

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3. RELACIÓN DE LAS OBRAS MARÍTIMAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1. RESULTADOS C3E

4. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....

1

1

1

2

4

1. INTRODUCCIÓN

La evidencia de que el cambio climático ya es una realidad ha permitido tomar conciencia de la necesidad de emprender acciones para adaptarnos a sus efectos con suficiente antelación. La adaptación al cambio climático no es una alternativa frente a la reducción de las causas que lo originan, sino un complemento necesario de las políticas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

El Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas establece en su artículo 85 que *“Para que la Administración competente resuelva sobre la ocupación o utilización del dominio público marítimo terrestre se formulará el correspondiente proyecto básico, en el que se fijarán las características de las instalaciones y obras, la extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar o utilizar y las demás especificaciones que se determinan en el artículo 88 de este reglamento. [...] La variable del cambio climático, se introducirá en la toma de decisión sobre la ocupación o utilización del dominio público marítimo terrestre.”* Así, de acuerdo con la citada norma y atendiendo a que las actuaciones descritas en el presente proyecto se localizan dentro de los terrenos de DPMT, es necesaria la inclusión de un documento en el que se incluyan los efectos del cambio climático.

En el artículo 91 del mismo RD 876/2014 se especifica el contenido del proyecto, en el que se exige la inclusión de un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente, y que está incluido en el anejo nº2 del presente proyecto, así como una evaluación de los posibles efectos del cambio climático sobre los terrenos donde se vaya a situar la obra realizada, según se establece en el artículo 92 del mismo RD:

“Artículo 92. Contenido de la evaluación de los efectos del cambio climático

1. La evaluación de los efectos del cambio climático incluirá la consideración de la subida del nivel medio del mar, la modificación de las direcciones de oleaje, los incrementos de altura de ola, la modificación de la duración de temporales y en general todas aquellas modificaciones de las dinámicas costeras actuantes en la zona, en los siguientes periodos de tiempo:

a) En caso de proyectos cuya finalidad sea la obtención de una concesión, el plazo de solicitud de la concesión, incluidas las posibles prórrogas.

b) En caso de obras de protección del litoral, puertos y similares, un mínimo de 50 años desde la fecha de solicitud.

2. Se deberán considerar las medidas de adaptación que se definan en la estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático, establecida en la disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de 29 de mayo.”

El contenido del presente anejo se ajusta a lo exigido en la legislación referida en los apartados anteriores, y para su elaboración se han tenido en cuenta diversos estudios existentes en los que se exponen las previsiones y proyecciones de los comportamientos del medio marino derivados de los efectos del cambio climático, y se han analizado por lo tanto los impactos que éstos efectos pueden tener sobre las estructuras proyectadas a lo largo de toda su vida útil.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

La playa de Altar, situada en el término municipal de Barreiros, ha sufrido la aparición de erosiones muy relevantes en su extremo Este, relacionadas con las sucesivas ampliaciones del encauzamiento de la margen izquierda del canal de entrada.

La ría de Foz ofrece muchas dificultades para barcos de más de dos metros de calado, además de ofrecer mal resguardo con mal tiempo, mar de fondo y vientos del norte. El canal de entrada en la ría tiene muy poca profundidad y no es recomendable intentar ganar el puerto con marea baja o decreciente. La ría tiene muchas similitudes con la de Ribadeo, dejando grandes superficies al aire en mareas vivas.

Las obras proyectadas consisten en la construcción de un nuevo espigón de cierre en el tómbolo de Pedra Rubia, para independizar el extremo oriental de la playa del resto de la unidad.

La obra se completa con la extracción del material de aportación de la zona interior de la Ría, frente al puerto de Foz, y su vertido a ambos lados de la nueva obra.

Además se ha proyectado la construcción de una escalera de acceso desde el paseo marítimo en el extremo oriental de la playa.

Espigón de Pedra Rubia

El *Proyecto de estabilización de la playa de Altar* incluye la construcción de un dique-rampa de **190,5 metros** de longitud desde el borde litoral hasta el islote de Pedra Rubia, formado por 6 tramos con distinta cota de coronación. El perfil de la obra tiene las siguientes alineaciones:

Tramo 1, de 72 m de longitud a la cota +6.50 m.

Tramo 2, de 22 m a la cota +6.0 m.

Tramo 3, de 22 m de longitud a la cota +5.50 m.

Tramo 4, de 10 m de longitud a la cota +4.50 m.

Tramo 5, de 36 m de longitud a la cota +3.50 m.

Tramo 6, de 28,5 m de longitud a la cota +3.0 m.

La sección tipo del espigón consta de una base de escollera sobre la que se asienta una sección de hormigón en masa. El lado Este de la sección es vertical, rematado con una placa de granito de 10 cm de espesor, mientras que el lado Oeste es un gradería formado por piezas de granito de 80x50 cm. El pavimento superior es también de granito de 10 cm de espesor.

En las zonas con fondo rocosa la sección tipo incluye una limpieza y picado de la superficie de la roca, hasta una profundidad de 50 cm, que permite eliminar algas, moluscos y restos descompuesto de roca, que perjudiquen el agarre y asentamiento de la obra.

Con el objeto de salvar la diferencia existente entre la cota de la playa regenerada al Este del espigón y la cota de playa al Oeste, el lado Oeste del espigón se termina en forma de graderío, haciéndolo así permeable al paso de usuarios de un lado al otro de la playa.

Escalera de acceso a la playa de Altar

Se ha proyectado una escalera de 2,10 m de ancho que dará acceso a la playa de Altar desde el nuevo paseo marítimo recientemente construido. Salva un desnivel de 12,8 metros entre la cota 16 del paseo y la 3,20 de la situación actual de la playa. Cuando se complete el relleno (nivel de arena a la cota 6) los últimos tramos de la escalera quedarán cubiertos por la arena aportada.

La escalera se apoya sobre una solera de hormigón armado con malla electrosoldada de 15 cm de espesor. La caja se excava sobre el terreno natural y los peldaños de 30x16 cm se realizan en hormigón in situ recubriéndose con pavimento de granito natural de 3cm para el peldaño y 2,5 cm en la tabica.

La alineación se ajusta a la pendiente natural del talud descendiendo en tramos de 10 peldaños, con rellanos entre tramo y tramo de 1,80 metros de largo cuando no hay cambio de dirección y de 2,40 m en los rellanos con cambio de dirección de la alineación.

Dragado y vertido de arena

El espigón construido sujetará el relleno de arena de aportación previsto, en un volumen total de 225.206 metros cúbicos. De esta cantidad, 186.106 metros cúbicos serán vertidos en lado Este del espigón, y 39.100 metros cúbicos lo serán en el tramo Oeste. La arena de aportación procederá del dragado de la bocana de entrada al puerto de Foz. La arena será vertida en la playa y reperfilada con maquinaria, hasta alcanzar el perfil previsto en proyecto.

3. RELACIÓN DE LAS OBRAS MARÍTIMAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Puesto que las obras marítimas, y en especial las relacionadas con la protección de la costa, como son las actuaciones descritas en el presente proyecto, se consideran de larga vida, se verán expuestos considerablemente a los efectos del cambio climático. Por este motivo, se considera fundamental determinar cuáles son las variables climáticas y en qué medida su variación puede comprometer la estabilidad y seguridad de tal obra marítima.

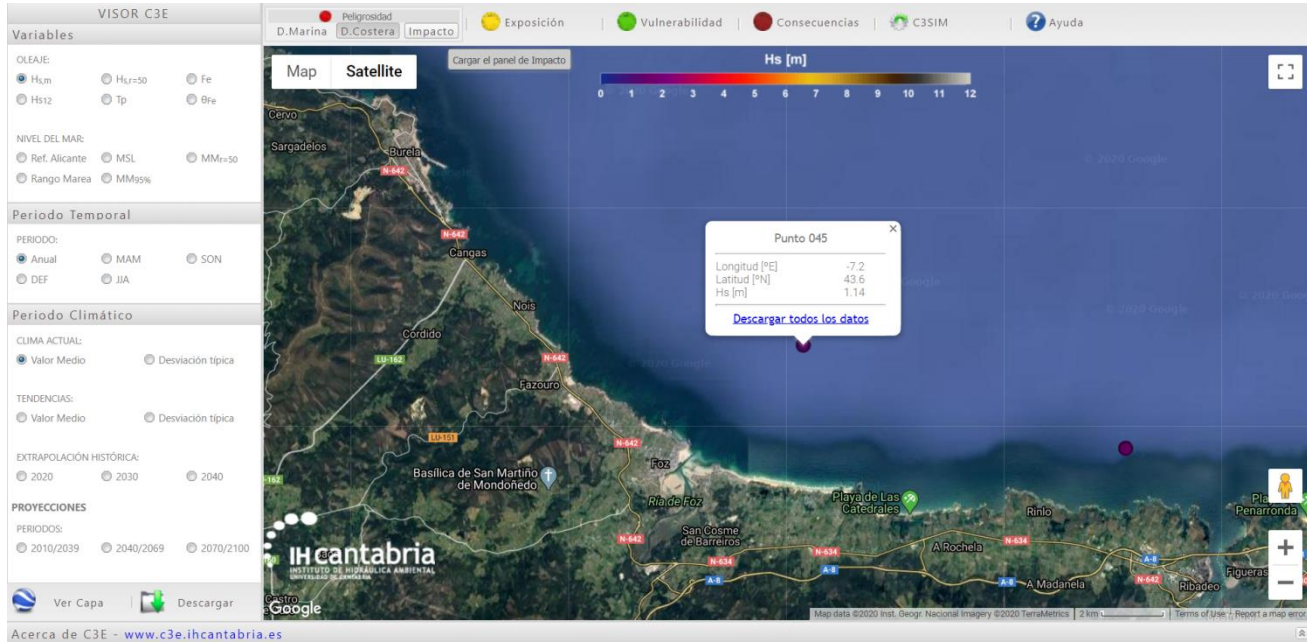
Pequeñas variaciones en la altura de ola (Hs), en el nivel medio del mar (NMM), en la dirección media del flujo o en la intensidad y frecuencia de los temporales entre otros, pueden suponer grandes cambios en las características funcionales de la obra, pudiendo dar lugar a problemas tanto ambientales como económicos. Más aún, tales efectos del cambio climático pueden afectar a la estabilidad de la obra marítima, provocando una posible disminución en el grado de seguridad o incluso requerir importantes inversiones, en el caso de mantener el nivel de seguridad.

Es por ello que en el presente estudio se analizarán los efectos que el cambio climático produce en la altura media de la ola significativa, en el nivel medio del mar y en la dirección del flujo medio de energía, así como los impactos que estos cambios producirán sobre la obra marítima. Dicho análisis se lleva a cabo en los apartados que se incluyen a continuación, a partir de los resultados obtenidos por el programa **C3E (Cambio Climático en la Costa Española)**.

Elaborado por la Universidad de Cantabria, C3E integra la adaptación del cambio climático en la planificación y gestión de los sectores, sistemas y recursos vulnerables al cambio climático en las zonas costeras.

El objetivo general de C3E es elaborar bases de datos y desarrollar metodologías y herramientas destinadas a la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad, e identificar las medidas de adaptación que pueden dar respuesta a las necesidades del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en las zonas costeras, sobre una base científica, técnica y socioeconómica, teniendo en cuenta la variabilidad del clima y el cambio climático presente y futuro.

El proyecto C3E proporciona los resultados de las principales dinámicas susceptibles de ser modificadas por el cambio climático como lo son la altura de ola, marea meteorológica y el viento entre otras, tanto en aguas profundas (dinámica marina), como en aguas someras (dinámica costera). En particular para el ámbito de la actuación, se ha analizado el punto de observación más cercano a la ría de Foz, el 045:







3.1. RESULTADOS C3E

En la tabla resumen que se incluye a continuación se muestran los resultados obtenidos de las variables de oleaje y nivel del mar en la costa susceptible de ser modificadas por el cambio climático. Se ha estudiado la peligrosidad de la dinámica costera en aguas someras, a una profundidad en torno a los 10 y 15 metros.

Los resultados del visor muestran tanto las variables del clima actual como las tendencias observadas con base en la información histórica y los valores de las dinámicas estimados al siglo XXI. No obstante los datos estimados que cobran especial interés para la zona de estudio son los siguientes:

- Hs (m): Altura de ola significativa media.
- Hs12 (m): Altura de ola significativa superada 12 horas al año.

- Dir.FE (°): Dirección del Flujo medio de Energía.
- MSL (cm): Nivel medio del mar y carrera de marea.

			<h1>Cambio Climático en la Costa Española</h1>				 GOBIERNO DE ESPAÑA		 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE		 OECC Oficina Española de Cambio Climático		 IH Cantabria INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
Punto	45		VALORES ANUALES												
Longitud	-7.20														
Latitud	43.60														
			Histórico				Proyecciones								
			Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100		
							B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2
OLEAJE	Hs (m)	media	1,14	0,013	0,017	0,02	0,008	0,005	0,001	0,008	0,005	0,006	-0,001	0,002	0,003
	Hs95% (m)	media	2,459	0,004	0,005	0,005	0,01	-0,007	-0,02	0,012	0,004	0	-0,008	-0,005	-0,007
	Hs12 (m)	media	4,067	0,162	0,2	0,239	0,008	-0,002	-0,013	0,004	-0,004	-0,006	-0,005	-0,009	-0,003
	Dir FE (°)	media	345,756	-1,097	-1,359	-1,62	0,082	0,428	0,85	0,036	0,127	0,159	0,056	0,129	0,158
NIVEL DEL MAR	MSL (cm)	Media	2,652	1,637	3,807	6,116	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)															
** La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:															
+0.5			Muy probable			>95%									
+0.11			Fiable			[90,95]									
+0.01			Poco fiable			<90%									

A partir de los resultados obtenidos y para aquellas variables de las que no se disponen datos para una proyección mínima de 50 años del nivel de marea, se ha hecho una extrapolación lineal obteniéndose las siguientes variaciones en el transcurso de los años:

VARIABLES	Actualidad	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Hs (m)	1,14	0,013	0,017	0,02	0,008	0,005	0,006
Hs95% (m)	2,459	0,004	0,005	0,005	0,012	0,004	0,000
Hs12 (m)	4,067	0,162	0,2	0,239	0,004	-0,004	-0,006
Dir FE (°)	345,756	-1,097	-1,359	-1,62	0,036	0,127	0,159
MSL (cm)	2,652	1,637	3,807	6,116	9,415	13,813	19,310

Como puede observarse, las variaciones climáticas en la zona de estudio resultan poco significativas, por lo que no se espera una afección negativa en este tramo costero.

Como resumen de las proyecciones se espera:

- Aumento de la altura de ola significativa durante los primeros 20 años en torno a 0,020 metros y un pequeño aumento en los siguientes 30 años de 0,006 metros.
- Mínima variación del Flujo Medio de Energía alrededor de los 1,5°.
- Aumento del nivel medio del mar, con una variación de carrera de marea de aproximadamente 20 cm.

A continuación se incluye la tabla completa con los resultados obtenidos por el C3E en el punto 045, el más cercano a la zona de actuación:



Cambio Climático en la Costa Española



Punto	45		VALORES ANUALES													
Longitud:	-7.20															
Latitud:	43.60															
			Histórico				Proyecciones									
			Actualidad	2020	2030	2040	2010-2040			2040-2070			2070-2100			
							B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
VIENTO	PW(W/m2)	media	285,265	9,269	11,476	13,683	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	30,125	-11,632	-14,402	-17,172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OLEAJE	Hs (m)	media	1,14	0,013	0,017	0,02	0,008	0,005	0,001	0,008	0,005	0,006	-0,001	0,002	0,003	
		desviación	0,073	-0,011	-0,014	-0,016	0,002	0,004	0,002	-0,001	0,002	0,001	-0,007	-0,002	-0,002	
	Hs95% (m)	media	2,459	0,004	0,005	0,005	0,01	-0,007	-0,02	0,012	0,004	0	-0,008	-0,005	-0,007	
		desviación	0,211	-0,04	-0,049	-0,059	0,006	0,012	0,009	-0,003	0,001	0	-0,013	-0,003	-0,002	
	Hs12 (m)	media	4,067	0,162	0,2	0,239	0,008	-0,002	-0,013	0,004	-0,004	-0,006	-0,005	-0,009	-0,003	
		desviación	0,362	0,063	0,079	0,094	0,006	0,006	0,007	-0,007	-0,007	0	-0,013	-0,004	-0,005	
	Tp (s)	media	9,36	0,179	0,221	0,264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,286	-0,014	-0,018	-0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FE (kW/m)	media	5,393	0,226	0,279	0,333	0,087	0,025	-0,04	0,089	0,056	0,047	-0,02	0,004	0,004	
		desviación	0,916	0,005	0,006	0,008	0,013	0,047	0,014	-0,013	0,023	0,005	-0,076	-0,024	-0,031	
	Dir FE (º)	media	345,756	-1,097	-1,359	-1,62	0,082	0,428	0,85	0,036	0,127	0,159	0,056	0,129	0,158	
		desviación	2,713	-0,77	-0,953	-1,136	-0,072	0,066	0,068	0,021	-0,008	0,062	0,008	-0,02	-0,056	
		Hs extremal (m)	Hs50	5,084	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			umbral	3,722	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Media escala Pareto	0,509	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Desv escala Pareto	0,05	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Media Forma Pareto	-0,274	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Desv Forma Pareto	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Poisson Media	2,521	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Poisson Desv	0,202	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NIVEL DEL MAR	Referencia Alicante (cm)		37,115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Rango marea (cm)		432,176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSL (cm)	Media	2,652	1,637	3,807	6,116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	0,35	0	0,003	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM95% (cm)	Media	12,671	-0,812	-1,006	-1,199	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		desviación	3,715	-0,49	-0,606	-0,723	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MM extremal (m)	MM50	0,485	-0,004	-0,011	-0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		umbral	0,284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media escala Pareto	0,083	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv escala Pareto	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Media Forma Pareto	-0,268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Desv Forma Pareto	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Media	1,018	-0,142	-0,32	-0,498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Poisson Desv	0,328	0,067	0,154	0,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Los valores Medios de Mean Sea Level están referidos al año 1998 (cero de Alicante)
 ** La fiabilidad (incertidumbre) de los resultados se representa por colores:

+0.5	Muy probable	>95%
+0.11	Fiable	[90,95]
+0.01	Poco fiable	<90%

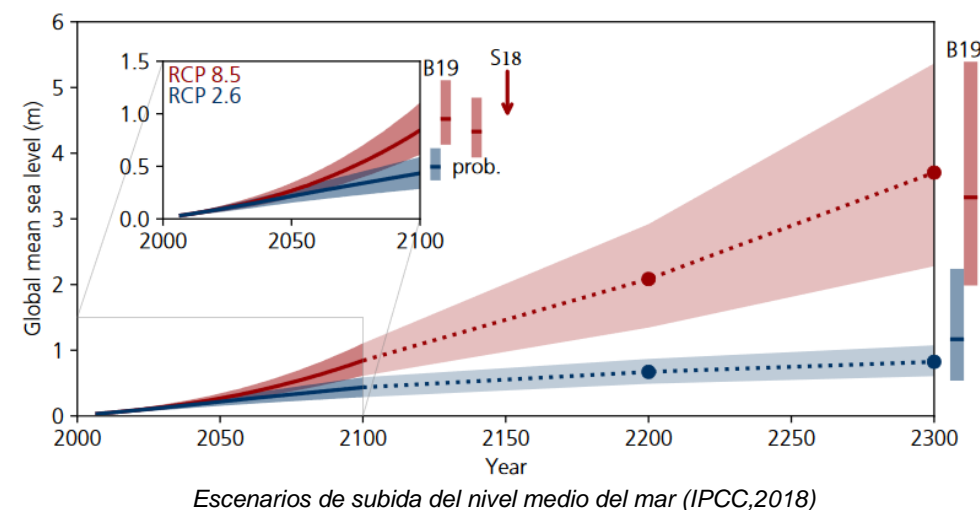
4. POSIBLES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos en los terrenos de la actuación por el cambio climático se podrán deber al incremento del nivel del mar y a la variación en la altura de ola.

• Variación del Nivel del Mar

En el documento de Evaluación de Efectos en la costa española del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) se recoge una prognosis de cambio de nivel del mar. Para esta prognosis se emplean los resultados de los modelos globales para los distintos escenarios contemplados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para el año 2300.

Tal y como se puede comprobar en la gráfica que se incluye más abajo, las proyecciones del IPCC se elaboran en dos tramos, el primero hasta el año 2100, para el que se considera un nivel medio de certeza en las predicciones, y hasta el año 2300, para el que el nivel de certeza disminuye de forma considerable, dado que se consideran un gran número de factores que cuentan con un abanico de posibles variaciones muy amplio.



En el documento del PNACC se fija como horizonte de adaptación 100 años para el sector de las zonas costeras, adoptando como valor máximo de ascenso del nivel medio del mar de +0,50 m para todas las zonas del litoral español.

Por otro lado, cabe señalar que, acorde a los estudios elaborados por el Ministerio para la Transición Ecológica, la tendencia actual de variación del nivel medio que se ha obtenido es de 2.5 mm /año. Extrapolando a un horizonte de 50 años se tendría un ascenso de nivel medio de +0,125 m.

Como valor de seguridad, y manteniendo el valor obtenido por el C3E, se adopta el valor más conservador de incremento +0.2 m para la vida útil de la actuación.

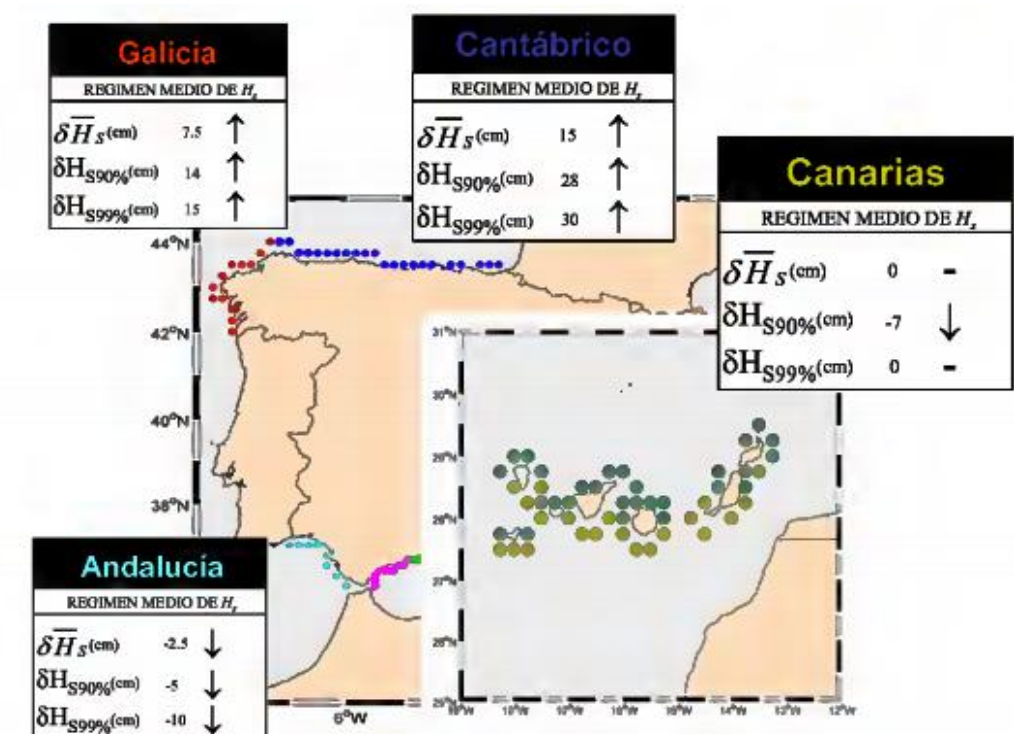
Las actuaciones proyectadas se colocan a cotas bastante elevadas: las escaleras se colocan entre las cotas +3,20 m y +16,00 m, y la cota superior del espigón varía entre los +3,00 m y +6,50 m, todas ellas sobre el NMMA, por lo que, incluso tomando el valor más desfavorable de subida del nivel del mar, no se espera que sufran daños debido a este factor a lo largo de su vida útil. Adoptando el valor máximo de incremento del nivel medio del mar, la pleamar máxima de diseño pasaría de los +4,38 m a los +4,58 m, por lo que las estructuras proyectadas no se verían afectadas por este aumento del nivel del mar.

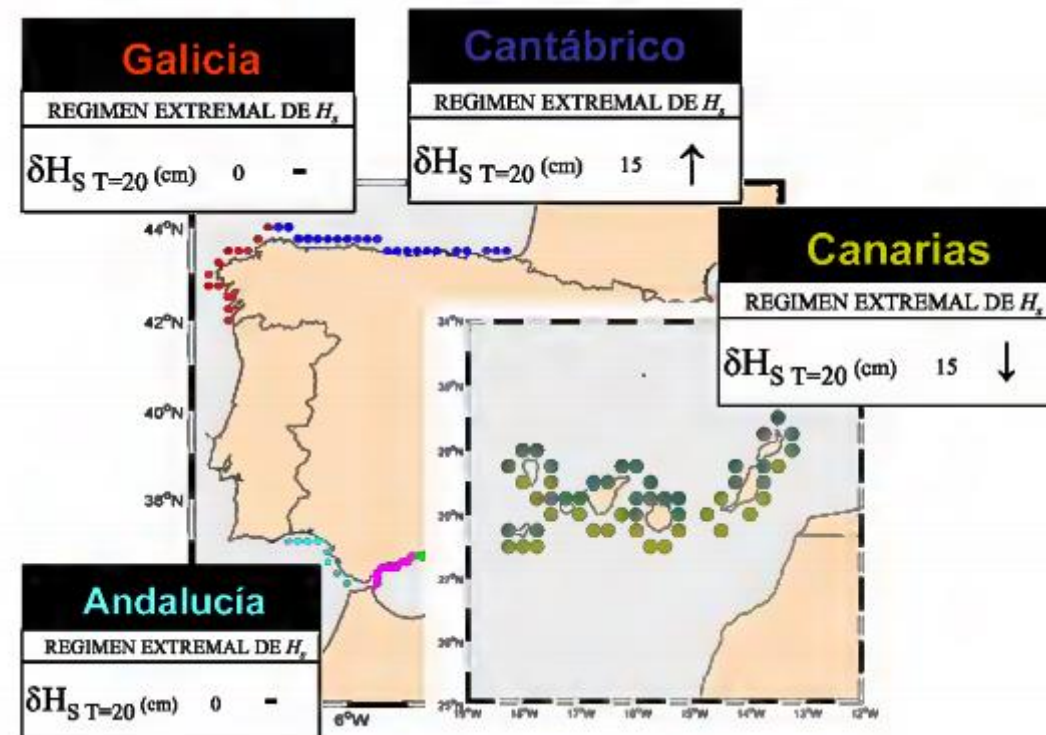
• Variación de Oleaje

En lo que respecta a la variación en la altura de ola en el citado documento del PNACC, se toman como referencia los resultados de "North Atlantic Ocean Wave Climate Change Scenarios for the 21 Century" (Wang et.al., 2004). Estos resultados caracterizan el oleaje en el futuro para distintos escenarios en el Atlántico Norte.

Como conclusión del citado modelo, en el estudio del PNACC se concluye que los oleajes invernales aumentarían en el litoral cantábrico en régimen medio un valor que se adopta de +30 cm, mientras que en régimen extremal la variación se prevé de +15 cm.

	Régimen medio de H_s			Régimen extremal de H_s
	$\overline{H_s}$	$H_{s90\%}$	$H_{s99\%}$	$H_{sT=20}$
Cantábrico	+15 cm	+28 cm	+30 cm	+15 cm
Galicia	+7.5 cm	+14 cm	+15 cm	0 cm
Andalucía	-2.5 cm	-5 cm	-10 cm	0 cm
Canarias	0 cm	-7 cm	0 cm	+15 cm





El anexo 2: Dinámica litoral del presente proyecto incluye el apéndice 2: Clima marítimo en el que se incluyen los valores del oleaje registrados por la boyas de Estaca de Bares, según los informes elaborados por Puertos del Estado. De todas formas, dado que el espigón se ejecuta en una zona muy protegida del oleaje exterior por Pedra Rubia y que el aumento en la altura de ola es poco significativo, se considera que, incluso en régimen extremal, no son previsibles efectos adversos sobre la estructura proyectada debido al oleaje.

Lugo, noviembre de 2019

EPTISA SERVICIOS DE INGENIERÍA, S.L.

Ingeniero Autor del Proyecto

Ingeniero Autor del Proyecto

D. Vicente Alcón Vidal

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Manuel Quintana López

Ingeniero Técnico Industrial