cálculos estructurales.

Anejo N° 5. Normativa aplicada.

Anejo N° 6. Control de calidad.

Anejo N° 7. Conservación y mantenimiento.

Anejo N° 8. Gestión de residuos.

Anejo N° 9. Reportaje fotográfico.

Anejo N° 10. Seguridad y salud.

- **PLANOS.**
- **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**
- **PRESUPUESTO Y MEDICIONES.**
 - Mediciones
 - Cuadro de precios N° 1
 - Cuadro de precios N°2
 - Presupuesto y mediciones.
 - Resumen del presupuesto.

15. CONSIDERACIÓN FINAL.

Con lo expuesto consideramos se encuentra suficientemente detallado y justificado el presente Proyecto de “AMPLIACIÓN DEL PUERTO DEPORTIVO DE MOTRIL”, habiéndose redactado de acuerdo a la legislación vigente y reuniendo cuantos requisitos son exigidos por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Contratos de las Administraciones Públicas, así como la normativa técnica que resulta de aplicación de dicho proyecto.

Jaén, Octubre de 2014

Fdo: El autor del proyecto.

Dña. Cristina Guirao Aguayo