

Estudio del remonte de ola en el tramo de costa de Punta de Sant Carlos, entre los vértices 254 a 260 de la poligonal de deslinde del término municipal de Es Castell, isla de Menorca Illes Balears

A continuación, se detalla el cálculo del remonte de ola, para un periodo de retorno de 50 años, en el tramo de costa comprendido entre los vértices 254 y 260 de la poligonal de deslinde del municipio de Es Castell.

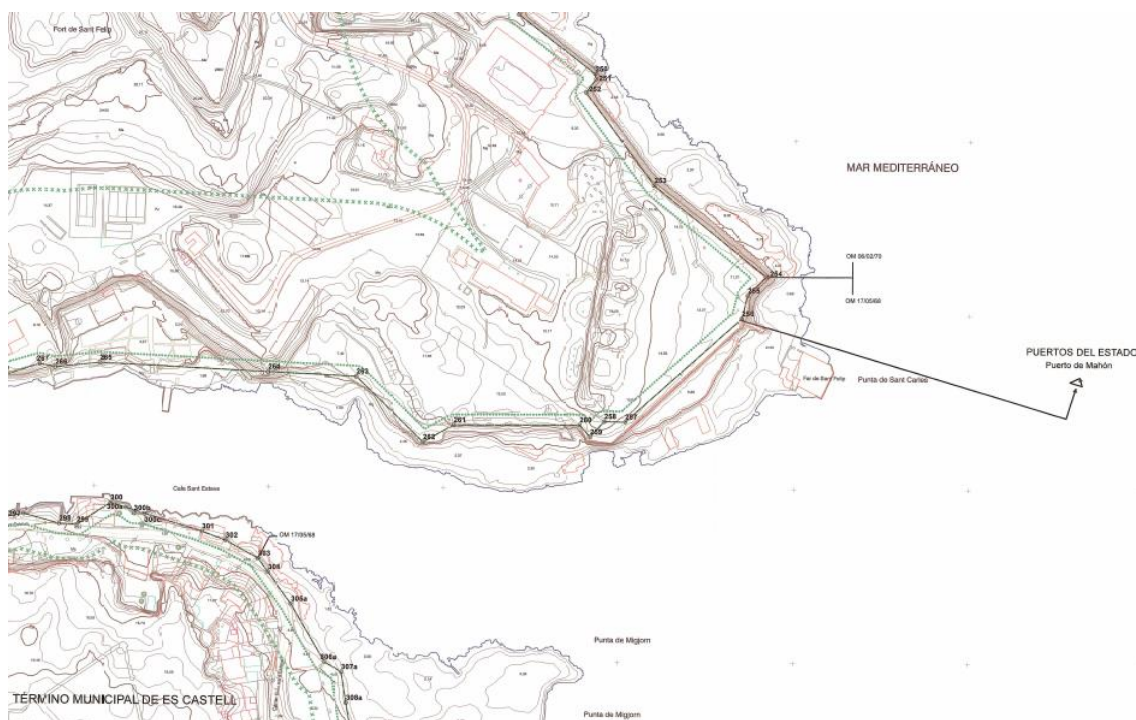


Fig.1 Imagen de los terrenos objeto de estudio

Según el artículo 27.1b del Reglamento de Costas, aprobado por Real Decreto 876/2014 de 10 de octubre cita que:

“Los deslindes se revisarán cuando se altere la configuración del dominio público marítimo-terrestre. La revisión del deslinde se tramitará de conformidad con lo previsto en:

b) ... se revisarán los deslindes de zona marítimo-terrestre vigentes, desplazando dicho límite hacia el mar, si se demuestra que un temporal, con periodo de retorno de 50 años, no alcanza el límite fijado en dicho deslinde. Para dicho cálculo no se tendrán en cuenta las obras que hayan podido realizarse para disminuir el alcance del oleaje.”

Con el fin de verificar si en el tramo de estudio un temporal con periodo de retorno de 50 años alcanza el límite prefijado por la poligonal de deslinde realizaremos el cálculo del remonte de ola para dicho periodo de retorno.

Para realizar el cálculo de remonte de ola, partiremos de los datos de la Boya de Mahón, que es la más cercana al área de estudio.

La seguridad y la operatividad de las instalaciones costeras pueden verse condicionadas por la acción del oleaje durante los temporales. Con la finalidad de acotar el riesgo de estas instalaciones, durante las situaciones donde la altura de oleaje alcanza intensidades poco frecuentes, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales que superen cierta Altura Significante de ola.

Un régimen extremal de oleaje es un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo.

Un temporal queda representado por el pico o valor máximo de la altura alcanzada por el oleaje durante un periodo de 5 días. El método de selección de temporales descrito se conoce como POT (Peak Over Threshold).

El número de años que en promedio transcurren entre temporales que superan un cierto valor de Altura Significante HR, se denomina Periodo de Retorno Tr asociado a la Altura de Retorno Hr.

En el informe de extremos máximos de oleaje por direcciones, de la Boya de Mahón, obtendremos los datos de Altura Significante Hs necesarios para el cálculo de remonte de ola.



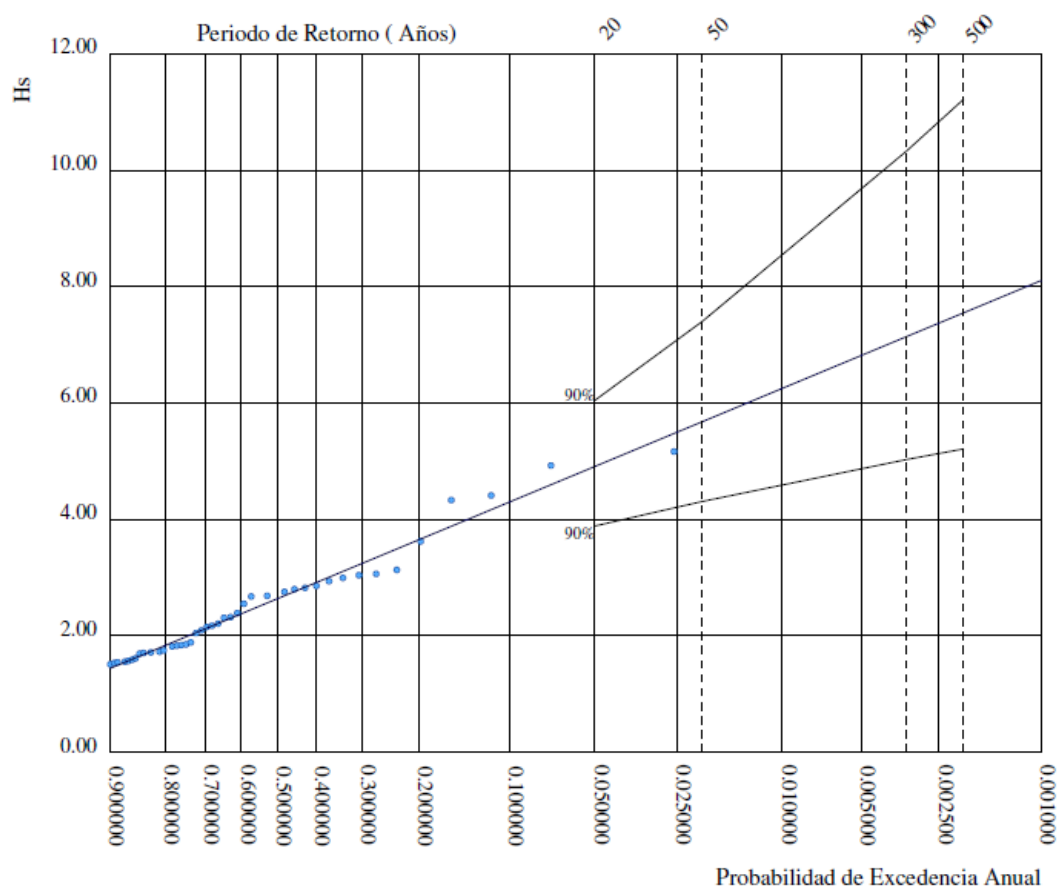
PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
 EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
 TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

En los datos de la ficha de régimen extremal de Boya de Mahón obtenemos para diferentes Sectores Direcciones. Por la orientación de las isobatas del tramo de estudio, tomaremos los datos de Sector Dirección SE ya que representa la orientación perpendicular del oleaje a la zona de estudio, en la figura 1 está indicada esta dirección.

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLAJE

LUGAR : Mahón SECTOR : SE (112.5:157.5)
 PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Abr. 1993 - Mar. 2023
 PROFUNDIDAD : 300.0m



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	300.00	500.00
Estima Central de Hs (m)	4.91	5.68	7.15	7.56
Banda Sup. 90% Hs	6.04	7.40	10.33	11.22
Valor Esperado de Tp (s)	9.56	10.15	11.14	11.40
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.06	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.15	0.10

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

$$T_p = 4.99 H_s^{0.41}$$

Fig.2 Datos de la ficha de régimen extremal de Boya de Mahón sector SE

Para los cálculos, es necesario obtener la altura de la ola significativa en aguas profundas (H_0), puesto que la Boya de Mahón se encuentra a una profundidad de 300 m (h) el dato de H_s , para un periodo de retorno de 50 años corresponde a H_0 .

$$H_0 = 5,68 \text{ m}$$

Obtenemos también el valor de T_p según la formula aportada en la misma ficha. $T_p = 10,17$

Calculamos en primer lugar la longitud de onda en aguas profundas para según los datos obtenidos de la Boya.

$$L_0 = 1.56 T^2$$

donde:

- L_0 =Longitud de ola profunda
- $T=T_p$ =Periodo punta

$$L = 161,40$$

$h/L = 300/161,40 = 1,86 > 0,5$ por lo que verificamos que nos encontramos en aguas profundas.

La celeridad en aguas profundas, C_0 , será $C_0 = L_0/T = 15,87 \text{ m/seg}$

Calculamos la profundidad de ruptura de la ola según el método de McCowan: $H_b = 0.8 \cdot h_b$

$$\Omega_b = 0.56 \left(\frac{H_o}{L_o} \right)^{-\frac{1}{5}}$$

Altura de ruptura: donde

Ω_b =altura de ruptura de la ola según Komar & Gauhan (1973)

$$\Omega_b = 1,09$$

Por otro lado, $\Omega_b = H_b/H_o$, por lo que en el punto de ruptura $H_b = 6,21 \text{ m}$.

La profundidad de ruptura es según McCowan, $h_b = H_b/0,8 = 7,77 \text{ m}$

Tomaremos como profundidad antes de la rotura 10 metros

Buscaremos H_s en el pie del talud, que corresponderá a H_s antes de la ruptura de la ola, y en aguas intermedias.

Para ello usaremos las tablas del SMP (Shore Protection Manual), con el parámetro h/L_0 , en este caso h será la profundidad del pie de talud 10 m. $h/L_0 = 0,06$

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
 EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
 TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

$\frac{h}{L_0}$	$\tanh kh$	$\frac{h}{L}$	kh	$\sinh kh$	$\cosh kh$	G	$\frac{H}{H_0} \leftarrow K_s$
0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	1.00	1.000	∞
0.02	112	0.179	112	113	01	0.992	2.12
0.04	158	0.253	159	160	01	0.983	1.79
0.06	193	0.311	195	197	02	0.975	62
0.08	222	0.360	226	228	03	0.967	51

$K_s = H/H_0 = 0,926$, H será la altura de ola al pie de talud, 29m de profundidad.

$H_s = K_s \cdot H_0 = 1,62 \cdot 5,68 = 9,20m$

La longitud de onda en ese punto, L será:

$h/L = 0,0311$ $10/L = 0,0311$ donde $L = 321,54$ m

La celeridad a 10 m de profundidad será $C = C_0 \cdot \tanh(kh) = 15,87 \cdot 0,193 = 3,06$ m/seg

Seguidamente, se procede a calcular el remonte de la ola (**RUN-UP**), objeto de este estudio, para ello utilizaremos el modelo de Van der Meer y Jansen (1995). Para ello, son necesarias los siguientes parámetros y ecuaciones:

$$\frac{R_{u_{2\%}}}{H_s} = 1.6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi$$

- Parámetro de ruptura de la ola, número de Iribarren:

ξ_∞ es el número de Iribarren en aguas profundas

$$\xi_\infty = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_\infty / L_\infty}}$$

Tan β pendiente del talud, según la batimetría obtenida en

<http://www.navionics.com/es>:

L_∞

es la longitud de onda en aguas profundas

$$\xi_0 = 0,37 (5,68/161,40)^{-1/2} = 1,97$$

- γ_f reducción por rugosidad del talud. Estimamos 0.85.
- γ_h reducción por limitación de profundidad al pie del talud

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
 EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
 TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

$$\gamma_h = 1 - 0.03 \left(4 - \frac{h}{H_s} \right)^2 \quad \text{para } \frac{h}{H_s} < 4$$

$$\gamma_h = 1 \quad \text{para } \frac{h}{1+s} \geq 4$$

La profundidad del pie de talud son 10 m , por lo que aplicando la primera fórmula
 obtendremos $\gamma_h = 0,75$

- γ_β reducción por incidencia oblicua, la ola es perpendicular a la costa dirección SE.

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0022\beta = 1$$

(β en grados)

- Máximo RUN 2%

$$\frac{R_{u2\%}}{H_s} = 1.6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi$$

$$R_{u2\%} = 1,6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi_0 * H_s = 18,32 \text{ m}$$

Para calcular la cota de inundación necesitamos conocer también la marea. Buscaremos
 una altura de marea que corresponda con un temporal en el cual se alcanzó un H_0 de 5,68
 m.



Fig.3 Datos históricos del oleaje en la boya de Dragonera

El 7 de noviembre de 2021 a las 5:00 se detectó en la boya de Mahón una ola de 5,68 m por lo que buscaremos la marea correspondiente a ese día y hora.

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

Datos históricos para Nivel del Mar | Mareógrafo de Mahón | Datos Horarios

Datos Horarios

Año: 2021 Mes: Noviembre Día: 7

Nivel Ref.: Cero REDMAR

Puertos del Estado

Datos de Nivel del Mar, Marea Astronómica y Marea Atmosférica. En los valores horarios se han filtrado las oscilaciones de periodo inferior a 2 horas.

COMENTARIOS: Sensores meteorológicos desde 14-07-2015. Wind sensor height 7,336. Pressure sensor height 2,636 m.

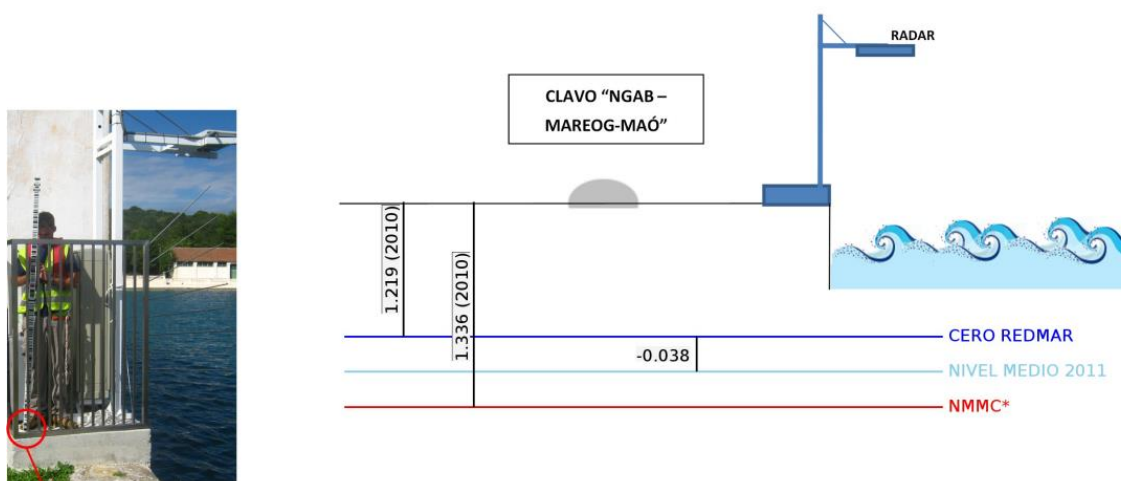
GENERAR TABLA

Fecha (GMT)	Nivel Horario (cm)	Marea Astronómica (cm)	Marea Meteorológica (cm)
2021-11-07 00:00	5.9	-5.5	11.4
2021-11-07 01:00	4.2	-8.2	12.4
2021-11-07 02:00	2.2	-10.2	12.4
2021-11-07 03:00	1.2	-10.8	12
2021-11-07 04:00	3	-9.3	12.3
2021-11-07 05:00	7.1	-5.3	12.4
2021-11-07 06:00	12.7	0.4	12.3
2021-11-07 07:00	18.3	6.1	12.5
2021-11-07 08:00	21.7	10.1	11.6
2021-11-07 09:00	22.2	11.4	10.8
2021-11-07 10:00	20.6	10.6	10
2021-11-07 11:00	18	8.5	9.5

Página 1 de 2 (24 items)

Fig.4 Datos históricos del nivel del mar en el mareógrafo de Mahón.

Tomaremos los datos de marea correspondientes a 1 hora después de la detección de la ola, es decir los datos de la altura de marea para el 7 de noviembre de 2021 a las 6:00 en Mahón, que fue de 12,7 cm.



Como se puede observar, hay una diferencia de 0,117 metros entre el cero de la boya de la REDMAR y el cero del N.M.M.A., que es el coincidente con el cero geodésico y por tanto con el de la topografía que se tiene de la zona de estudio. Por tanto, al obtener las cotas del nivel del mar de cada evento de temporal, será necesario realizar una corrección restando la diferencia de 0,117 metros para tener una cota real del nivel del mar respecto al N.M.M.A.

Por lo tanto, la Cota de inundación será

$$CI = RUN-Up + marea = 18,32 + (0,127 - 0,117) = 18,07 \text{ m}$$

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

Estudio del remonte de ola en el tramo de costa, comprendido entre los vértices 382 a 385 de la poligonal de deslinde del término municipal de Es Castell, isla de Menorca Illes Balears

A continuación, se detalla el cálculo del remonte de ola, para un periodo de retorno de 50 años, en el tramo de costa comprendido entre los vértices 382 y 385 de la poligonal de deslinde del municipio de Es Castell.



Con los datos obtenidos de la Boya de Mahón se procederá a realizar el cálculo de remonte de ola según cálculos según el CEM (Coastal Engineering Manual).

En los datos de la ficha de régimen extremal de Boya de Mahón obtenemos para diferentes Sectores Direcciones. Por la orientación de las isobatas del tramo de estudio, tomaremos

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARSS))

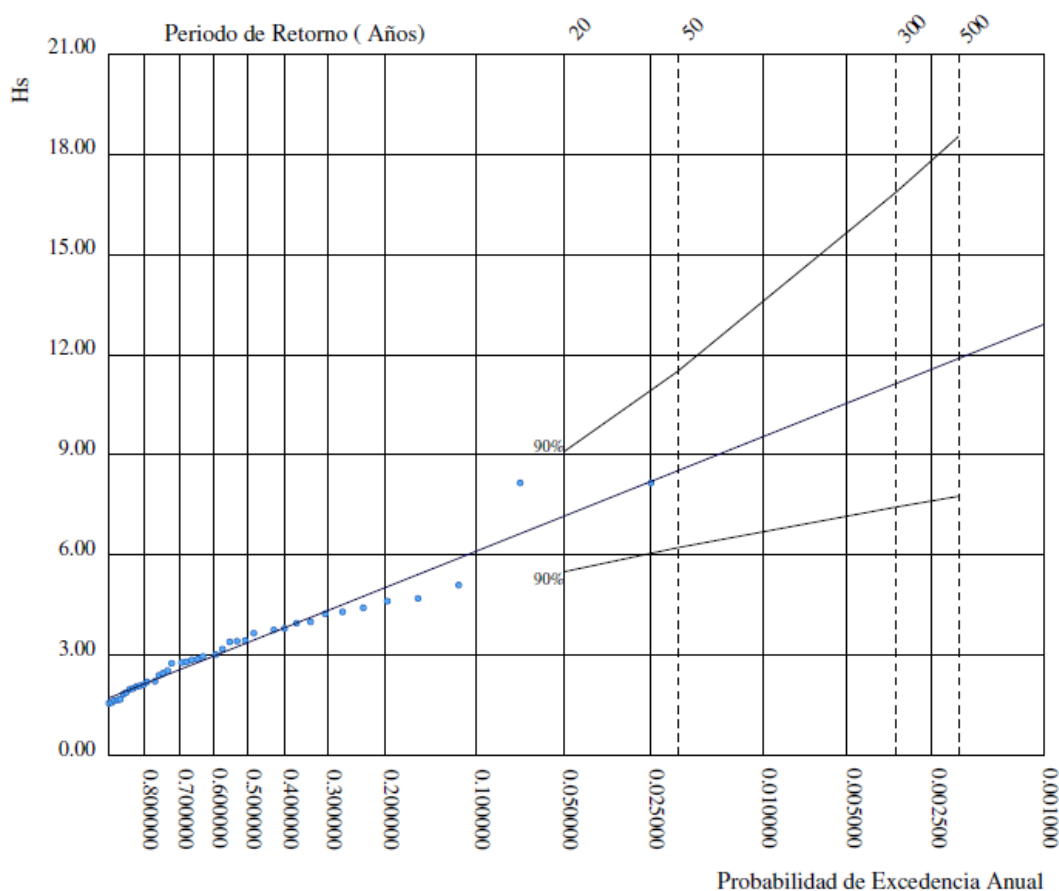
Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

los datos de Sector Dirección E ya que representa la orientación perpendicular del oleaje a la zona de estudio, en la figura 1 está indicada esta dirección.

REGIMEN EXTREMAL DIRECCIONAL DE OLAJE

LUGAR : Mahón
PARÁMETRO : Altura Significante
PROFUNDIDAD : 300.0m

SECTOR : E (67.5:112.5)
SERIE ANALIZADA : Abr. 1993 - Mar. 2023



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	300.00	500.00
Estima Central de Hs (m)	7.16	8.52	11.14	11.89
Banda Sup. 90% Hs	9.10	11.51	16.88	18.55
Valor Esperado de Tp (s)	10.76	11.48	12.68	12.99
Prob. de Exc. en 20 Años	0.63	0.33	0.06	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.63	0.15	0.10

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

$$T_p = 5.18 H_s^{0.37}$$

Fig.5 Datos de la ficha de régimen extremal de Boya de Mahón sector E

Para los cálculos, es necesario obtener la altura de la ola significativa en aguas profundas (H_0), puesto que la Boya de Mahón se encuentra a una profundidad de 300 m (h) el dato de H_s , para un periodo de retorno de 50 años corresponde a H_0 .

$$H_0 = 8,52 \text{ m}$$

Obtenemos también el valor de T_p según la formula aportada en la misma ficha. $T_p = 11,44 \text{ s}$.

Calculamos en primer lugar la longitud de onda en aguas profundas para según los datos obtenidos de la Boya.

$$L_0 = 1.56 T^2$$

donde:

- L_0 =Longitud de ola profunda
- $T=T_p$ =Periodo punta

$$L = 204,32 \text{ m}$$

$h/L = 300/204,32 = 1,47 > 0,5$ por lo que verificamos que nos encontramos en aguas profundas.

La celeridad en aguas profundas, C_0 , será $C_0 = L_0/T = 17,85 \text{ m/seg}$

Calculamos la profundidad de ruptura de la ola según el método de McCowan: $H_b = 0.8 \cdot h_b$

$$\Omega_b = 0.56 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{-\frac{1}{5}}$$

Altura de ruptura: donde

Ω_b =altura de ruptura de la ola según Komar & Gauhan (1973)

$$\Omega_b = 1,06 \text{ m}$$

Por otro lado, $\Omega_b = H_b/H_0$, por lo que en el punto de ruptura $H_b = 9,01 \text{ m}$.

La profundidad de ruptura es según McCowan, $h_b = H_b/0,8 = 11,26 \text{ m}$

Tomaremos como profundidad antes de la rotura 12 metros

Buscaremos H_s a 12m, que corresponderá a H_s antes de la ruptura de la ola, y en aguas intermedias.

Para ello usaremos las tablas del SMP (Shore Protection Manual), con el parámetro h/L_0 , en este caso h será la profundidad del pie de talud 12 m. $h/L_0 = 0,06$

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
 EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
 TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

$\frac{h}{L_c}$	$\tanh kh$	$\frac{h}{L}$	kh	$\sinh kh$	$\cosh kh$	G	$\frac{H}{H_0} \leftarrow K_s$
0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	1.00	1.000	∞
0.02	112	0.179	112	113	01	0.992	2.12
0.04	158	0.253	159	160	01	0.983	1.79
0.06	193	0.311	195	197	02	0.975	62
0.08	222	0.360	226	228	03	0.967	51

$K_s = H/H_0 = 1,62$, H será la altura de ola al pie de talud, 12 m de profundidad.

$H_s = K_s \cdot H_0 = 1,62 \cdot 8,52 = 13,80$ m

La longitud de onda en ese punto, L será:

$h/L = 0,0311$ $12/L = 0,0311$ donde $L = 385,85$ m

La celeridad a 12 m de profundidad será $C = C_0 \cdot \tanh(kh) = 17,85 \cdot 0,193 = 3,45$ m/seg

Seguidamente, se procede a calcular el remonte de la ola (**RUN-UP**), objeto de este estudio, para ello utilizaremos el modelo de Van der Meer y Jansen (1995). Para ello, son necesarias los siguientes parámetros y ecuaciones:

$$\frac{R_{u_{2\%}}}{H_s} = 1.6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi$$

- Parámetro de ruptura de la ola, número de Iribarren:

ξ_∞ es el número de Iribarren en aguas profundas

$$\xi_\infty = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_\infty / L_\infty}}$$

Tan β pendiente del talud, según la batimetría obtenida en

<http://www.navionics.com/es>:

L_∞

es la longitud de onda en aguas profundas

$$\xi_0 = 0,54 (8,52/204,32)^{-1/2} = 2,64$$

- γ_f reducción por rugosidad del talud. Estimamos 0.85.
- γ_h reducción por limitación de profundidad al pie del talud

PROYECTO DE DESLINDE DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE
EN EL TRAMO DE UNOS DIEZ MIL CIENTO TREINTA Y TRES (10.133) METROS DE LONGITUD, CORRESPONDIENTE A LA
TOTALIDAD DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ES CASTELL, EN LA ISLA DE MENORCA (ILLES BALEARS))

Anejo 5 Estudio del medio físico. Anejo B

$$\gamma_h = 1 - 0.03 \left(4 - \frac{h}{H_s} \right)^2 \quad \text{para } \frac{h}{H_s} < 4$$

$$\gamma_h = 1 \quad \text{para } \frac{h}{1+s} \geq 4$$

La profundidad del pie de talud son 12 m, y aplicando la primera fórmula
obtenemos $\gamma_h = 0,71$

- γ_β reducción por incidencia oblicua, la ola es perpendicular a la costa dirección E.

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0022\beta = 0.802$$

(β en grados)

- Máximo RUN 2%

$$\frac{R_{u2\%}}{H_s} = 1.6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi$$

$$R_{u2\%} = 1,6 \gamma_h \gamma_f \gamma_\beta \xi_0 * H_s = 28,11 \text{ m}$$

ASISTENCIA TÉCNICA: