

ANEJO Nº5:

**CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICA
LITORAL**

INDICE GENERAL

1. OBJETO.....	3
2. OLEAJE	3
3. REGIMEN DE VIENTOS.....	36
4. SEDIMENTOLOGIA.....	48
5. TRANSPORTE SOLIDO LITORAL.....	49

1. OBJETO

A pesar de aparentar que los límites entre mar y terreno son estáticos a lo largo del tiempo van sufriendo transformaciones, es decir son de carácter dinámico. Existen diversos agentes los cuales son actores o responsables de dichas modificaciones ya sea de forma directa o indirecta.

A lo largo de este anejo vamos a explicar cuáles son los principales agentes climáticos marinos que al final conforman y dan sentido a la dinámica litoral que se desarrolla en la zona en cuestión.

Los agentes climáticos marinos que vamos a tratar son:

- Oleaje.
- Variación nivel del mar.
- Corrientes.
- Vientos.

2. OLEAJE

2.1 INTRODUCCIÓN.

El oleaje es uno de los factores que más influyen sobre nuestra costa, en este apartado nos proponemos caracterizarlo para la zona donde se van a realizar las obras de regeneración del tramo de litoral en cuestión.

Para dicha caracterización nos vamos a servir de los datos que nos proporciona Puertos del Estado, y los modelos de predicción de oleaje. También para dicha caracterización en aguas profundas usaremos la información que recoge la recomendación "ROM 0.3-91.Acciones Climáticas I: Oleaje".

2.2 TIPOS DE OLEAJE.

Existen diferentes formas de obtención del oleaje, es por ello que se clasifica el oleaje en función de si su obtención es a través de registros instrumentales, de observaciones visuales o bien de deducciones a través de cálculos (fórmulas empíricas, espectros teóricos o mapas meteorológicos.)

A continuación se va a proceder a comentar cada uno de ellos.

2.2.1 Formulas Empíricas.

Es la forma de obtención de datos sobre oleaje más antigua que existe data del siglo XIX y relaciona la longitud de fetch con la altura de ola.

Más tarde aparecieron nuevas formulaciones que ya permitían relacionar la longitud de fetch con la longitud de onda de autoría conocida tales como Iribarren, Hawkesley entre otros...

2.2.2 Espectros teóricos.

Para desarrollar este método es necesario conocer ciertos datos llamados "inputs" serán los datos de entrada necesarios para poder obtener ciertos "outputs" que son de nuestro especial interés. Los datos de entrada suelen ser la anchura espectral, la altura de ola significativa y el periodo pico entre otros...

2.2.3 Mapas meteorológicos.

Esta es otra forma de deducir los datos sobre el oleaje a través de mapas meteorológicos y los datos de viento. Son denominados también comúnmente como "métodos de precisión de oleaje" ya que se suele usar con tal fin.

Destacar los primeros modelos de este tipo como fueron el de la ola significativa o el método gráfico de Wilson.

A día de hoy se han desarrollado nuevos modelos de tipo matemático que son utilizados por "Puertos del Estado" entre otros muchos organismos.

Existen también las observaciones como tal, la cual constituye el método más sencillo y antiguo con lo que es vulnerable a sufrir imprecisiones debido a que cada individuo tiene una percepción diferente sobre un mismo suceso.

Método el cual consiste en la toma de datos a través de la visión de un observador sobre el oleaje ya sea con o sin instrumentos para tal fin, y el observador puede ser fijo o móvil.

Otra forma de caracterizar el oleaje y por último son los registros instrumentales. Dichos registros se suelen realizar con sistemas de mediciones que pueden ser más o menos sofisticados y se pueden clasificar según el tipo de datos que van a registrar, tanto medidas escalares como direccionales.

Con todo ello estos datos son más precisos y se dispone de mucha más información, aunque también a costa de un aumento del coste por los equipos utilizados y por la necesidad de personal para su explotación.

2.3 RECOMENDACIÓN ROM 0.3-91

Con el fin de caracterizar el clima marítimo de la zona de actuación también hemos utilizado la ROM 0.3-91, es decir las recomendaciones para obras marítimas que tratan sobre el oleaje, el anejo 1.

Dicha recomendación establece a través de una zonificación de las diferentes áreas de la península, los datos necesarios a analizar para cualquier obra o infraestructura que se desee realizar en el litoral.

También comentar que dicha recomendación como tal, es una recomendación es decir hace énfasis en el hecho de ser datos orientativos para caracterizar la zona, aconseja complementarlos con más estudios a la hora de realizar la obra.

2.3.1 Zonificación.

Como se ha comentado anteriormente se divide la península en 10 áreas diferenciadas en función de su semejanza climática, configuración de la costa y del emplazamiento de las diferentes fuentes de información disponibles.

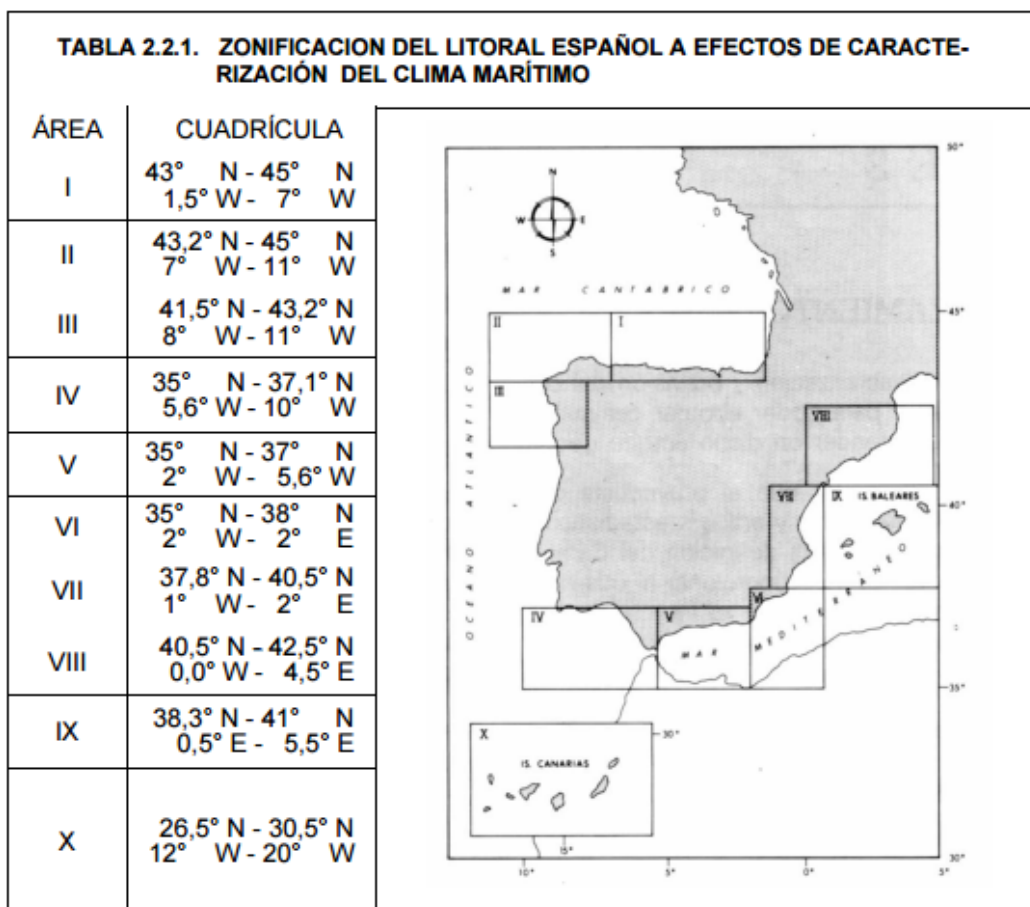


Figura 1: Zonificación clima marítimo

A través de la tabla 2.2.1 de la ROM 0.3-91 quedan definidas dichas zonas para las cuales se asume que las características de oleaje en aguas profundas son tan semejantes dentro de la misma área definida si están sometidas por un mismo oleaje.

Si lo referenciamos a nuestra área de estudio nos encontraríamos pues en el área llamada número VII de la tabla 2.2.1.

Para dicho área se nos proporciona unos datos o características de la zona en la tabla 2.4.1:

Área	Boya de medida	Coordenadas de situación	Profundidad de fondeo en BMVE (m)	Período de medida	Hs,t (m)
VII	Alicante	38º -15' N 0º - 25' W	50	1982- 1990	1
VII	Valencia I	39º 27' 05'' N 0º 17' 43'' W	21	1982 – 1990	1

A continuación se muestran dos imágenes que representa el litoral Valenciano y Alicantino correspondientes a dicha área VII.



Figura 2: Área VII

2.3.2 Metodología.

Para que quede constancia de la metodología utilizada en la determinación del oleaje se cita a continuación una parte que aparece en el epígrafe titulado metodología de determinación de la ROM 0.3-91, publicada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas.

La metodología utilizada se basa en el análisis estadístico de la información procedente de dos fuentes:

- Datos Visuales de Oleaje en aguas profundas con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, suministrada por el National Climatic Data Center de Asheville (Carolina del Norte, USA), que cubren todas las áreas definidas para la caracterización del Clima Marítimo del Litoral Español, y abarca todas las observaciones realizadas en el período comprendido entre 1950 y 1985.
- Datos Instrumentales Escalares de Oleaje registrados por las por las boyas de medida pertenecientes a la REMRO.

Analizando conjuntamente toda la información disponible procedente de ambas fuentes y teniendo en cuenta la utilidad práctica de los resultados, la definición del Clima Marítimo del Litoral Español se lleva a cabo obteniendo las siguientes relaciones de caracterización del oleaje en cada una de las áreas definidas y/o puntos de medición:

- Distribución conjunta Altura de Ola Visual/Dirección, en forma de Rosas de Oleaje. La agrupación se efectúa de forma independiente para los sucesos Sea y Swell, agrupando los datos en sectores de 22.5º de amplitud.
- Frecuencias de presentación sectoriales.
- Análisis Estadístico Unidimensional de la variable altura de ola significativa (a partir de datos instrumentales) o visual (a partir de datos visuales) para dos tipos de situaciones: o Regímenes Medios o Regímenes Extremales
- Análisis Estadístico Bidimensional altura de ola significativa/período medio, y período medio/período de pico, para condiciones de temporal.
- Análisis Estadístico Espectral orientado a la obtención de una estructura espectral escalar básica del oleaje, representativa del mismo para condiciones de temporal.

2.3.3 Atlas de clima marítimo en el litoral español.

Dicho atlas recoge todos los resultados anteriormente obtenidos de cada una de las zonas que se han delimitado, dichos resultados siguen un orden específico para un mejor entendimiento de cualquier lector así pues su organización es la siguiente:

- Cabecera: Características y localización de la información analizada.
- Cuadro A: Observaciones Visuales-Rosas de oleaje. Ofrece la distribución conjunta de altura, dirección y frecuencia de las olas en forma de Rosas de Oleaje. Se representa la información diferenciando entre el oleaje tipo Sea, el cual es el producido bajo la acción directa y continua del viento el cual genera olas con una altura, periodo, fase y dirección de propagación de tipo aleatorias e independientes, y por otra parte el oleaje tipo Swell, el cual aparece en zonas diferentes a donde se ha generado, agrupando los datos en sectores de 22,5ª de amplitud.
- Cuadro B : Observaciones Visuales-Regímenes Medios Direccionales. Frecuencias Sectoriales. Este cuadro ofrece las diferentes frecuencias de la altura de ola visual HV por los diferentes sectores direccionales.
- Cuadro C: Registros Instrumentales –Regímenes medios Escalares. Se trata de un análisis Estadístico unidimensional de la variable altura de ola significativa para una situación de Régimen Medio.
- Cuadro D: Registros Instrumentales-Regímenes Extrémale Escalares. Relación Altura/Dirección. Se trata de nuevo de un análisis estadístico unidimensional de la variable altura de la ola significativa para en este caso la situación extremal.
- Cuadro E: Registros Instrumentales-Correlaciones Altura de ola/Periodo para condiciones de temporal. Se trata de un análisis estadístico bidimensional de la altura de ola significativa/periodo medio, y de periodo medio/periodo pico, para condiciones de temporal.
- Cuadro F: Registros Instrumentales-Estructura Espectral Escalar Básica para las condiciones de temporal. Es un análisis estadístico espectral el cual pretende obtener la estructura espectral escalar básica del oleaje, la cual sea representativa del mismo para condiciones de temporal.

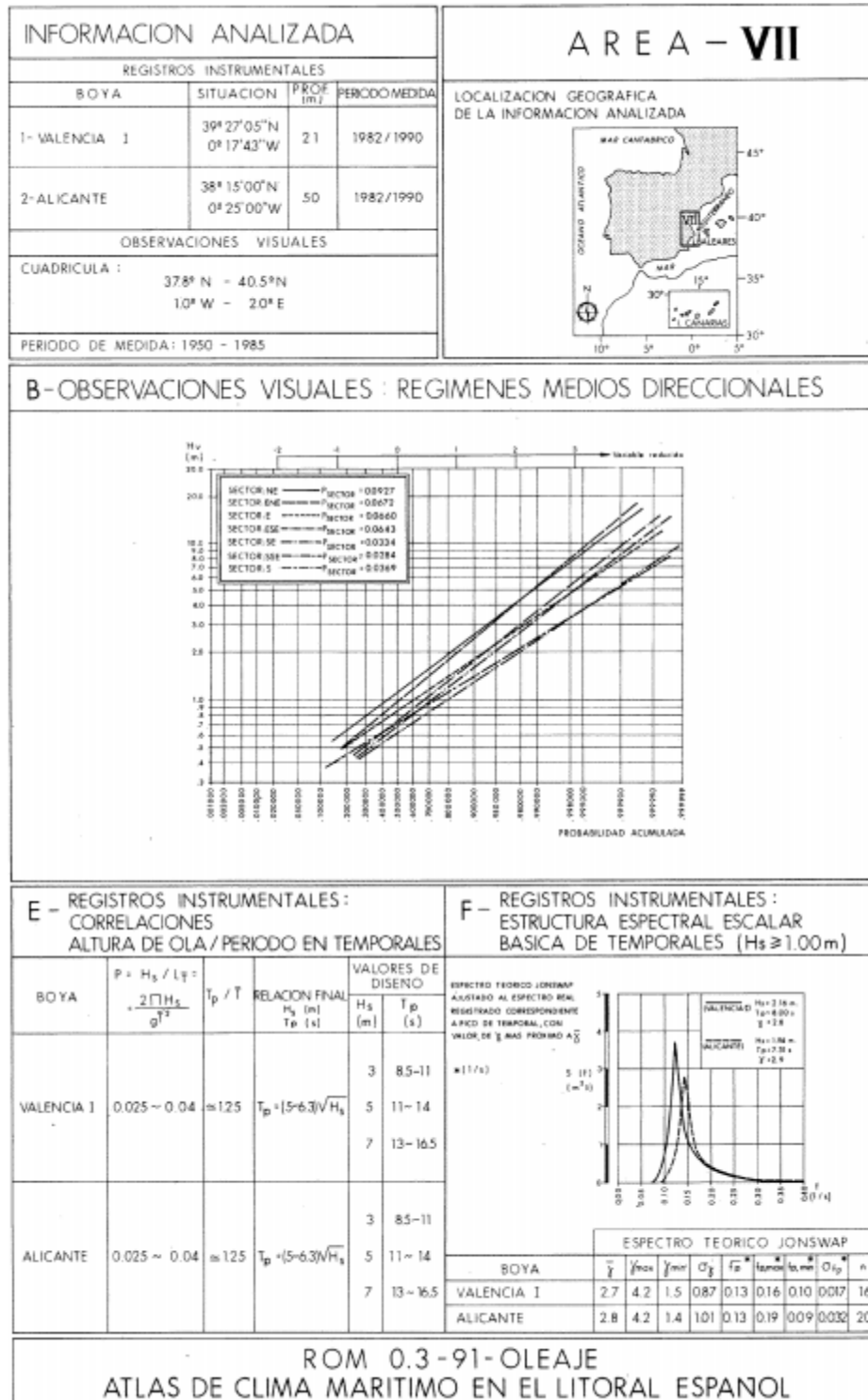


Figura 3: Atlas clima marítimo litoral español

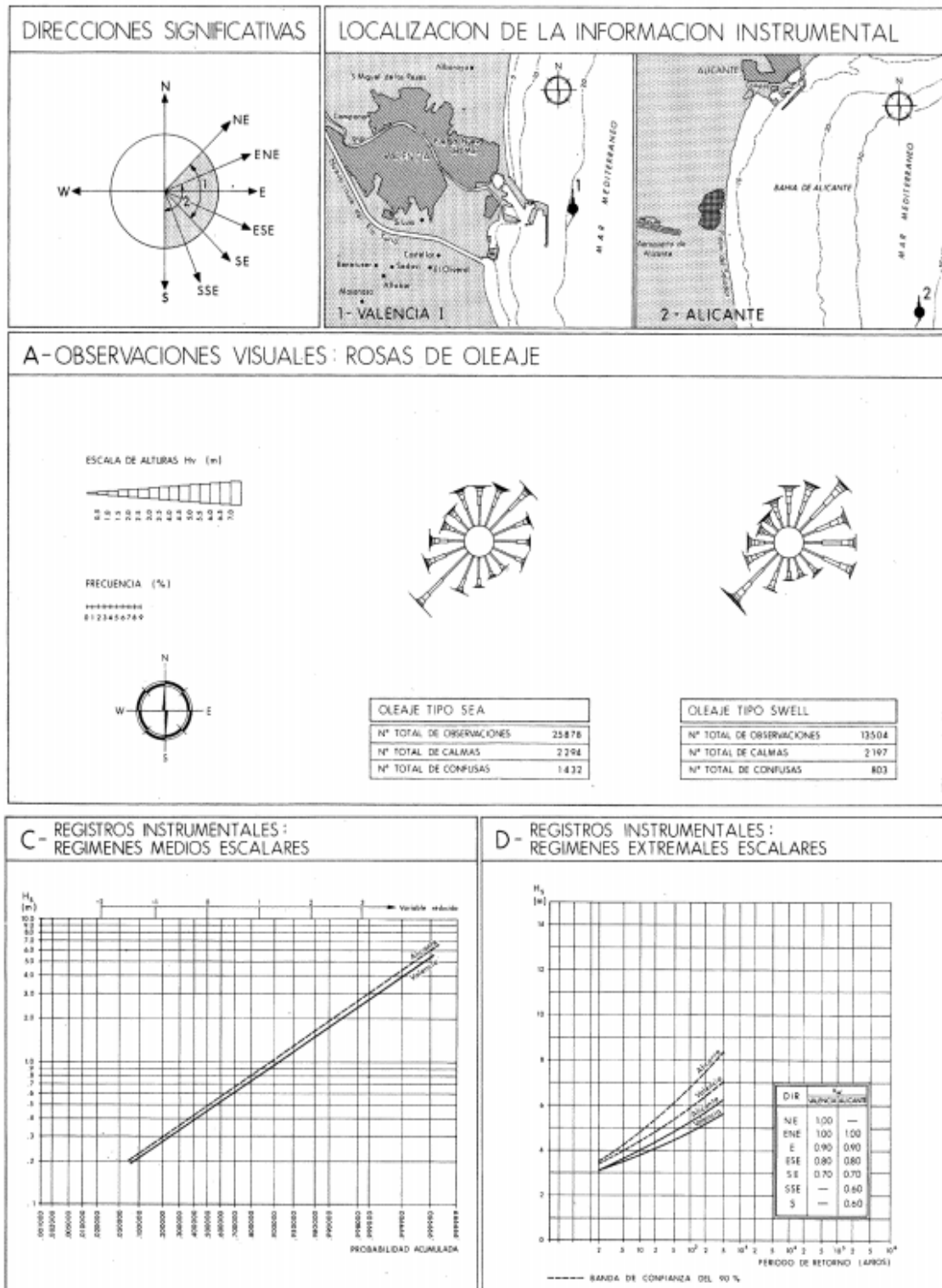


Figura 4: Datos generales

2.4 MEDIDAS PROPORCIONADAS POR PUERTOS DEL ESTADO

Existe un conjunto de redes de medidas de Puertos del Estado, las cuales proporcionan en tiempo real datos que sirven para caracterizar el oleaje de las aguas españolas.

Dicha organización la conforman 5 redes diferentes:

- Red de aguas profundas.
- Red costera.
- Red de correntómetros.
- Red de mareógrafos.
- Red de radares AF.

Empezando por la primera la red de aguas profundas está compuesta por 13 boyas Seawatch y 3 de tipo Wavescam. La instrumentación se sitúa en profundidades comprendidas entre los 200 y 800 metro, las cuales se encargan de obtener parámetro meteorológicos y oceanográficos.

La red costera como su nombre bien indica es la encargada de proporcionar datos respecto del oleaje en aguas poco profundas en tiempo real, básicamente sirve para complementar la información dada por la red de aguas profundas y están ubicadas en lugares de especial interés, como algunos puertos, por ejemplo. Está compuesta por boyas escalares y direccionales llamadas Wave-rider y otras solo direccionales llamadas Triaxis.

La red de correntómetros presenta como objetivo la obtención de medidas oceanográficas (ya sean corrientes, temperaturas, salinidad etc...) para complementar la anterior información y que se aun material más de ayuda a la interpretación de datos obtenidas por las boyas de la red exterior. Se compone de cadenas de correntómetros las cuales se ubican a unas profundidades ya establecidas

La red de mareógrafos REDMAR no ha cesado su funcionamiento desde 1992, año en el cual se instauró. Su labor es la de monitorizar los datos del nivel del mar en tiempo real y la generación de series históricas. Dicha red está formada por 8 mareógrafos acústicos Sonar, 5 mareógrafos de presión Aanderaa y 28 sonares radar Micros.

Finalmente comentar la creación en estos últimos tiempos de la red de radares de alta frecuencia, la cual permite la monitorización remota en tiempo real de oleajes y corrientes en una localización dada, como puede ser un área de centenas de kilómetros cuadrados a miles de ellos. Puesto que abarca grandes áreas ha sido necesaria la cooperación interinstitucional, contando a día de hoy con 2 instalaciones una en Galicia y la otra en Barcelona.

2.5 MODELOS DE PREDICCIÓN

Los modelos de predicción realizan datos simulados los cuales no proceden de ningún tipo de medida del entorno en el cual nos encontramos, son modelos numéricos que tienen como objetivo la generación de series temporales de parámetros como son el viento y el oleaje.

Se suelen utilizar los modelos de predicción SIMAR-44 y WANA.

2.5.1 Datos Wana.

Dichos datos son datos de diagnóstico o de análisis, proceden de los datos que proporciona los sistemas de predicción del estado de la mar que desarrollo puertos del estado junto con el INM.

Dichos datos son de gran utilidad debido a que cubren todo el litoral español y por otro lado predicen la dirección de los eventos cosa que el resto de medios no es capaz de realizar.

Al ser un modelo de predicción, es decir un modelo matemático necesita de un buen back up de información al estar el sistema solo operativo desde 1996 se recomienda siempre la utilización de los datos de boyas siempre que sea posible.

Tratando el caso que nos concierne hemos tomado datos del punto Wana 2046035 el más cercano a nuestra área de actuación.

2.5.2 Datos Simar.

El conjunto de datos SIMAR-44 está formado por series temporales de parámetros atmosféricos y oceanográficos procedentes de modelado numérico. Son, por tanto, datos simulados por ordenador y no proceden de medidas directas de la naturaleza.

Tienen su relevancia puesto que poseen una serie de datos muy extensa.

Para nuestro estudio es decir en la playa de la Garrofera se han utilizado los puntos Simar 2048036 de coordenadas longitud 0.0E y latitud 39.50N y también el 2046036 de coordenadas longitud -0.25E y latitud 39.50N.

2.6 CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE

A través de los métodos comentados anteriormente, durante esta parte del anejo vamos a ser capaces de caracterizar el oleaje que se da en la zona de actuación en función de diferentes parámetros.

Es importante saber que cuando se aborda o se realiza el estudio de una obra en el entorno de la costa es fundamental realizar el estudio del oleaje en las proximidades de dicha costa. Además habrá que realizarla en la aproximación a dicha costa ya que al disminuir la profundidad, el fondo del mar comienza a tener influencia en la dirección y longitud y altura de ola.

Es por ello que vamos a discernir entre régimen extremal y régimen medio, para el cual obviamente el régimen extremal será el más desfavorable para la realización de cualquier obra.

2.6.1 Régimen Extremal.

a) Dirección del oleaje.

Con el fin de conocer la dirección de nuestro oleaje la herramienta más idónea es lo que se conoce como las rosas de oleaje. Dichas rosas de oleaje muestran la distribución conjunta de altura de ola visual/dirección o la frecuencia de presentación de ola en cada sector direccional.

Las rosas de oleaje se dividen en 16 direcciones las cuales entre ellas existen 22,5°.

Es fundamental entender la relación existente entre el oleaje y el viento. El oleaje tipo SEA es el oleaje que se forma por la acción del viento de una forma continua, en cambio el oleaje SWELL es ese oleaje el cual se produce y propaga sin la acción significativa del viento. Si tomamos datos de la ROM observamos que para el oleaje tipo SEA los oleajes predominantes son NE seguido de ENE, E Y ESE siendo la altura de ola mayor la correspondiente a la dirección NE.

Para el oleaje tipo SWELL los oleajes que se producen con más frecuencia tienen misma procedencia que los de tipo SEA en cambio su altura de ola mayor se produce en todas las direcciones mencionadas anteriormente.

Debido a que los datos proporcionados son bastante antiguos datan de 1990, es de vital importancia recurrir a la información que proporciona Puertos del Estado. Puesto que requerimos de datos tanto en régimen medio como en régimen extremal necesitamos una boya la cual posea dichos datos, es por ello que hemos escogido la boya de Valencia.

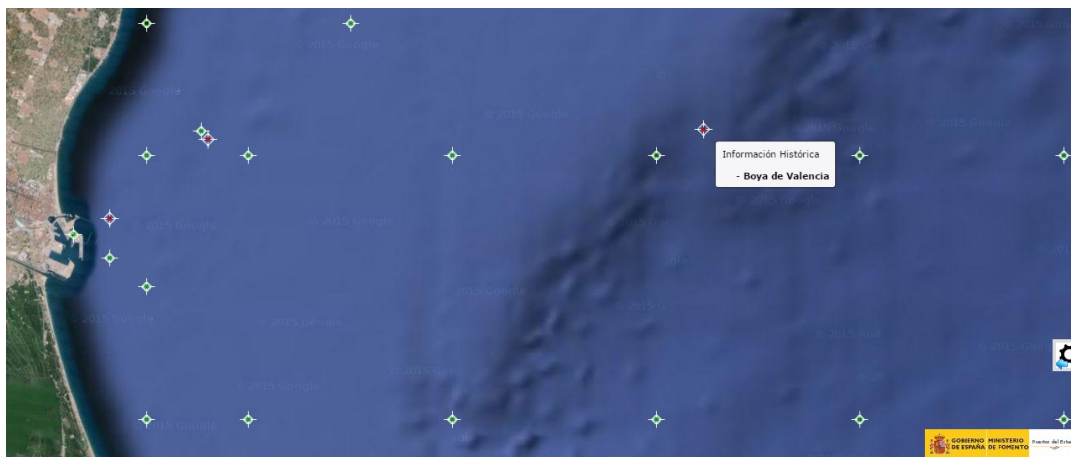


Figura 5: Boya de Valencia

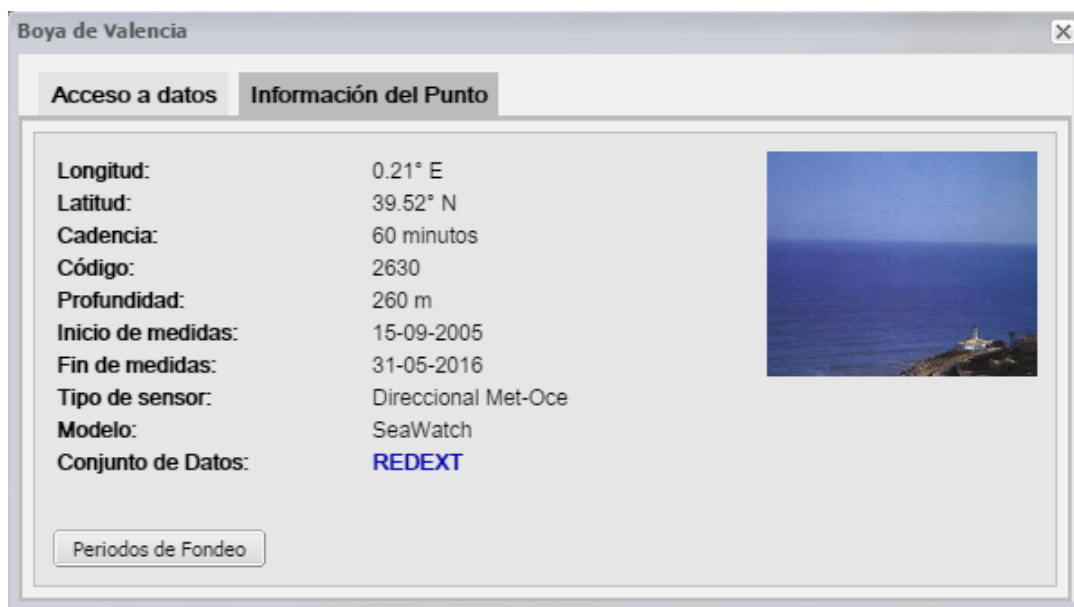


Figura 6: Boya de Valencia

A continuación vamos a mostrar los diferentes resultados que nos proporciona la boya en régimen extremal. Se dispone de una rosa de oleaje que muestra las direcciones dominantes de la altura de ola significativa, también encontraran una gráfica la cual relaciona la altura de ola con la probabilidad de excedencia.

LUGAR : Valencia
CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia
INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PERIODO : Global
SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Ago. 2014
PORCENTAJE DE CALMAS : 0.62 %

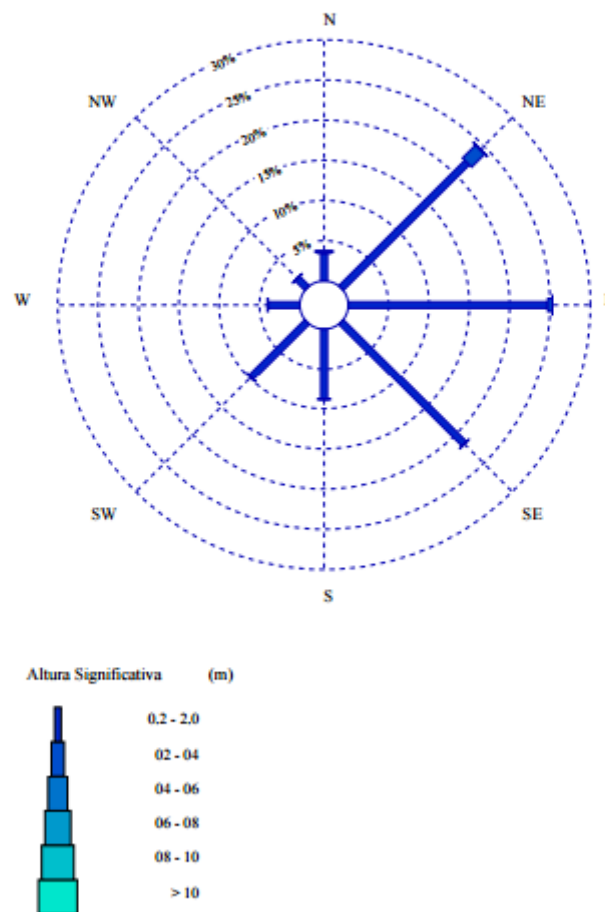


Figura 7: Rosa de Oleaje 1

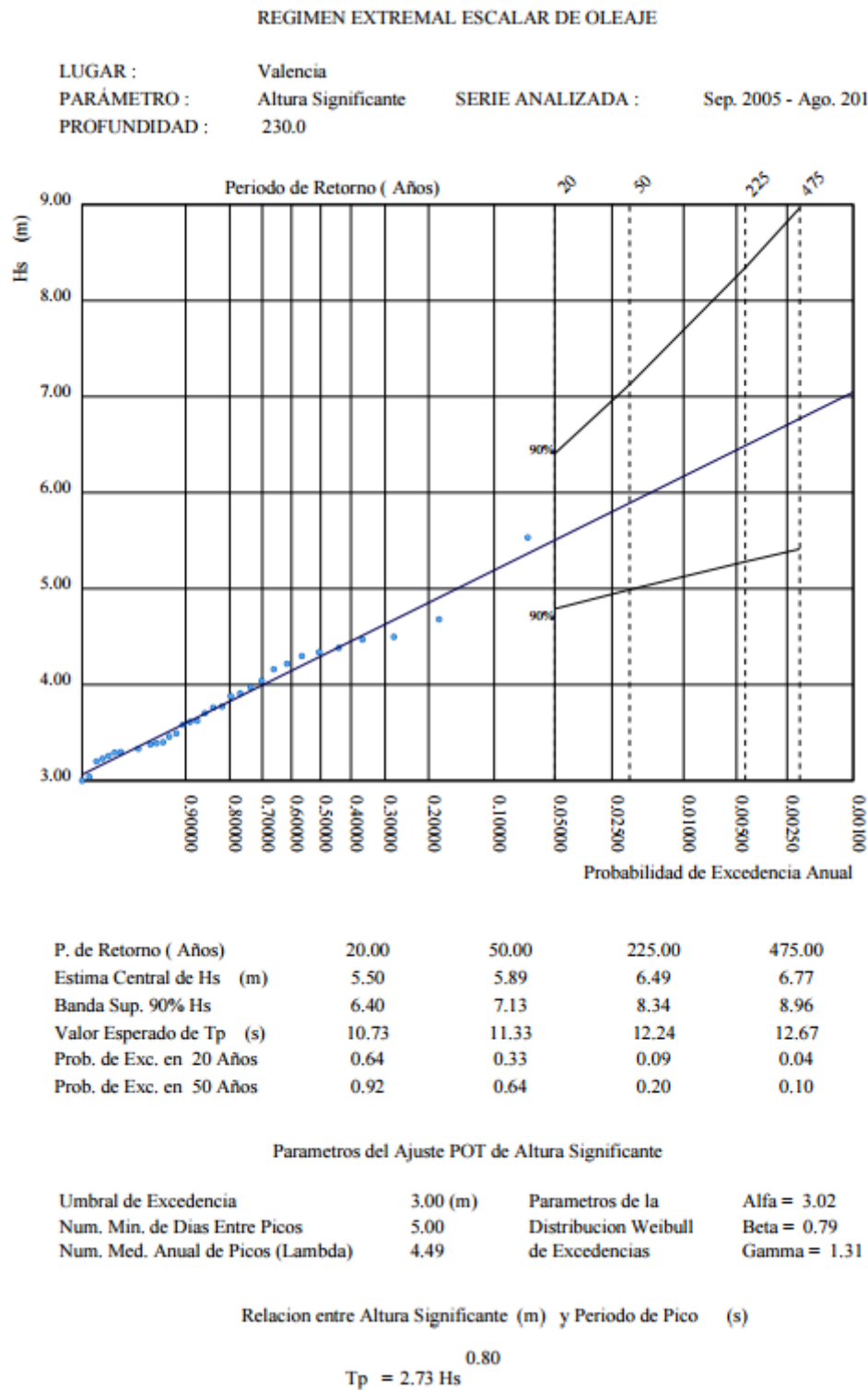


Figura 8: Régimen extremal

Se puede decir que en régimen extremal las alturas de olas mas grandes se producen con dirección NE seguido de E y de SE.

b) Periodos picos del oleaje.

Para la obtención de los periodos picos de oleaje, hemos obtenido a través de la página de puertos del estado la siguiente formula:

$$T_p = 2.73 H_s^{0.80}$$

Como se puede apreciar dicha fórmula depende de un coeficiente llamado H_s el cual es la altura de ola significativa que vamos a desarrollar en el siguiente apartado.

c) Altura de ola significativa.

Para realizar este apartado tratando sobre la altura de ola significativa nos vamos a referenciar a la ROM0.3-91, donde hemos extraído la siguiente grafica que relaciona el periodo de retorno con la altura de ola significativa, la cual corresponde al cuadro D, Registros instrumentales: Regímenes Extremales Escalares.

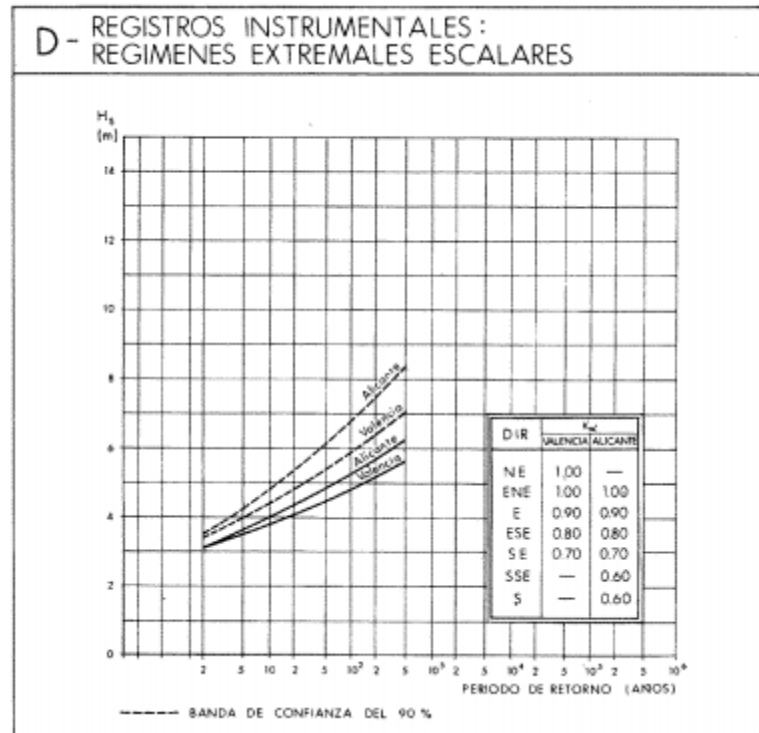


Figura 9: Registros instrumentales

Para un periodo de retorno de 71 años, que es el asociado a la vida útil de 25 años de las estructuras que proyectaremos, el valor de la altura de ola significativa en el área VII es decir la de Valencia es $H_s = 5.6$ m.

Al tratarse de información que data de 1990 y siendo la ROM referida a un área muy extensa donde no se obtiene demasiada precisión estimamos que para proceder al cálculo de la altura de ola significativa se realizara mediante la información que proporciona la boya de Valencia.

El análisis del régimen extremal escalar nos permite determinar la altura de ola de cálculo. Es una variable que se suele utilizar para la obtención de la fórmula de Hudson:

$$W = \frac{1}{K_d \cdot \cot \alpha} \times \frac{H^3 \cdot f_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3}$$

Para poder caracterizar el régimen extremal direccional nos serviremos del régimen extremal escalar, es decir con los datos de la altura de ola y a través de un coeficiente K_α coeficiente de proporcionalidad, los cuales viendo recogidos en la tabla 2 del mismo.

Sector	NE	ENE	E	ESE	SE
K_{α}	1	1	0,9	0,8	0,7

Así pues con todo ellos el cálculo que nos permitirá obtener la altura de ola significativa relacionara el coeficiente de proporcionalidad K_{α} con el coeficiente de refracción - shoaling K_r . correspondiente a propagaciones de oleajes desde aguas profundas hasta el emplazamiento de los puntos de medida analizados .

$$H_{S0} = H_{SR} \times \frac{K_{\alpha}}{K_R}$$

Donde a continuación vamos a explicar que es cada uno de los coeficientes que se han mostrado:

- H_{S0} : Altura de ola significativa en aguas profundas, asociada a un periodo de retorno dado y para una dirección determinada.
- H_{SR} : Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno, obtenida del régimen extremal escalar instrumental.
- K_{α} : Coeficiente de reparto direccional.
- K_r : Coeficiente de refracción para la dirección y el periodo dados, este depende del periodo pico del oleaje en temporales. Existe una correlación entre ambos :

$$Tp = 5 \times \sqrt{Hs} = 11.83 \text{ s}$$

$$Tp = 6.3 \times \sqrt{Hs} = 14.91 \text{ s}$$

Comentar que para la obtención del coeficiente K_r hemos tenido que recurrir a la tabla 2.7.1 que viene en la ROM 0.3-91

	Periodo	7	9	11	13	15
Dirección	NE	0,94	0,88	0,87	0,83	0,87
	ENE	0,94	0,9	0,79	0,75	0,8
	E	0,94	0,94	0,93	0,95	0,98
	ESE	0,94	0,91	0,93	0,95	0,96
	SE	0,94	0,89	0,89	0,89	0,89

Para un periodo de 13 segundos, finalmente la altura de ola significativa en aguas profundas:

SECTOR	NE	ENE	E	ESE	SE
Hso(m)	6,75	7,47	5,31	4,72	4,13

En los documentos que proporciona Puertos del Estado de la boya de Valencia encontramos una tabla que relaciona la altura de ola significativa con el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia anual.

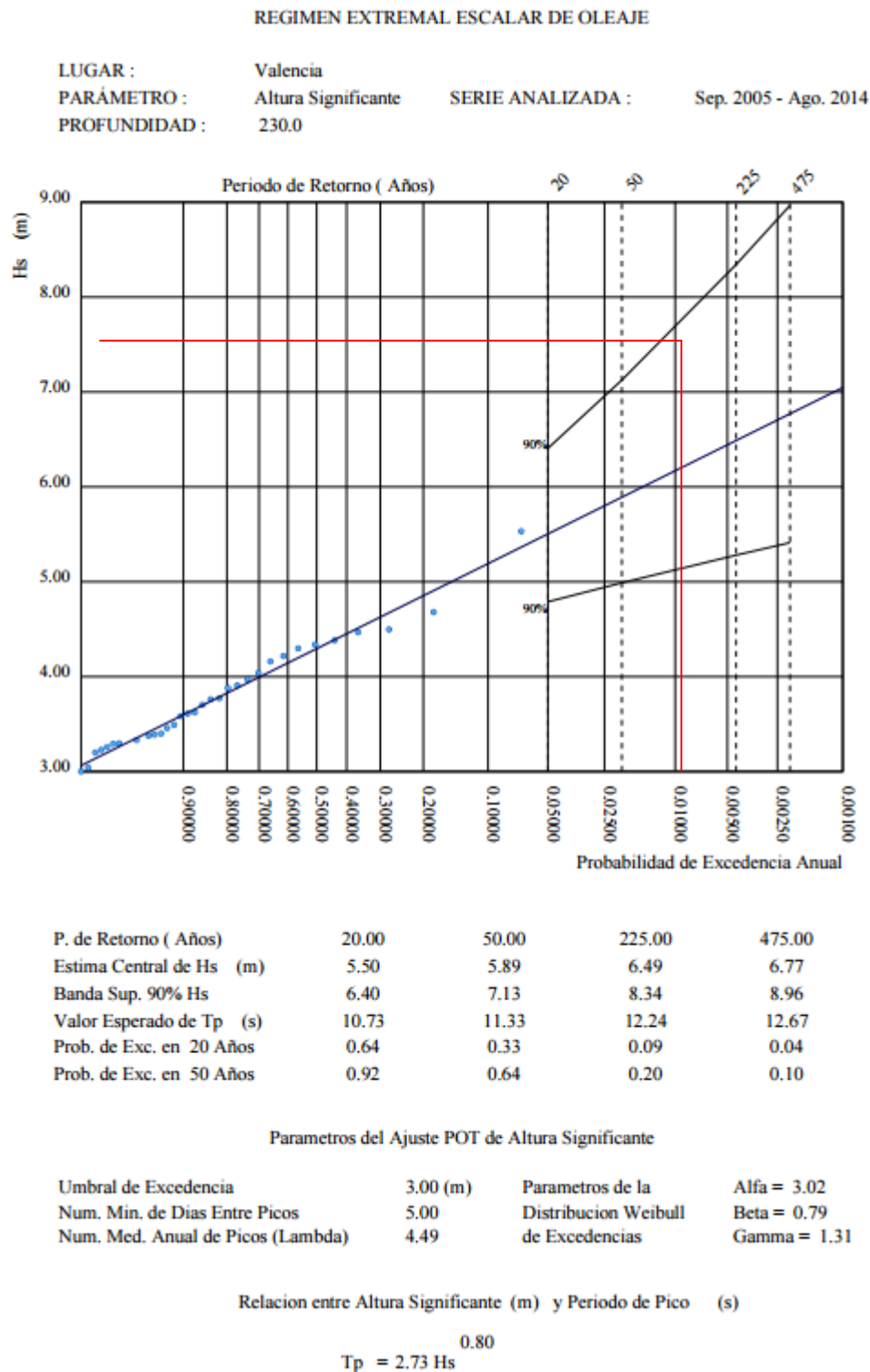


Figura 10: Régimen extremal escalar oleaje

Para un periodo de retorno de 71 años y fijándonos en la banda superior del 90% se obtiene una altura de ola de 7.6 m y la probabilidad de excedencia anual asociada es cercana a 0.01, que es similar a la altura de ola obtenida con el método de la ROM.

Así pues con dichos datos aplicando la formulación que hemos comentado al principio de este apartado sobre el periodo pico:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

$$T_p = 13.83 \text{ s}$$

2.6.2 Régimen medio.

a) Altura de ola signficante.

Continuamos con los datos que nos vienen proporcionados en la ROM 0.3-91 donde en primer lugar obtendremos los datos sobre la altura de ola signficante para Régimen Medios Direccionales y después para Regímenes Medios Escalares.



Figura 1: Zonificación clima marítimo

El régimen medio direccional ya sea de tipo de SWELL o SEA relaciona los valores de la variable altura de ola visual(H_v) con la probabilidad(P) de esos valores no sean superados en el año climático medio ni con oleaje SEA ni con SWELL, para el oleaje proveniente del sector direccional considerado. Es decir que la probabilidad definida viene condicionada porque el oleaje tenga la dirección principal de propagación comprendida en el sector analizado.

Los distintos regímenes medios direccionales se representan gráficamente en papel probabilístico log-normal cuyas ordenadas se corresponden con la altura de ola visual (H_v) en metros, y cuyas abscisas son las probabilidades de no excedencia condicionadas (están condicionadas a la probabilidad de presentación de la dirección analizada). En dicha gráfica también se incluyen las frecuencias de presentación sectoriales correspondientes (P_{sector}).

Adoptaremos para el régimen medio, un período de retorno de $T = 25$ años, con esto calcularemos las alturas de ola correspondientes a cada uno de los sectores utilizamos la tabla B del clima marítimo con:

$$P = 1 - \frac{1}{T} = 0.96$$

H_v se obtiene en el corte de la abscisa 0,96 con las líneas de los distintos sectores. Sólo se consideran los correspondientes a la boya de Valencia (NE; ENE; E; SE)

Si igualamos H_v con H_s , obtenemos los siguientes resultados:

Sector	H_v	F_i	$P_i(H_{v0})$	H_s
NE	3,4	0,0927	0,999073	3,4
ENE	3,4	0,0672	0,999328	3,4
E	2,4	0,066	0,99934	2,4
ESE	2,4	0,0643	0,999357	2,4
SE	2,2	0,0334	0,999666	2,2

La probabilidad de no excedencia se obtendrá a partir del sumatoria de las probabilidades absolutas de excedencia correspondientes a todos los sectores incidentes, en este caso $N = 5$

$$P(H_{v0}) = 1 - \left\{ \sum_{i=1}^N [1 - P'_i(H_{v0}) \times f_i] \right\}$$

$$P(H_{v0}) = 0.996764$$

En la ROM los Regímenes Medios de altura de ola visual se han calculado únicamente para las direcciones que se han considerado como relevantes para el proyecto de obras marítimas.

Obviamente, las observaciones visuales que presenta el "Atlas de Clima Marítimo", no son más que meras aproximaciones a la realidad, luego son consideradas menos rigurosas que los registros instrumentales, que son con los que trabajaremos.

A continuación, trabajaremos con el Régimen Medio Escalar.

Cuadro C: Registros Instrumentales - Regímenes Medios Escalares.

El régimen medio escalar incluido en la ROM 0.3-91 "Oleaje", es el régimen medio anual de la altura de ola significativa H_s . Dicho régimen medio relaciona los diversos valores de la variable altura de ola significativa con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en el año climático medio.

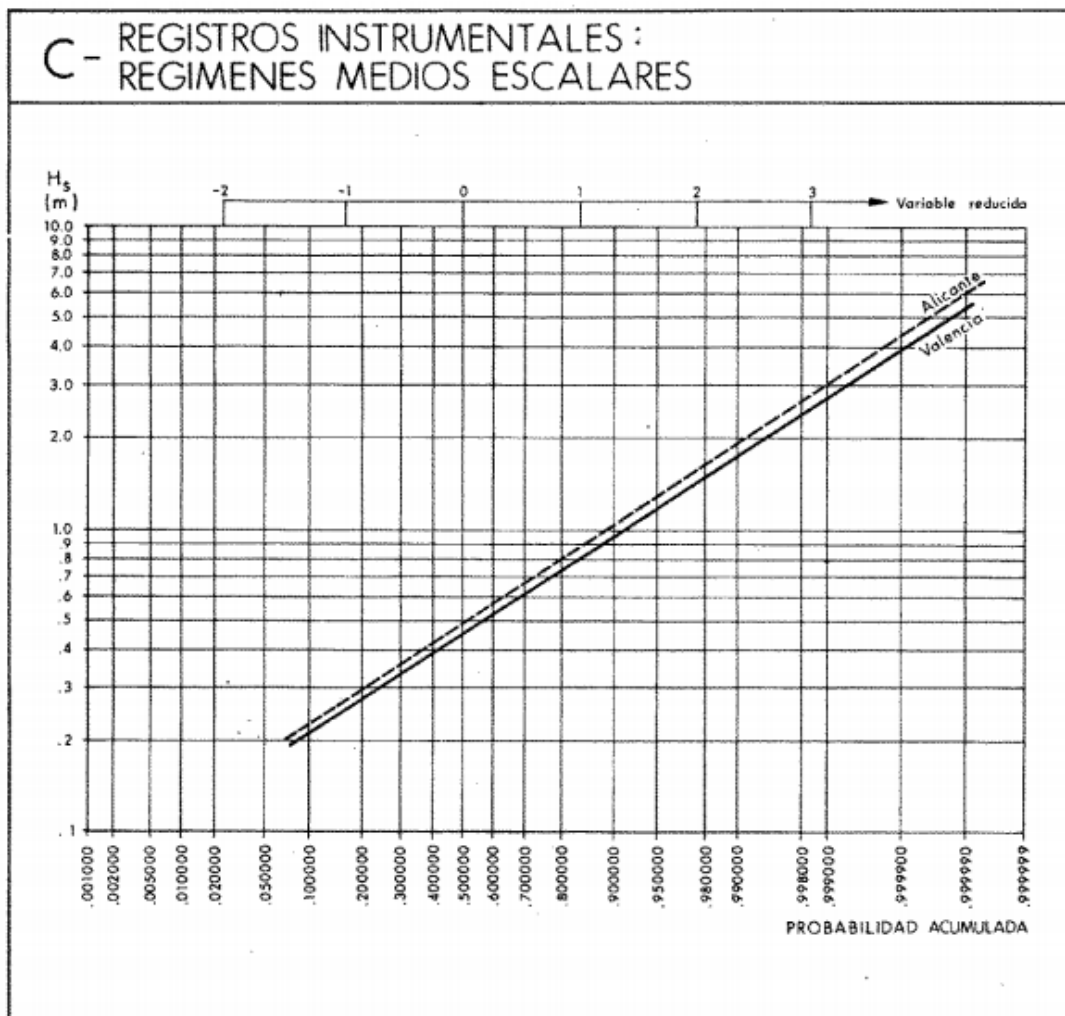


Figura 11: Regímenes medios escalares

Para la probabilidad de excedencia obtenida anteriormente, la cual era de 0.996764. Si entramos en las abscisas con ese valor e interceptamos la recta de Valencia obtenemos una altura de ola significativa H_s de 2,3 metros.

A continuación vamos a complementar la información con el servicio de datos que nos proporciona Puertos del Estado para el régimen medio con lo que vamos a proporcionar una serie de tablas las cuales relacionan la probabilidad de no excedencia con la altura de ola significativa para cada una de las direcciones principales del oleaje (NE, ENE, E, ESE, SE).

NE

NE

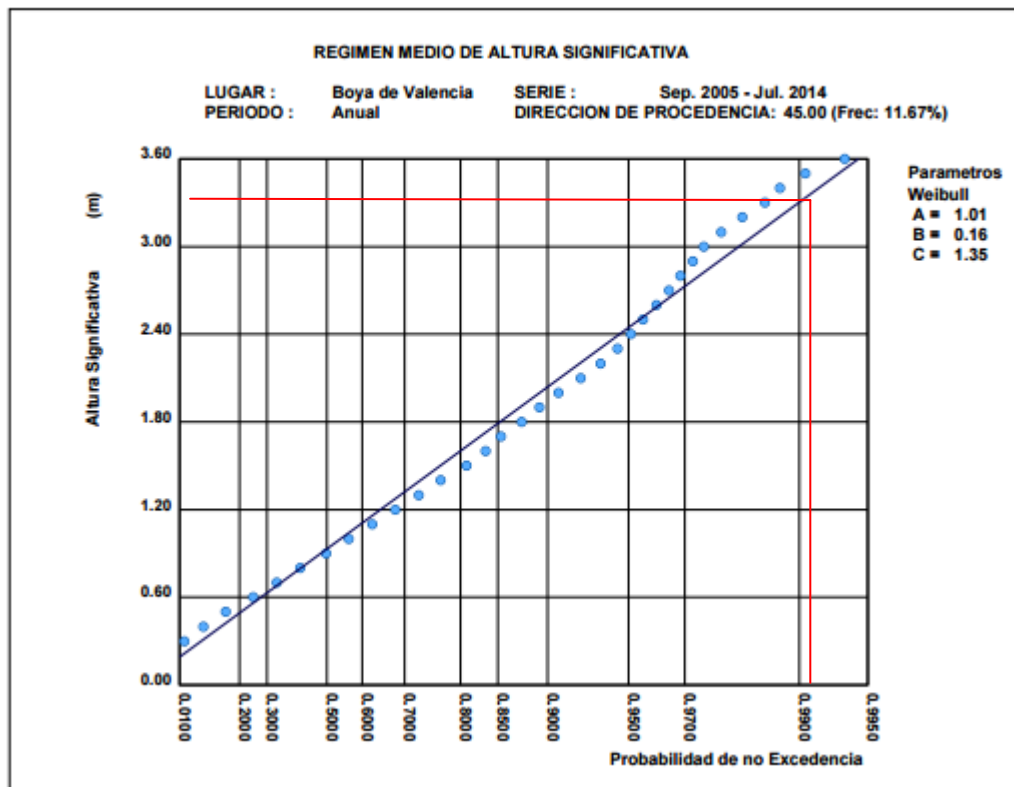


Figura 12: Régimen medio altura significativa

Si admitimos una probabilidad de no excedencia de 99% del tiempo, obtendremos que la altura de ola significativa $H_s = 3.3$ metros. Con lo que el periodo pico viene definido por:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

Con lo que el periodo pico es de 7.10 s.

ENE

ENE

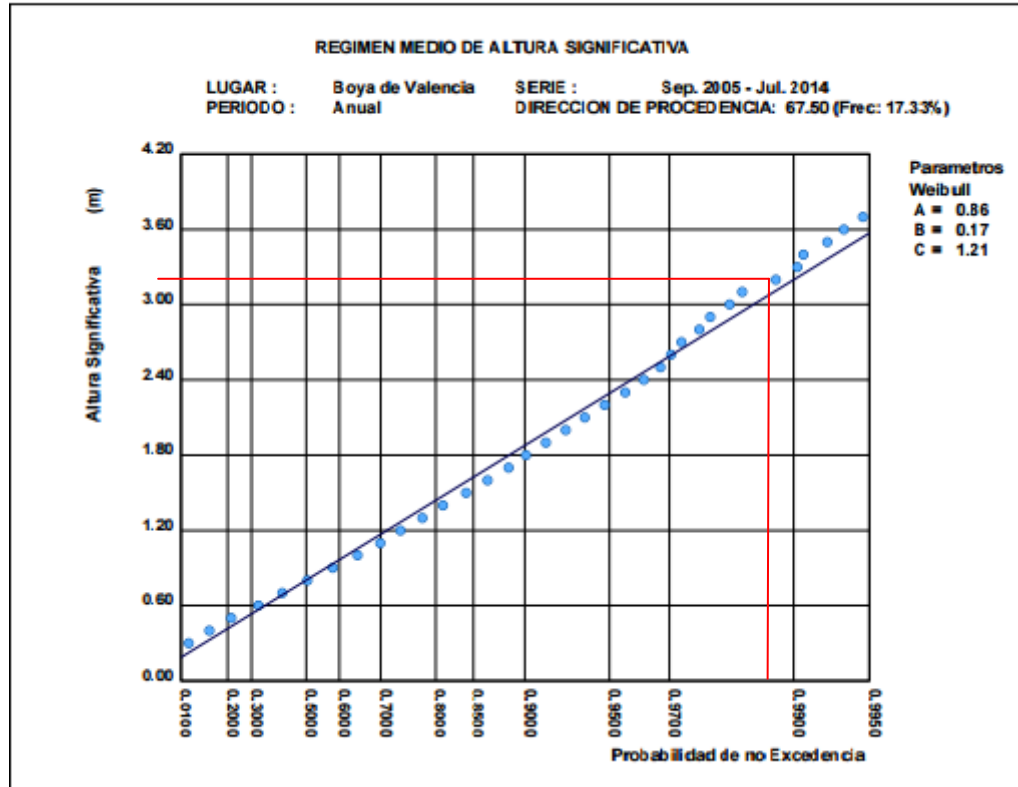


Figura 13: Régimen medio altura significativa

Si admitimos una probabilidad de no excedencia de 99% del tiempo, obten-
dremos que la altura de ola significativa $H_s = 3.2$ metros.
Con lo que el periodo pico viene definido por:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

Con lo que el periodo pico es de 6.92 s.

E

E

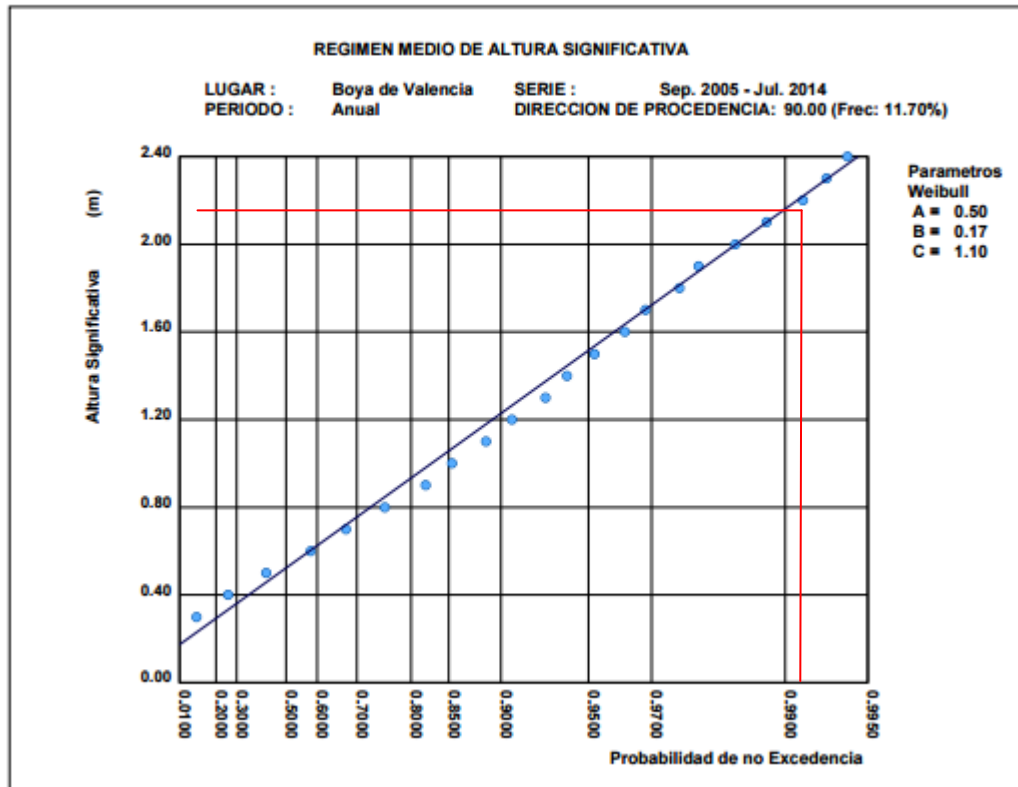


Figura 14: Régimen medio altura significativa

Si admitimos una probabilidad de no excedencia de 99% del tiempo, obtendremos que la altura de ola significativa $H_s = 2.25$ metros.
Con lo que el periodo pico viene definido por:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

Con lo que el periodo pico es de 5.22 s

ESE

ESE

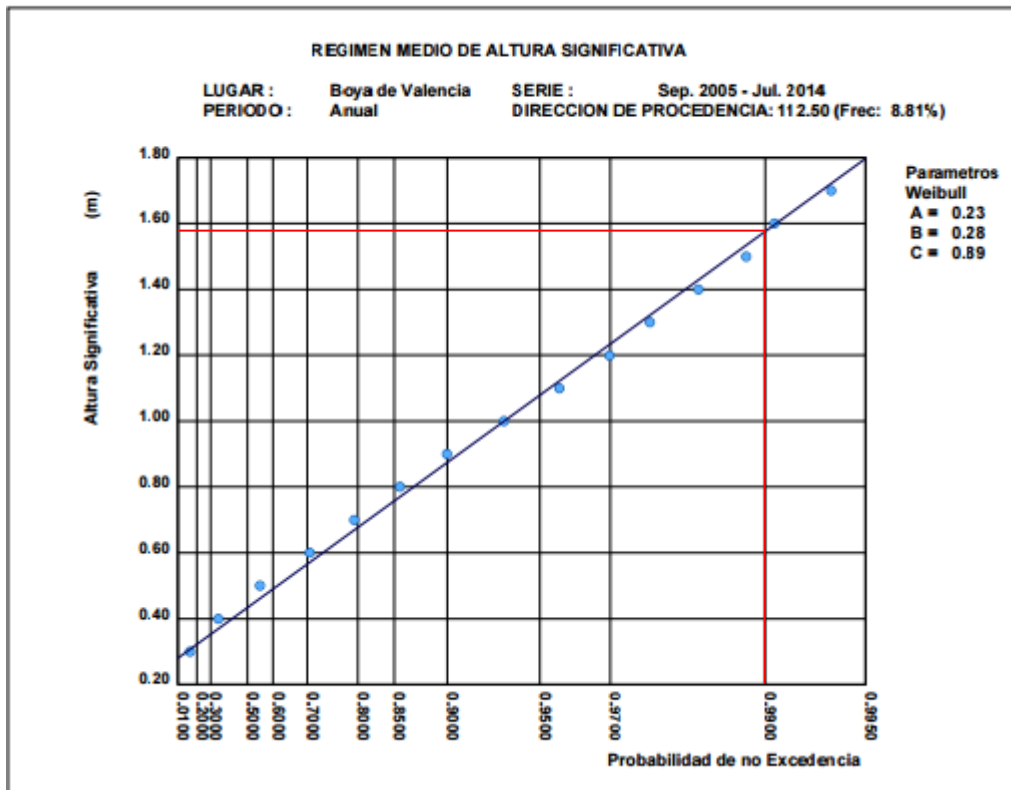


Figura 15: Régimen medio altura significativa

Si admitimos una probabilidad de no excedencia de 99% del tiempo, obtendremos que la altura de ola significativa $H_s = 1.55$ metros.
Con lo que el periodo pico viene definido por:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

Con lo que el periodo pico es de 3.88 s

SE

SE

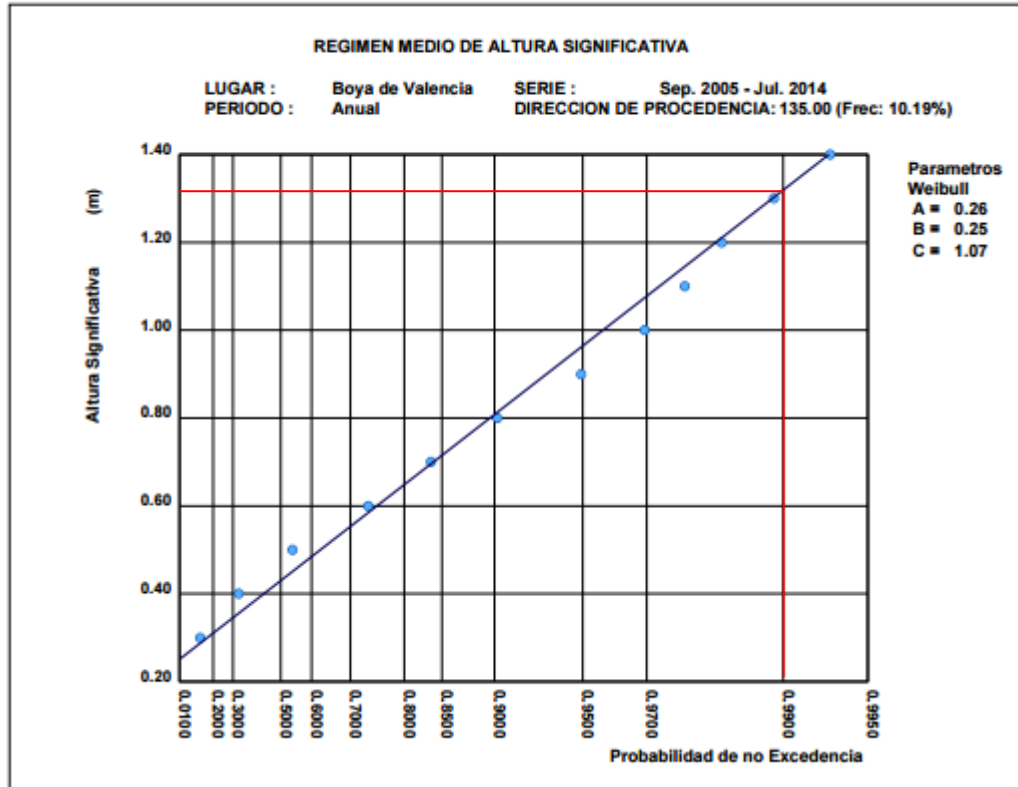


Figura 16: Régimen medio altura significativa

Si admitimos una probabilidad de no excedencia de 99% del tiempo, obtendremos que la altura de ola significativa $H_s = 1.3$ metros.
Con lo que el periodo pico viene definido por:

$$T_p = 2.73 \times H_s^{0.8}$$

Con lo que el periodo pico es de 3.37 s

Proyecto básico de acondicionamiento del frente litoral de la playa de la Garrofera
Propuesta de alternativa "Defensas Exentas. (T.M. Valencia)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE DIRECCIÓN Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Jul. 2014

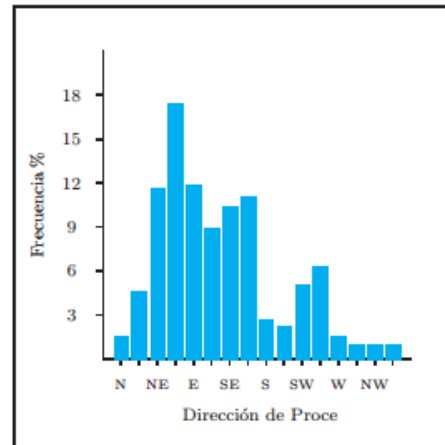
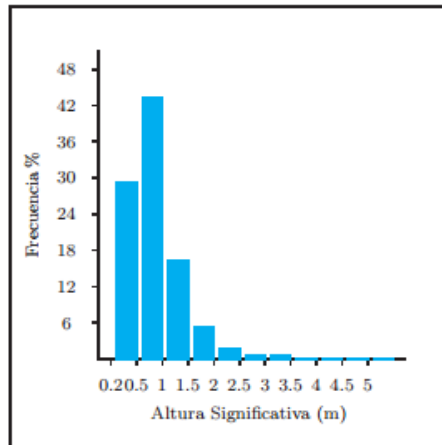


Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	3.526												3.526
N 0.0		.259	.626	.349	.179	.058	.027	.004	-	-	-	-	1.502
NNE 22.5		.697	1.850	1.292	.505	.134	.076	.022	.004	.004	-	-	4.585
NE 45.0		1.756	4.813	2.874	1.157	.554	.219	.183	.080	.022	.004	.009	11.673
ENE 67.5		3.714	7.495	3.370	1.502	.684	.255	.179	.098	.031	.004	-	17.331
E 90.0		4.979	5.005	1.153	.380	.121	.036	.022	.004	-	-	-	11.700
ESE 112.5		4.867	3.365	.474	.080	.013	.013	-	-	-	-	-	8.813
SE 135.0		5.501	4.375	.273	.036	.009	-	-	-	-	-	-	10.194
SSE 157.5		3.732	5.685	1.283	.134	.004	-	-	-	-	-	-	10.838
S 180.0		1.104	1.305	.174	.027	-	-	-	-	-	-	-	2.610
SSW 202.5		.733	1.171	.152	.036	-	-	-	-	-	-	-	2.092
SW 225.0		.751	3.079	.988	.063	-	-	-	-	-	-	-	4.880
WSW 247.5		.362	2.632	2.489	.585	.049	.009	.004	-	-	-	-	6.132
W 270.0		.121	.612	.577	.098	.036	.009	-	-	-	-	-	1.452
WNW 292.5		.152	.349	.313	.125	-	-	-	-	-	-	-	.939
NW 315.0		.085	.366	.340	.080	.009	-	-	-	-	-	-	.880
NNW 337.5		.147	.335	.228	.116	.009	.004	.013	-	-	-	-	.854
Total	3.526	28.960	43.064	16.326	5.104	1.680	.648	.429	.188	.058	.009	.009	100 %

Figura 17: Tabla altura significativa

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Dic. - Feb.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Jul. 2014

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 3.38 %

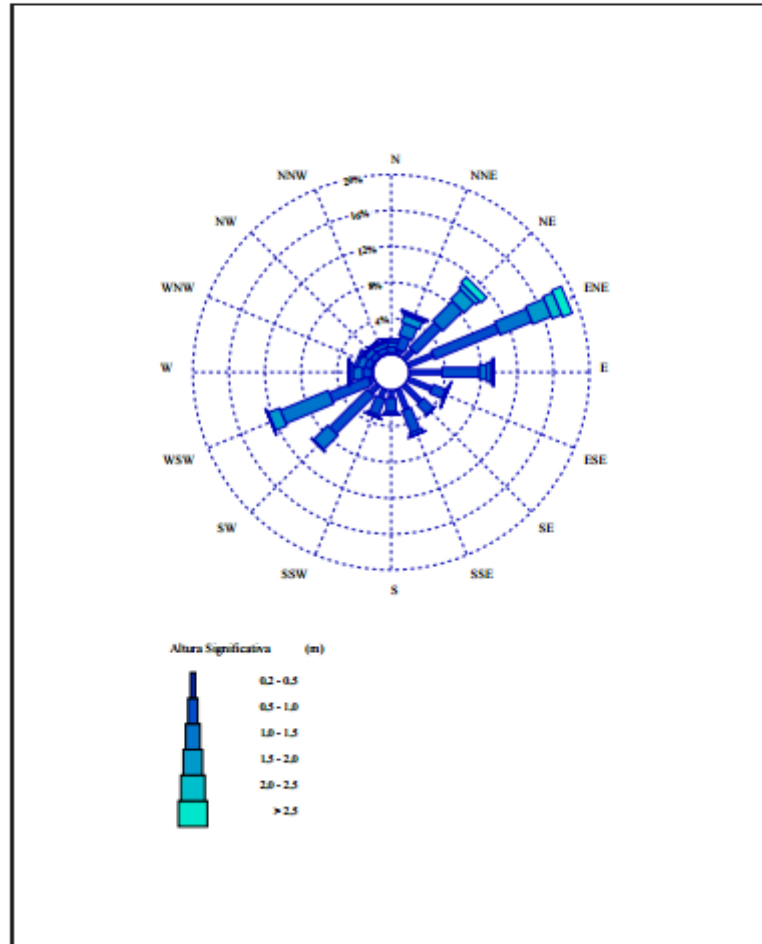


Figura 18: Rosa de altura significativa

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Mar. - May.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Jul. 2014

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 3.83 %

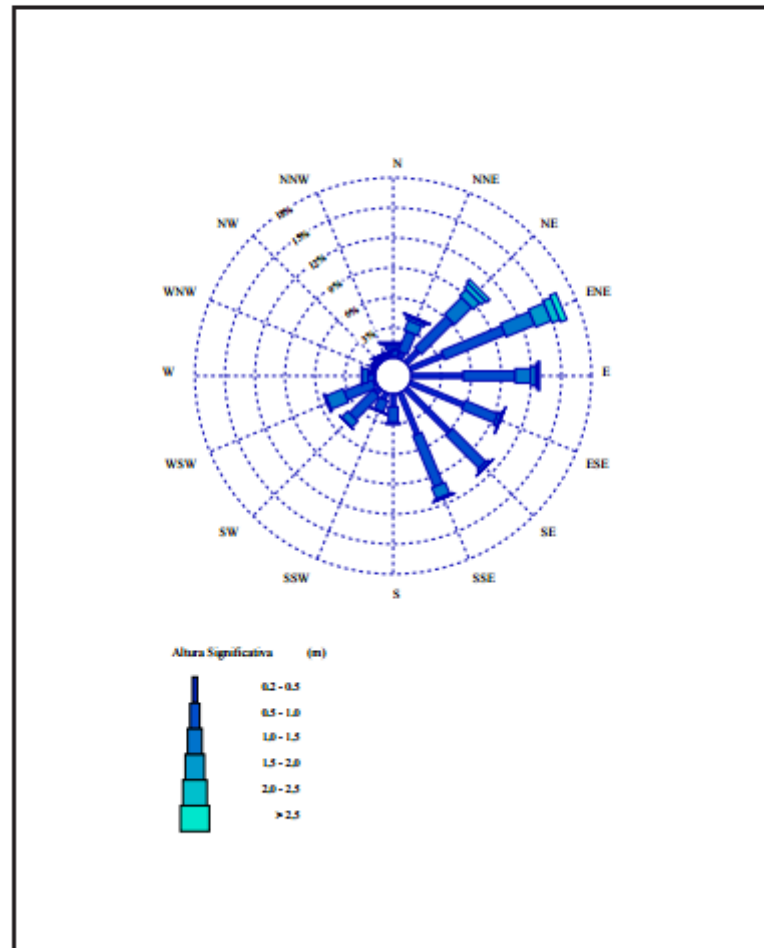


Figura 18: Rosa altura significativa

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Jun. - Ago.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Jul. 2014

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 4.04 %

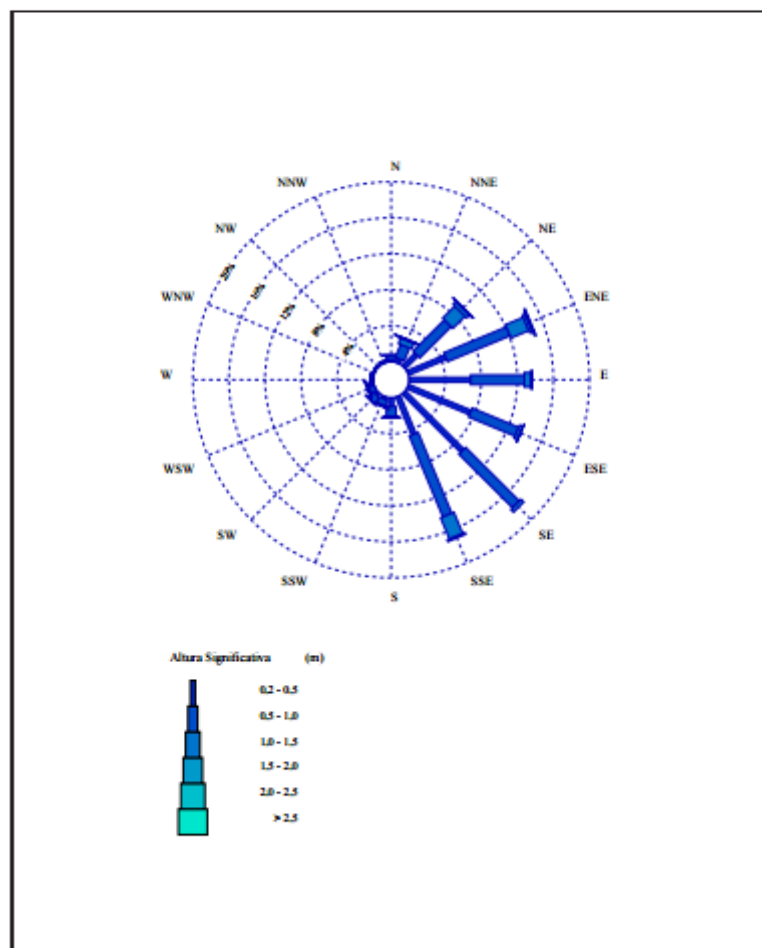


Figura 19: Rosa altura significativa

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Boya de Valencia

PERIODO : Sep. - Nov.

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Sep. 2005 - Jul. 2014

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 2.90 %

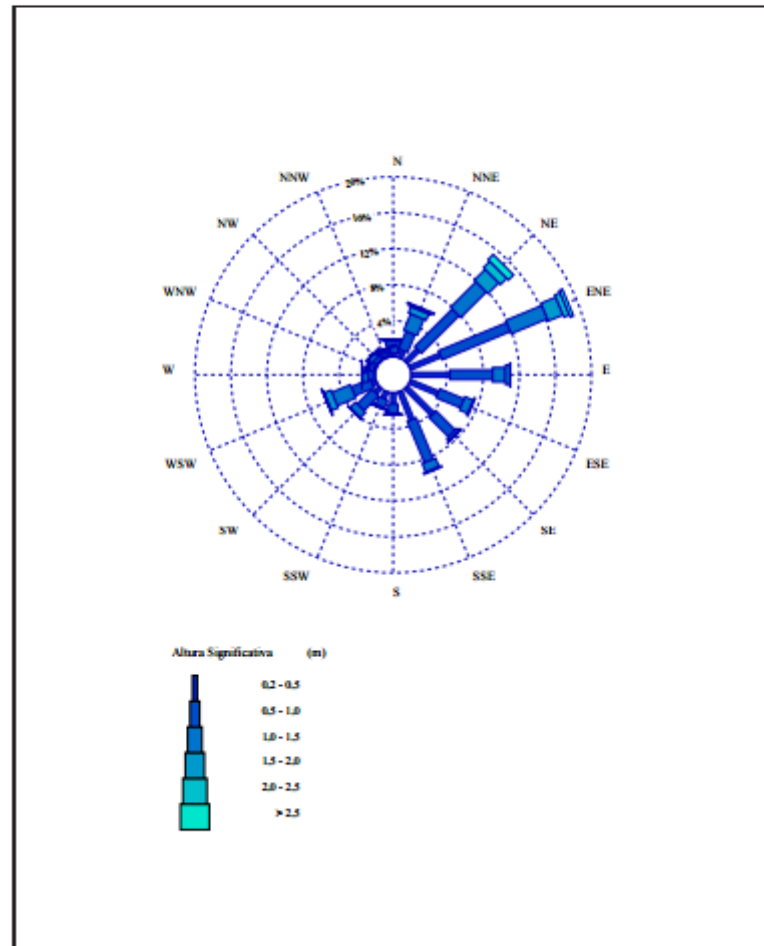


Figura 20: Rosa altura significativa

2.6.3 CONCLUSIONES

En términos generales se puede decir que después del estudio realizado los oleajes de carácter general tienen alturas de olas medias inferiores a 1 metro (89%), donde las olas de entre 1 a 2 metros representan solo el 7% de las mismas.

Los periodos que más se producen son los que comprenden entre 3 a 4 segundos.

Las olas superiores a 2 metros no suelen ir asociadas a periodos cortos, aunque hay que decir que cuando se produce mar de fondo no es raro que coexistan alturas bajas y periodos largos.

A lo largo del año predominan pues las situaciones de baja energía, es durante el otoño y la época de invierno cuando se dan algunas situaciones de alta energía con altura de ola superior a 2 metros.

Si hablamos de los periodos del oleaje solo se puede destacar que durante la época que concierne los meses entre Mayo y Septiembre predominan los periodos entre 3 a 5 segundos. En cambio durante el resto del año no se puede resaltar ningún grupo de periodos no hay predominancia de ninguno en concreto. Con todo ellos en verano los periodos largos son bastante escasos, en invierno en cambio es más frecuente poder encontrarse con oleajes largos.

Para culminar esta conclusión si tratamos los temporales, lo más frecuentes es que se den en el mes de otoño. Las direcciones de los mismo menos frecuentes son ESE y SE, en cambio las más frecuentes NE y ENE.

3. RÉGIMEN DE VIENTOS

A continuación, se presentará la caracterización del viento en el Litoral Español que se recoge en el Anejo I de la ROM 0.4-95. Ésta caracterización, ha sido realizada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), y por el Instituto Nacional de Meteorología a través del Servicio de Climatología, por encargo de Puertos del Estado específicamente para su inclusión en el Programa ROM.

La metodología utilizada 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).

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 homogéneas respecto a factores que pueden modificar la velocidad y dirección del viento (rugosidad superficial, la altura, condiciones topográficas locales en el punto de medición...) pero menos homogéneas respecto a las características de la velocidad del viento suministradas.

Por el contrario, debido a la ausencia de observaciones desde buques en ruta durante los grandes temporales como consecuencia de la tendencia de los buques a navegar en condiciones de buen tiempo, la caracterización extremal de la velocidad del viento sobre el mar se realiza básicamente a partir de la información instrumental disponible procedente de estaciones costeras, extrapolada a condiciones de mar abierto y a 10 m de altura teniendo en cuenta las características físicas del punto de medición.

No obstante, los resultados obtenidos se complementan con los obtenidos a partir de las dos fuentes de información procedente de observaciones desde buques en ruta en el área adyacente (áreas definidas en el Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español del Anejo I de la ROM 0.3-91 Oleaje). El contraste de los resultados obtenidos a partir de las dos fuentes de información permite la estimación de la evolución de las características extremas de la velocidad del viento en el área marítima analizada desde el litoral hasta alta mar.

Respetando la zonificación del Litoral Español establecidas en el Atlas de Clima Marítimo en el Litoral Español, el área de estudio, La Garrofera se encuentra situado en el Área VII.

Se considera que en dicha área se permite aceptar, en líneas generales, que las características medias del viento sobre la superficie en mar abierto son aproximadamente las mismas en todos los puntos del área, al considerarse que el viento en dicha zona está originado en la mayor parte de los casos por los mismos gradientes de presión atmosférica.

Por el contrario, la zonificación propuesta no permite aceptar que las características extremas del viento sobre la superficie del mar sean las mismas en todos los puntos del área. En este caso los resultados obtenidos pueden considerarse representativos únicamente de los puntos del área con vientos más fuertes, y por tanto pueden tomarse como indicadores cualitativos, del lado de la seguridad, del grado de magnitud de los vientos en el área marítima analizada.

Analizando conjuntamente toda la información disponible procedente de ambas fuentes, y teniendo en cuenta la utilidad práctica de los resultados, la definición del viento se lleva a cabo obteniendo las siguientes relaciones de caracterización del viento encada una de las áreas definidas o estaciones de medición:

- Distribución conjunta Velocidad/Dirección del viento, representada gráficamente en forma de Rosa de Vientos. Se considerarán sectores direccionales 22.5° de amplitud (16 rumbos en total).
- Frecuencias de presentación sectoriales
- Análisis estadístico unidimensional de la variable velocidad del viento para dos tipos de situaciones:
 - Regímenes Medios
 - Regímenes Extremos
- Análisis de la persistencia estadística de la velocidad del viento, definida en términos de probabilidad de excedencia de las duraciones y de duración media de la persistencia en el año climático medio, para superaciones o no superaciones de una serie de valores prefijados de velocidad del viento.

La diferente estructura, calidad y características que presentan los datos de partida hace que los de origen instrumental, procedentes de estaciones costeras, y los procedentes de observaciones desde buques en ruta se complementen entre sí y faciliten la completa definición del viento en el litoral español.

En la siguiente página se muestra la localización y características técnicas de la información analizada correspondiente al Área VII, conjuntamente con las relaciones de caracterización definidas.

La disposición de los resultados en las tablas es la siguiente:

Caracterización media

- Cabecera: Características y localización de la información analizada
- Cuadro A1: Observaciones desde Buques en Ruta: Rosa de Vientos, en la cual se representa gráficamente tanto la dirección, como la velocidad media asociada a cada dirección (a 10 m de altura en superficie abierta sin obstáculos) y las frecuencias de cada uno en tanto por ciento.
- Cuadro A2: Observaciones desde Buques en Ruta: Régimen Medio Escalar
- Cuadro A3: Observaciones desde Buques en Ruta: Regímenes Medios Direccionales. Frecuencias de Presentación Sectoriales.
- Cuadro A4: Observaciones desde Buques en Ruta: Persistencia Escalar del Viento.
- Cuadros A5: Registros en Estaciones Costeras: Regímenes Medios Escalares.

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 $V_{v,10\ min}(10)$ en m/s. También incluye los Coeficientes de Direccionalidad K_α .

Proyecto básico de acondicionamiento del frente litoral de la playa de la Garrofera
Propuesta de alternativa "Defensas Exentas. (T.M. Valencia)

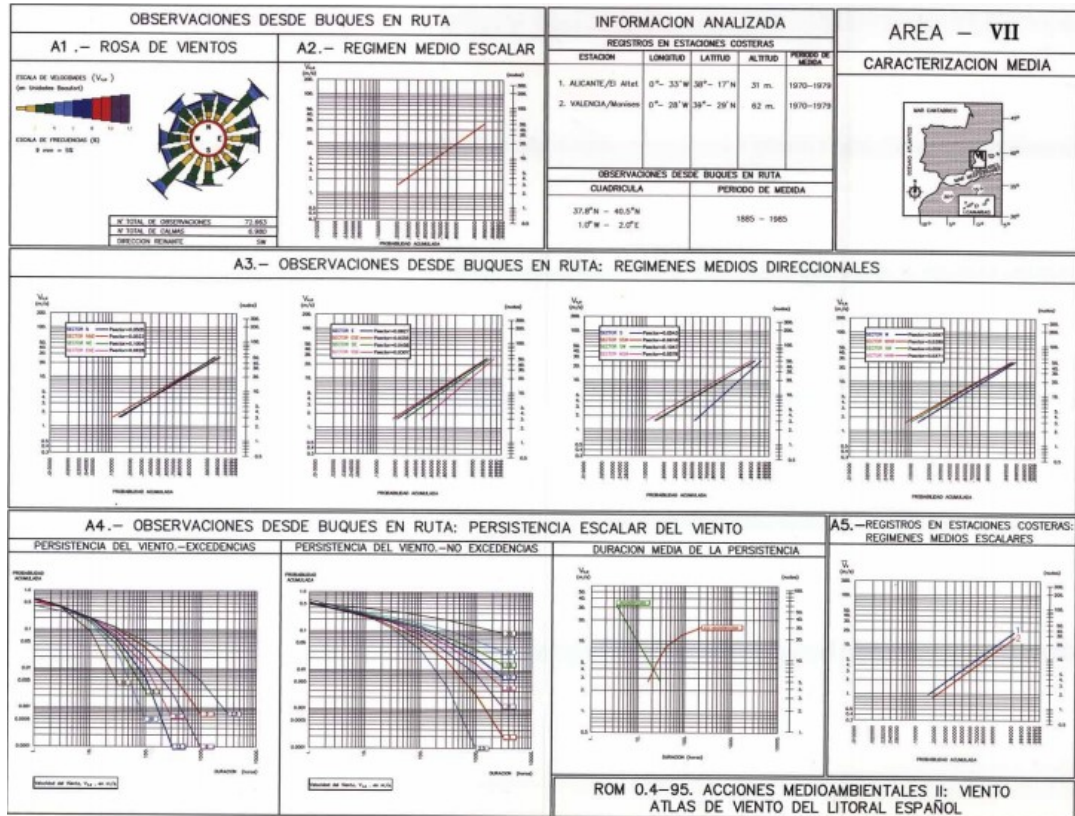


Figura 21: Observaciones buques en ruta

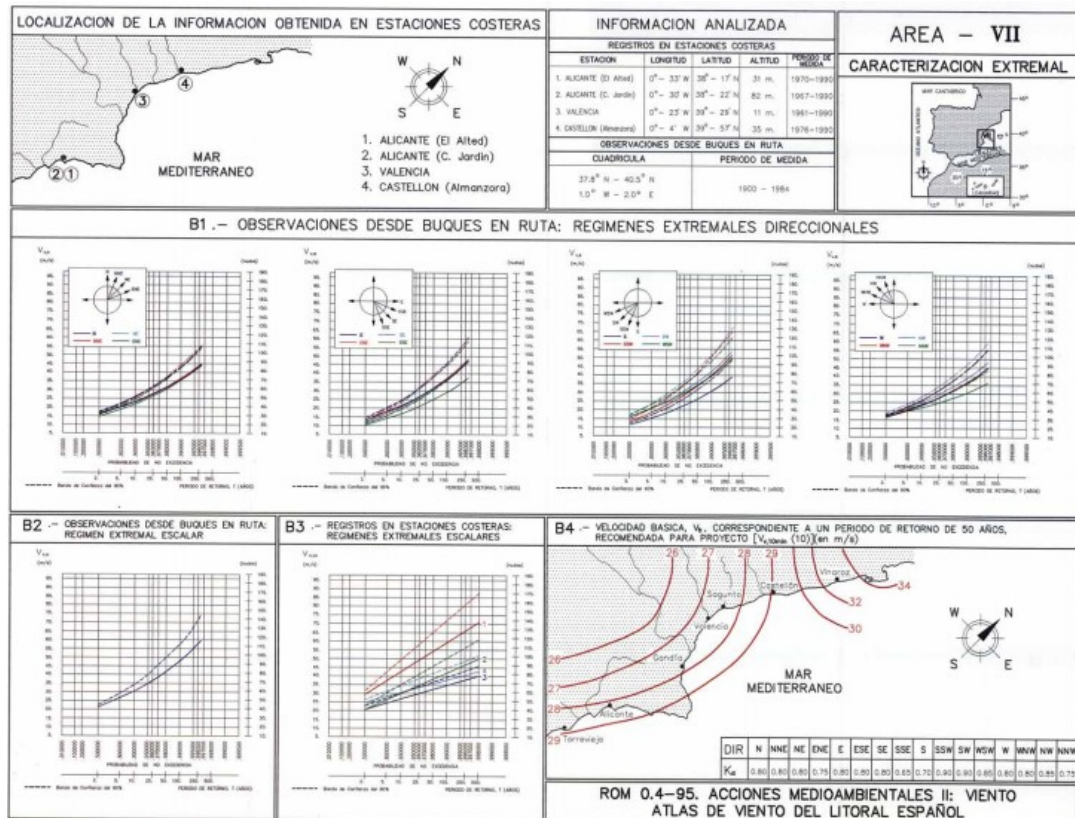


Figura 22: Información estaciones costeras

Como se puede observar en el cuadro A1, la dirección reinante es SW, llegando a una velocidad del viento de 8 en unidades Beaufort. Correspondiendo el valor en la escala de Beaufort a de 62-74 km/h, 34-40 millas náuticas/hora. Esto se caracteriza como temporal (viento duro).

Como se puede observar esta información está ciertamente desactualizada, puesto que son datos tomados hasta 1990.

Por lo tanto, para obtener datos más actuales y especificarlos con mayor detalle. Para ello, nos apoyamos en la información disponible en la web de Puertos del Estado (www.puertos.es), tras obtenerla, podremos sacar conclusiones para la caracterización.

Los datos referentes al régimen de vientos se obtienen del Punto SIMAR (2081113), que se encuentra próximo a la zona de actuación en la playa de La Garrofera, del cual obtendremos las direcciones del viento, intensidades y frecuencias del Régimen Medio. El recuadro marcado en rojo en la imagen a continuación nos señala la situación del Punto SIMAR.

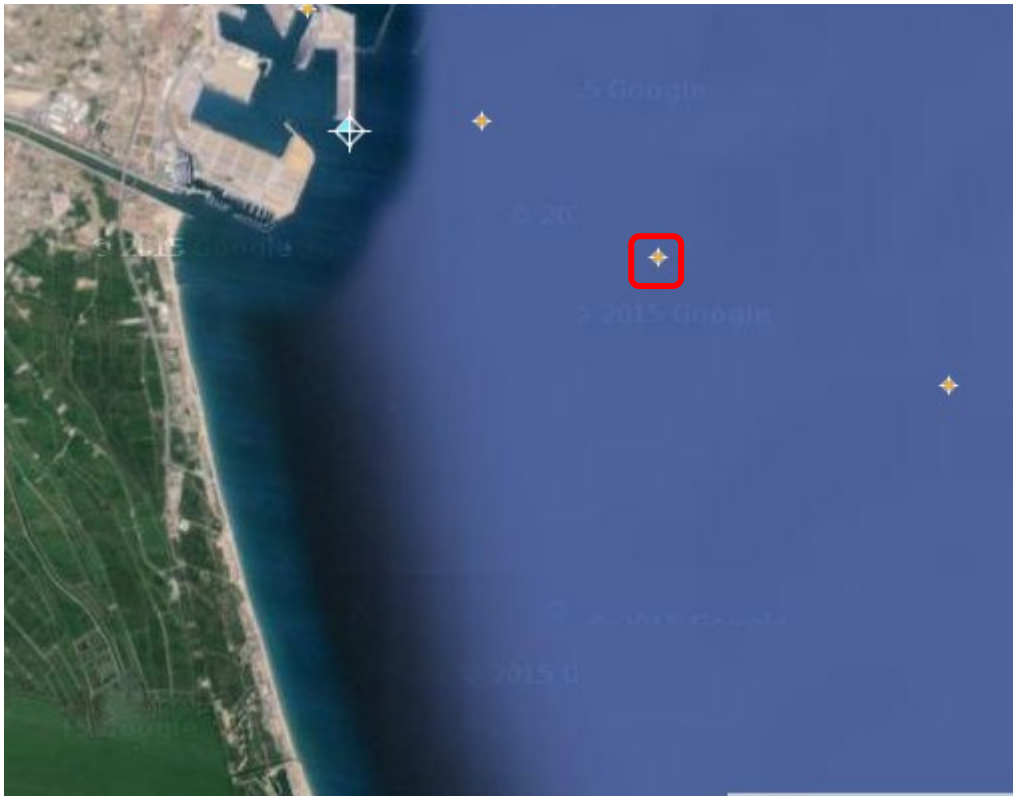


Figura 23: Punto SIMAR

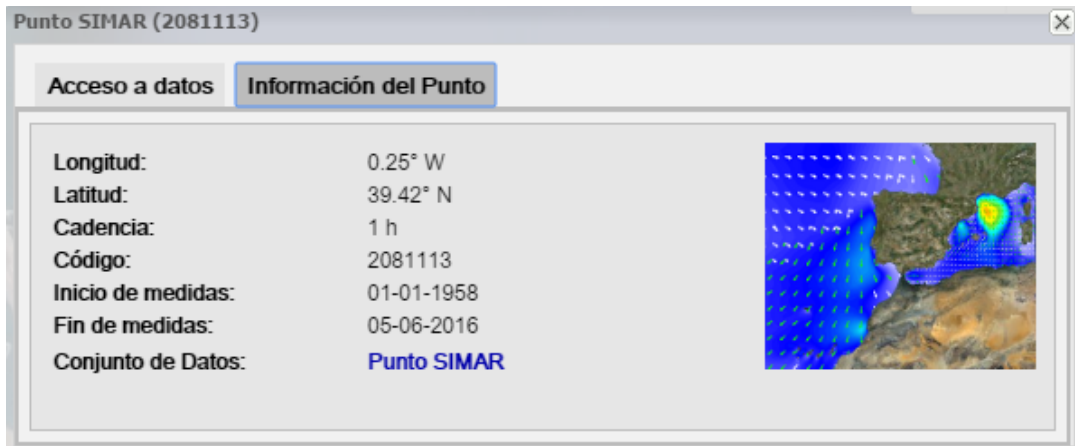


Figura 24: Información punto SIMAR

A continuación se presentaran las rosas de viento y los histogramas asociados de velocidad media y de frecuencia. El periodo de los datos tomados abarca desde 1958-2016, es decir todos los disponibles en la estación en el momento de redacción de este anejo, con el fin de recoger los datos más útiles que reflejen la situación actual de la zona.

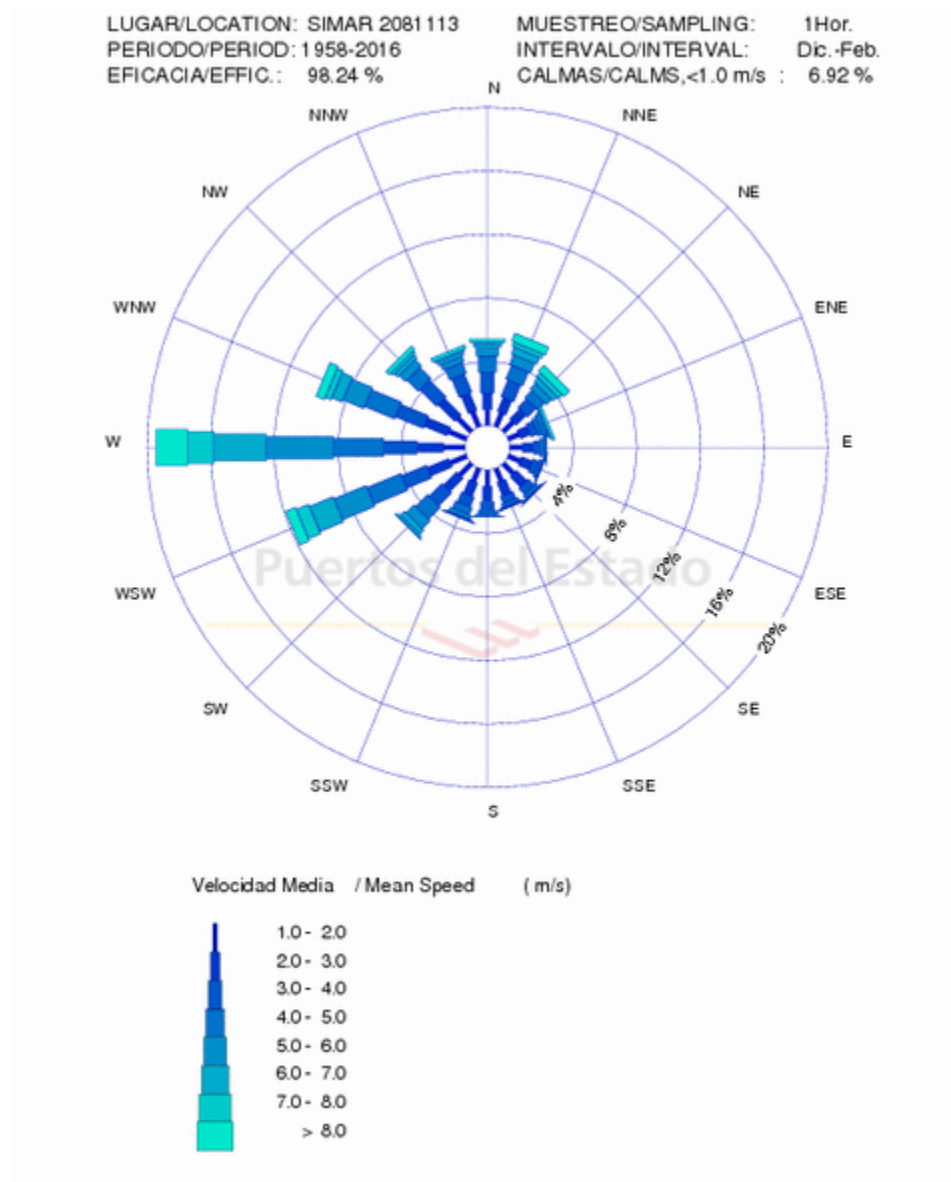


Figura 25: Velocidades

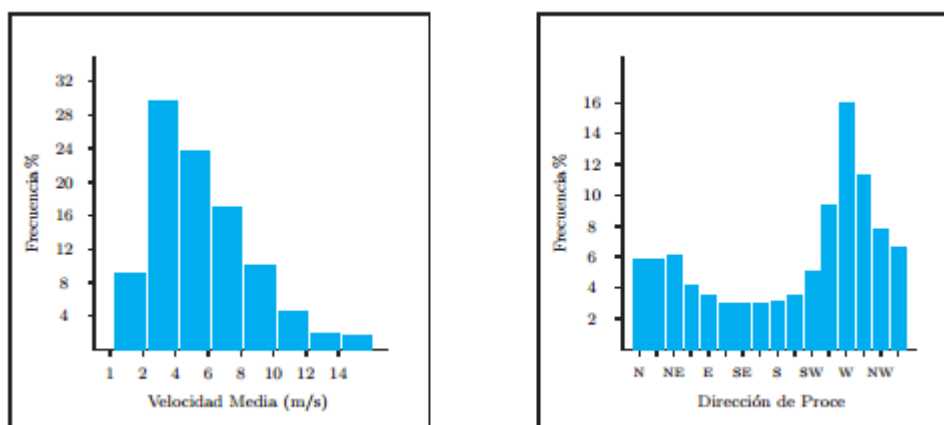


Figura 26: Velocidad y Dirección

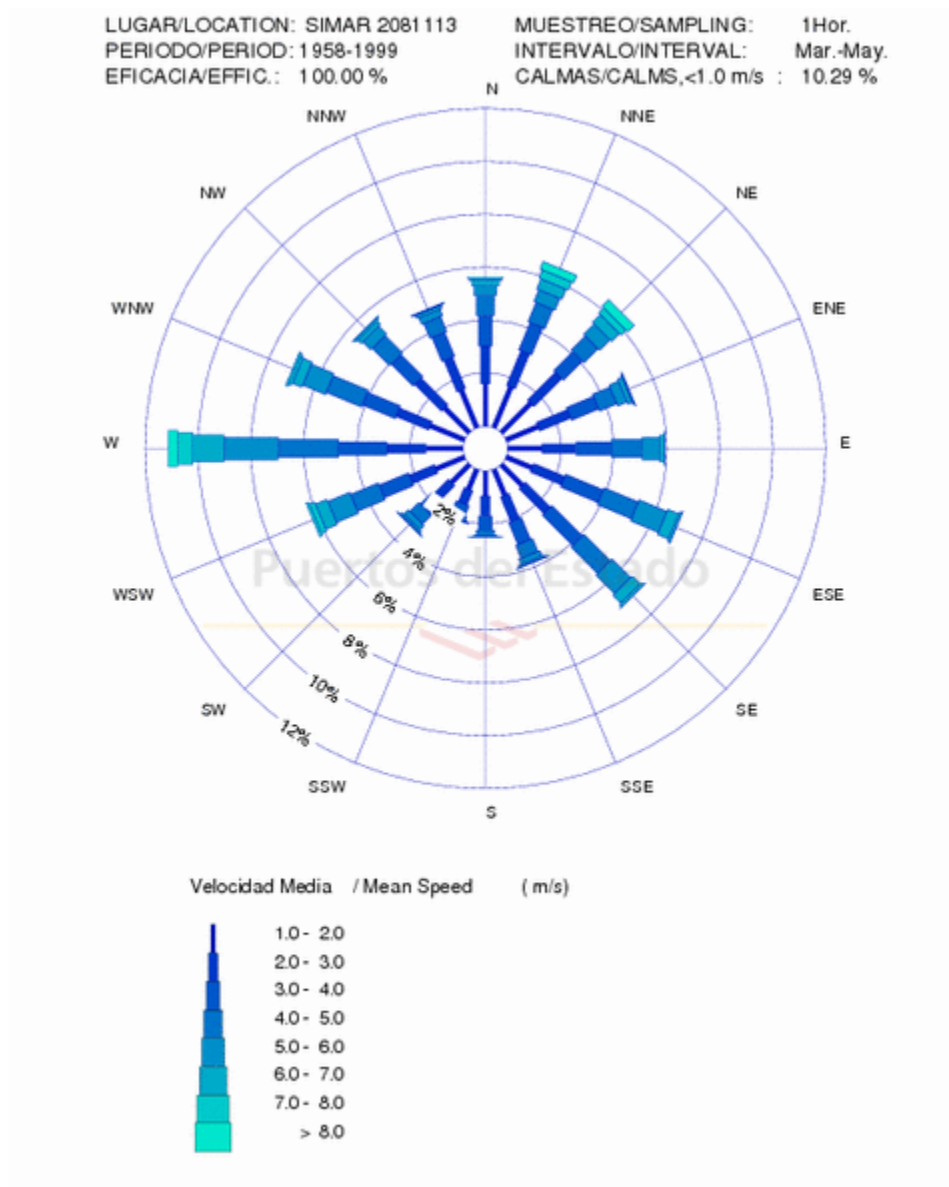


Figura 27: Velocidades

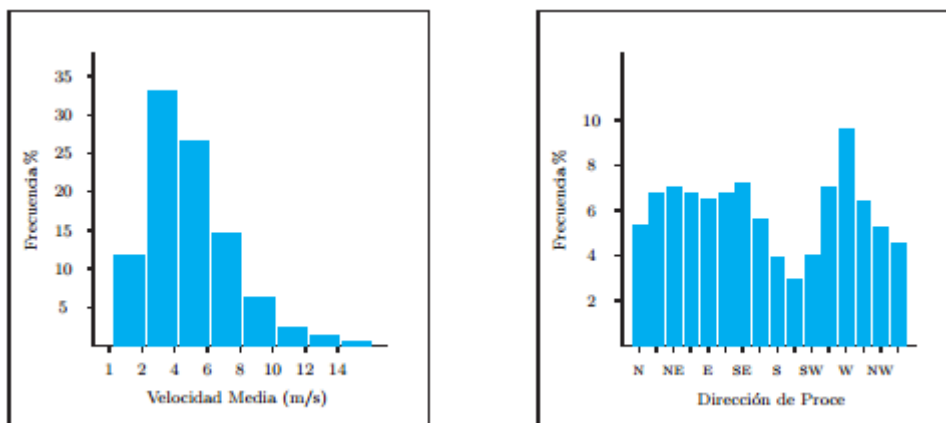


Figura 28: Velocidad media y Dirección oleaje

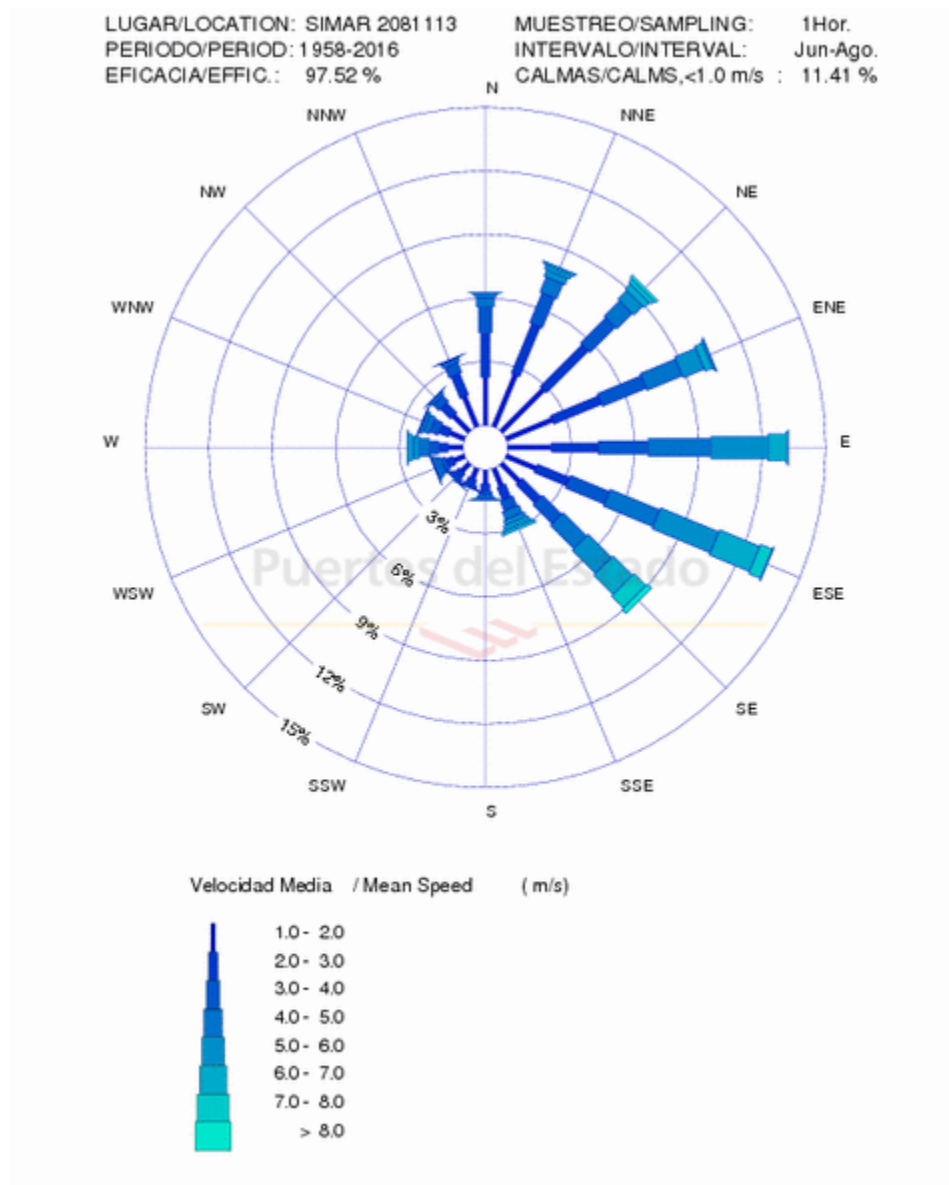
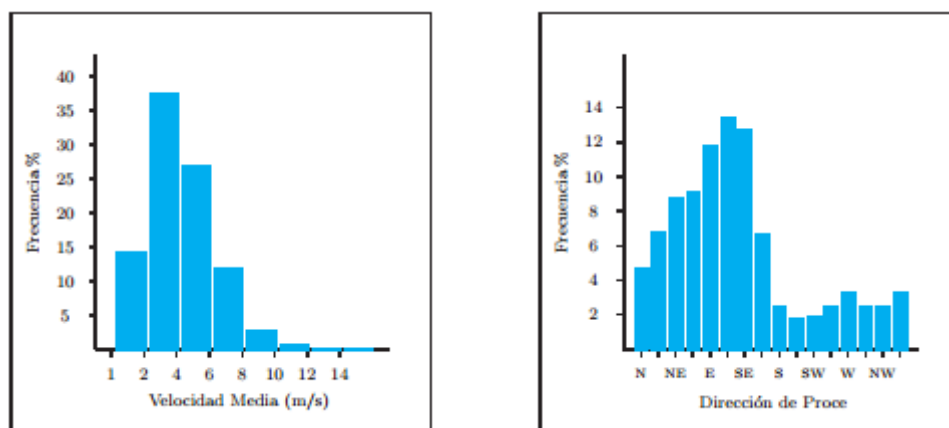


Figura 29: Velocidades



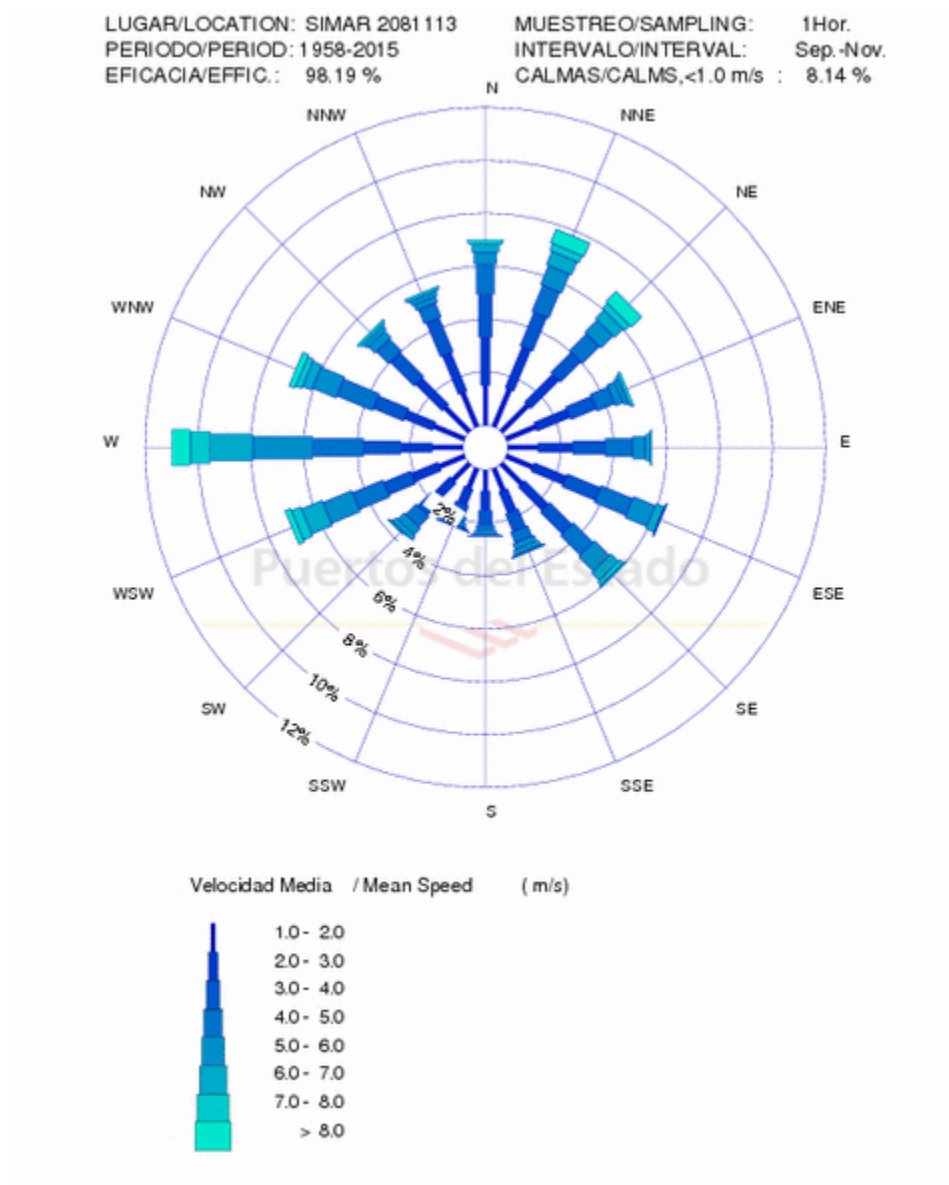


Figura 31: Velocidades

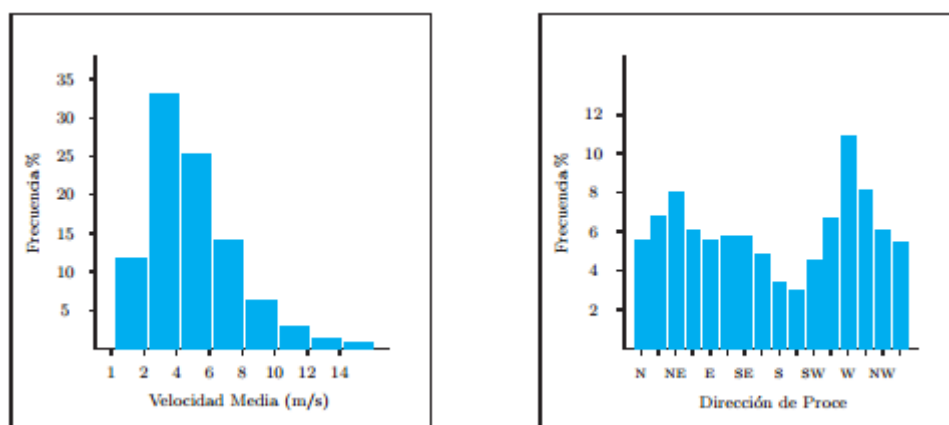


Figura 32: Velocidad media y Dirección oleaje

De las rosas de viento e histogramas mostrados anteriormente se puede realizar la siguiente caracterización estacional.

- Diciembre-Febrero: En el periodo invernal la dirección predominante de los vientos es Oeste con una probabilidad asociada del 16% y magnitudes superiores a los 8 m/s de media. Similarmente están los vientos del oeste suroeste y oeste noroeste con unas probabilidades asociadas de 12% y 10% respectivamente y velocidades que oscilan entre los 2 y 6 m/s.
- Marzo-Mayo: En el periodo primaveral se observa cierto cambio en la procedencia de los vientos, pero la dirección predominante sigue siendo la Oeste, con velocidades superiores a los 8 m/s y frecuencias cercanas al 16%. El resto de direcciones salvo las de marcado componente sur, tienen probabilidades de ocurrencia de un 7% y velocidades medias en el intervalo de los 2-6 m/s.
- Junio-Agosto: En la época estival, los vientos rolan hacia las direcciones de componente este siendo las más importantes el este, este noreste y el este sureste con velocidades medias entre los 6 y 8 m/s y probabilidades asociadas del entorno del 13%. Destacan también las direcciones de sureste y noreste con probabilidades del entorno del 9%. El resto de direcciones de componente oeste se mueven entre los 2 y 4 m/s y probabilidades del 3%.
- Septiembre-Noviembre: En el otoño la dirección predominante es del oeste con velocidades medias superiores a 8 m/s y frecuencia de 11 %. En segundo lugar se aprecian las direcciones de NE, NNE, ESE, WSW, WNW y N con probabilidades del entorno del 5-6 % y velocidades de hasta 8 m/s, pero velocidades medias del entorno de los 2-6 m/s.

4. SEDIMENTOLOGÍA

En este epígrafe cabe destacar las razones por las que la sedimentología del material en la zona de actuación se ha visto afectado.

El transporte de sedimentos se produce en dirección Norte- Sur como se ha expuesto anteriormente, debido al oleaje que impera en esta zona del Mar Mediterráneo.

Las dos causas principales de la reducción de aporte de sedimentos son:

En primer lugar las constantes ampliaciones del puerto d Valencia, las cuales suponen una barrera total para el transporte de sedimentos y afectan a las playas situadas al sur del puerto, puesto que produce recesión a sotamar del puerto.

Y otra de las causas de la interrupción del transporte de sólidos, es la falta de aportación de sedimentos por parte de los ríos provocada por la construcción de presas.

5. TRANSPORTE SOLIDO LITORAL

Un aspecto fundamental para nuestro proyecto es el conocimiento de la capacidad de transporte solido litoral. Dicho transporte se ve influenciado por la energía y dirección del oleaje, de forma paralelo a la costa entre la playa seca y el punto de Cornaglia.

La orientación del oleaje va variando y su intensidad también, con lo que hace que el transporte varíe en sentido y magnitud.

Para calcular el potencial de transporte utilizaremos la formulación de CERC en 2 puntos de la costa, uno situado al principio del tramo de estudio en la parte norte y otro situado en el extremo sur en la Gola de Puyol.

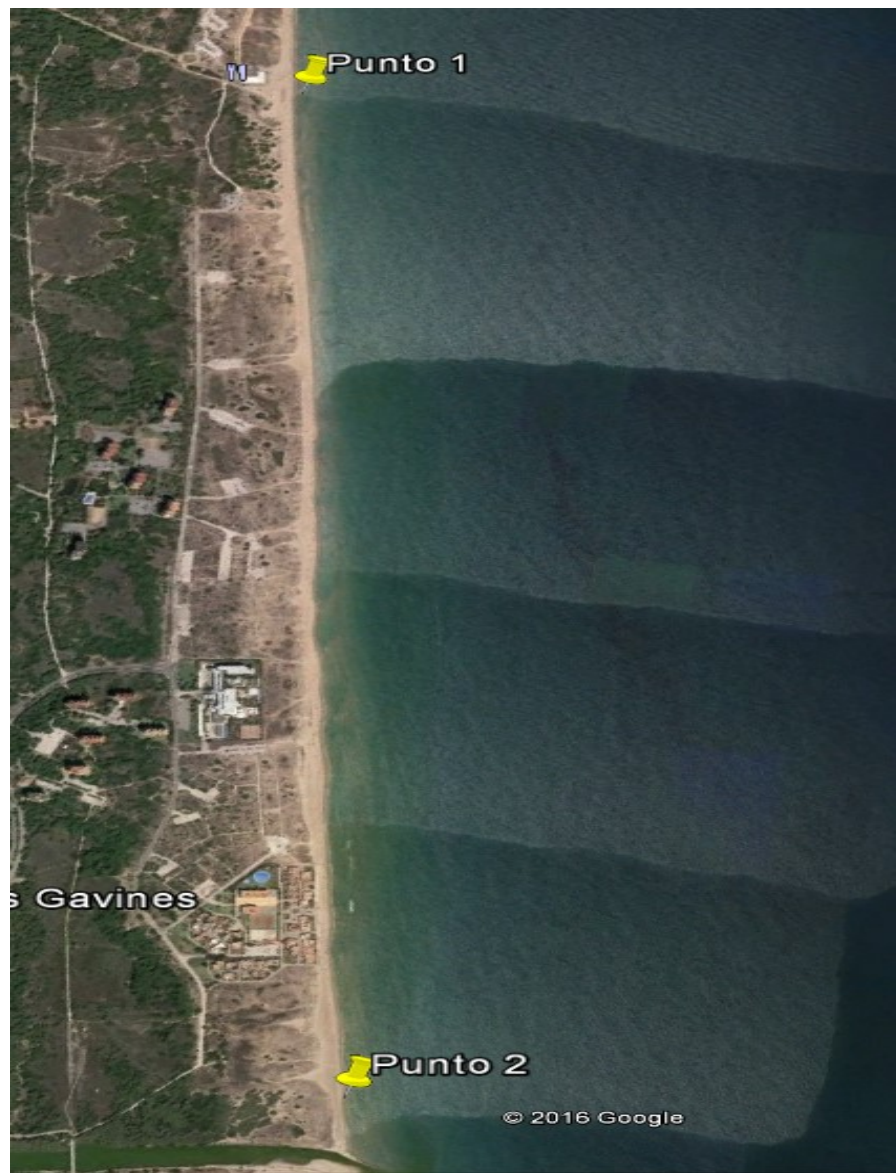


Figura 33: Transporte sólido litoral

La formulación utilizada se basa en la hipótesis de que la playa es de arena, con diámetros menores a 0,2 a 1 mm y las líneas batimétricas deben de ser rectas y paralelas. Esta fórmula incluye un coeficiente geométrico para ajustarse a la zona de estudio y para calibrarla.

$$Q \left(\frac{m^3}{año} \right) = \sum \left[2.027 * 10^6 * H_0^{\frac{5}{2}} * \text{sen}(2\alpha_0) * \cos(\alpha_0)^{\frac{1}{4}} * K_p * K_g \right]$$

Siendo:

H_{s0} = altura de ola significativa en profundidades indefinidas

α_0 = dirección del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa

K_p = probabilidad, en tanto por uno, de presentación de una altura de ola en una determi

K_g = coeficiente geométrico

A continuación se proporciona una tabla en la cual se recoge la probabilidad de ocurrencia de una determinada altura de ola en aguas profundas para cada dirección.

Tabla Altura Significativa (Hs) - Dirección de Procedencia en %

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	12.052												12.052
N 0.0		.572	.560	.166	.031	.008	.002	-	-	-	-	-	1.340
NNE 22.5		.948	1.157	.394	.064	.023	.008	-	-	-	-	-	2.593
NE 45.0		3.734	5.318	1.830	.587	.197	.055	.014	.006	.006	.002	-	11.750
ENE 67.5		8.644	9.703	2.770	.858	.275	.117	.076	.027	.004	.006	-	22.478
E 90.0		9.446	5.330	.624	.137	.027	.027	.002	.004	-	-	-	15.597
ESE 112.5		9.122	2.809	.156	.016	-	-	-	-	-	-	-	12.103
SE 135.0		5.144	2.261	.137	.010	-	-	-	-	-	-	-	7.552
SSE 157.5		1.026	.289	.021	.004	-	-	-	-	-	-	-	1.340
S 180.0		.587	.137	.027	-	-	-	-	-	-	-	-	.751
SSW 202.5		.453	.096	.012	-	-	-	-	-	-	-	-	.562
SW 225.0		.737	.199	.016	.006	-	-	-	-	-	-	-	.958
WSW 247.5		1.381	.562	.072	.006	-	-	-	-	-	-	-	2.021
W 270.0		2.347	1.414	.289	.084	.016	-	-	-	-	-	-	4.151
WNW 292.5		1.332	.888	.187	.062	-	-	-	-	-	-	-	2.468
NW 315.0		.782	.402	.092	.025	-	-	-	-	-	-	-	1.301
NNW 337.5		.507	.345	.107	.018	.004	.002	-	-	-	-	-	.983
Total	12.052	46.760	31.471	6.900	1.908	.550	.211	.092	.037	.010	.008	-	100 %

Figura 34: Altura ola Significativa

Ahora para aplicar la formula en cada uno de los puntos de estudio, necesitamos determinar la dirección perpendicular a la línea de orilla en cada uno de ellos.

Para ello utilizaremos la herramienta de regla en la aplicación de Google Earth, la cual también nos permite medir direcciones.

Con lo que el punto 1 tiene una dirección perpendicular a la costa de 76° y el punto 2 tiene una dirección perpendicular a la costa de 72° .

Aplicando la fórmula para cada oleaje y cada α que se obtiene restando a la dirección perpendicular, el valor asociado a cada dirección.

A continuación se presentan las tablas realizadas en un hoja de cálculo Excel:

Figura 35: Transporte punto 1

[illegible]

Figura 36: Transporte punto 2

Punto 2		
Dir perp	75	H0
Direction	alfa(°)	Suma Vol
N	75	10150,50863
NNE	52,5	54034,33068
NE	30	305292,7314
ENE	7,5	164234,0064
E	-15	-104051,352
ESE	-37,5	-91319,3318
SE	-60	-53206,432
SSE	-82,5	-1737,09322
S	-105	0
		v,tot, teorico
		177610,4588
		kg

Empleando los valores de las tablas calculados en dos puntos distintos del litoral en cuestión, se ha estimado que el transporte sólido litoral es la diferencia entre ambos puntos.

Por lo tanto:

Transporte sólido litoral = Volumen total punto 2 – Volumen total punto 1

Transporte sólido litoral = 177.610,4588 – 116.417,9439= 61.192,05 m³

En conclusión, el transporte sólido litoral en la zona de actuación se estimará en 65.000 m³.

Bibliografía.

<http://www.puertos.es/es-es>

ROM 0.3-91 "Acciones climáticas I: Oleaje"