

**Anejo 3: Estudio de oleaje en la zona de estudio**

## Índice

1	<i>Introducción</i> .....	3
2	<i>Localización de la zona de estudio</i> .....	3
3	<i>Nivel del mar</i> .....	4
4	<i>Caracterización del régimen de oleaje</i> .....	5
	4.1.1 <i>Fuentes de datos</i> .....	5
	4.1.2 <i>Calibración</i> .....	7
	4.1.3 <i>Regímenes medios en profundidades indefinidas</i> .....	8
	4.1.4 <i>Régimen extremal en profundidades indefinidas</i> .....	12

## 1 Introducción

En los apartados siguientes se realizará un análisis de los niveles del mar y de los regímenes de oleaje que caracterizan la zona de estudio. La información del régimen de niveles del mar se dará considerando la suma de las mareas astronómica y meteorológica. Por otro lado con respecto al oleaje se analizan las distintas funciones de distribución del oleaje medio y extremal. Partiendo de las diferentes fuentes disponibles de datos de oleaje en la zona de estudio, se presentan los regímenes de oleaje en profundidades indefinidas.

## 2 Localización de la zona de estudio

La zona de interés, en la que se va a implantar el proyecto piloto CALMA, se encuentra ubicado a 2,7 millas de la costa frente a Cabo Peñas. En la siguiente figura se puede observar la ubicación exacta.

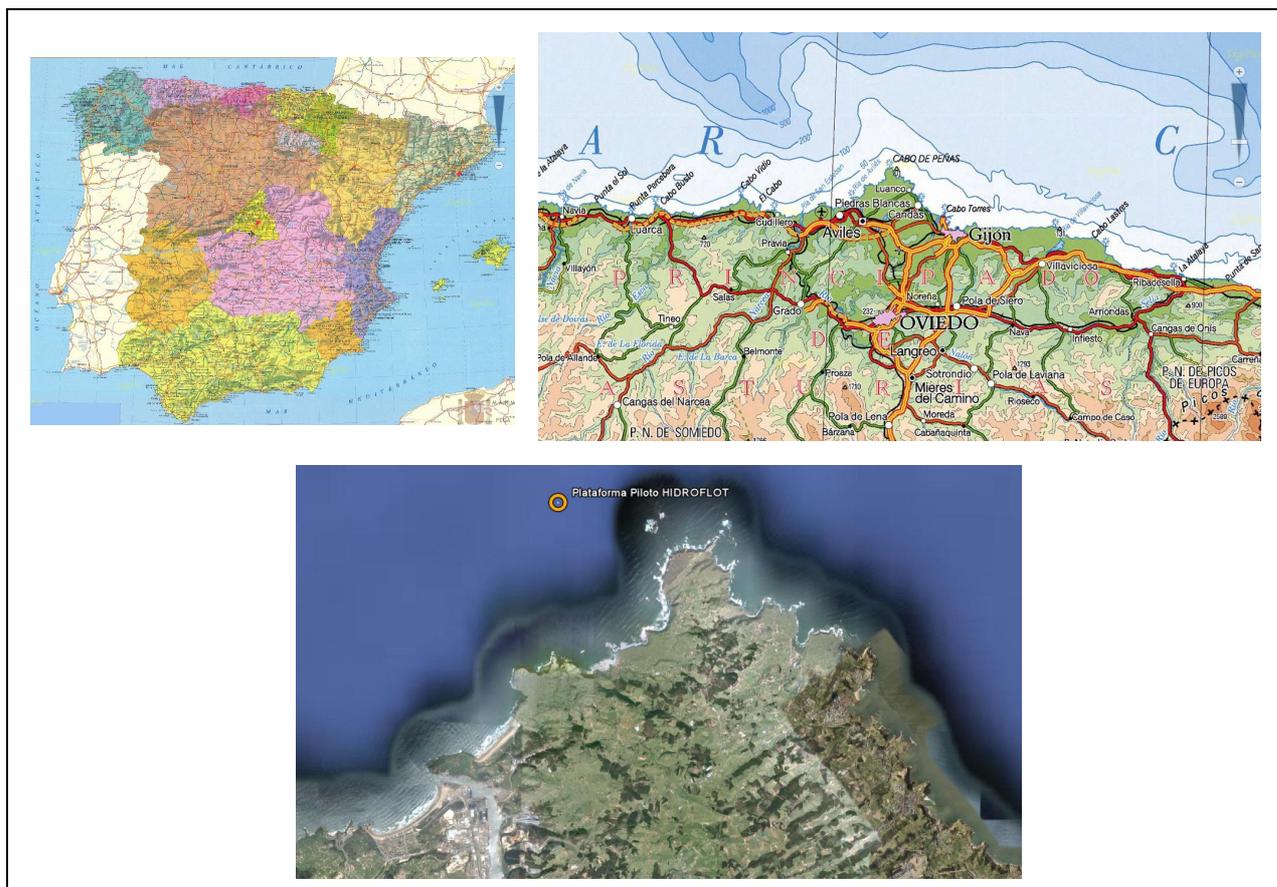


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

### 3 Nivel del mar

La red REDMAR de Puertos del Estado cuenta con un mareógrafo en la zona de Gijón con registros de datos del nivel del mar en tiempo real. En el Atlas de Inundación en el Litoral Peninsular integrado en el SMC se puede encontrar la siguiente información del mareógrafo de Gijón.

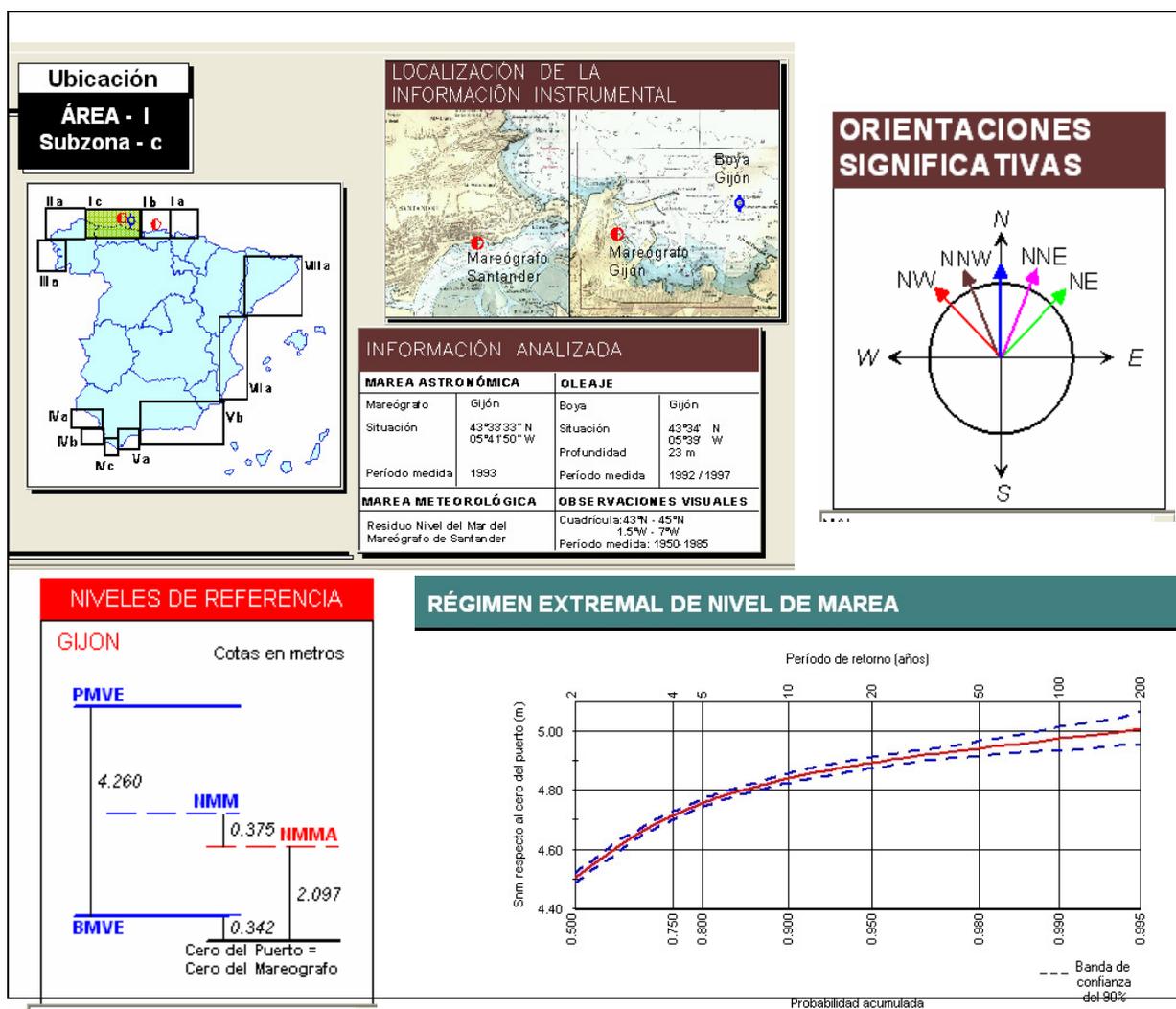


Figura 3. Localización y datos del mareógrafo de Gijón.

El nivel del mar de diseño según la ROM 02.90 es de la PMVE más 0,5m en condiciones extremas que incluyen la marea meteorológica (Storm Surge). Así pues el nivel extremal del mar se toma como:

Snm máxima (Tr=100 años) respecto al cero del puerto de Gijón =  $5,01 + 0,5 = 5,51\text{m}$

En las guías y recomendaciones de diseño offshore aparece la pauta de sumar 1,5m adicionales por seguridad. De este modo se fijaría el nivel máximo en:

Snm máxima respecto al cero del puerto = **7,01 m**

## 4 Caracterización del régimen de oleaje

El proyecto de la plataforma piloto CALMA, se encuentra fondeado a una profundidad media de 70m de profundidad. A estas profundidades, el comportamiento del oleaje no ha sido apenas modificado por la influencia de la batimetría por lo que a este nivel se asumen como válidos los resultados en aguas profundas de los análisis de la boya de Cabo Peñas y del punto WANA seleccionado.

### 4.1.1 Fuentes de datos

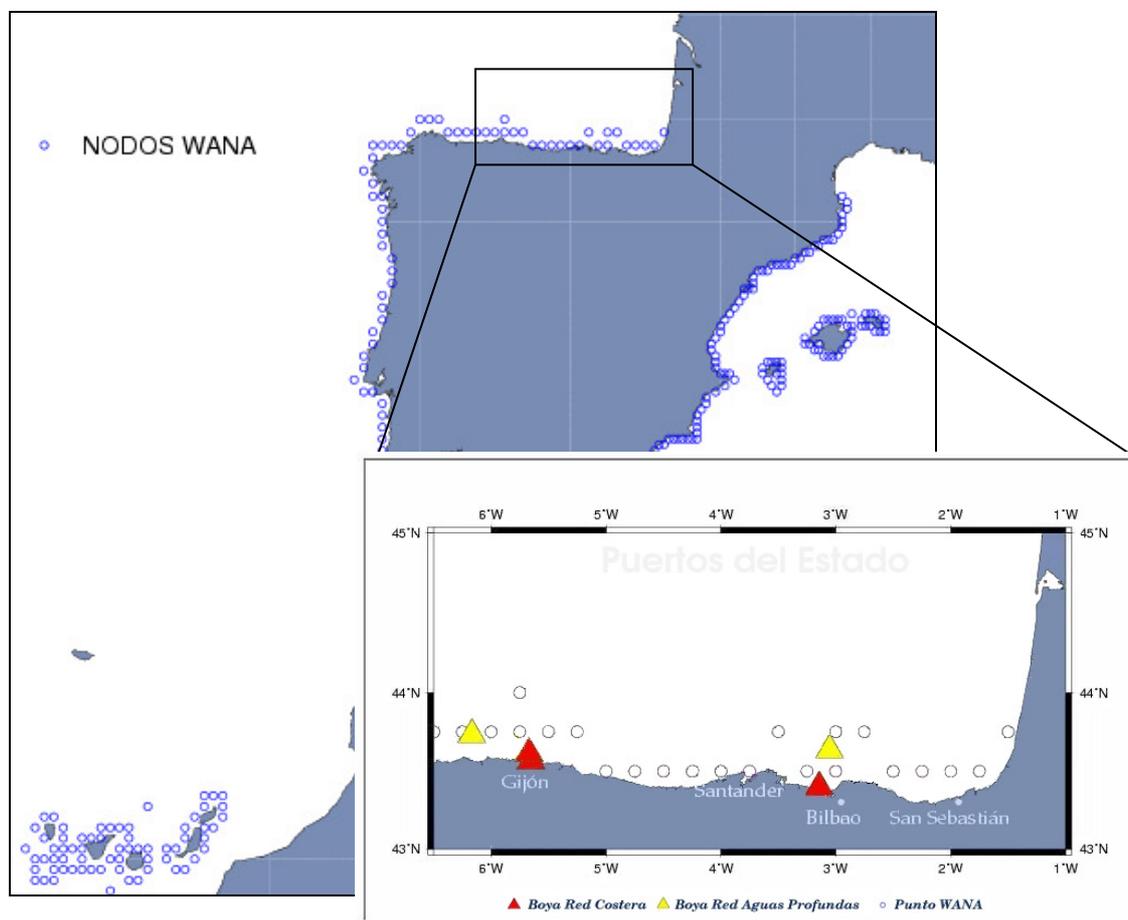
Para la realización de este estudio se han utilizado datos de oleaje procedentes de dos fuentes distintas, cuyas características se detallan a continuación:

#### Datos WANA

Para la obtención de los regímenes de oleaje en profundidades indefinidas se puede utilizar la base de datos WANA, formada por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico. La serie contiene registros de retroanálisis de oleaje direccionales, horarios y continuos durante 13 años, por lo que los regímenes así contruidos pueden ser considerados muy fiables hoy en día.

Cabe destacar que los datos obtenidos mediante el retroanálisis meteorológico no pueden ser utilizados directamente, pues están sometidos a los errores asociados a las

imprecisiones de la previsión meteorológica y del oleaje. Por ello, requieren de la calibración con datos instrumentales obtenidos en una zona próxima.



**Figura 4.** Localización de la Boya y punto WANA utilizados para el estudio.

#### Boya de Cabo de Peñas

Se ha utilizado la boya de aguas profundas de Cabo de Peñas, de la red de boyas de Puertos del Estado para calibrar los datos del punto WANA 1056075. Esta boya escalar está habilitada desde noviembre de 1997 en las coordenadas 43,74°N y -6,170°O, a 382m de profundidad. A continuación se presenta una tabla con un resumen de datos de dicha boya.

CÓDIGO	NOMBRE	COBERTURA	LATITUD	LONGITUD	PROF (m)
2242	Boya de Cabo Peñas	1997 - 2009	43,740	-6,170	382

**Tabla 1.** Ubicación y profundidad de las Boyas de la red de aguas profundas.

La gran ventaja de los datos instrumentales es la calidad y fiabilidad de la información que aportan. Por esta razón y dado que la duración de las series de datos de oleaje direccional son demasiado cortas, se suelen utilizar para el calibrado de los datos obtenidos con el retroanálisis meteorológico.

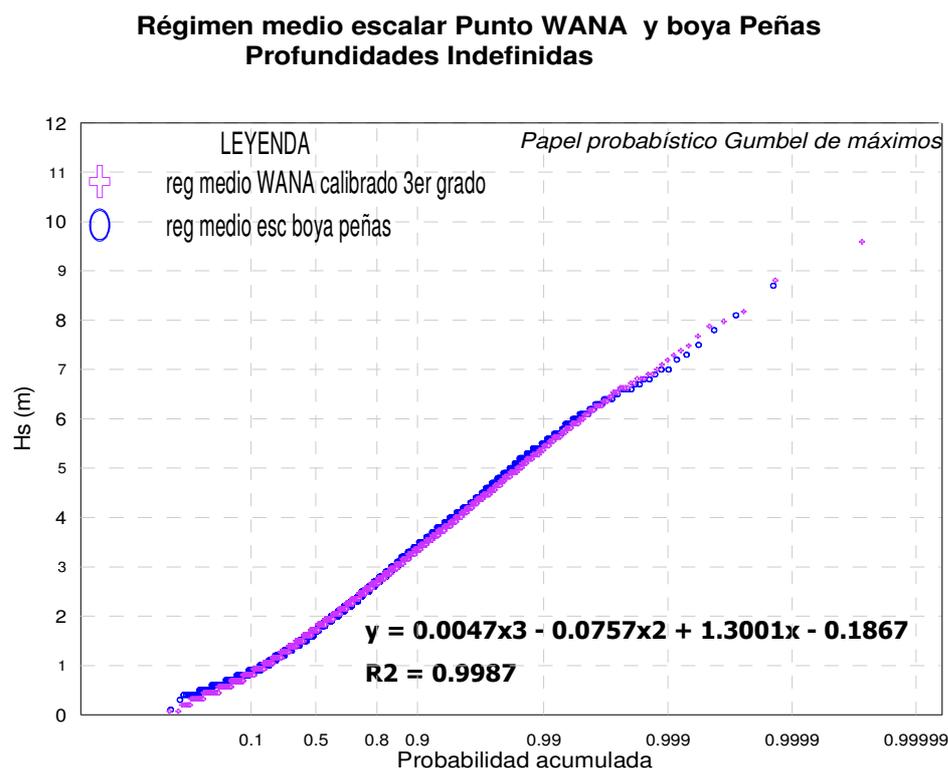
Dada la cercanía del punto más cercano a la zona de estudio (1056075) con la boya de Cabo de Peñas, se calibrará directamente con los datos de esta última a fin de obtener una serie más realista.

#### 4.1.2 Calibración

Para verificar la validez de la información proporcionada por los datos WANA, ésta se ha calibrado con los datos escalares de la boya de Cabo de Peñas. Este proceso se realiza mediante comparación de los regímenes escalares de alturas de ola y periodos obtenidos con el retroanálisis con los de la boya. A continuación se buscan los polinomios de transformación que hagan coincidir los regímenes medios escalares anuales de altura de ola significativa y periodo medio medidos en la boya y en el punto de retroanálisis más cercano a la boya. Una vez obtenidos los polinomios, se reforma con ellos toda la base de datos Wana.

Esta calibración se supone invariable espacial y temporalmente para poder aplicarlo a los datos del punto cercano a la zona de interés. Esta hipótesis es lo suficientemente válida dado que los puntos se encuentran en aguas profundas.

Los datos de altura de ola significativa se ajustaron a un polinomio de orden 3, tal como se muestra en la Figura 5. Dada la gran similitud de los datos de período de pico dados por WANA y los registrados por la boya de Cabo de Peñas, no ha sido necesario encontrar una ecuación de calibración entre ambos conjuntos de datos.



**Figura 5.** Calibración de Hs del punto WANA con la boya de Cabo de Peñas.

Nótese que la gráfica anterior muestra una coincidencia casi perfecta entre las dos bases de datos después de la calibración.

### 4.1.3 Regímenes medios en profundidades indefinidas

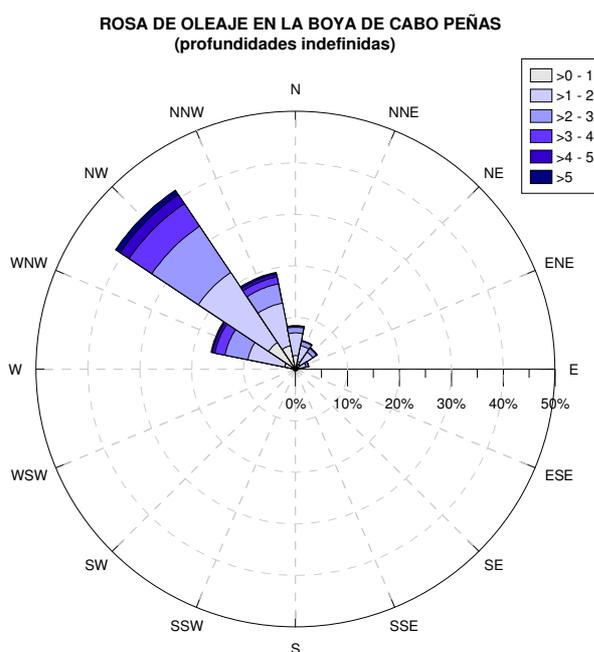
#### 4.1.3.1 Metodología

En este apartado se describe la metodología seguida para la obtención de los regímenes medios anuales de oleaje en aguas profundas, definidos como la distribución en el año medio de un parámetro de estado de mar.

Los regímenes medios que se presentan son los escalares de los parámetros del estado de mar altura de ola significativa,  $H_s$ , y del período de pico,  $T_p$ . Para la obtención de éstos se ha utilizado la base de datos WANA (Punto 1056075) corregida mediante los mismos polinomios de ajuste encontrados para la boya de Cabo de Peñas.

Asimismo, el conocimiento del régimen direccional del oleaje es de vital importancia para el desarrollo de un proyecto en el ámbito marino. De ahí que a partir de la misma base de datos, se analizara la distribución según las direcciones del oleaje, considerando sectores de  $22,5^\circ$  susceptibles de incidir en la zona de estudio. En este sentido cabe destacar, que no todas las direcciones de la rosa pueden incidir en la zona de estudio. El abanico de direcciones viene limitado al Oeste por la costa cantábrica y al Este por la costa francesa. Consecuentemente los únicos oleajes susceptibles de incidir sobre la zona de implantación son los procedentes del WNW, NW, N, NNE, NE y ENE.

Se puede ver en la rosa de oleaje obtenida, para los datos corregidos de la boya, que el oleaje más frecuente proviene indudablemente del NW, sumando también una probabilidad considerable las direcciones del WNW y NNW.



**Figura 6.** Rosa de oleaje en la boya de Cabo Peñas.

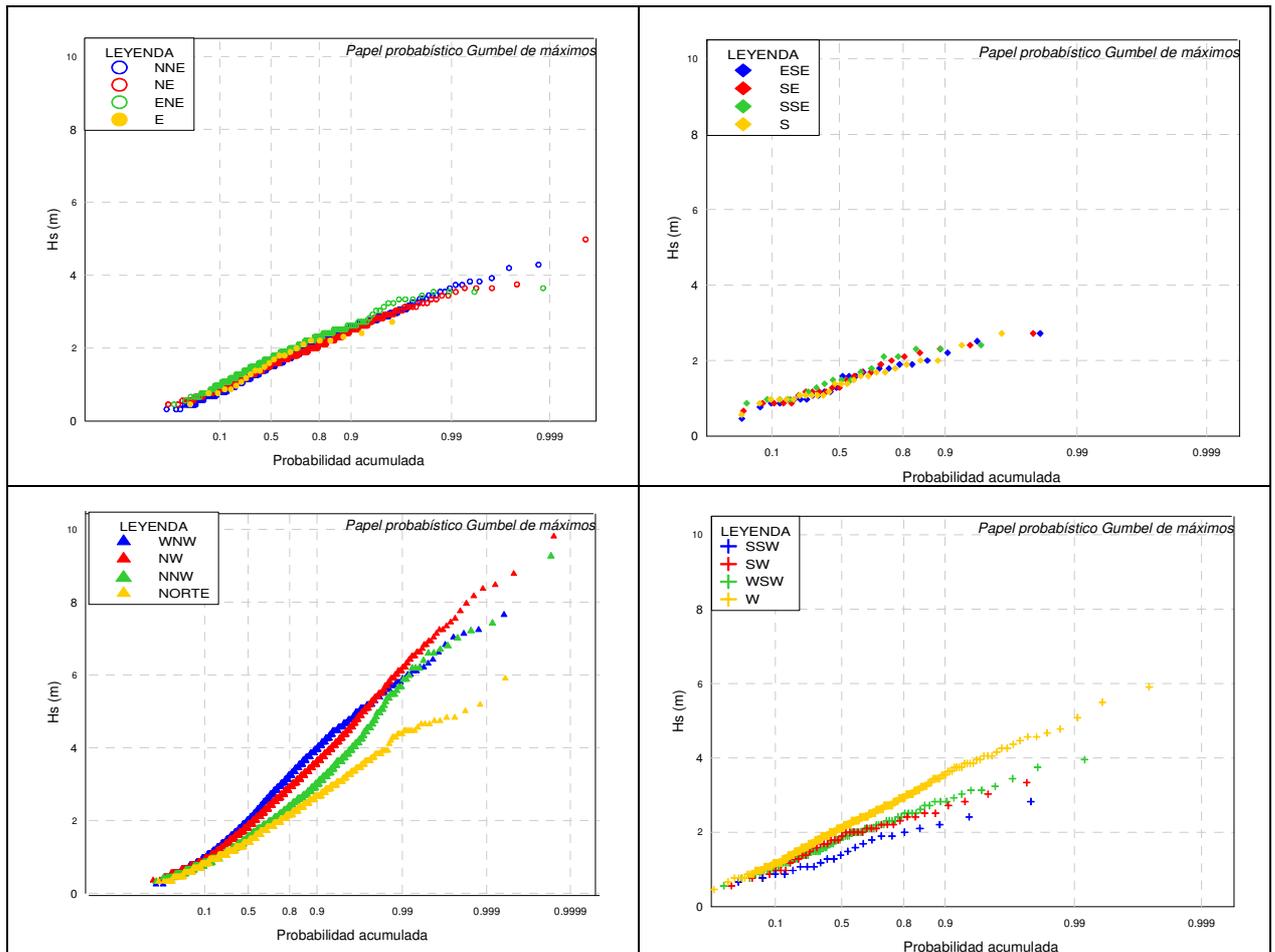
Los regímenes medios escalares y direccionales, de altura de ola significativa y período de pico se ajustaron a una función de distribución Gumbel de máximos, que se expresa mediante la función:

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-\lambda}{\delta}\right)\right)$$

#### 4.1.3.2 Régimen medio escalar y direccional de altura de ola significativa

La Figura 5 y Figura 7 muestran, respectivamente, los regímenes medios escalares y direccionales de oleaje.

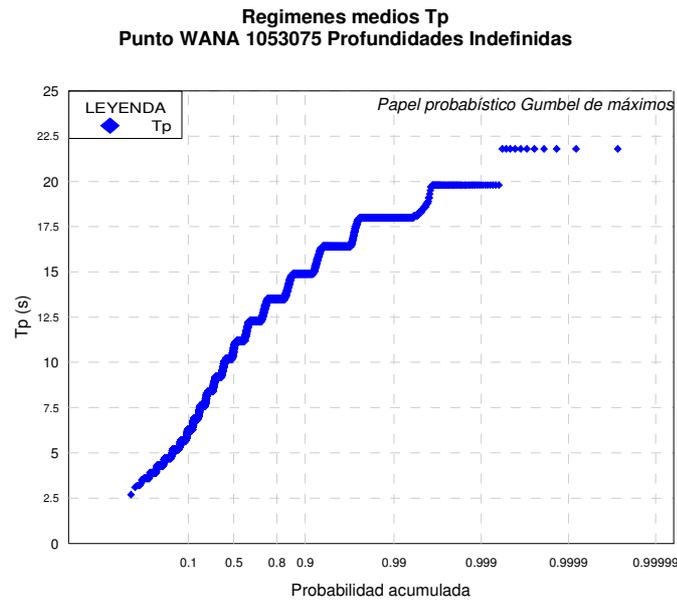
En el régimen medio escalar se observa que la altura de ola significativa superada el 50% del tiempo es de 1,7 m. Por otro lado, en los regímenes direccionales se observa claramente una mayor altura de ola en los oleajes del cuarto cuadrante.



**Figura 7.** Ajuste Gumbel de las distribuciones medias direccionales de la altura significativa,  $H_s$  (WANA 1056075).

#### 4.1.3.3 Régimen medio escalar de período de pico

En la Figura 8 se presenta el ajuste del régimen medio escalar de período de pico en profundidades indefinidas.



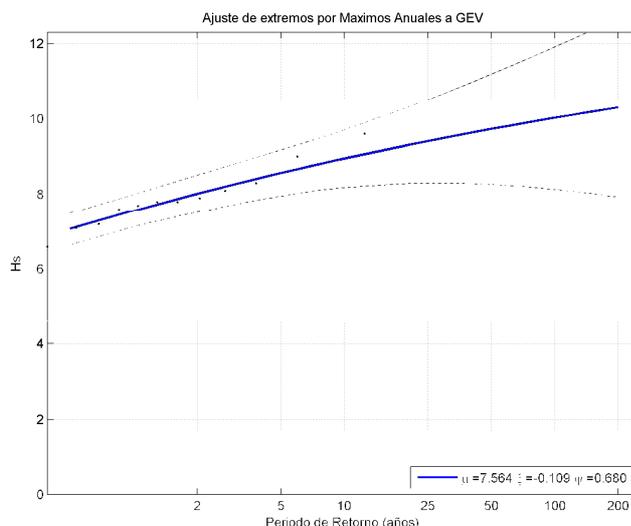
**Figura 8.** Régimen medio escalar de período de pico. Punto WANA 1056075.

#### 4.1.4 Régimen extremal en profundidades indefinidas

Se ha calculado el régimen extremal en la boya de Cabo Peñas ya que la estructura se ha de dimensionar para estados de mar de tal intensidad que no exista apenas probabilidad de que ocurra un evento de tales magnitudes en la vida útil de la obra diseñada.

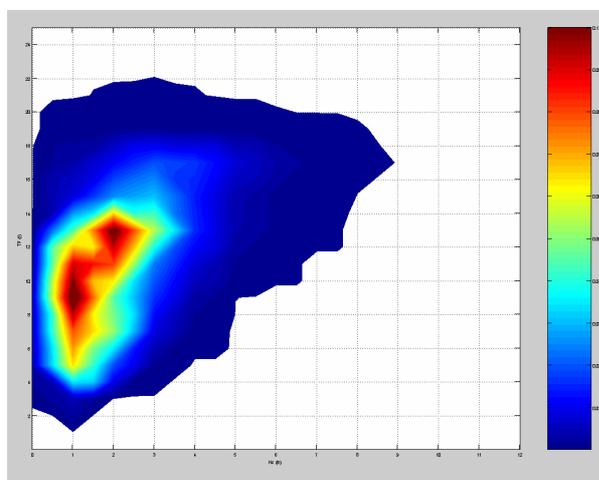
El periodo de retorno del oleaje de diseño puede sobrepasar el tiempo de registros de las fuentes de datos, por lo que se plantea la necesidad de realizar extrapolaciones mediante determinados métodos estadísticos diseñados para este fin. En este caso se ha hecho uso del método *GEV* integrado en el módulo CAROL del Sistema de Modelado Costero. Además, para valorar la inexactitud del régimen estimado se han introducido los límites superior e inferior de la banda asociada a un nivel de confianza del 90%, tal como indica la ROM 03-91.

En la Figura 9 se presenta el régimen extremal en la boya de Cabo Peñas. Finalmente se obtiene que la altura de ola asociada a 100 años de periodo de retorno (recomendado en guías y manuales para instalaciones offshore) en la banda de confianza del 90%, es de 12 m.



**Figura 9.** Régimen extremal de Hs en la boya (método GEV).

Para obtener el periodo asociado a la altura de ola de diseño se obtiene mediante la gráfica de probabilidad conjunta de Hs-Tp que se presenta a continuación.



**Figura 10.** Distribución Hs-Tp en el punto WANA 1056075.

Según la correlación obtenida, se toman los siguientes datos de oleaje de 100 años de periodo de retorno:

Altura de ola (m)	Tp (s)
Hs = 12 (GEV)	17,6
Hmax = 22,32	19,8