



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



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

ANEXO V:

Clima Marítimo

Índice:

1. OBJETO.....	4
2. RÉGIMEN DE VIENTOS	5
3. NIVEL DEL MAR.....	14
4. CLIMA MARÍTIMO.....	24
5. CARACTERIZACIÓN DEL OLAJE.....	28
5.1 Régimen extremal	28
5.1.1 Dirección del oleaje	28
5.1.2 Altura de ola significativa	33
5.1.3 Periodo pico del oleaje	35
5.2 Régimen medio	35
5.2.1 Altura de ola significativa	35
5.2.2 Periodo pico del oleaje	39
6. PROPAGACIÓN DEL OLAJE.....	40
6.1 Régimen extremal	40
6.2 Régimen medio	44
7. REFERENCIAS.....	47

Índice de figuras:

Figura 1. Localización de la Boya de Alicante	4
Figura 2. Rosa de vientos. Invierno	6
Figura 3. Rosa de vientos. Primavera	7
Figura 4. Rosa de vientos. Verano	8
Figura 5. Rosa de vientos. Otoño.....	9
Figura 6. Vista aérea del puerto deportivo de Altea	14
Figura 7. Ubicación del mareógrafo de Gandía. Número 28.....	15
Figura 8. Esquema Datum Mareógrafo REDMAR Gandía	16
Figura 9. Esquema de las principales referencias del nivel del mar.....	17
Figura 10. Distribución de frecuencia relativa del nivel del mar	18
Figura 11. Histograma de máximos y mínimos	19
Figura 12. Niveles medios en Gandía	21
Figura 13. Niveles medios y ciclo estacional medio	22
Figura 14. Serie de nivel medio mensual.....	23
Figura 15. Mínimos y máximos mensuales del nivel del mar.....	23
Figura 16. Histograma del nivel del mar total	24
Figura 17. Clima marítimo área VII	27
Figura 18. Rosa del oleaje. Invierno	29
Figura 19. Rosa del oleaje. Primavera	30
Figura 20. Rosa del oleaje. Verano	31
Figura 21. Rosa del oleaje. Otoño.....	32
Figura 22. Ángulos de incidencia del oleaje	41

Índice de tablas:

Tabla 1. Características de la Boya de Alicante	4
Tabla 2. Atlas de viento del litoral español. Área VII (I)	12
Tabla 3. Atlas de viento del litoral español. Área VII (II)	13
Tabla 4 y 5. Estadísticas de mínimos y máximos	19
Tabla 6. Extremos de niveles en Gandía.....	20
Tabla 7. Altura de ola significativa para las direcciones de oleaje predominantes.....	39
Tabla 8. Periodo pico para cada altura de ola significativa.....	39
Tabla 9. Altura de ola significativa corregida. Dirección NE	41
Tabla 10. Altura de ola significativa corregida. Dirección ENE	42
Tabla 11. Altura de ola significativa corregida. Dirección E.....	42
Tabla 12. Altura de ola significativa corregida. Dirección ESE	43
Tabla 13. Altura de ola significativa corregida. Dirección S.....	43
Tabla 14. Altura de ola significativa corregida. Dirección NE	44
Tabla 15. Altura de ola significativa corregida. Dirección ENE	45
Tabla 16. Altura de ola significativa corregida. Dirección E.....	45
Tabla 17. Altura de ola significativa corregida. Dirección ESE	46
Tabla 18. Altura de ola significativa corregida. Dirección S.....	46

Índice de gráficos:

Gráfico 1. Registros instrumentales. Regímenes Extremales Escalares ROM 0.3-91.....	33
Gráfico 2. Relación entre el periodo de retorno y la altura de ola significativa	34
Gráfico 3. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección NE	36
Gráfico 4. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección ENE	36
Gráfico 5. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección E.....	37
Gráfico 6. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección ESE	37
Gráfico 7. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección S.....	38
Gráfico 8. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección SSW.....	38

1. Objeto

En este anejo se trata de llevar a cabo la caracterización del clima marítimo en la zona del Puerto deportivo de Altea.

Para el análisis del clima marítimo se utilizará el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado, en concreto, de la Boya de Alicante, que corresponde a la más cercana del puerto objeto de estudio. A partir de esta se han obtenido datos en régimen extremal y régimen medio, obteniendo así la altura de ola significativa.

También se obtendrá información de la ROM 0.3-91 “Recomendación para Oleaje y Atlas de Clima Marítimo en el Litoral español” y la ROM 0.4-95 “Recomendaciones de Obras Marítimas con Acciones climáticas II: Viento”. Se extraerán los datos sobre los regímenes de vientos, corrientes de la zona, además de la caracterización y propagación del oleaje.



Figura 1. Localización de la Boya de Alicante. (Fuente: www.puertos.es)

Código	Longitud	Latitud	Profundidad
1615	0,42º W	38,25º N	50 m

Tabla 1. Características de la Boya de Alicante. (Fuente: www.puertos.es)

2. Régimen de vientos

Para estudiar las direcciones principales de viento se emplearán las rosas de vientos. En ellas se representan 16 direcciones de viento, indicando la frecuencia y la velocidad con las que el viento se presenta en cada una de las direcciones.

La recopilación de los datos se obtiene a partir de la oceanografía de la web de Puertos del Estado, que muestra la rosa de los vientos para cada estación del año.

Los datos se han recogido del punto SIMAR 2084103 por ser la posición más cercana al puerto deportivo de estudio y porque no existe ninguna boya estación cercana que recoja estos datos. El periodo de análisis de los datos es entre 1990 y 1999 puesto que no se dispone de datos más actuales.

Puertos del Estado no tiene datos de viento disponibles en el Puerto de Alicante. Las boyas más cercanas a la zona de actuación con registros de vientos son las de Cartagena y Valencia. Estas boyas están demasiado alejadas de la zona de interés y presentan resultados no extrapolables a Alicante.

Para la caracterización de los regímenes extremos del viento se ha utilizado la información de la ROM 0.4-95 relativa al Área VII.

A continuación, se muestran las rosas de vientos pertenecientes a las cuatro estaciones del año.

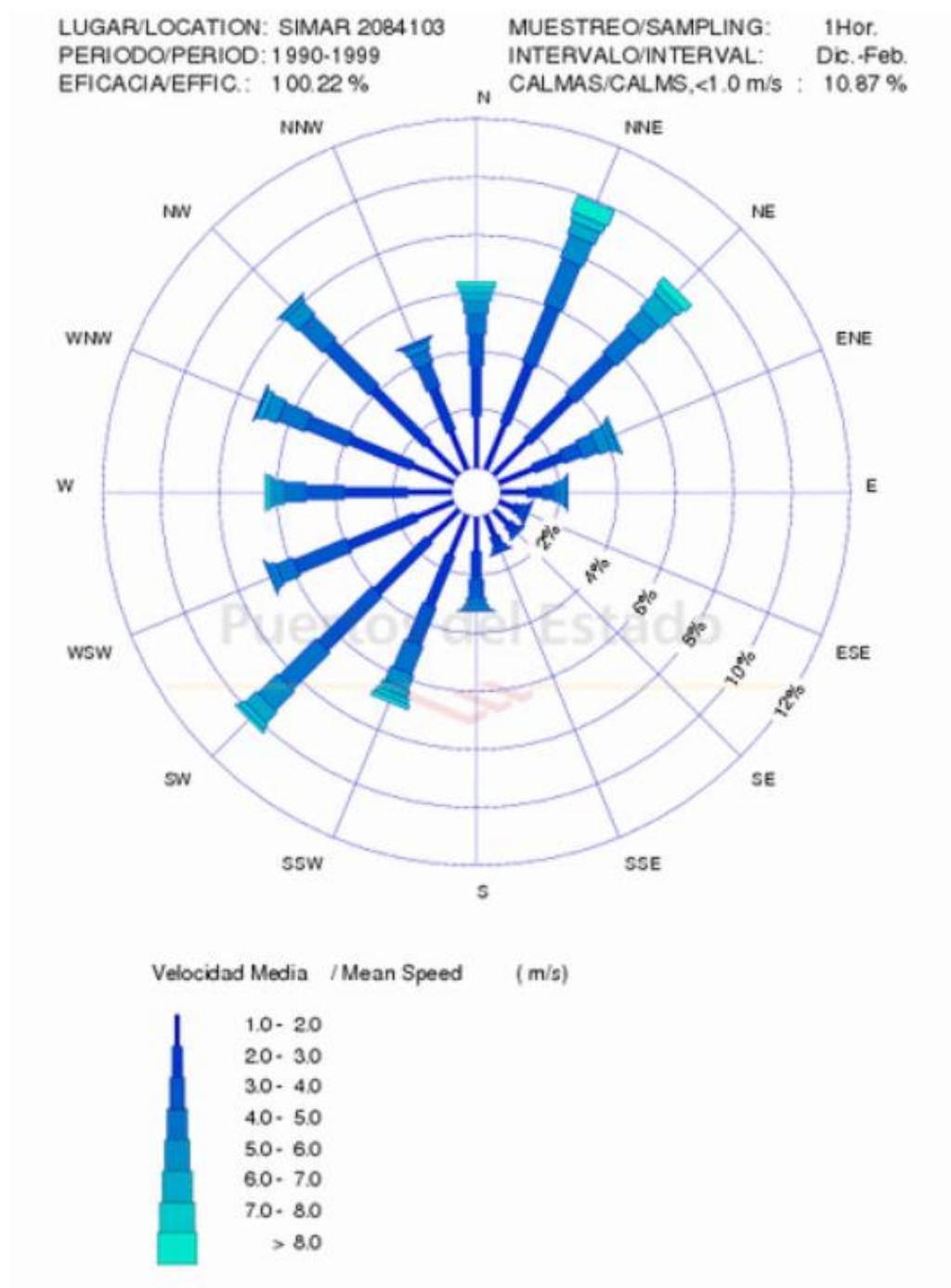


Figura 2. Rosa de vientos. Invierno. (Fuente: www.puertos.es)

Como se puede observar, en invierno las direcciones del viento más frecuentes son suroeste (SW) y nornordeste (NNE) llegando a alcanzar velocidades de 8 m/s.

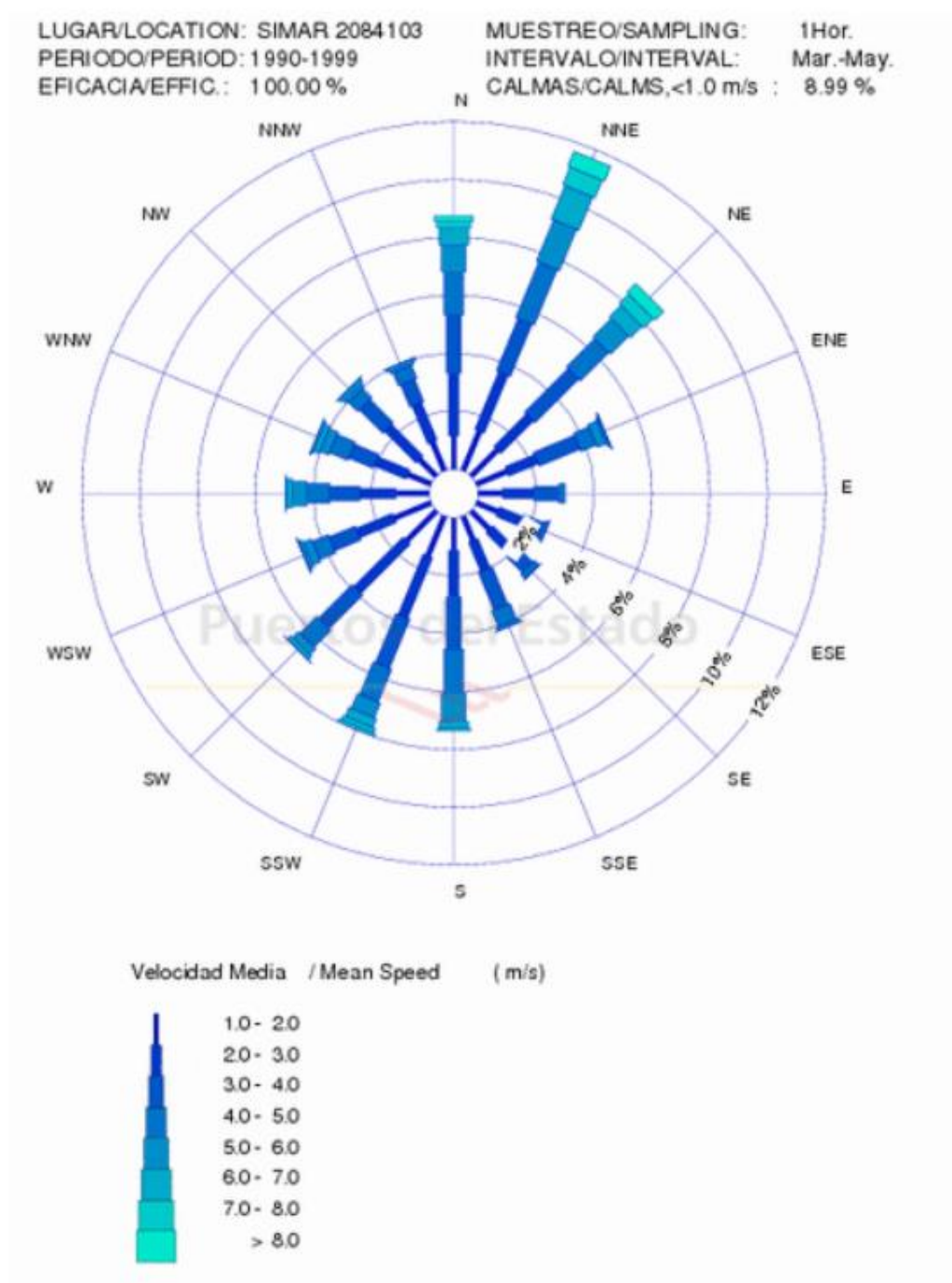


Figura 3. Rosa de vientos. Primavera. (Fuente: www.puertos.es)

En primavera, las direcciones del viento más frecuentes nornordeste (NNE), noreste (NE) y norte (N) llegando a alcanzar velocidades mayores de 8 m/s.

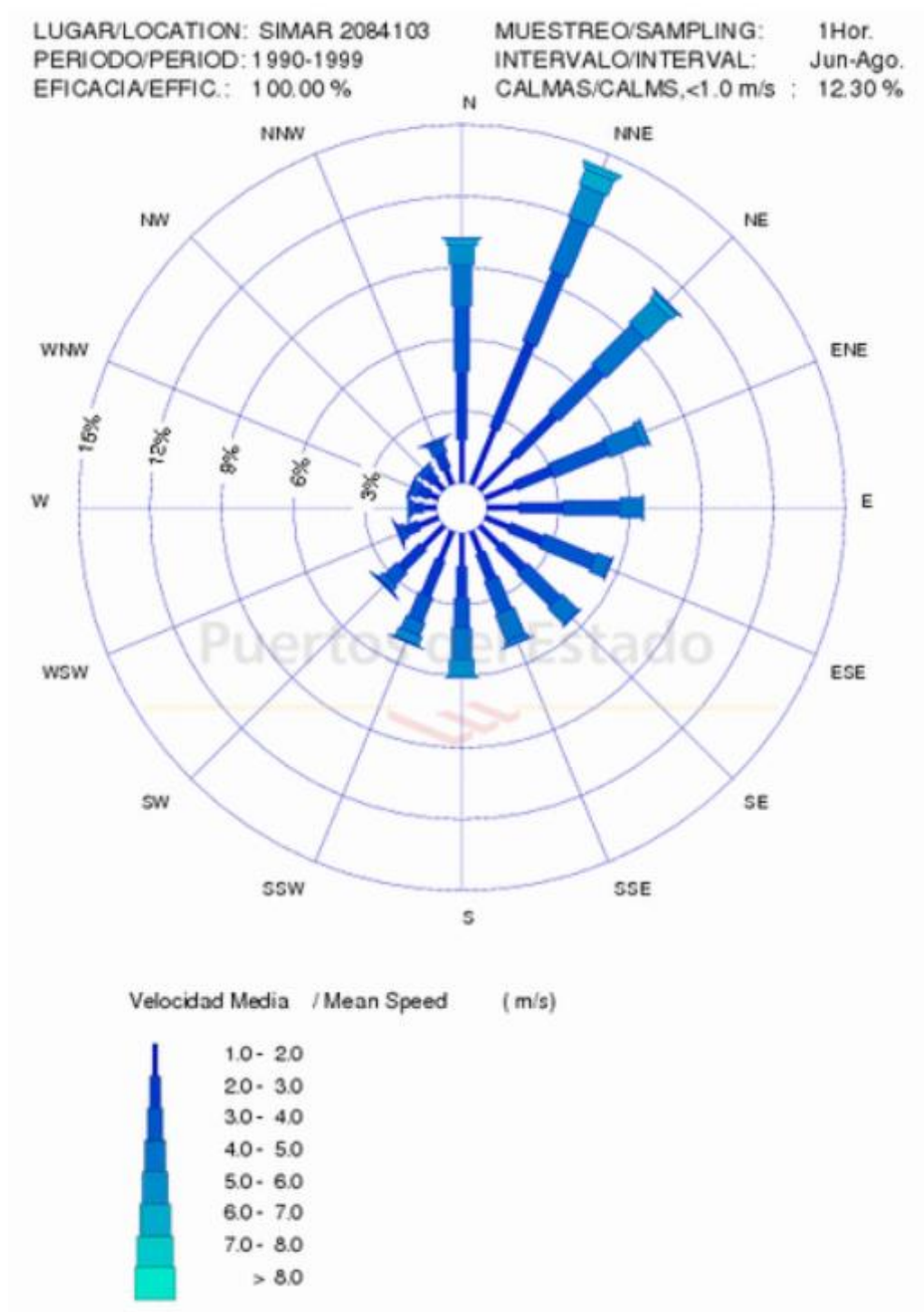


Figura 4. Rosa de vientos. Verano. (Fuente: www.puertos.es)

En la figura 3 se puede contemplar que en verano predomina la dirección del viento del nornordeste (NNE) llegando a alcanzar velocidades de 8 m/s.

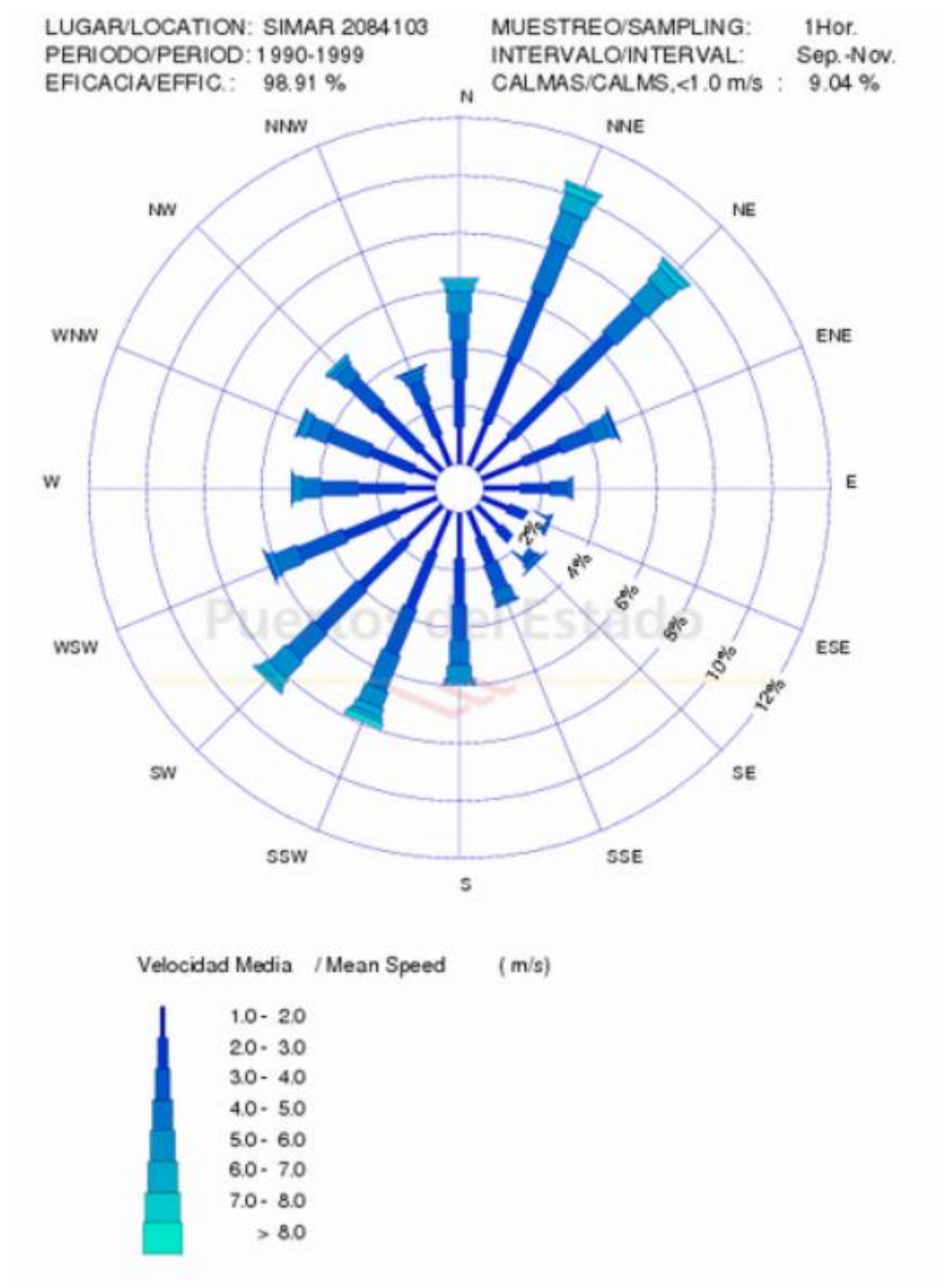


Figura 5. Rosa de vientos. Otoño. (Fuente: www.puertos.es)

Tal y como ocurre en invierno, las direcciones del viento más frecuentes en otoño son suroeste (SW) y nornordeste (NNE) llegando a alcanzar velocidades de 7-8 m/s.

Además, se pueden comparar los datos obtenidos con lo que establece la ROM 0.4-95: “Recomendación de Obras Marítimas con Acciones Climáticas II: Viento”. Estos valores son los

que determinan la solicitud de cálculo en el proyecto, así que son de una importancia significativa.

La metodología empleada se basa en el análisis estadístico de la información disponible procedente de dos fuentes distintas: Observaciones desde Buques en Ruta con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, creada a partir de los datos suministrados por el *National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA)* y Datos Instrumentales Escalares registrados en Estaciones Costeras pertenecientes a la Red del Instituto Nacional de Meteorología.

Cabe destacar que las observaciones desde buques en ruta proporcionan datos menos dispersos geográficamente y más homogéneos respecto a factores que pueden modificar la velocidad y dirección del viento (rugosidad superficial, altura, condiciones topográficas locales en el punto de medición...) pero menos homogéneas respecto a las características de la velocidad del viento suministradas.

Sin embargo, debido a la ausencia de observaciones desde buques en ruta durante los grandes temporales, la caracterización de la velocidad del viento extrema sobre el mar se realiza a partir de la información instrumental disponible procedente de estaciones coseras. Los resultados obtenidos se complementan con los procedentes de las observaciones desde buques en ruta.

El anejo I de la ROM 0.4-95 presenta el “Atlas de Viento en el Litoral Español” que divide la península en las mismas 10 áreas definidas en base a características climáticas homogéneas, a la configuración de la costa y al emplazamiento de las fuentes de información disponibles, del “Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español” de la ROM 0.3-91. La costa alicantina, donde se encuentra ubicado el puerto deportivo de Altea, pertenece al área VII.

Seguidamente, se puede ver la localización y características técnicas de la información analizada correspondiente al área VII.

⇒ Caracterización media

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A1: Observaciones desde Buques en Ruta: Rosa de Vientos. La Rosa de los Vientos representa gráficamente la distribución velocidad/dirección del viento, o frecuencia de presentación de velocidades de viento en cada sector direccional. Para ello, se ha utilizado la escala de Beaufort (equivalencia entre el número de Beaufort y la velocidad media del viento a una altura de referencia de 10 metros sobre la superficie en mar abierto o campo abierto plano sin obstáculos) y las frecuencias se dan en tanto por uno.
- Cuadro A2: Observaciones desde Buques en Ruta. Régimen Medio Escalar.
- Cuadro A3: Observaciones desde Buques en Ruta. Regímenes Medios Direccionales.
- Cuadro A4: Observaciones desde Buques en Ruta. Persistencia Escalar del Viento.
- Cuadro A5: Registros en Estaciones Costeras. Regímenes.

⇒ Caracterización extremal

- Cabecera: Localización y características de la información analizada.
- Cuadro B1: Observaciones desde Buques en Ruta: Regímenes Extremales Direccionales.
- Cuadro B2: Observaciones desde Buques en Ruta. Régimen Extremal Escalar.
- Cuadro B3: Registros en Estaciones Costeras. Regímenes Extremales Escalares.
- Cuadro B4: Velocidad Básica del viento (v_b), correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, recomendada para proyecto [V_U , 10 min (10)] en m/s.

Del análisis direccional de la información extremal de la ROM 0.4-95 se desprende que los vientos del suroeste (SW) presentan la dirección reinante, alcanzando una velocidad de 5 unidades Beaufort. Esta velocidad en la escala de Beaufort equivale a una velocidad de viento de 29 a 38 km/h, es decir, de 8 a 10,5 m/s. No obstante, el viento del noreste (NE) también tiene una gran presencia con el mismo rango de velocidades aproximadamente.

Estos datos direccionales solo pueden considerarse como indicadores relativos del mayor grado de magnitud del viento que puede darse en cada área marítima. Por el contrario, los regímenes extremales instrumentales son más representativos a la hora de determinar un viento de cálculo para el proyecto.

La velocidad del viento de proyecto para la fase de construcción y para la fase de servicio en condiciones climáticas extremas y excepcionales se determinará a partir de la velocidad básica del viento en el punto y dirección considerados, correspondiente al periodo de retorno asociado al riesgo admisible durante la vida útil de la obra.

A continuación, se muestran las tablas de regímenes medios direccionales (observaciones de barcos en ruta).

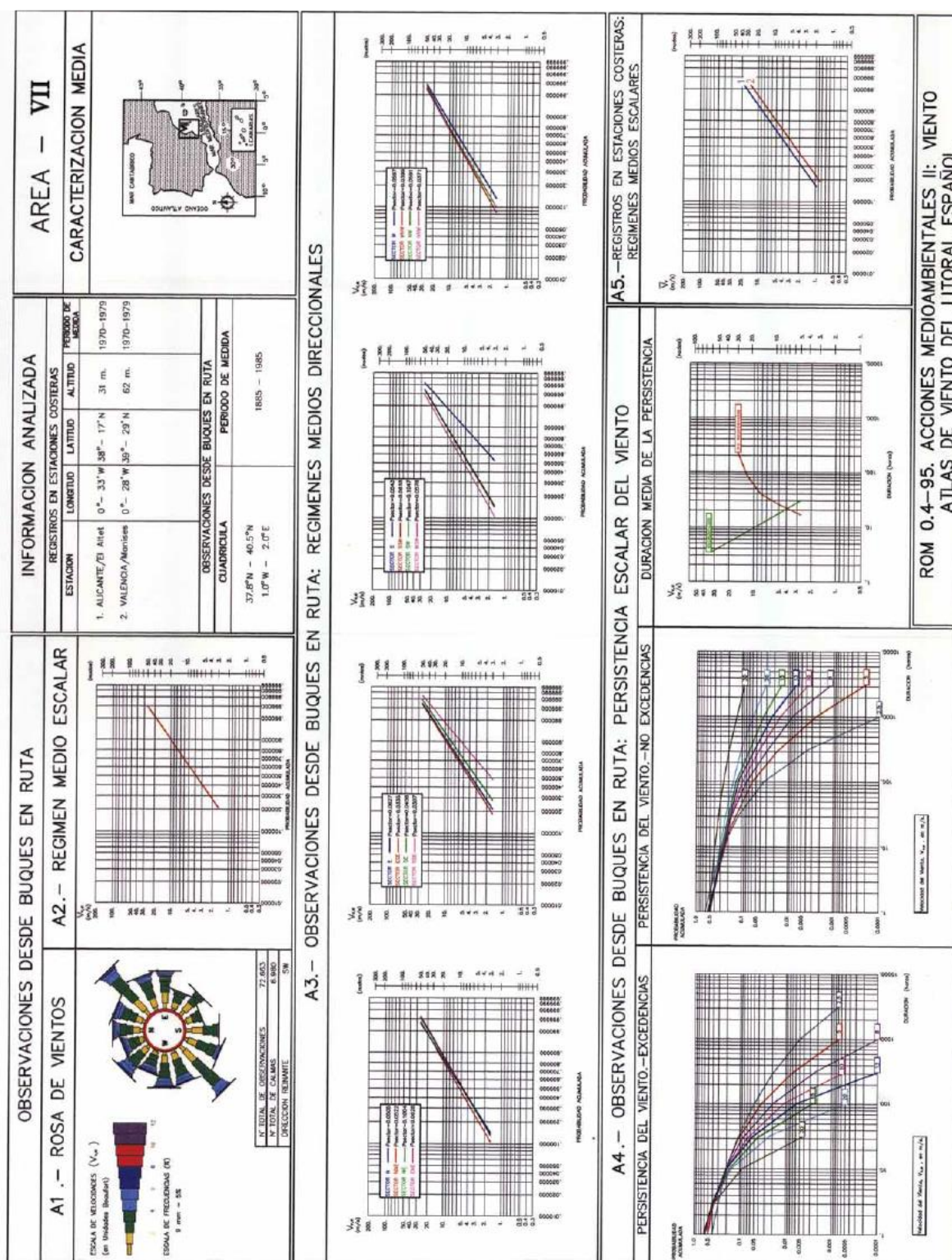


Tabla 2. Atlas de viento del litoral español. Área VII (I). (Fuente: ROM 0.4-95)

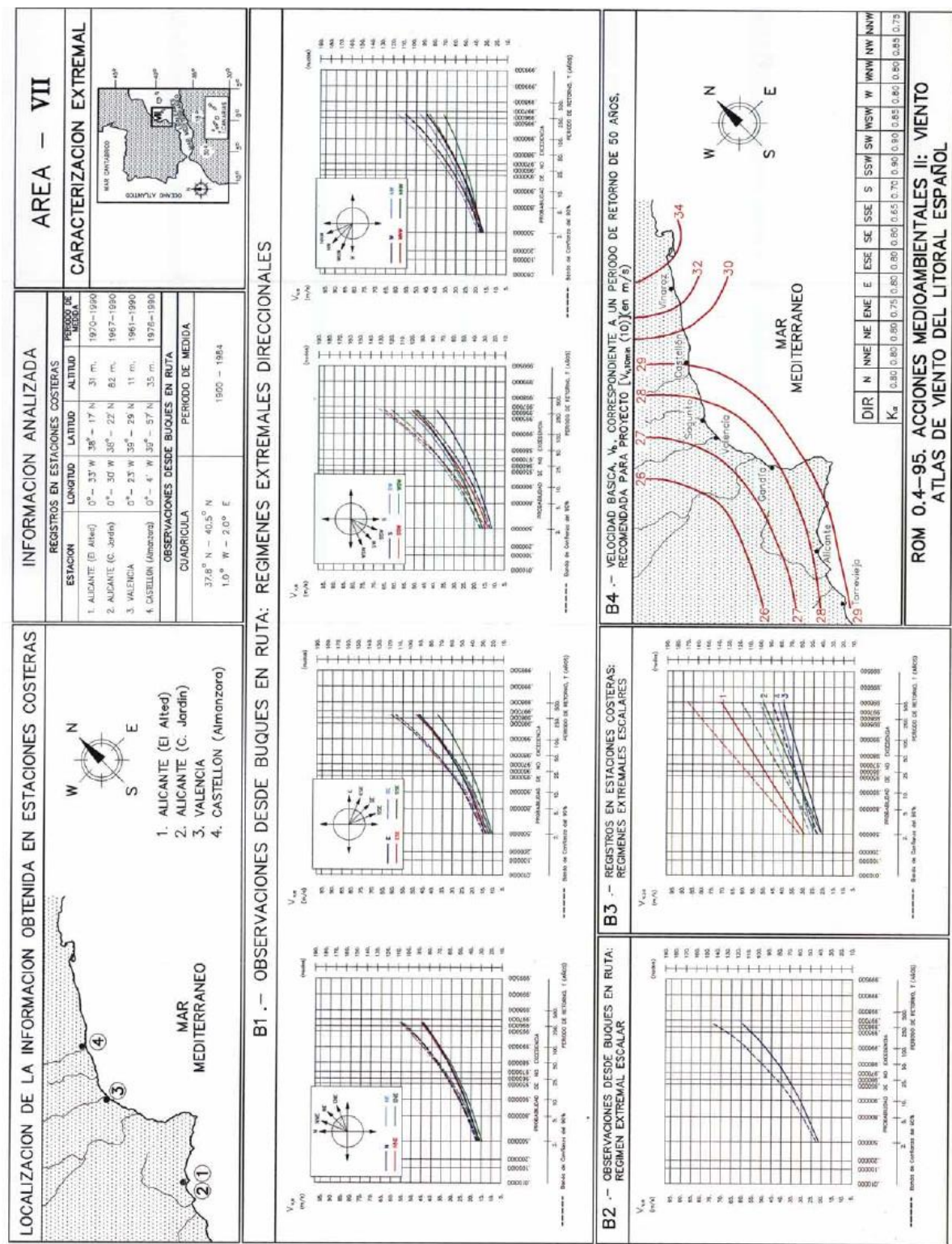


Tabla 3. Atlas de viento del litoral español. Área VII (II). (Fuente: ROM 0.4-95)

En dichas tablas se puede apreciar como para alcanzar velocidades de viento extremas que pusiesen en riesgo la integridad de la obra, las probabilidades son ínfimas.

Como conclusión, se puede decir que los vientos predominantes a lo largo del año son los de gregal, provenientes del noreste (NE), con velocidades medias relativamente bajas, alrededor de 8 m/s.

Además, se puede afirmar que durante el periodo de invierno y otoño también toman importancia los vientos de lebeche, provenientes de suroeste (SW), a parte de los ya mencionados anteriormente, es decir, existen dos direcciones principales. Así pues, en las estaciones de primavera y otoño se da una mayor variedad de direcciones del viento, y esto es debido a que sirven de transición entre los meses de invierno y de verano.

No obstante a los datos obtenidos, se puede ver que el puerto deportivo se encuentra abrigado frente a los vientos provenientes del noreste, debido a que su bocana está orientada en el sentido contrario y, de esta manera, queda protegido mediante un dique de escollera en sus límites norte y este. Además, cabe destacar la existencia del Peñón de Ifach en el noreste del puerto, como se puede ver en el mapa inferior. Este accidente geográfico también contribuye a formar una zona más abrigada frente al viento de gregal (NE).

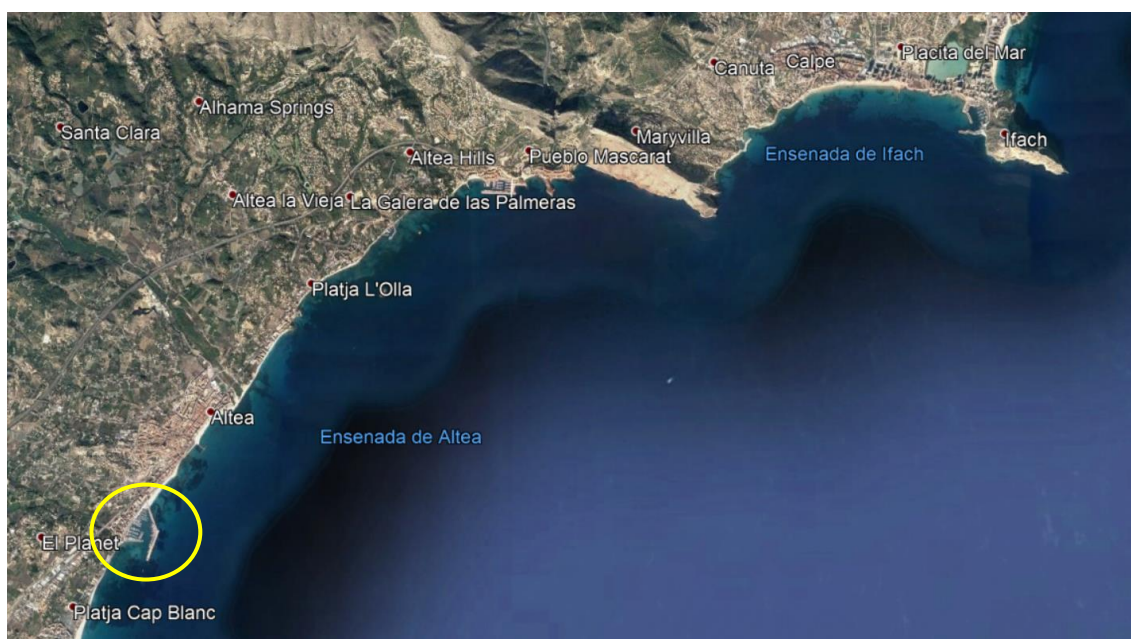


Figura 6. Vista aérea del puerto deportivo de Altea. (Fuente: Google Maps)

3. Nivel del mar

Para el estudio del nivel del mar en la zona de la bahía de Altea se han tomado los datos del mareógrafo más cercano de la REDMAR, de Puertos del Estado. Este es el mareógrafo el puerto de Gandía, el cual es un Puerto de Interés General.

Dicho mareógrafo lleva operativo desde el año 2008, por lo que no se dispone de una gran cantidad de registros históricos, pero dada la cercanía al puerto de Altea y la poca importancia de las mareas en el mar Mediterráneo, se considera que los datos de esta estación son suficientes.

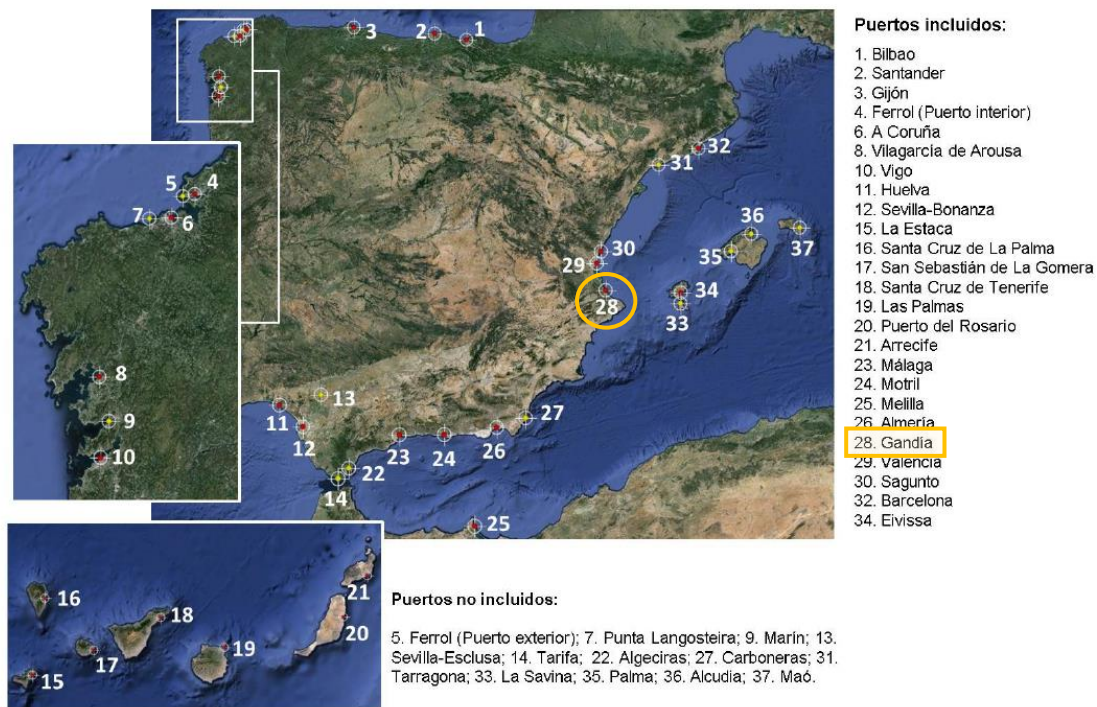


Figura 7. Ubicación del mareógrafo de Gandía. Número 28. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Dentro de la web de Puertos del Estado, la información que se puede encontrar es la siguiente:

- ⇒ Informe Anual 2013 de la red de mareógrafos de Puertos del Estado (REDMAR).
- ⇒ Valores Extremos y Medios: presenta valores medios, máximos y mínimos del nivel del mar, marea y residuo sobre la totalidad de los datos consolidados.
- ⇒ Régimen Extremal: estudio estadístico de valores máximos de nivel del mar realizado sobre datos horarios.

Por una parte, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) establece el origen de altitudes en tierra, que en la Península Ibérica corresponde al Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). Además, el cero del puerto, el cual es definido por cada puerto y que normalmente coincide con la mínima bajamar. Todos los mareógrafos de REDMAR utilizan el cero de puerto (comunicado por la Autoridad Portuaria) como cero de las medidas, establecidas a partir del Clavo SSNoray1 en unidades de metros, aunque, cuando lo solicite la propia Autoridad Portuaria, puede definir un nuevo cero del puerto.

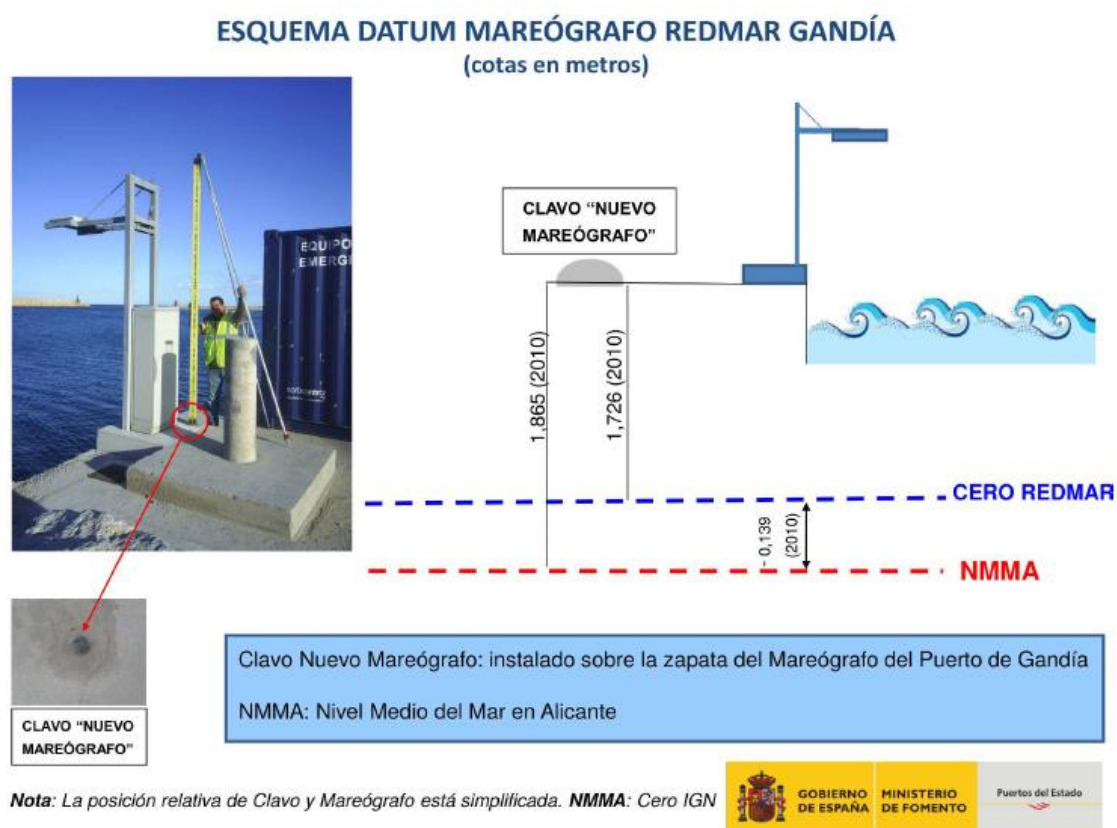


Figura 8. Esquema Datum Mareógrafo REDMAR Gandía. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

La estación REDMAR fue instalada inicialmente en el extremo del Muelle Sur, pero un accidente por impacto de una draga obligó a reubicarla unos 200 m de su posición original. La transmisión de datos se realiza cada minuto (muestreo, 1 minuto) y ha quedado configurada por GPRS. Este sensor también mide agitación y transmite los parámetros de oleaje cada 20 minutos.

La estación fue nivelada por el IGN en 2009 y posteriormente hasta su nueva ubicación en Febrero de 2010. El clavo geodésico más cercano se conoce con el nombre de NUEVOMAREOG. El cero del mareógrafo actualmente coincide con el cero del puerto, que está 1,726 m bajo este clavo. El NMMA está situado 1,865 m bajo el mismo clavo. El cero actual, tras la reubicación, fue adoptado en 2010, de acuerdo con la Autoridad Portuaria, y está 23,3 cm por encima del cero del mareógrafo en la posición inicial, lo que debe tenerse en cuenta al comparar los valores de este informe con los de años anteriores a 2008.

A continuación, se presentan los estudios de mareas realizados a partir de la toma de datos en Gandía, de a página web de Puertos del Estado.

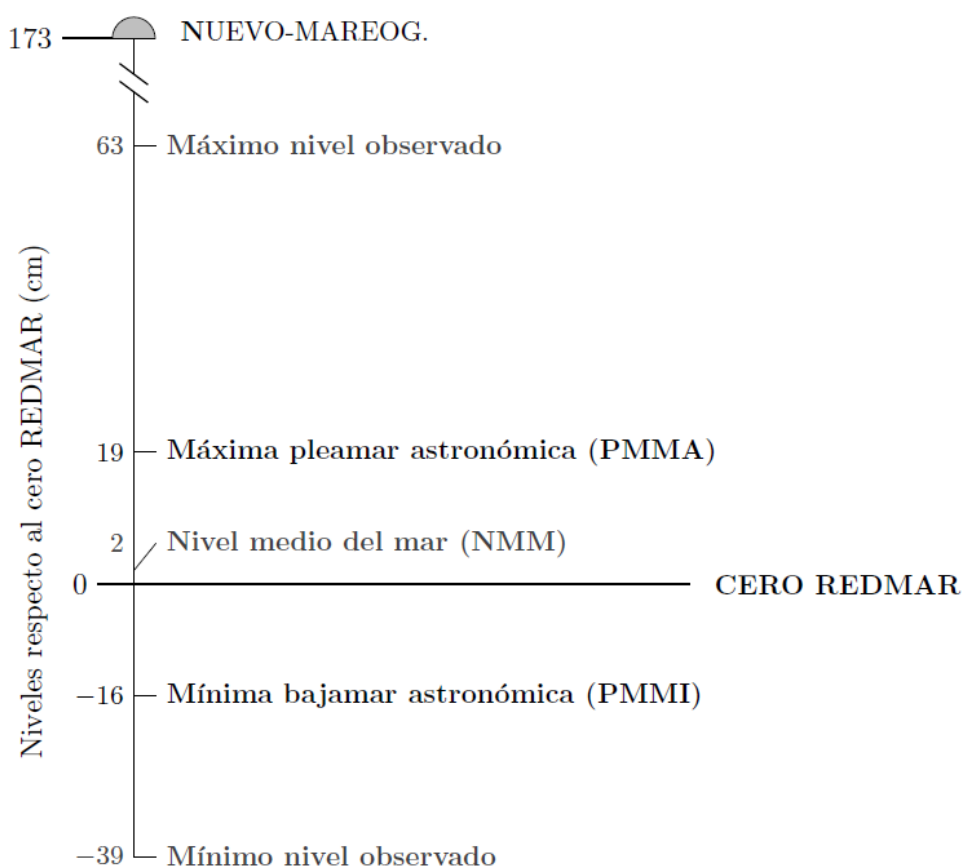


Figura 3. Principales referencias de nivel del mar calculadas sobre el todo período de datos disponible. La unidad de las alturas es el centímetro y están referidas al cero REDMAR. Se indica además, la altura del TGBM (*Tide Gauge Benchmark*) sobre el mismo cero.

Figura 9. Esquema de las principales referencias del nivel del mar. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Componentes de nivel del mar

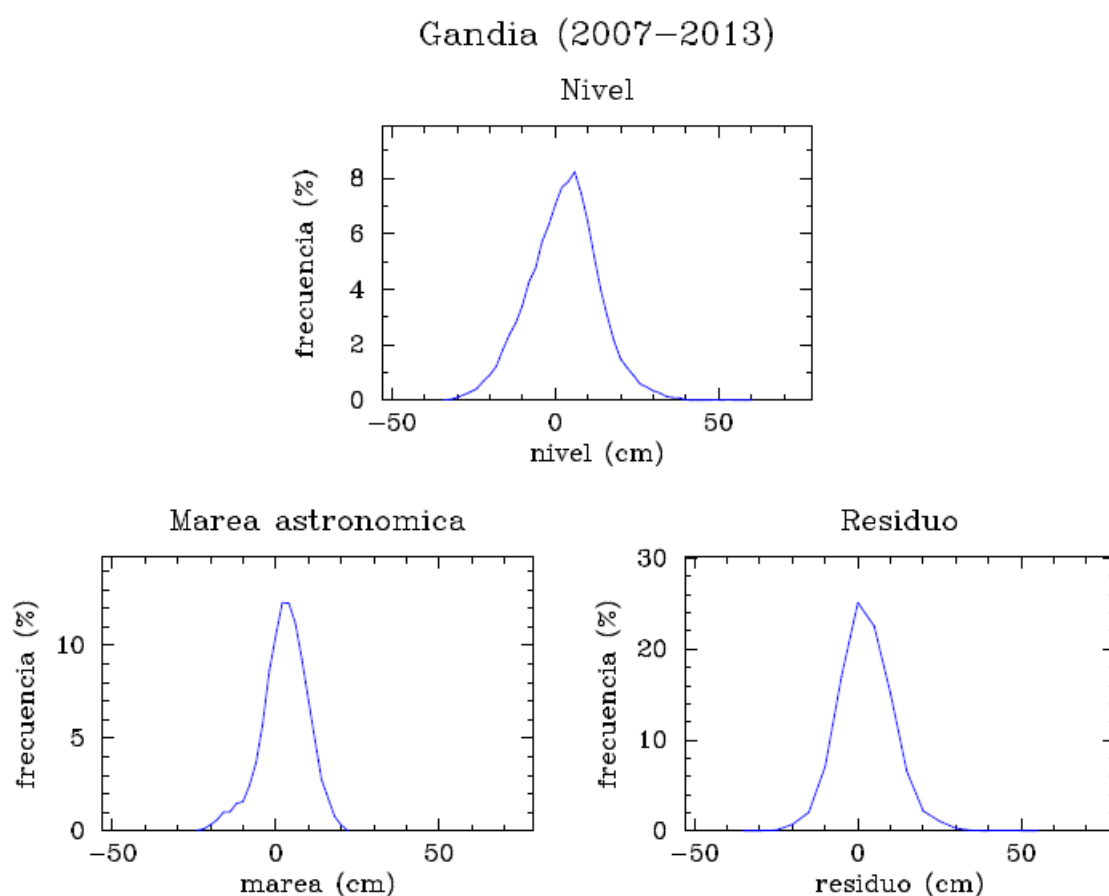


Figura 4. Distribución de frecuencia relativa de nivel del mar horario observado (gráfico superior), marea astronómica horaria (gráfico inferior-izquierda) y residuo meteorológico horario (gráfico inferior-derecha). La frecuencia se proporciona en puntos porcentuales y la unidad de nivel observado, marea y residuo es el centímetro.

Figura 10. Distribución de frecuencia relativa del nivel del mar. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Régimen medio y percentiles

Régimen medio de máximos y mínimos

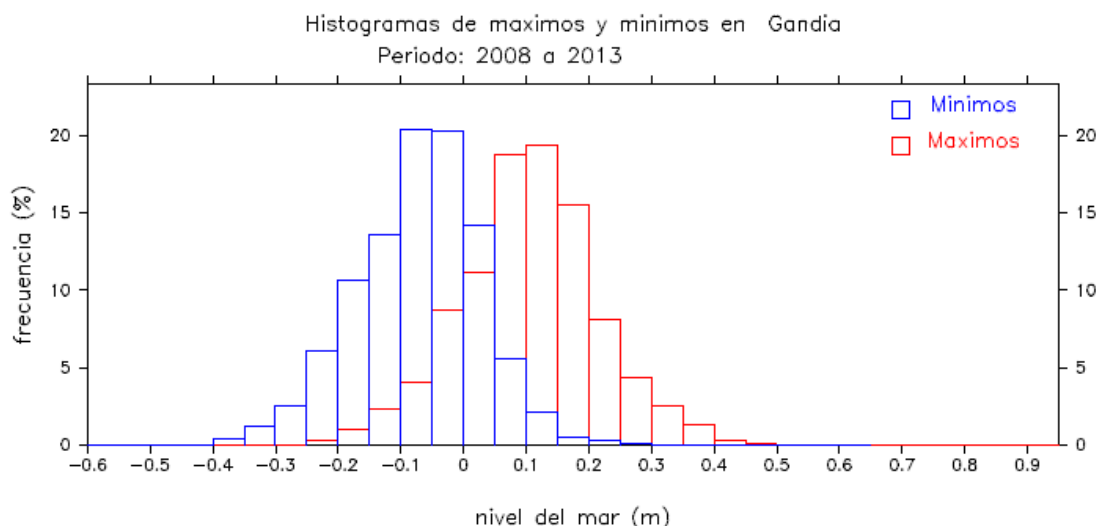


Figura 11. Histogramas de máximos y mínimos. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Estadística Mínimos		Estadística Máximos	
Mínima (m):	-0.39	Mínima (m):	-0.24
Máxima (m):	0.30	Máxima (m):	0.63
Media (m):	-0.08	Media (m):	0.11
Desv.Est. (m):	0.10	Desv.Est. (m):	0.11
Moda (m):	-0.07	Moda (m):	0.12
Mediana (m):	-0.06	Mediana (m):	0.11
Sesgo:	-0.19	Sesgo:	0.10
Curtosis:	0.17	Curtosis:	0.62

Tablas 2 y 3. Estadísticas de mínimos y máximos observados. Extremos (máximos y mínimos) y momentos muestrales de las series de mínimos (Tabla 2) y máximos (Tabla 3) observados.

Tabla 4 y 5. Estadísticas de mínimos y máximos. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Extremos en Gandía (2013)

Extremos de niveles cada 5 min (cm):

Mes	Máximo	Día	Minimo	Día
Ene	34.0	(19)	-27.0	(6)
Feb	18.5	(28)	-23.5	(13)
Mar	37.1	(6)	-19.3	(2)
Abr	31.6	(4)	-21.7	(20)
May	21.9	(15)	-16.8	(12)
Jun	33.1	(18)	-22.6	(24)
Jul	17.1	(10)	-17.2	(5)
Ago	24.1	(27)	-16.3	(3)
Sep	25.0	(28)	-12.0	(14)
Oct	30.7	(4)	-9.1	(17)
Nov	38.1	(18)	-16.7	(5)
Dic	17.2	(1)	-28.8	(26)
2013	38.1	(18 Nov)	-28.8	(26 Dic)

Extremos de residuos horarios (cm):

Mes	Máximo	Día	Minimo	Día
Ene	29.0	(19)	-15.2	(6)
Feb	11.2	(28)	-16.0	(27)
Mar	28.0	(6)	-17.0	(15)
Abr	18.7	(4)	-22.1	(20)
May	12.8	(17)	-13.4	(12)
Jun	16.9	(18)	-9.0	(29)
Jul	13.6	(27)	-6.2	(5)
Ago	13.4	(27)	-4.9	(9)
Sep	5.6	(28)	-9.2	(13)
Oct	17.2	(4)	-8.6	(17)
Nov	27.7	(18)	-9.5	(5)
Dic	10.0	(1)	-15.7	(27)
2013	29.0	(19 Ene)	-22.1	(20 Abr)

Tabla 6. Extremos de niveles en Gandía. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Niveles medios en Gandía

Año 2013:

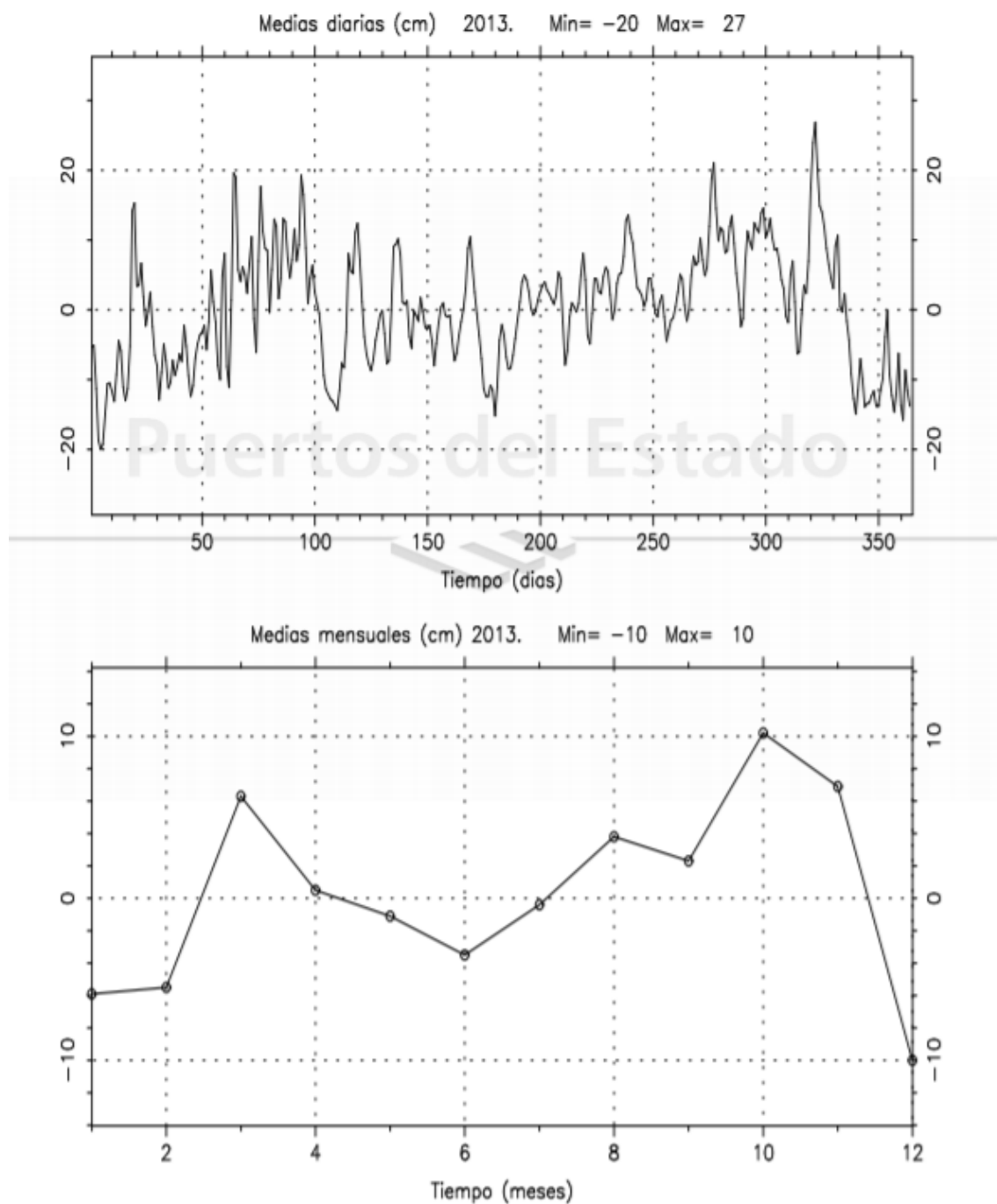
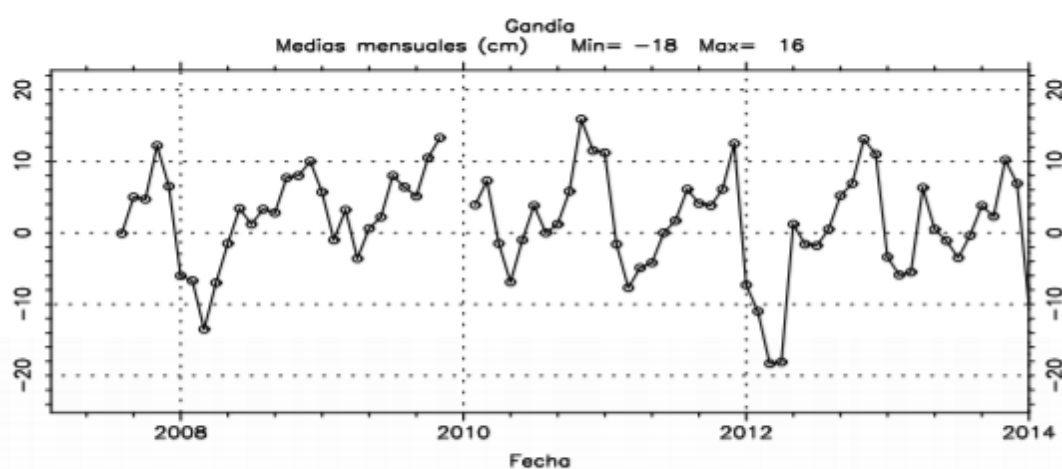
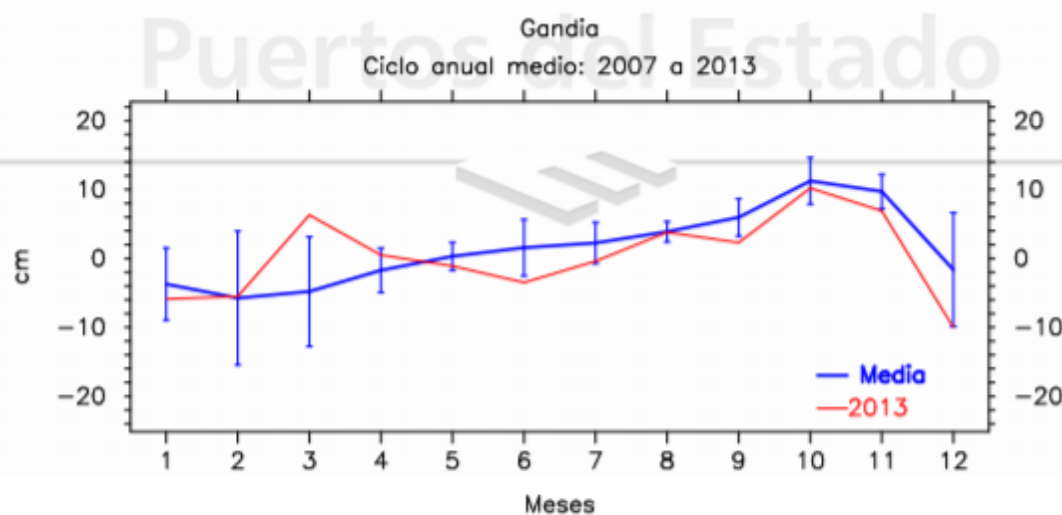


Figura 12. Niveles medios en Gandía. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Niveles medios mensuales históricos:



Ciclo estacional medio y desviación del año actual:



Niveles medios anuales:

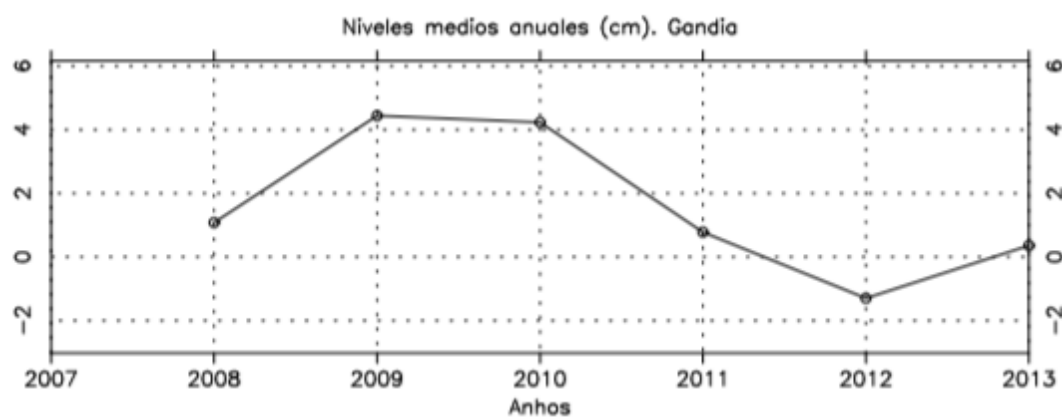


Figura 13. Niveles medios y ciclo estacional medio. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

Medias mensuales

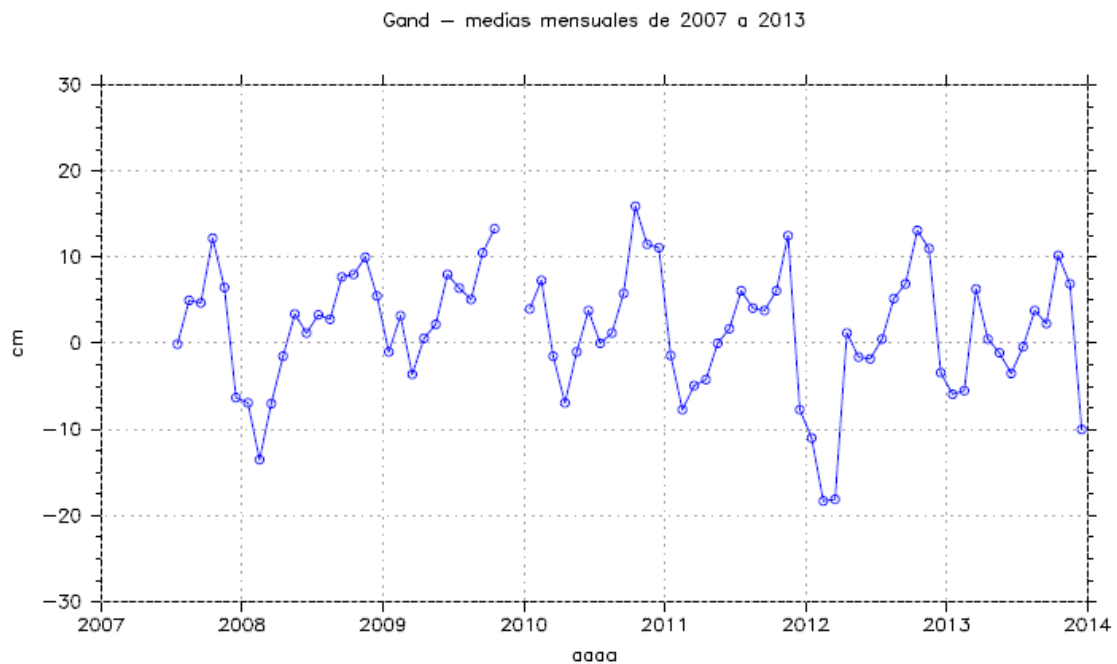


Figura 8. Serie de nivel medio mensual para el puerto. La unidad del nivel medio es el centímetro.

Figura 14. Serie de nivel medio mensual. (Fuente: Red de Mareógrafos de Puertos del Estado)

A continuación, se van a completar los datos del informe anual con algunos datos obtenidos de la pagina web de Puertos del Estado, con el fin de actualizar los datos hasta el año 2017.

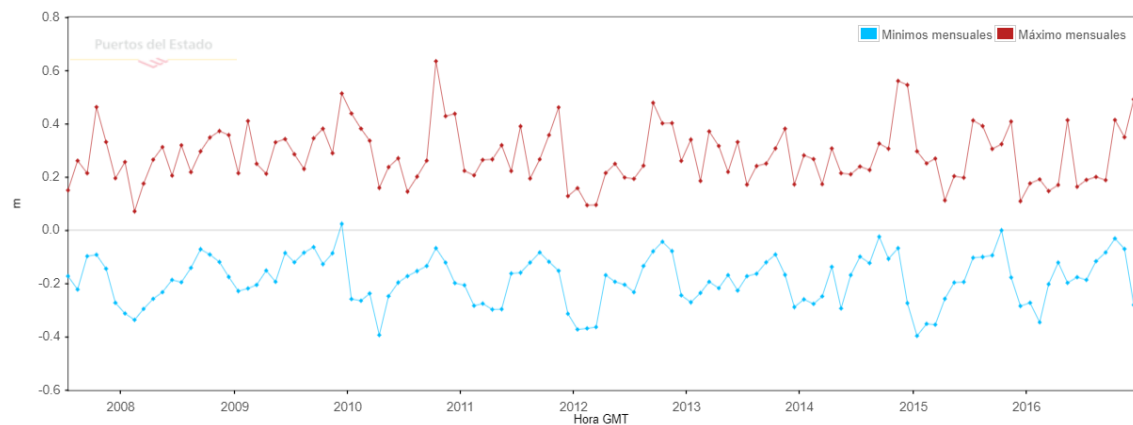


Figura 15. Mínimos y máximos mensuales del nivel del mar. (Fuente: www.puertos.es)

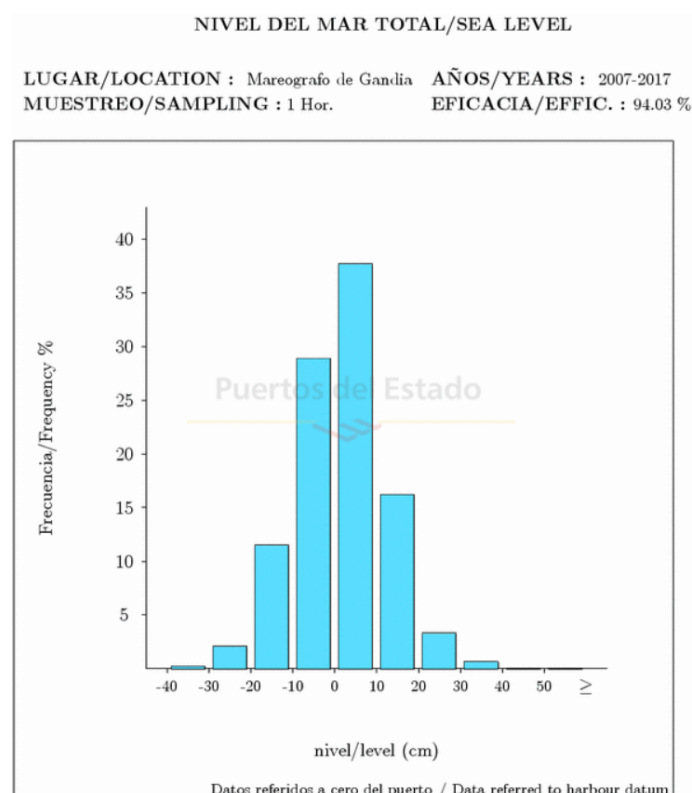


Figura 16. Histograma del nivel del mar total. (Fuente: www.puertos.es)

Estos gráficos de la serie temporal completa del mareógrafo de Gandía muestran claramente como los niveles del mar en raras ocasiones descienden de los - 20 cm o superan los + 20 cm.

Por otro lado, cabe destacar que el máximo histórico se sitúa en los + 63 cm y el mínimo en los - 39 cm y, además, el nivel medio del mar tiende a estar 2 cm por encima de la cota 0.

Una vez expuestos todos los datos referentes al nivel del mar y a las mareas próximas a la bahía, a efectos de cálculo se consideran las recomendaciones de la ROM 2.0-11, en condiciones normales de operación y en mar sin marea astronómica significativa, se recomienda utilizar como máximo y mínimo nivel, el nivel medio más y menos 30 cm, respectivamente.

4. Clima marítimo

Para determinar el clima marítimo en la zona del puerto deportivo de Altea se utilizará la ROM 0.3-91: Oleaje. Anejo I. Clima marítimo en el litoral español”.

La metodología que utilizan estas recomendaciones se basa en el análisis estadístico de la información de dos fuentes: Datos Visuales de Oleaje en aguas profundas con información

direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPUC, suministrados por el *National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA)*, que cubren todas las áreas definidas para la caracterización del Clima Marítimo Español, y abarca todas las observaciones realizadas en el periodo comprendido entre 1950 y 1985, y los Datos Instrumentales Escalares de Oleaje registrados por las boyas de medida pertenecientes a la REMRO.

El anejo I de la ROM 0.3-91 presenta el “Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español” que divide la península en 10 áreas definidas en base a características climáticas homogéneas, a la configuración de la costa y al emplazamiento de las fuentes de información disponibles. La costa alicantina, donde se encuentra ubicado el puerto deportivo de Altea, pertenece al área VII.

La disposición de los resultados es la siguiente:

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A: Observaciones Visuales. Rosas de Oleaje.
- Cuadro B: Observaciones Visuales. Regímenes Medios Direccionales.
- Cuadro C: Registros Instrumentales. Regímenes Medios Escalares.
- Cuadro D: Registros Instrumentales. Regímenes Extremales Escalares.
- Cuadro E: Registros Instrumentales. Correlaciones Altura de ola/Periodo en temporales.
- Cuadro F: Registros Instrumentales. Estructura Espectral Escalar Básica de Temporales ($H_s \geq 1,00$ m).

Se adjuntan las hojas correspondientes al área VII.

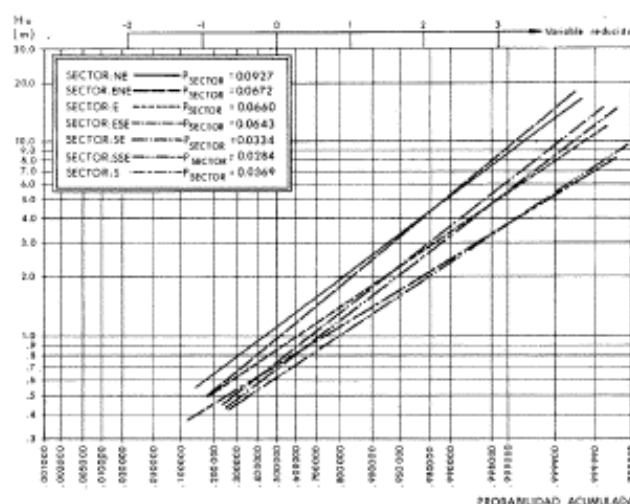
INFORMACION ANALIZADA			
REGISTROS INSTRUMENTALES			
BOYA	SITUACION	PROF. (m.)	PERIODO MEDIDA
1- VALENCIA I	39° 27' 05" N 0° 17' 43" W	21	1982 / 1990
2- ALICANTE	38° 15' 00" N 0° 25' 00" W	50	1982 / 1990
OBSERVACIONES VISUALES			
CUADRICULA : 378° N - 40.5° N 1.0° W - 2.0° E			
PERIODO DE MEDIDA: 1950 - 1985			

AREA - VII

LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA INFORMACION ANALIZADA

The map illustrates the geographical location of the study area (Area VII) in the Mediterranean Sea. It shows the coastline of Spain and the Balearic Islands. The study area is marked with a box labeled 'VII' and is situated between the Atlantic Ocean (OCEANO ATLANTICO) to the west and the Balearic Sea (MAR BALEARICO) to the east. The map includes latitude markings from 30° to 45° and longitude markings from 10° to 5°. An inset map shows the Balearic Islands (I. BALEARES) and the Canary Islands (I. CANARIAS).

B-OBSERVACIONES VISUALES : REGIMENES MEDIOS DIRECCIONALES

E - REGISTROS INSTRUMENTALES :
CORRELACIONES
ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES

BOYA	$P = H_s / L_p = \frac{2\pi H_s}{g T_p^2}$	T_p / T	RELACION FINAL H_s (m) T_p (s)	VALORES DE DISEÑO	
				H_s (m)	T_p (s)
VALENCIA I	0.025 - 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11-14
				7	13-16.5
ALICANTE	0.025 - 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11-14
				7	13-16.5

F - REGISTROS INSTRUMENTALES :
ESTRUCTURA ESPECTRAL ESCALAR
BASICA DE TEMPORALES ($H_s \geq 1.00$ m)

ESPECTRO TEORICO JONSWAP
AJUSTADO AL ESPECTRO REAL
REGISTRADO CORRESPONDIENTE
A RICO DE TEMPORAL, CON
VALOR DE γ MAS PROXIMO A γ_0

ω (1/s)

S (s)
(m^2/s)

VALENCIA I
 $H_s = 2.15$ m
 $T_p = 8.00$ s
 $\gamma = 2.8$

ALICANTE
 $H_s = 1.98$ m
 $T_p = 7.31$ s
 $\gamma = 2.2$

ESPECTRO TEORICO JONSWAP

BOYA	γ	γ_{max}	γ_{min}	σ_y	f_p	f_{max}	f_{min}	σ_{fp}	n
VALENCIA I	2.7	4.2	1.5	0.87	0.13	0.16	0.10	0.017	16
ALICANTE	2.8	4.2	1.4	1.01	0.13	0.19	0.09	0.032	20

ROM 0.3-91-OLEAJE
ATLAS DE CLIMA MARITIMO EN EL LITORAL ESPANOL

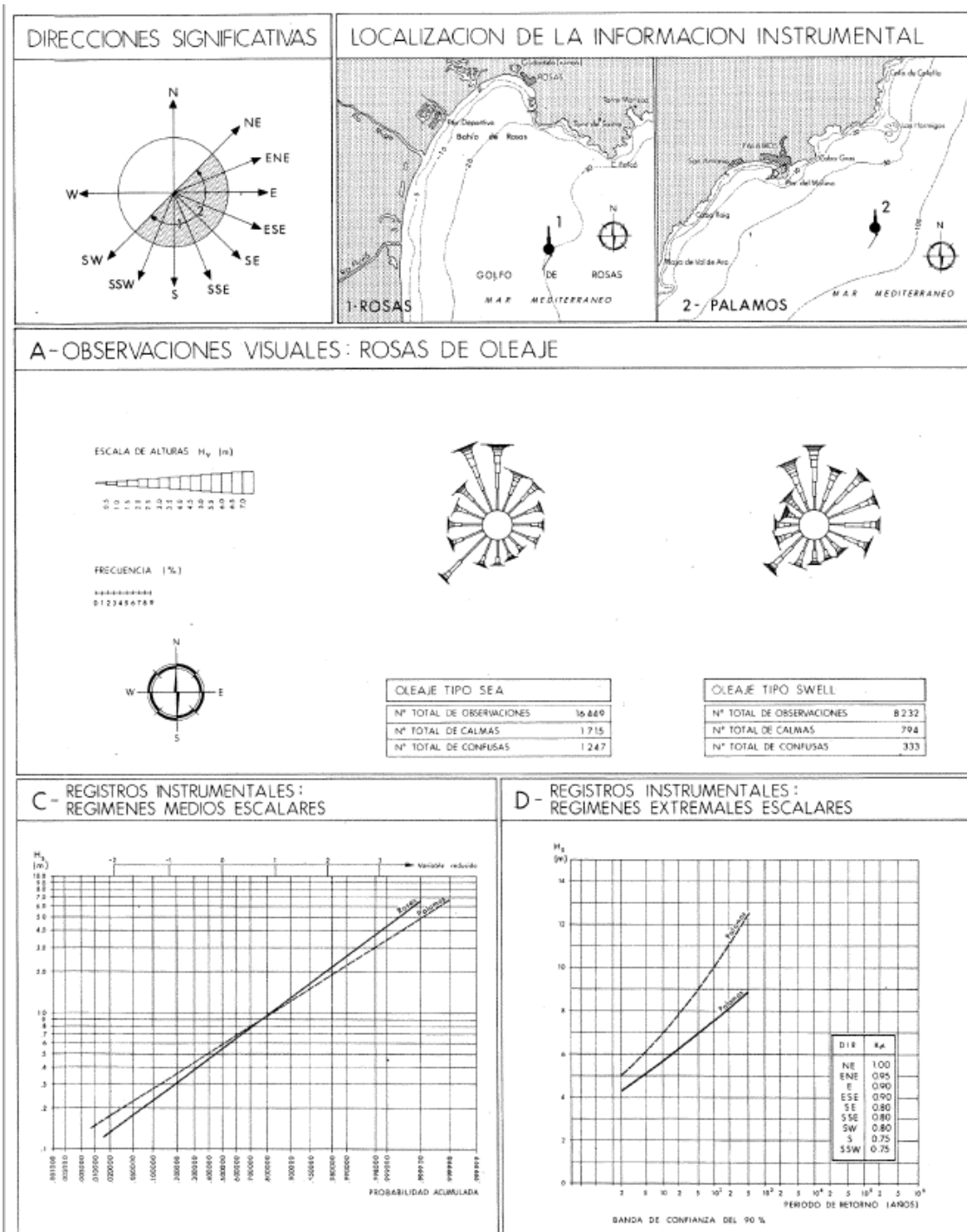


Figura 17. Clima marítimo área VII. (Fuente: ROM 0.3-91)

5. Caracterización del oleaje

5.1 Régimen extremal

Para el cálculo del régimen extremal se han utilizado los datos proporcionados por la boya de Alicante, ya que es la estación más cercana al puerto objeto de estudio.

5.1.1 Dirección del oleaje

Las Rosas del oleaje se van a utilizar para estudiar la dirección del oleaje. Estas son una representación que indican la frecuencia con la que aparece el oleaje y la altura significativa de ola con respecto a su dirección de origen.

Existen dos tipos de Rosas de Oleaje, entre ellas se encuentra la Rosa de Oleaje tipo Sea (mar de viento) que se forma bajo la acción directa y continua del viento y la Rosa de Oleaje tipo Swell (mar de fondo) que se genera y se propaga sin estar sometido a la acción significativa del viento. En ambos tipos se puede observar que los oleajes más frecuentes son los que proceden de sursuroeste (SSW), seguido de estsureste (ESE).

A continuación, se adjuntan las direcciones del oleaje, para las distintas estaciones del año, que indican la altura significativa y la frecuencia de aparición del oleaje. Se han obtenido de la página web de Puertos del Estado, en los datos históricos del oleaje.

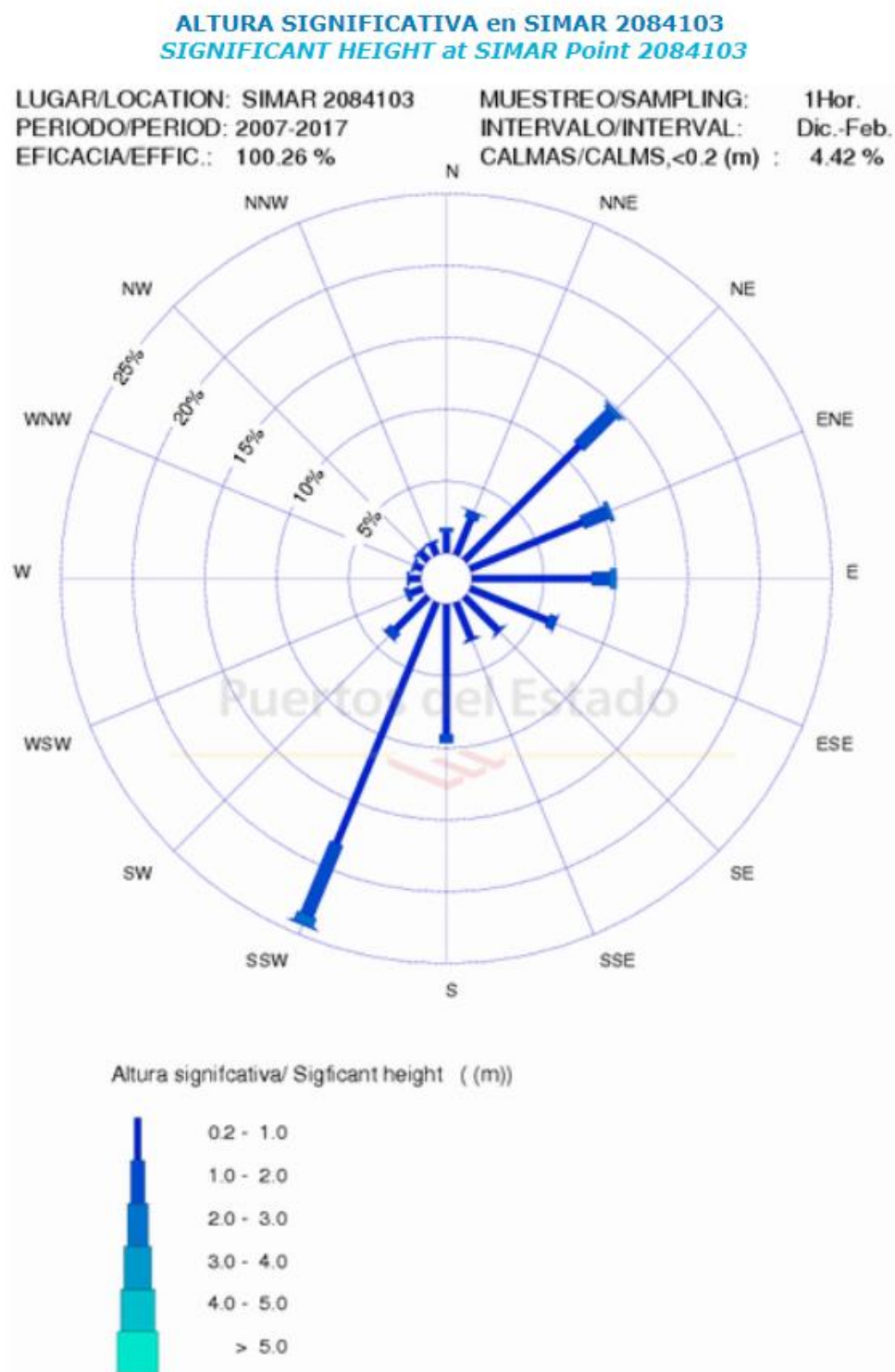


Figura 18. Rosa del oleaje. Invierno. (Fuente: www.puertos.es)

En invierno, la dirección de oleaje más frecuente es sursuroeste (SSW), llegando prácticamente al 25% de frecuencia. La segunda dirección más usual es noreste (NE), alcanzando un 15% de frecuencia. Además, estas dos direcciones son las que tienen una mayor altura significativa de ola, llegando a alcanzar los 2 - 3 metros.

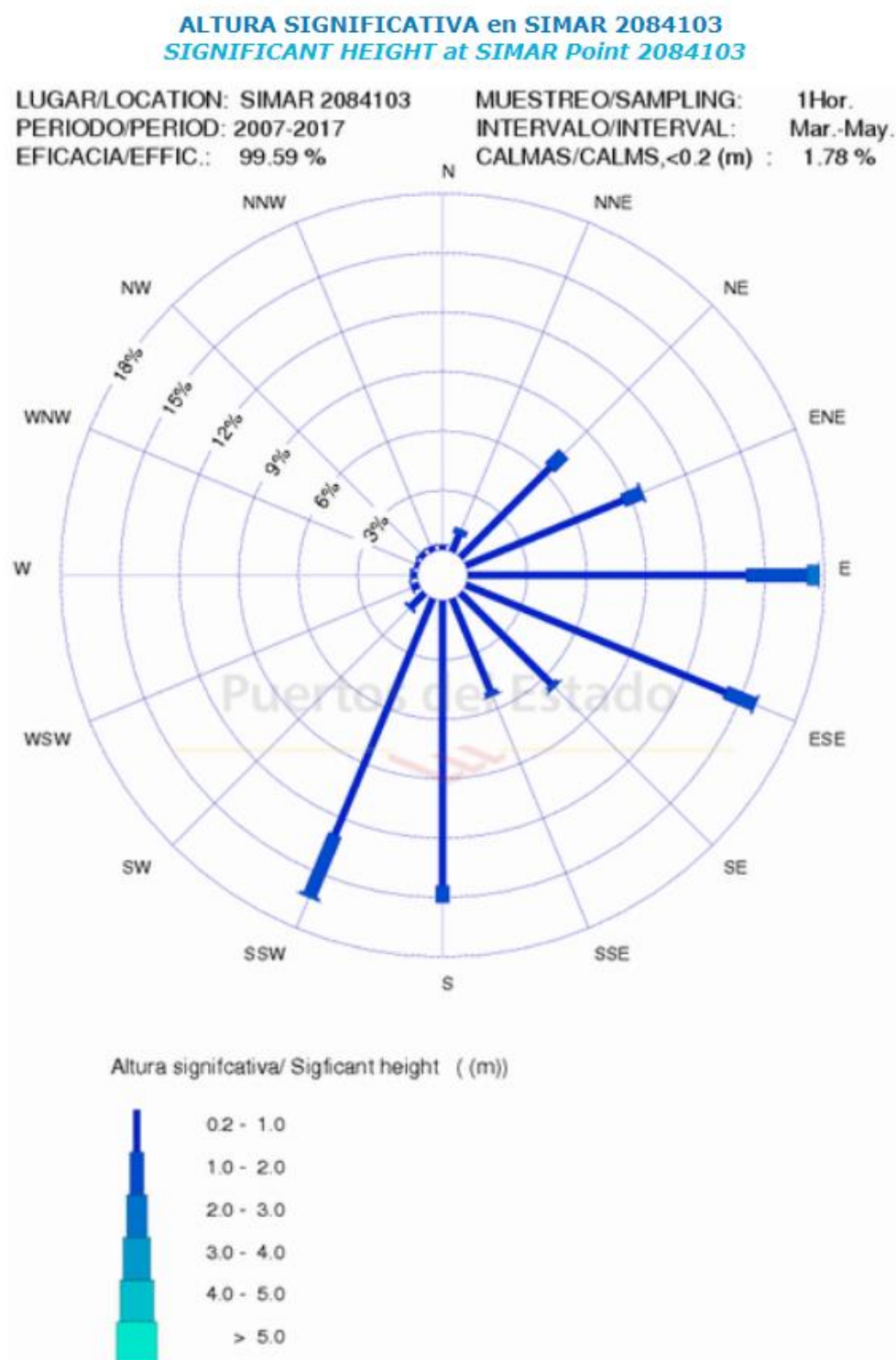


Figura 19. Rosa del oleaje. Primavera. (Fuente: www.puertos.es)

En primavera, la dirección del oleaje este (E) es la más frecuente, llegando a un 18% de frecuencia. Esta dirección es la que obtiene una mayor altura significativa de ola, llegando a los 2 - 3 metros. En segundo lugar, las direcciones sursuroeste (SSW), sur (S) y estsureste (ESE) también tienen una alta frecuencia, alrededor de 15%.

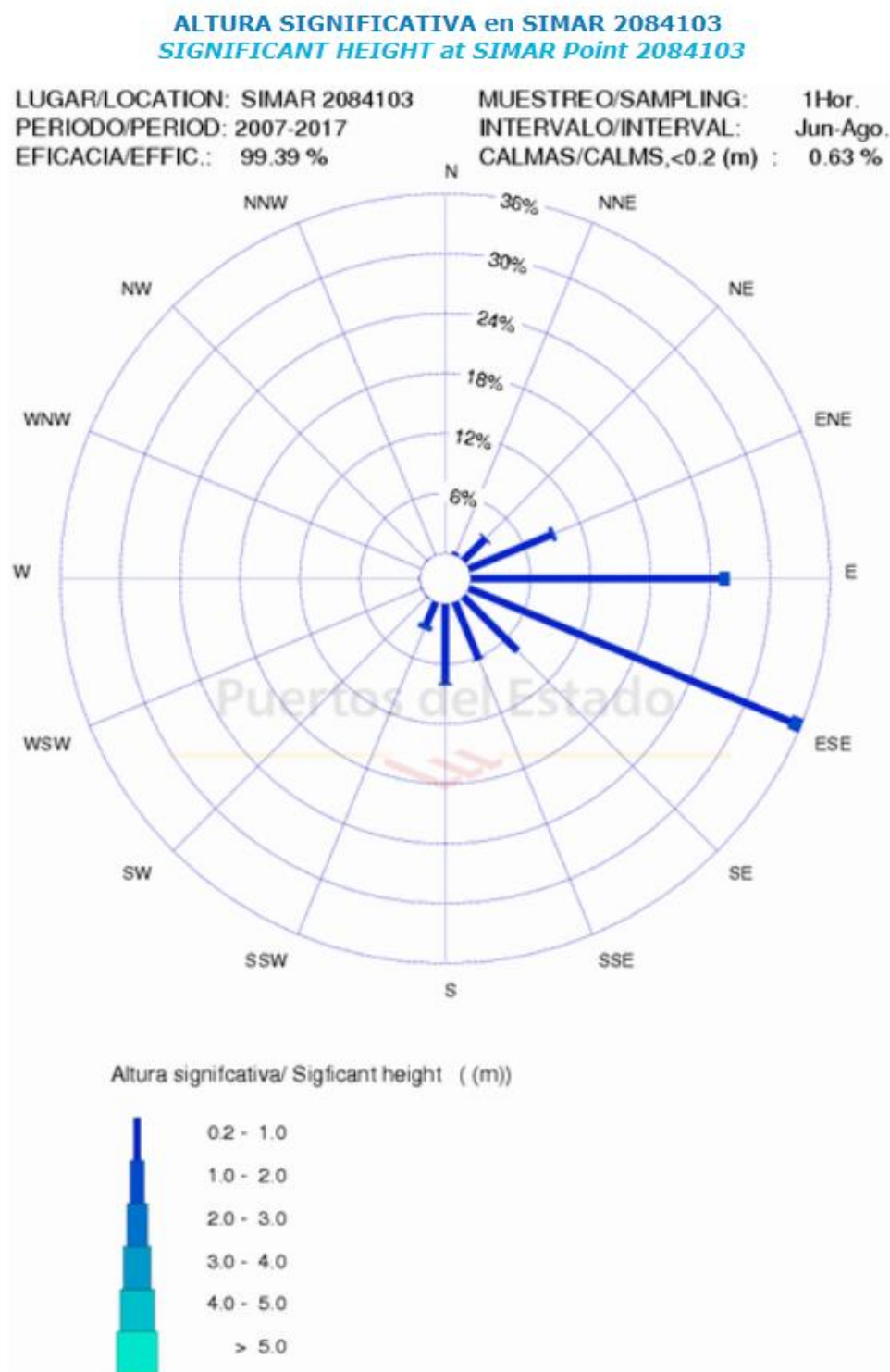


Figura 20. Rosa del oleaje. Verano. (Fuente: www.puertos.es)

En verano, el esteseeste (ESE) y el este (E) son las direcciones de oleaje más frecuentes, con una altura significativa de 1 - 2 metros aproximadamente. Estas direcciones se presentan con un 36% y 30% de frecuencia, respectivamente.

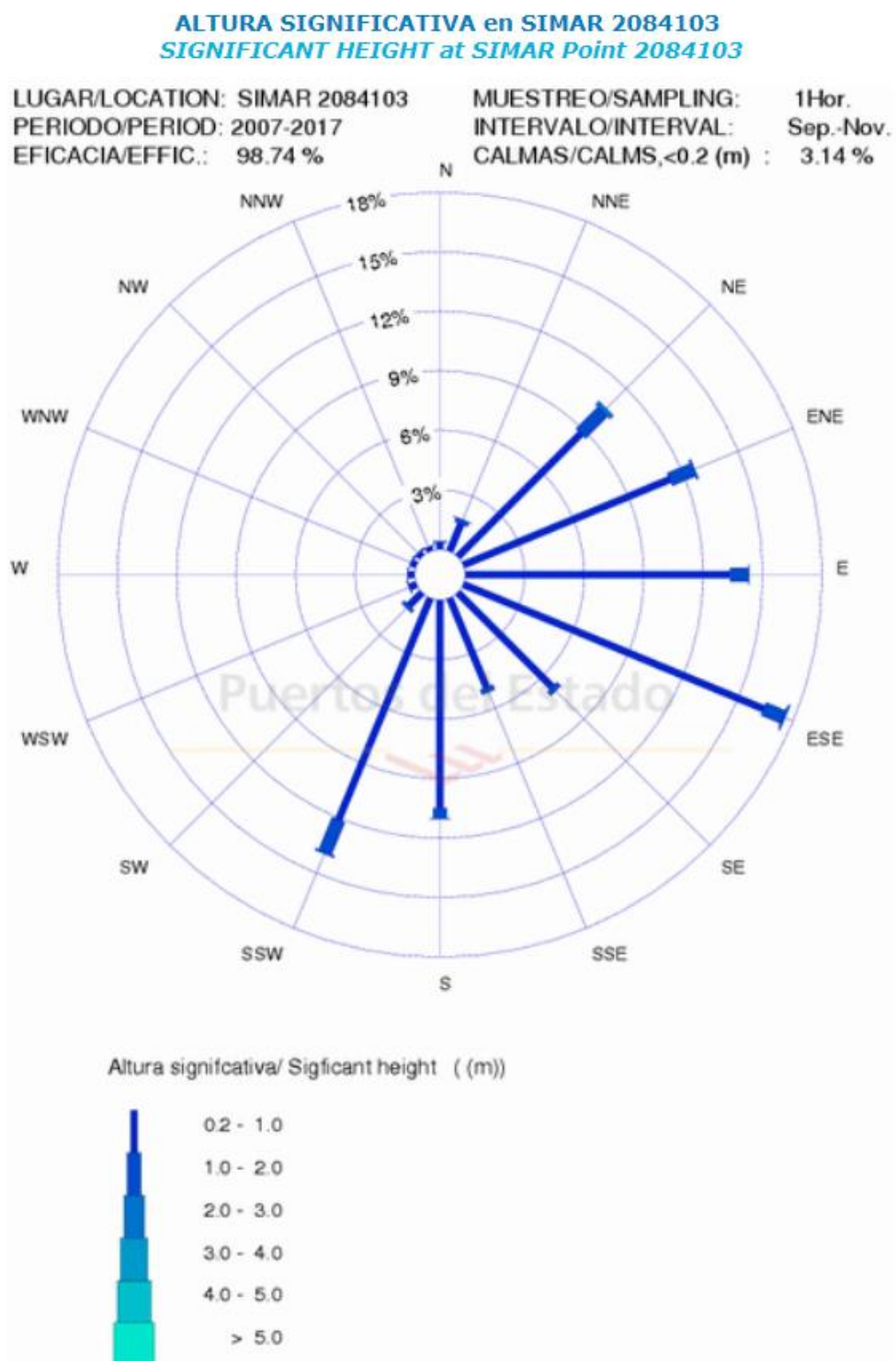


Figura 21. Rosa del oleaje. Otoño. (Fuente: www.puertos.es)

En otoño, la dirección predominante es este-sureste (ESE), con un 18% de frecuencia y alcanzando una altura de ola significativa de 2 - 3 metros. En segundo lugar, las direcciones que más frecuencia tienen son este (E) y suroeste (SSW), con menos de un 15%.

Como resumen, se puede decir que las direcciones más frecuentes a lo largo de todo el año son estesureste (ESE) y sursuroeste (SSW), con unas alturas de ola significativa entre 2 y 3 metros. Asimismo, se deberán tener en cuenta las direcciones este (E), sur (S) y noreste (NE) para el diseño de la ampliación del puerto deportivo.

5.1.2 Altura de ola significativa

Si se sigue analizando la altura de ola significativa a partir de los datos proporcionados por la ROM 0.3-91 para el área VII, en el cuadro D, Registros Instrumentales: Regímenes Extremales Escalares, donde se ve la relación que existe en la zona entre la altura de ola y el periodo pico.

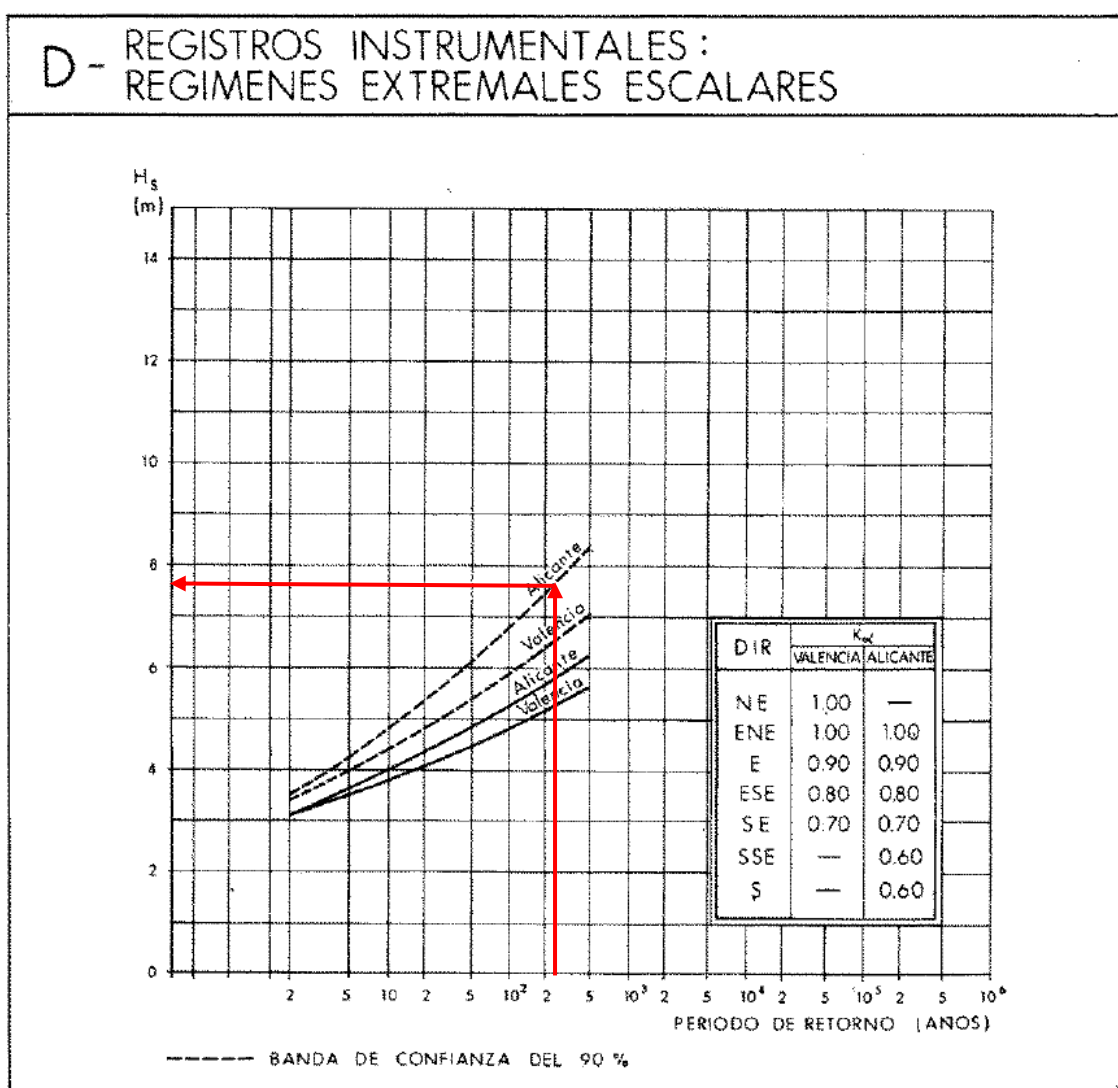


Gráfico 1. Registros instrumentales. Regímenes Extremales Escalares según ROM 0.3-91.

En alicante, para un periodo de retorno de 250 años, la altura de ola significativa H_s es de 7,7 metros.

Por otro lado, la altura de ola significativa también se puede obtener a partir de la página web de Puertos del Estado. Como ya se ha mencionado anteriormente, para realizar el cálculo se ha recurrido a los datos de la Boya de Alicante.

Se adjunta el gráfico de la probabilidad de excedencia anual con banda de confianza del 90%, extraído del informe de régimen extremal. Este indica la altura de ola significativa en función del periodo de retorno.

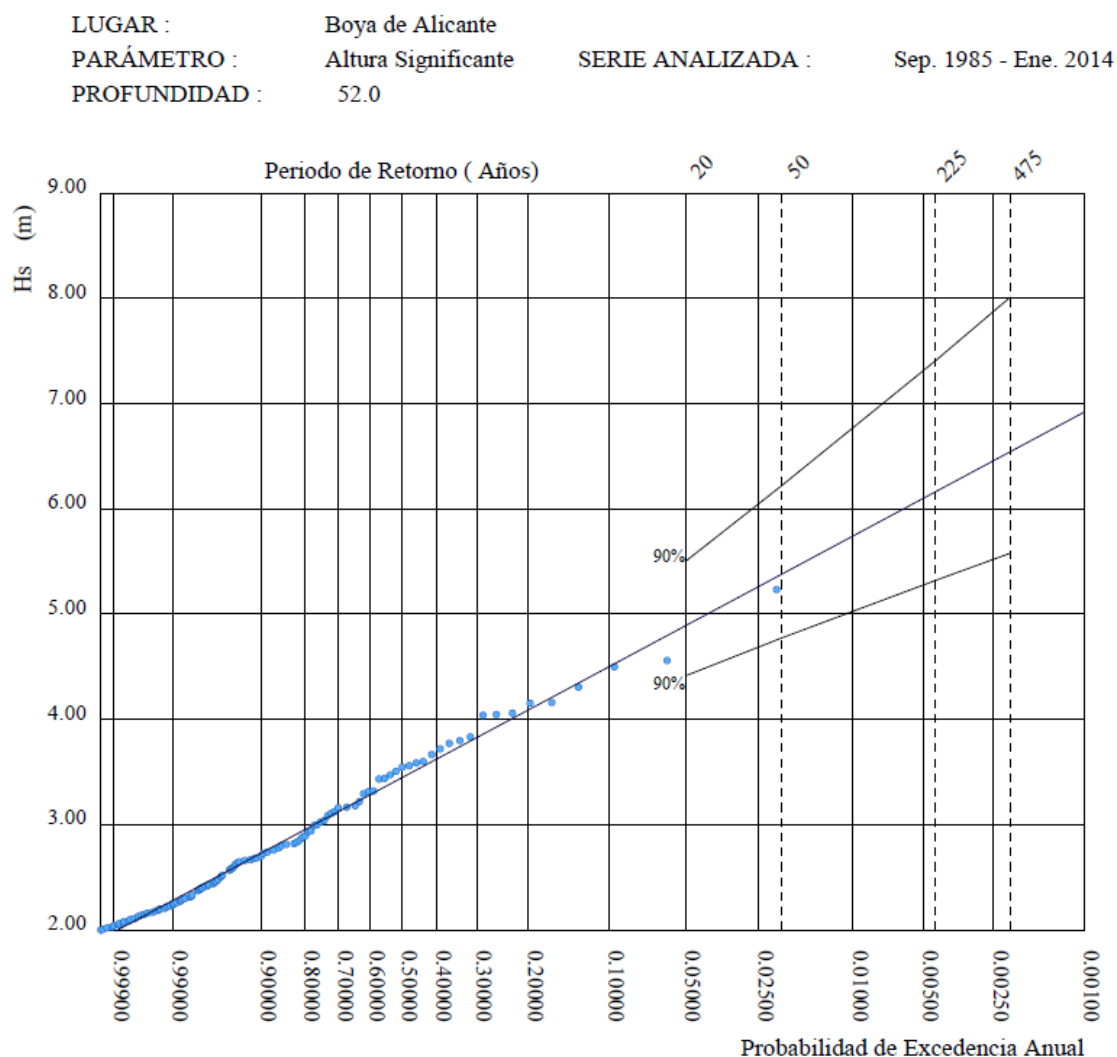


Gráfico 2. Relación entre el periodo de retorno y la altura de ola significativa. (Fuente: www.puertos.es)

Se presentan también los valores de altura significativa y periodos de pico para diferentes periodos de retorno.

P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de Hs (m)	4.89	5.38	6.17	6.55
Banda Sup. 90% Hs	5.50	6.22	7.41	8.01
Valor Esperado de Tp (s)	10.46	10.96	11.71	12.05
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

Umbral de Excedencia	2.00 (m)	Parametros de la	Alfa = 1.91
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 0.71
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	7.47	de Excedencias	Gamma = 1.12

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 4.83 H_s^{0.49}$$

Para una banda de confianza del 90% y un periodo de retoro de 250 años (tal y como se calculó en el Anexo IV), se obtiene una altura de ola significativa de $H_s = 7,7$ metros.

5.1.3 Periodo pico del oleaje

El periodo pico del oleaje se puede obtener a partir de la fórmula que facilita el informe de “Extremos Máximos de Oleaje por direcciones” de la Boya de Alicante, con el dato obtenido anteriormente de altura de ola significativa.

$$T_p = 4,83 \cdot H_s^{0,49}$$

Por tanto, se obtiene un periodo de oleaje pico $T_p = 13,13$ segundos.

5.2 Régimen medio

5.2.1 Altura de ola significativa

Para los cálculos relativos al régimen medio se han empleado los datos proporcionados por la Boya de Alicante. Se estudiarán las direcciones NE, E, ESE, S y SSW tal y como se ha mencionado en el apartado 5.1.1, por ser las direcciones de oleaje más frecuentes.

Las gráficas siguientes relacionan la altura de ola significativa con la probabilidad de no excedencia para las direcciones mencionadas anteriormente. En todas ellas se asumirá una probabilidad de no excedencia del 99%.

NE

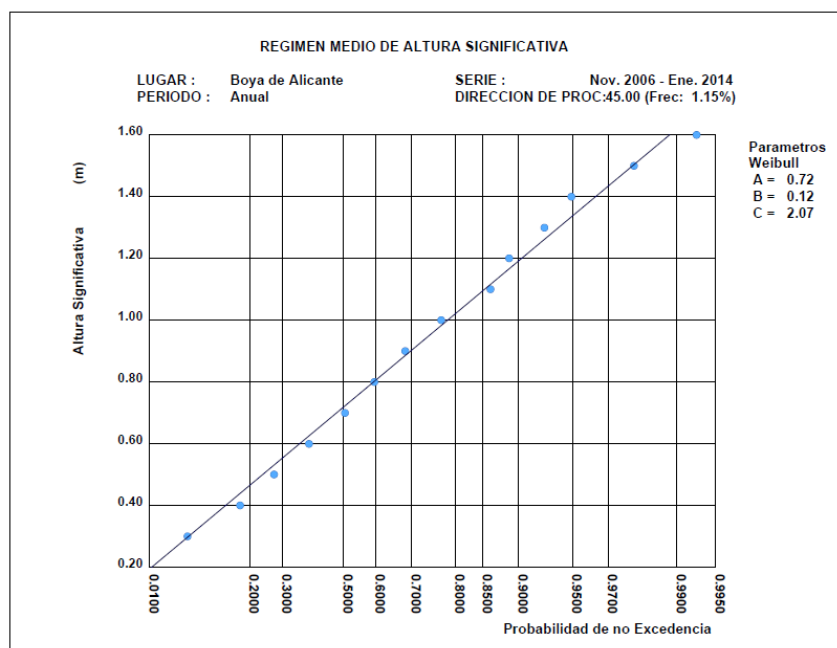


Gráfico 3. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección NE.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección NE se obtiene una altura significativa de ola de 1,60 metros.

ENE

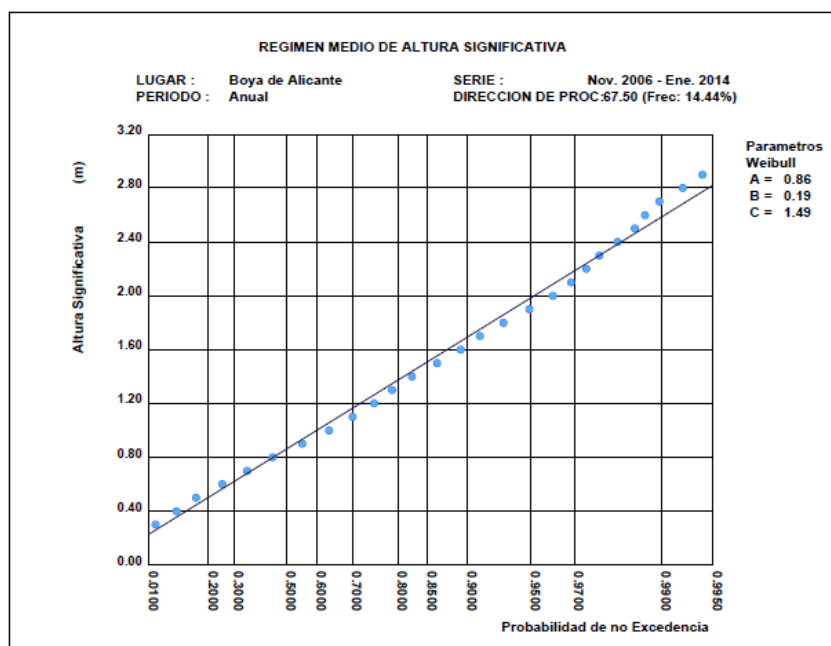


Gráfico 4. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección ENE.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección ENE se obtiene una altura significativa de ola de 2,60 metros.

E

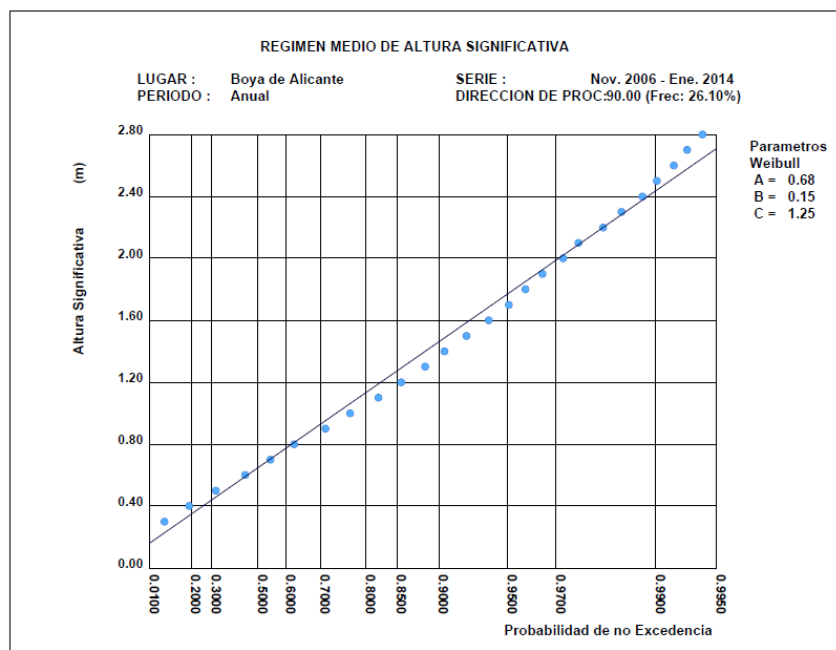


Gráfico 5. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección E.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección E se obtiene una altura significativa de ola de 2,40 metros.

ESE

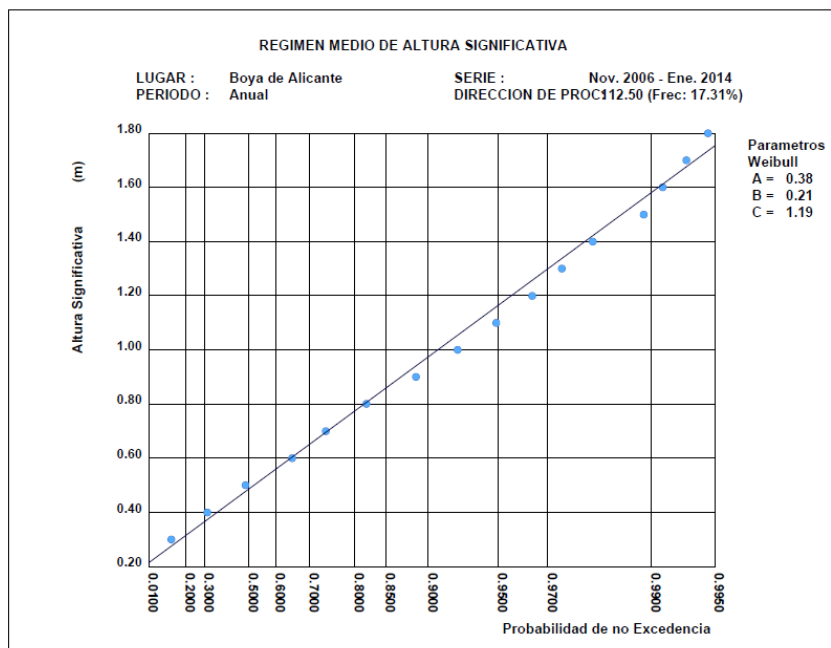


Gráfico 6. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección ESE.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección ESE se obtiene una altura significativa de ola de 1,60 metros.

S

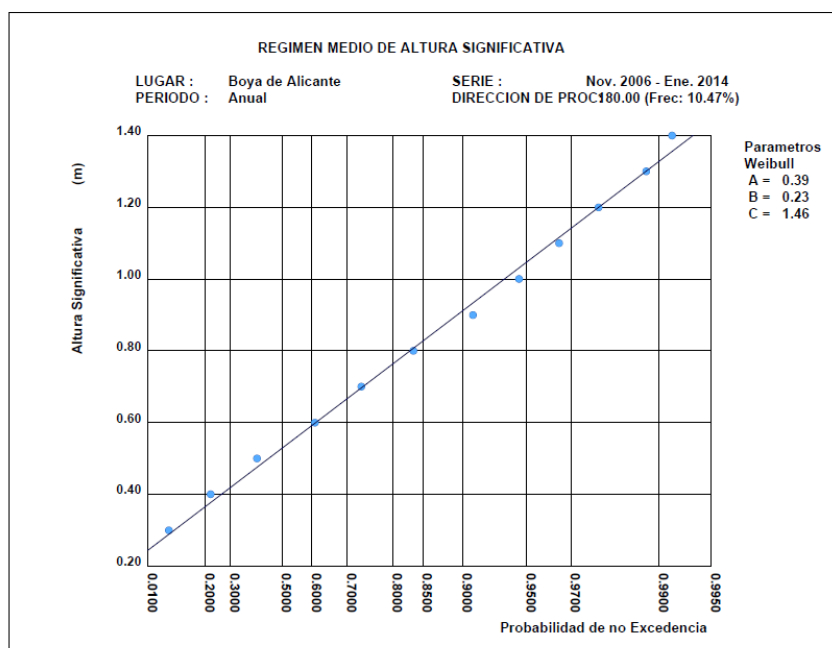


Gráfico 7. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección S.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección S se obtiene una altura significativa de ola de 1,35 metros.

SSW

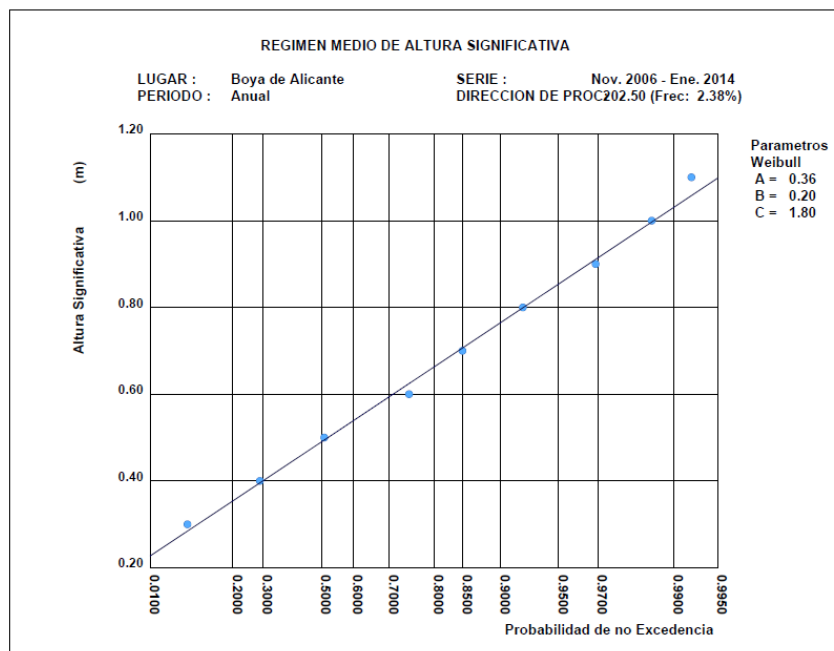


Gráfico 8. Relación entre la altura de ola significativa y la probabilidad de no excedencia. Dirección SSW.
(Fuente: www.puertos.es)

Para la dirección SSW se obtiene una altura significativa de ola de 1,05 metros.

En la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos para cada dirección.

Dirección	H _s (m)
NE	1,60
ENE	2,60
E	2,40
ESE	1,60
S	1,35
SSW	1,05

Tabla 7. Altura de ola significativa para las direcciones de oleaje predominantes. (Fuente: Elaboración propia)

5.2.2 Periodo pico del oleaje

El informe para régimen extremal de la Boya de Alicante establece la siguiente fórmula para el cálculo del periodo pico de oleaje.

$$T_p = 4,83 \cdot H_s^{0,49}$$

Por tanto, para cada altura significativa de ola se obtienen los siguientes periodos picos:

Dirección	H _s (m)	T _p (s)
NE	1,60	4,35
ENE	2,60	7,07
E	2,40	6,53
ESE	1,60	4,35
S	1,35	3,67
SSW	1,05	2,85

Tabla 8. Periodo pico para cada altura de ola significativa. (Fuente: Elaboración propia)

Todavía no se pueden sacar conclusiones hasta que no se propague el oleaje a la zona del Puerto Deportivo de Altea, ya que en la propagación del oleaje se tiene en cuenta el asomeramiento, la difracción y la altura de ola significativa corregida que llega al puerto.

6. Propagación del oleaje

Los estudios de propagación del oleaje permiten conocer las modificaciones de la altura de ola significativa desde aguas profundas hasta el emplazamiento del punto de medida considerado.

6.1 Régimen extremal

La ola de cálculo necesaria para el diseño de la ampliación del dique es la altura de la ola significativa corregida al pie de la obra de abrigo.

Si el dique está en aguas reducidas, la rotura del oleaje es por fondo, es decir, se produce antes de llegar al dique, y el diseño se realiza para una ola de cálculo independiente del temporal. Por otro lado, si el dique está en aguas profundas, las olas rompen al chocar contra el dique y la ola de diseño es H_{sd} .

Para comprobar en qué situación de rotura de oleaje se encuentra el dique, se comprueba la profundidad a la que se produce la rotura de fondo:

$$d = \frac{H_s}{0,8} = \frac{7,7}{0,8} = 9,625 \text{ metros}$$

Se verifica que como el puerto puede llegar como máximo a la profundidad de 9 metros aproximadamente nos encontramos con que la situación de rotura del oleaje es por fondo. A continuación, se deberá obtener la altura de ola en profundidades definidas y tener en cuenta la refracción y el asomeramiento.

La propagación del oleaje se realiza utilizando una hoja de cálculo Excel, donde se han introducido las expresiones de Airy.

En la siguiente figura se muestran los ángulos α que forman las direcciones del oleaje con la perpendicular a la dirección de la línea de costa.

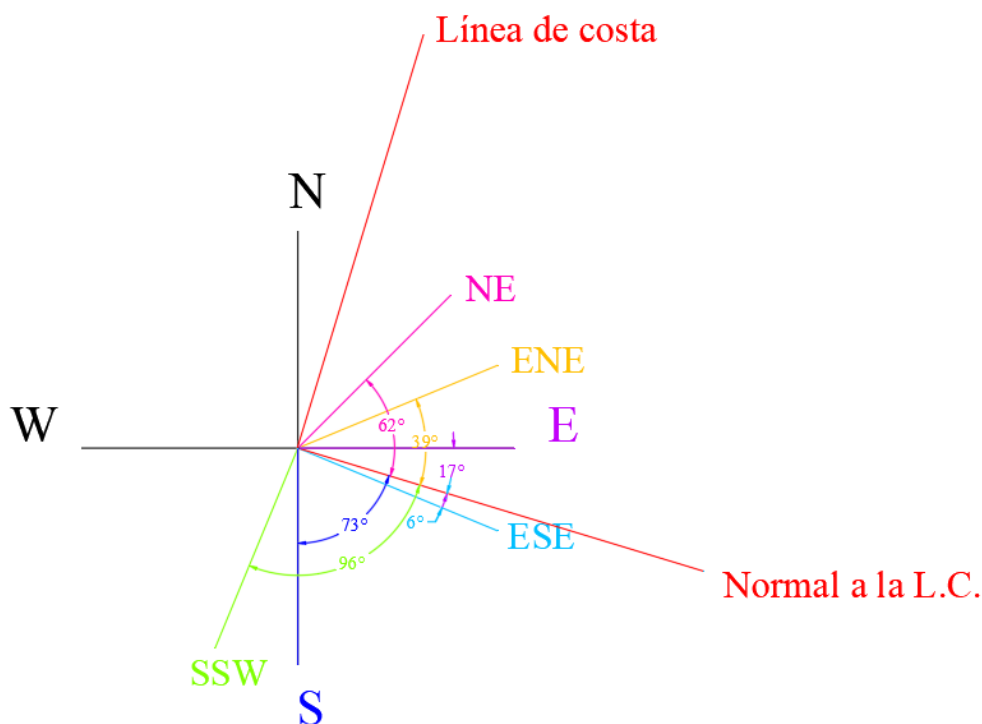


Figura 22. Ángulos de incidencia del oleaje. (Fuente: elaboración propia)

En este se introducen los parámetros iniciales siguientes:

⇒ NE

- $H_s = 7,7 \text{ m}$
- $T_p = 13,13 \text{ s}$
- $\alpha = 62^\circ$
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACIÓN OLAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gT^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	NE									
13.13	62	7.7										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_p=1.56 \times T^2=$	269	269	metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_p > L_o / 2 =$	134		metros	- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
Celeridad y celeridad de grupo												
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 1.56T$			C_0 (m/seg)									
			20.48									
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$			C_{g0} (m/seg)									
			10.24									
$\frac{d}{L_p} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$												
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2π d/L)	d/L	L	Dispersion	$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen \left(\frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
10	0.04	0.04	0.464	0.080	125	0.000	9.51	8.79	24.20	1.08	0.72	5.96
9	0.03	0.03	0.442	0.076	119	0.000	9.06	8.44	22.99	1.10	0.71	6.06
8	0.03	0.03	0.419	0.071	113	0.000	8.58	8.06	21.69	1.13	0.71	6.17
7	0.03	0.03	0.393	0.066	106	0.000	8.05	7.62	20.31	1.16	0.71	6.31
6	0.02	0.02	0.365	0.061	98	0.000	7.49	7.14	18.83	1.20	0.70	6.49
5	0.02	0.02	0.335	0.055	90	0.000	6.86	6.60	17.20	1.25	0.70	6.72
4	0.01	0.01	0.301	0.049	81	0.000	6.16	5.97	15.40	1.31	0.70	7.04
3	0.01	0.01	0.262	0.043	70.4	0.000	5.36	5.23	13.35	1.40	0.69	7.48
2	0.01	0.01	0.214	0.035	57.7	0.000	4.39	4.32	10.91	1.54	0.69	8.19
1	0.00	0.00	0.152	0.024	41.0	0.000	3.12	3.09	7.72	1.82	0.69	9.64

Tabla 9. Altura de ola significativa corregida. Dirección NE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ ENE

- Hs = 7,7 m
- T_p = 13,13 s
- α = 32°
- Profundidad = 9 m

CALCULO PROPAGACION OLAJE														
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gt^2/2\pi TH(2\pi d/L)$										
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	ENE											
13.13	32	7.7												
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.										
$L_p= 1,56 \times T^2=$				269	269	metros								
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.										
$d_s > L_o /2 =$				134		metros								
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.										
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$						C ₀ (m/seg)								
						20.48								
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$						C _{g0} (m/seg)								
						10.24								
$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$						$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$		$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$		$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0\right)$		$K_s = \sqrt{\frac{C_{g_0}}{C_{g_1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}}$	H (m)
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion								
10	0.04	0.04	0.464	0.080	125	0.000	9.51	8.79	14.24	1.08	0.94		7.77	
9	0.03	0.03	0.442	0.076	119	0.000	9.06	8.44	13.55	1.10	0.93		7.92	
8	0.03	0.03	0.419	0.071	113	0.000	8.58	8.06	12.82	1.13	0.93		8.10	
7	0.03	0.03	0.393	0.066	106	0.000	8.05	7.62	12.03	1.16	0.93		8.31	
6	0.02	0.02	0.365	0.061	98	0.000	7.49	7.14	11.17	1.20	0.93		8.57	
5	0.02	0.02	0.335	0.055	90	0.000	6.86	6.60	10.22	1.25	0.93		8.90	
4	0.01	0.01	0.301	0.049	81	0.000	6.16	5.97	9.17	1.31	0.93		9.35	
3	0.01	0.01	0.262	0.043	70.4	0.000	5.36	5.23	7.97	1.40	0.93		9.97	
2	0.01	0.01	0.214	0.035	57.7	0.000	4.39	4.32	6.52	1.54	0.92		10.95	
1	0.00	0.00	0.152	0.024	41.0	0.000	3.12	3.09	4.63	1.82	0.92		12.92	

Tabla 10. Altura de ola significativa corregida. Dirección ENE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ E

- Hs = 7,7 m
- T_p = 13,13 s
- α = 17°
- Profundidad = 9 m

CALCULO PROPAGACION OLAJE												
Características del oleaje					Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gt/2\pi TH(2\pi d/L)$							
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	E									
13.13	17	7.7										
Longitud de onda en aguas profundas					- Se utilizan las expresiones de Airy.							
$L_p=1,56 \times T^2=$					269	269	metros					
Comprobación aguas profundas					- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.							
$d_s > L_o/2 =$					134		metros					
Celeridad y celeridad de grupo					- A continuación la tabla da las alturas de ola.							
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$					C ₀ (m/seg)							
					20.48							
$C_{g0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$					C _{g0} (m/seg)							
					10.24							

$\frac{d}{L_s} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$							$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi \frac{d}{L}}{\sinh(4\pi \frac{d}{L})} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion						
10	0.04	0.04	0.464	0.080	125	0.000	9.51	8.79	7.80	1.08	0.98	8.16
9	0.03	0.03	0.442	0.076	119	0.000	9.06	8.44	7.43	1.10	0.98	8.33
8	0.03	0.03	0.419	0.071	113	0.000	8.58	8.06	7.03	1.13	0.98	8.52
7	0.03	0.03	0.393	0.066	106	0.000	8.05	7.62	6.60	1.16	0.98	8.76
6	0.02	0.02	0.365	0.061	98	0.000	7.49	7.14	6.13	1.20	0.98	9.04
5	0.02	0.02	0.335	0.055	90	0.000	6.86	6.60	5.62	1.25	0.98	9.40
4	0.01	0.01	0.301	0.049	81	0.000	6.16	5.97	5.05	1.31	0.98	9.88
3	0.01	0.01	0.262	0.043	70.4	0.000	5.36	5.23	4.39	1.40	0.98	10.55
2	0.01	0.01	0.214	0.035	57.7	0.000	4.39	4.32	3.59	1.54	0.98	11.60
1	0.00	0.00	0.152	0.024	41.0	0.000	3.12	3.09	2.55	1.82	0.98	13.71

Tabla 11. Altura de ola significativa corregida. Dirección E. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ ESE

- $H_s = 7,7 \text{ m}$
- $T_p = 13,13 \text{ s}$
- $\alpha = 6^\circ$
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACIÓN OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gT^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	ESE									
13.13	6	7.7										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_p=1,56 \times T^2=$	269	269	metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_p > L_0/2 =$	134		metros	- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
Celeridad y celeridad de grupo												
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 156T$			$C_0(\text{m/seg})$									
			20.48									
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$			$C_{g_0}(\text{m/seg})$									
			10.24									
$\frac{d}{L_p} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$							$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0^0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g_0}}{C_{g_1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}}$	H (m)
d	d/L _p	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion						
10	0.04	0.04	0.464	0.080	125	0.000	9.51	8.79	2.78	1.08	1.00	8.29
9	0.03	0.03	0.442	0.076	119	0.000	9.06	8.44	2.65	1.10	1.00	8.46
8	0.03	0.03	0.419	0.071	113	0.000	8.58	8.06	2.51	1.13	1.00	8.66
7	0.03	0.03	0.393	0.066	106	0.000	8.05	7.62	2.36	1.16	1.00	8.90
6	0.02	0.02	0.365	0.061	98	0.000	7.49	7.14	2.19	1.20	1.00	9.20
5	0.02	0.02	0.335	0.055	90	0.000	6.86	6.60	2.01	1.25	1.00	9.57
4	0.01	0.01	0.301	0.049	81	0.000	6.16	5.97	1.80	1.31	1.00	10.06
3	0.01	0.01	0.262	0.043	70.4	0.000	5.36	5.23	1.57	1.40	1.00	10.74
2	0.01	0.01	0.214	0.035	57.7	0.000	4.39	4.32	1.28	1.54	1.00	11.82
1	0.00	0.00	0.152	0.024	41.0	0.000	3.12	3.09	0.91	1.82	1.00	13.97

Tabla 12. Altura de ola significativa corregida. Dirección ESE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ S

- $H_s = 7,7 \text{ m}$
- $T_p = 13,13 \text{ s}$
- $\alpha = 73^\circ$
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACIÓN OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gT^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	S									
13.13	73	7.7										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_0=1,56 \times T^2=$	269	269	metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_p > L_0 /2 =$	134		metros	- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
Celeridad y celeridad de grupo												
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 156T$			$C_0(\text{m/seg})$									
			20.48									
$C_{g0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$			$C_{g0}(\text{m/seg})$									
			10.24									
$\frac{d}{L_p} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \Rightarrow$							$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi \frac{d}{L}}{\sinh\left(4\pi \frac{d}{L}\right)} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0^0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}}$	H (m)
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion						
10	0.04	0.04	0.464	0.080	125	0.000	9.51	8.79	26.36	1.08	0.57	4.75
9	0.03	0.03	0.442	0.076	119	0.000	9.06	8.44	25.02	1.10	0.57	4.82
8	0.03	0.03	0.419	0.071	113	0.000	8.58	8.06	23.60	1.13	0.56	4.90
7	0.03	0.03	0.393	0.066	106	0.000	8.05	7.62	22.09	1.16	0.56	5.01
6	0.02	0.02	0.365	0.061	98	0.000	7.49	7.14	20.46	1.20	0.56	5.15
5	0.02	0.02	0.335	0.055	90	0.000	6.86	6.60	18.68	1.25	0.56	5.33
4	0.01	0.01	0.301	0.049	81	0.000	6.16	5.97	16.72	1.31	0.55	5.57
3	0.01	0.01	0.262	0.043	70.4	0.000	5.36	5.23	14.48	1.40	0.55	5.92
2	0.01	0.01	0.214	0.035	57.7	0.000	4.39	4.32	11.83	1.54	0.55	6.48
1	0.00	0.00	0.152	0.024	41.0	0.000	3.12	3.09	8.37	1.82	0.54	7.62

Tabla 13. Altura de ola significativa corregida. Dirección S. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ SSW

- $H_s = 7,7 \text{ m}$
- $T_p = 13,13 \text{ s}$
- $\alpha = 96^\circ$
- Profundidad = 9 m

Desde este ángulo no se obtiene ningún valor para la altura de ola significativa corregida puesto que el ángulo de incidencia es mayor a 90° y el coeficiente de refracción da como resultado una raíz cuadrada negativa, por lo que no existe.

Como conclusión, puede afirmarse que la altura de ola significativa corregida es diferente para cada una de las direcciones. No obstante, todas ellas están por debajo de los 9,6 m obtenidos al comprobar en qué situación de rotura de oleaje se encontraba el dique, produciéndose así la rotura de ola por fondo.

6.2 Régimen medio

Para calcular la propagación del oleaje para régimen medio se procede de la misma manera que en el régimen extremal.

En este se introducen los parámetros iniciales siguientes:

⇒ NE

- $H_s = 1,60 \text{ m}$
- $T_p = 4,35 \text{ s}$
- $\alpha = 62^\circ$
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACIÓN OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gt^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	NE									
4.35	62	1.6										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_0=1,56 \times T^2=$				30	30	metros						
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_0 > L_0 /2 =$				15		metros						
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$				$C_0(\text{m/seg})$								
				6.79								
$C_{g0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$				$C_{g0}(\text{m/seg})$								
				3.39								
$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$							$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi \frac{d}{L}}{\sinh(4\pi \frac{d}{L})} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion						
10	0.34	0.34	0.975	0.347	29	0.000	6.62	3.68	59.40	0.96	0.96	1.48
9	0.30	0.30	0.963	0.316	28	0.000	6.54	3.76	58.25	0.95	0.94	1.44
8	0.27	0.27	0.947	0.286	28	-0.001	6.42	3.85	56.69	0.94	0.92	1.39
7	0.24	0.24	0.923	0.257	27	0.001	6.27	3.94	54.62	0.93	0.90	1.34
6	0.20	0.20	0.892	0.228	26	0.001	6.05	4.02	51.95	0.92	0.87	1.28
5	0.17	0.17	0.849	0.199	25	0.000	5.76	4.07	48.56	0.91	0.84	1.23
4	0.14	0.14	0.791	0.171	23	0.000	5.37	4.05	44.32	0.92	0.81	1.19
3	0.10	0.10	0.713	0.142	21.1	-0.001	4.84	3.91	39.05	0.93	0.78	1.16
2	0.07	0.07	0.606	0.112	17.9	0.000	4.11	3.56	32.33	0.98	0.75	1.16
1	0.03	0.03	0.445	0.076	13.1	0.000	3.02	2.81	23.12	1.10	0.71	1.26

Tabla 14. Altura de ola significativa corregida. Dirección NE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ ENE

- Hs = 2,60 m
- T_p = 7,07 s
- α = 32°
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACIÓN OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. L=gT ² /2πTH(2pid/L)								
T (seg)	α ₀ (°)	H(m)	ENE									
7.07	32	2.6										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
L ₀ = 1,56 x T ² =	78	78	metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
d ₀ > L ₀ /2 =	39		metros									
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
C ₀ = $\frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 1,56T$			C ₀ (m/seg)									
			11.03									
C _{g0} = nC ₀ = $\frac{1}{2}C_0$			C _{g0} (m/seg)									
			5.51									
$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$												
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion	$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen \left(\frac{C}{C_0} \text{sen} \alpha_0 \right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
10	0.13	0.13	0.777	0.165	61	0.000	8.57	6.55	24.30	0.92	0.96	2.30
9	0.12	0.12	0.748	0.154	58	0.000	8.25	6.48	23.35	0.92	0.96	2.31
8	0.10	0.10	0.716	0.143	56	0.000	7.90	6.37	22.30	0.93	0.96	2.32
7	0.09	0.09	0.680	0.132	53	0.000	7.50	6.21	21.12	0.94	0.95	2.34
6	0.08	0.08	0.639	0.120	50	0.000	7.05	5.99	19.79	0.96	0.95	2.37
5	0.06	0.06	0.592	0.108	46	0.000	6.53	5.70	18.27	0.98	0.95	2.42
4	0.05	0.05	0.537	0.095	42	0.000	5.92	5.32	16.53	1.02	0.94	2.49
3	0.04	0.04	0.472	0.082	36.8	0.000	5.20	4.80	14.47	1.07	0.94	2.61
2	0.03	0.03	0.390	0.066	30.5	0.000	4.31	4.08	11.94	1.16	0.93	2.81
1	0.01	0.01	0.280	0.046	21.8	0.000	3.09	3.01	8.53	1.35	0.93	3.26

Tabla 15. Altura de ola significativa corregida. Dirección ENE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ E

- Hs = 2,40 m
- T_p = 6,53 s
- α = 17°
- Profundidad = 9 m

CÁLCULO PROPAGACION OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gT^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	E									
6.53	17	2.4										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_0 = 1,56 \times T^2 =$		67	67 metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_0 > L_0 / 2 =$		33	metros									
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$			C_0 (m/seg)									
			10.19									
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$			C_{g0} (m/seg)									
			5.09									
$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$												
d	d/L ₀	(d/L ₀)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion	$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
10	0.15	0.15	0.819	0.183	55	0.000	8.34	6.11	13.85	0.91	0.99	2.18
9	0.14	0.14	0.791	0.171	53	0.000	8.06	6.08	13.37	0.92	0.99	2.18
8	0.12	0.12	0.759	0.158	51	-0.001	7.73	6.01	12.83	0.92	0.99	2.19
7	0.11	0.11	0.723	0.145	48	0.000	7.36	5.90	12.20	0.93	0.99	2.20
6	0.09	0.09	0.681	0.132	45	0.000	6.94	5.74	11.49	0.94	0.99	2.23
5	0.08	0.08	0.633	0.119	42	0.000	6.44	5.50	10.66	0.96	0.99	2.28
4	0.06	0.06	0.576	0.104	38	0.000	5.86	5.17	9.69	0.99	0.98	2.35
3	0.05	0.05	0.507	0.089	33.7	0.000	5.16	4.70	8.52	1.04	0.98	2.46
2	0.03	0.03	0.421	0.071	28.0	0.000	4.29	4.02	7.07	1.13	0.98	2.65
1	0.02	0.02	0.302	0.050	20.1	0.000	3.08	2.98	5.07	1.31	0.98	3.07

Tabla 16. Altura de ola significativa corregida. Dirección E. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ ESE

- $H_s = 1,60 \text{ m}$
- $T_p = 4,35 \text{ s}$
- $\alpha = 6^\circ$
- Profundidad = 9 m

CALCULO PROPAGACION OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gT/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	ESE									
4.35	6	1.6										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_p=1,56 \times T^2=$		30	30 metros									
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_s > L_o /2 =$		15	metros									
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$			$C_0(m/seg)$									
			6.79									
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$			$C_{g_0}(m/seg)$									
			3.39									
$\frac{d}{L_o} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$												
				$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \sin\alpha_0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g_0}}{C_{g_1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}}$			H (m)	
d	d/L _o	(d/L _o)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion						
10	0.34	0.34	0.975	0.347	29	0.000	6.62	3.68	5.85	0.96	1.00	1.54
9	0.30	0.30	0.963	0.316	28	0.000	6.54	3.76	5.78	0.95	1.00	1.52
8	0.27	0.27	0.947	0.286	28	-0.001	6.42	3.85	5.68	0.94	1.00	1.50
7	0.24	0.24	0.923	0.257	27	0.001	6.27	3.94	5.54	0.93	1.00	1.48
6	0.20	0.20	0.892	0.228	26	0.001	6.05	4.02	5.35	0.92	1.00	1.47
5	0.17	0.17	0.849	0.199	25	0.000	5.76	4.07	5.09	0.91	1.00	1.46
4	0.14	0.14	0.791	0.171	23	0.000	5.37	4.05	4.74	0.92	1.00	1.46
3	0.10	0.10	0.713	0.142	21.1	-0.001	4.84	3.91	4.28	0.93	1.00	1.49
2	0.07	0.07	0.606	0.112	17.9	0.000	4.11	3.56	3.63	0.98	1.00	1.56
1	0.03	0.03	0.445	0.076	13.1	0.000	3.02	2.81	2.66	1.10	1.00	1.75

Tabla 17. Altura de ola significativa corregida. Dirección ESE. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ S

- $H_s = 1,35 \text{ m}$
- $T_p = 3,67 \text{ s}$
- $\alpha = 73^\circ$
- Profundidad = 9 m

CALCULO PROPAGACION OLEAJE												
Características del oleaje				Con la hoja de cálculo podemos realizar el cálculo de los coeficientes de asomeramiento y refracción y con ello las características de los frentes de oleaje a medida que se van aproximando a la costa. $L=gt^2/2\pi TH(2\pi d/L)$								
T (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	H(m)	S									
3.67	73	1.35										
Longitud de onda en aguas profundas				- Se utilizan las expresiones de Airy.								
$L_o = 1,56 \times T^2 =$				21	21	metros						
Comprobación aguas profundas				- Se deben calcular las longitudes de onda del frente, para cada batimétrica, de forma manual con las herramientas de excel.								
$d_o > L_o / 2 =$				11	metros							
Celeridad y celeridad de grupo				- A continuación la tabla da las alturas de ola.								
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9,8T}{2\pi} = 1,56T$				$C_0(m/seg)$								
				5.73								
$C_{g_0} = nC_0 = \frac{1}{2}C_0$				$C_{g_0}(m/seg)$								
				2.86								
$\frac{d}{L_o} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \Rightarrow$												
d	d/L _o	(d/L _o)	th(2πd/L)	d/L	L	Dispersion	$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$\alpha = \arcsen\left(\frac{C}{C_0} \text{sen}\alpha_0\right)$	$K_s = \sqrt{\frac{C_{g_0}}{C_{g_1}}}$	$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$	H (m)
10	0.48	0.48	0.995	0.478	21	0.000	5.70	2.93	72.10	0.99	0.98	1.30
9	0.43	0.43	0.991	0.432	21	0.000	5.68	2.97	71.43	0.98	0.96	1.27
8	0.38	0.38	0.985	0.386	21	0.000	5.64	3.03	70.31	0.97	0.93	1.22
7	0.33	0.33	0.973	0.342	20	0.000	5.57	3.11	68.54	0.96	0.89	1.16
6	0.29	0.29	0.954	0.299	20	0.000	5.46	3.21	65.87	0.94	0.85	1.08
5	0.24	0.24	0.924	0.257	19	0.000	5.29	3.32	62.10	0.93	0.79	0.99
4	0.19	0.19	0.877	0.217	18	0.001	5.02	3.41	57.00	0.92	0.73	0.91
3	0.14	0.14	0.805	0.177	16.9	0.000	4.61	3.43	50.35	0.91	0.68	0.84
2	0.10	0.10	0.696	0.137	14.6	0.000	3.98	3.26	41.71	0.94	0.63	0.79
1	0.05	0.05	0.519	0.092	10.9	-0.001	2.97	2.69	29.77	1.03	0.58	0.81

Tabla 18. Altura de ola significativa corregida. Dirección S. (Fuente: Elaboración propia)

⇒ SSW

- $H_s = 1,05 \text{ m}$
- $T_p = 2,85 \text{ s}$
- $\alpha = 96^\circ$
- Profundidad = 9 m

Desde este ángulo no se obtiene ningún valor para la altura de ola significativa corregida puesto que el ángulo de incidencia es mayor a 90° y el coeficiente de refracción da como resultado una raíz cuadrada negativa, por lo que no existe.

Como conclusión, se observa que la altura de ola significativa procedente del régimen medio obtenido por la Boya de Alicante que llega al puerto desde las direcciones nombradas anteriormente (NE, ENE, E, ESE, S, SSW), según los cálculos para la metodología ROM y de los documentos proporcionados por la página web de Puertos del Estado coinciden en que la altura de ola significativa corregida no rompe en ninguna dirección.

La evaluación de los resultados para regímenes extremos permitirá determinar la orientación de la prolongación del dique si es necesaria y todas las características de dimensionamiento de la bocana.

7. Referencias

- ⇒ Puertos del Estado. Oceanografía, 2018. Disponible en: <http://www.puertos.es> [consultado 11.07.18]
- ⇒ Gobierno de España. Ministerio de Fomento. “ROM 0.3-91: Recomendación para Oleaje y Atlas de Clima Marítimo en el Litoral español”, 1991.
- ⇒ Gobierno de España. Ministerio de Fomento. “ROM 0.4-95 Recomendaciones de Obras Marítimas con Acciones climáticas II: Viento”, 1995.
- ⇒ Puertos del Estado. “Red de Mareógrafos de Puertos del Estado. Informe Anual 2016”, 2016. Disponible en: <http://www.puertos.es> [consultado 12.07.18]