

Proyecto de Construcción:

# MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON MOAÑA, PONTEVEDRA



PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE DEL PROYECTO:

**DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.**

ANEJOS A LA MEMORIA.

- ANEJO Nº 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO.
- ANEJO Nº 2: CLIMA MARÍTIMO.
- ANEJO Nº 3: PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.
- ANEJO Nº 4: ESTUDIO DE AGITACIÓN POR ONDA CORTA.
- ANEJO Nº 5: DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.
- ANEJO Nº 6: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.
- ANEJO Nº 7: PLAN DE OBRA.
- ANEJO Nº 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

**DOCUMENTO Nº 2: PLANOS.**

- PLANO 1: SITUACIÓN.
- PLANO 2: EMPLAZAMIENTO.
- PLANO 3: ESTADO ACTUAL.
- PLANO 4: PLANTA GENERAL.
  - 4.1. PLANTA GENERAL.
  - 4.2. PLANTA DE REPLANTEO.
- PLANO 5: DETALLES.
  - 5.1. ROMPEOLAS FLOTANTE.
  - 5.2. FONDEOS.
- PLANO 6: FOTOMONTAJE DE LAS OBRAS TERMINADAS.

**DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.**

**DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO.**

- 1. MEDICIONES.
- 2. CUADROS DE PRECIOS.
  - 2.1. CUADRO DE PRECIOS Nº 1.
  - 2.2. CUADRO DE PRECIOS Nº 2.
- 3. PRESUPUESTOS PARCIALES.
- 4. PRESUPUESTOS GENERALES.
  - 4.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.
  - 4.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

## DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

**DOCUMENTO NÚMERO 1: MEMORIA**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ÍNDICE:**

1	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS .....	2
1.1	ANTECEDENTES. PROCESO ADMINISTRATIVO .....	2
1.2	OBJETO DEL PRESENTE PROYECTO .....	3
2	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	4
2.1	ÁMBITO DE ESTUDIO. RÍA DE VIGO.....	4
2.2	ELEMENTOS MORFOLÓGICOS EN LA ZONA.....	4
2.3	DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE O CON .....	5
3	DATOS DE PARTIDA.....	6
3.1	CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.....	6
3.2	CLIMA MARÍTIMO.....	6
3.4	ESTUDIOS RELATIVOS AL TIPO DE SUELO .....	8
3.5	ANÁLISIS DE LA FLOTA.....	10
4	ESTUDIO DE OLEAJE .....	11
4.1	METODOLOGÍA.....	11
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS.....	12
5	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	16
5.1	DESCRIPCIÓN DE LOS ROMPEOLAS FLOTANTES.....	16
5.2	DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....	16
6	DIMENSIONADO FUNCIONAL. ESTUDIO DE AGITACIÓN.....	17
7	DIMENSIONADO ESTRUCTURAL. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN.....	17
8	PRESUPUESTO.....	17
9	PROGRAMA DE TRABAJOS.....	17
10	CLASIFICACION DEL CONTRATISTA.....	17
11	FÓRMULA DE REVISION DE PRECIOS.....	18
12	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	18
13	ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	18
14	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.....	18
15	OBRA COMPLETA.....	18
16	CONCLUSION.....	18

## DOCUMENTO NÚMERO 1: MEMORIA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

#### 1.1 ANTECEDENTES. PROCESO ADMINISTRATIVO

Con el objetivo de estudiar la situación actual desde el punto de vista de la agitación portuaria y proponer alternativas que mejoren la situación actual, Portos de Galicia encargó, en septiembre de 2017 a Aquática Ingeniería Civil S.L. el presente estudio de "REDACCIÓN DE ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA A MELLORA DO PORTO DO CON. MOAÑA".

Como antecedente a este estudio, en fecha de diciembre de 2003, Portos de Galicia encargó un estudio de alternativas para analizar el impacto de distintas variantes de extensión del dique en la agitación general del muelle actual y en el interior del puerto. El estudio concluye que la ampliación del muelle en 20 m hacia el interior del puerto produce un abrigo adicional muy destacado en la cara interior del actual atraque de mejilloneros, especialmente para los oleajes de viento más rolados hacia el este (dirección S-5°-E).

Así mismo, para la posible ampliación del dique hacia el exterior del puerto, el estudio establece unos 60 m de longitud como mejor alternativa.

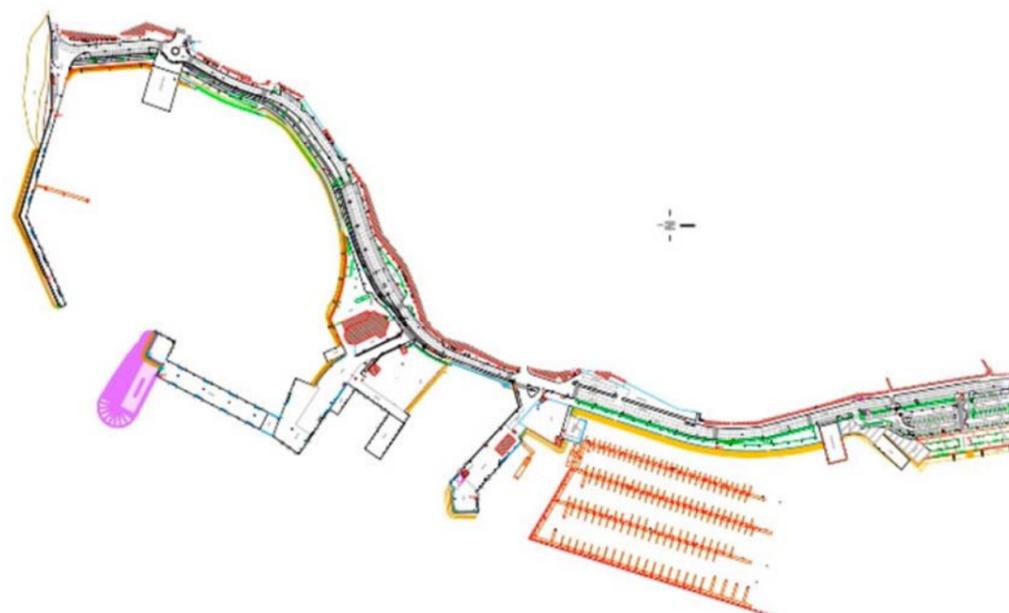


Figura 1. Esquema de la propuesta de mejora del abrigo con dique de escollera

En 2004 se ejecuta una primera fase del nuevo dique de protección, con una longitud de 27 metros hacia el interior de puerto y se ejecuta un completo estudio geotécnico para conocer la viabilidad de la ejecución de ese dique de escollera. Tras el análisis, se detecta un importante espesor de fangos que desaconseja una cimentación superficial, por lo que se estudian otro tipo de soluciones tales como cimentación profunda mediante pilotes o mejora del terreno mediante la ejecución de columnas de grava.



Figura 2. Fotografías aéreas de los años 2003 y 2007 (sin y con la construcción de la primera fase del dique)

En el año 2008 Portos de Galicia redacta el proyecto de Ampliación del Muelle de Mejilloneros en el Puerto de Moaña (2ª fase) y en agosto de ese mismo año la empresa Bardera Obras Civiles y Marítimas S.L. resulta adjudicataria. Estudios geotécnicos complementarios realizados en el ámbito de este proyecto para la ejecución de columnas de grava concluyen que debido a las características de los materiales limosos del fondo marino la realización de columnas de grava resulta especialmente difícil, por lo que se finalmente se paraliza la obra y se rescinde el contrato.

En el año 2014 debido a la necesidad de aumentar la capacidad de atraque en zona abrigada, Portos de Galicia redacta el proyecto "Pantaláns para a frota meixiloeira no porto de Moaña", en el que se propone la construcción de un pantalán en el muelle de O Con, con acceso por medio del pantalán pesquero actual, manteniendo la operatividad en el muelle actual y posibilitando el acceso a zonas con mayor calado.



Figura 3. Fotografías aéreas de los años 2007 y 2017 (construcción de la segunda fase del pantalán de O Con)

En 2017 se planteó un nuevo proyecto basado de ampliación del dique de abrigo de escollera con muelle de atraque interior, basado en la retirada total del fango existente en la zona.

El objeto fundamental del proyecto fue:

- Abrigar la parte exterior del Muelle da Mosqueira, sirviendo como complemento a la primera fase del proyecto y permitiendo el uso de los puntos de amarre por ambos lados de forma más continuada
- Ampliación de la actual línea de atraque por la parte interior del nuevo dique.

En este mismo año 2017 y antes de llevar a cabo esta actuación, Portos de Galicia solicitó a AQUATICA INGENIERIA la realización de un estudio de dinámicas marinas para evaluar si existe alguna forma más eficiente desde el punto de vista económico y ambiental, para conseguir los objetivos de abrigo y aumento de línea de atraque.

En este estudio se realizó el siguiente diagnóstico de la situación actual del puerto y se concluyó con una propuesta de Plan de Acciones

### 1.1.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PUERTO

- El puerto tiene un dique principal de escollera en la zona de O Con, sobre el que está apoyada la playa del mismo



Figura 4. Imágenes del dique de O Con

- El muelle da Mosqueira es muelle pilotado de vigas de hormigón del que cuelgan unos paneles de hormigón exteriores, que hacen las veces de pantalla de abrigo frente al oleaje de viento, que es preponderante en esta zona frente al oleaje de fondo. Parte de estos paneles se encuentran rotos, por lo que es importante su reparación.

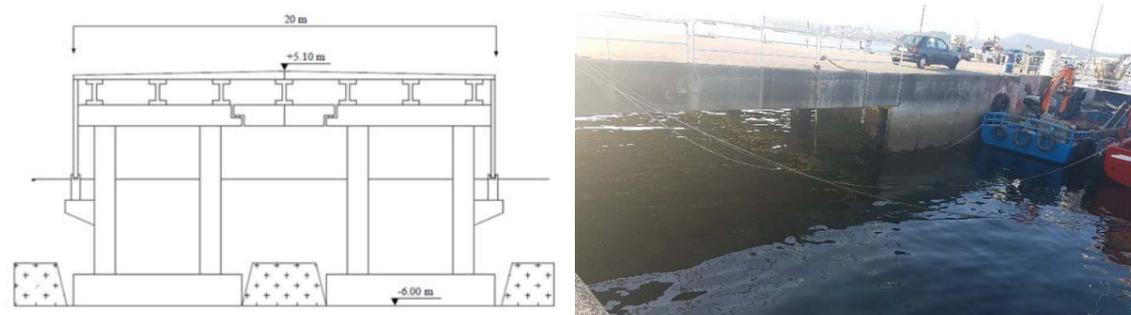


Figura 5. Sección tipo del muelle da Mosqueira

- Este muelle tiene funcionalidad tanto en la parte interior como exterior a la dársena, lo que nos da una idea de que no existe una gran energía de oleaje en régimen medio. De todas formas, los temporales de oleaje de viento de componente S (SSW-S-SSE) afectan a la zona de estudio, pudiéndose alcanzar oleajes de  $H_s = 1$  m para altos períodos de retorno. La bocana del puerto no se encuentra protegida frente a estos oleajes, lo que produce entrada de energía en la dársena.
- Los pantalanes existentes en la zona del muelle de O Con no tienen un gran uso debido a la inseguridad generada por esta agitación y episodios de viento, que históricamente se han producido ciertos daños en la cimentación de los mismos. Por esta razón, es recomendable un abrigo de la zona de la bocana frente a estos oleajes que impida la entrada de esta energía.
- Portos de Galicia ha realizado diferentes proyectos para la mejora del abrigo en la zona mediante diques en talud. La escasa capacidad portante del suelo en la zona exterior, desaconsejan este tipo de soluciones.
- De todas formas, por la naturaleza del oleaje exterior existente se pueden plantear soluciones basadas en diques flotantes de hormigón o pantallas, que dependan en menor medida de la capacidad portante del suelo.

### 1.1.2 PLAN DE ACCIONES PROPUESTO

Dentro del estudio de alternativas, se ha propuesto el siguiente PLAN DE ACTUACIONES:

**ACTUACION 1. Reparación de los paneles de hormigón del muelle de A Mosqueira.** Se sustituirán los paneles de hormigón que hacen de pantalla frente al oleaje, para lo que se demolerá la esquina de la losa de tal forma que se puedan desmontar los paneles.

Una vez desmontado el panel, se desmontarán las vigas prefabricadas (tipo JRP-70) en forma de U que sirven de alojamiento para los paneles y se unirán a los pilares del muelle mediante una varilla de acero inoxidable de métrica 20 anclada mediante resina epoxi. El espacio entre la viga y el pilar se hormigonará en obra.

**ACTUACION 2. Construcción de dique flotante de hormigón para abrigar la bocana.** Esta actuación consiste en la construcción e instalación de 140 m de rompeolas flotante de hormigón tipo caja mediante módulos de 20 m de longitud, 5 m de ancho y 1.8 m de puntal.

**ACTUACION 3. Construcción de plazas de atraque en pantalanes flotantes en la parte interior del muelle de A Mosqueira.** Esta actuación consiste en la construcción de 15 nuevas plazas de atraque en pantalán flotante para la flota mejillonera del puerto de O Con.

### 1.2 OBJETO DEL PRESENTE PROYECTO

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo, a nivel proyecto constructivo, de la ACTUACION 2: CONSTRUCCIÓN DE DIQUE FLOTANTE DE HORMIGÓN PARA ABRIGAR LA BOCANA incluida en el Plan de Acciones.

## 2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 ÁMBITO DE ESTUDIO. RÍA DE VIGO

La Ría de Vigo, la más meridional de las Rías Gallegas, que se sitúa alrededor de la latitud de 42° 17'N y la longitud de 8° 45'W. Su cuenca es geológicamente una fosa tectónica formada por dos fallas que se alinean de Norte a Sur y de Nordeste a Sudoeste respectivamente, al igual que el resto de las Rías Baixas. Posee un área de 176 km<sup>2</sup>, con una capacidad de 3257 Hm<sup>3</sup> y una profundidad media de 21 m. Su boca se encuentra interrumpida por las Islas Cíes, lo cual da origen a tres accesos al océano.

El más amplio y profundo es la Boca Sur, de 5 km de anchura y 45 m de fondo en marea baja. La Boca Norte posee una extensión de 2.5 km y 23 m de profundidad. Además una pequeña entrada de 7.2 m de profundidad se abre entre las dos islas. El eje principal de la ría se encuentra situado en dirección ENE-WSW y su longitud a lo largo de ésta es de aproximadamente 33 km; la anchura es variable pasando de 10 km entre Cabo Home y Monteferro hasta 0.6 km en el estrecho de Rande, aunque se vuelve a ensanchar en la Ensenada de San Simón.

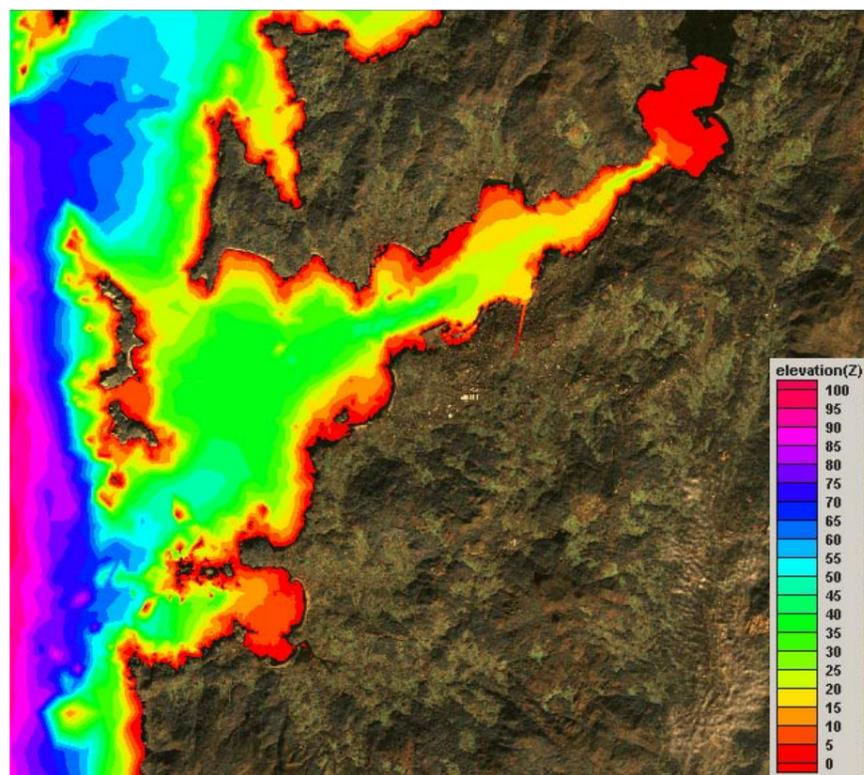


Figura 6. Batimetría de la Ría de Vigo

Desde el punto de vista morfológico la Ría de Vigo se compone de dos partes bien definidas, que son la Ensenada de San Simón y el resto de la ría. La primera, situada al fondo de la ría, consiste en una amplia cubeta colmada casi completamente de sedimentos, la cual posee aproximadamente un tercio de la superficie sobre el nivel del mar en la marea más baja. La segunda parte se une a la primera por el Estrecho de Rande, de 700 m de ancho, a partir del cual la Ría de Vigo se va ensanchando progresivamente hacia la boca con bastante regularidad. Tanto en el Estrecho de Rande como en la angostura que ocurre entre Punta Borneira y Punta do Muíño se producen hundimientos del fondo, llegando a alcanzar en el primero profundidades de 29m.

### 2.2 ELEMENTOS MORFOLÓGICOS EN LA ZONA

La zona de estudio se ubica en la margen norte de la ría de Vigo, en el T. M. de Moaña. Como se muestra en la siguiente figura, el contexto geomorfológico cercano comprende desde punta Rodeira hasta punta Arroás. Entre estos salientes costeros encontramos el tramo de costa rocosa desde Cangas a Moaña al sur del puerto y la ensenada de Moaña al norte del mismo.

El puerto de Moaña está situado en el punto de inflexión entre la ensenada de Moaña y la costa sur hasta Cangas. La costa al sur del puerto tiene una orientación ENE-WSW. Por su parte, dentro de la ensenada, la costa adquiere dos orientaciones principales, un primer tramo que parte desde el norte del puerto de Moaña orientado en dirección N-S y por lo tanto más resguardada de los oleajes oceánicos, y un segundo tramo caracterizado por su naturaleza arenosa, con orientación NNW-ESE, donde se encuentra la playa de Moaña. En el primer tramo es donde se ubica actualmente el puerto deportivo existente. Rematando al E la ensenada de Moaña encontramos el puerto de Meira que colinda con la llanura intermareal de Meira. La zona de estudio se acaba hacia el E en punta Arroás.



Figura 7. Elementos morfológicos de la zona de estudio

### 2.3 DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE O CON

El puerto de Moaña se encuentra actualmente dividido en dos zonas: una de uso pesquero y otra utilizada por barcos deportivos.



Figura 8. Imagen de Puerto de Moaña. Año: 2016. Fuente: Portos de Galicia.

La dársena pesquera es la situada más al sur y tiene unos 270 m de ancho por unos 330 m de largo. La zona sur de la misma está protegida por un dique de escollera tras el cual se sitúan las embarcaciones pesqueras.

El otro extremo de la dársena está limitado por el Muelle da Mosqueira. Un muelle pilotado que es funcional tanto en la parte interior como exterior a la dársena.

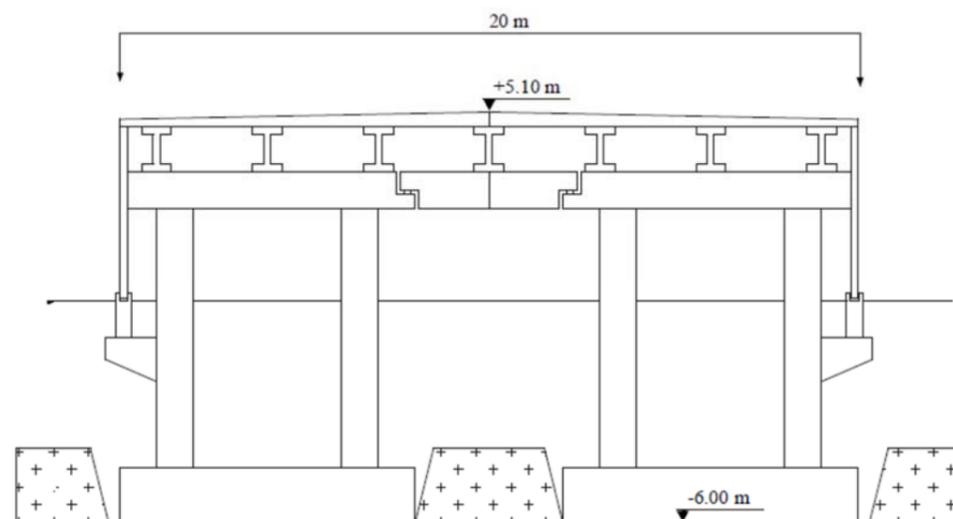


Figura 9. Sección tipo del muelle da Mosqueira

El extremo de este muelle, en el entorno de la bocana, remata en un tación impermeable con contorno de escollera que se construyó en el año 2006.



Figura 10. Fotografías aéreas de los años 2003 y 2007 (sin y con la construcción del tación)

Desde el muelle de O Con sale un pantalán construido en dos fases. La primera, construida en aluminio tiene 48 m de largo y 2.5 m de ancho que da cabida a pequeñas embarcaciones pesqueras y de marisqueo



Figura 11. Imagen del pantalán (primera fase) para las pequeñas embarcaciones pesqueras y mejilloneras. Año 2014

Posteriormente se prolongó con 10 m de pantalán de aluminio de 2.5 m de ancho y con un pantalán de hormigón de 3 m de anchura y tiene 60 m de longitud (3 módulos de 20 m) para barcos de 14 m de eslora, proyecto en el cual se instalaron asimismo fingers y brazos de amarre.



Figura 12. Fotografías aéreas de los años 2007 y 2017 (construcción de la segunda fase del pantalán de O Con)

El interior de la dársena se caracteriza por un fondo arenoso con afloramientos rocosos que se extienden hasta la línea de costa interior formando un pequeño arenal sin uso lúdico.

### 3 DATOS DE PARTIDA

#### 3.1 CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

Los datos y trabajos de cartografía, topografía y batimetría que se han utilizado para la redacción de este estudio han sido los siguientes.

- Cartografía 1:1.000 de la zona.
- Levantamiento batimétrico realizado por Portos de Galicia.

La cartografía básica y todos los trabajos cartográficos y topográficos realizados específicamente para este proyecto utilizan como sistema de coordenadas planimétrico el ETRS89 (European Terrestrial Reference System), referido al elipsoide GRS80 y marco de referencia ETRF89. A nivel altimétrico las cotas reflejadas en el presente proyecto están referidas al 0 del Puerto de Moaña.

Todos los datos han sido agrupados en un único archivo digital, de forma que se dispone de una única base cartográfica en coordenadas UTM para el proyecto.

La información topográfica ha sido importada directamente al programa MICROSTATION, representando a escala real los puntos taquimétricos con sus coordenadas XY y su cota Z en coordenadas UTM (ficheros 3D).

La batimetría dentro de la dársena del puerto de Moaña va desde los 4 m en la zona de la bocana y asciende paralelamente a esta hasta la cota 0 donde encontramos un conjunto de afloramientos rocosos. Desde esta cota hasta la línea de costa se extiende un arenal con playa seca en la mitad sur de la dársena.

En el muelle da Mosqueira (muelle norte) la profundidad oscila entre los 3 y 4 metros gracias a la realización de un dragado.

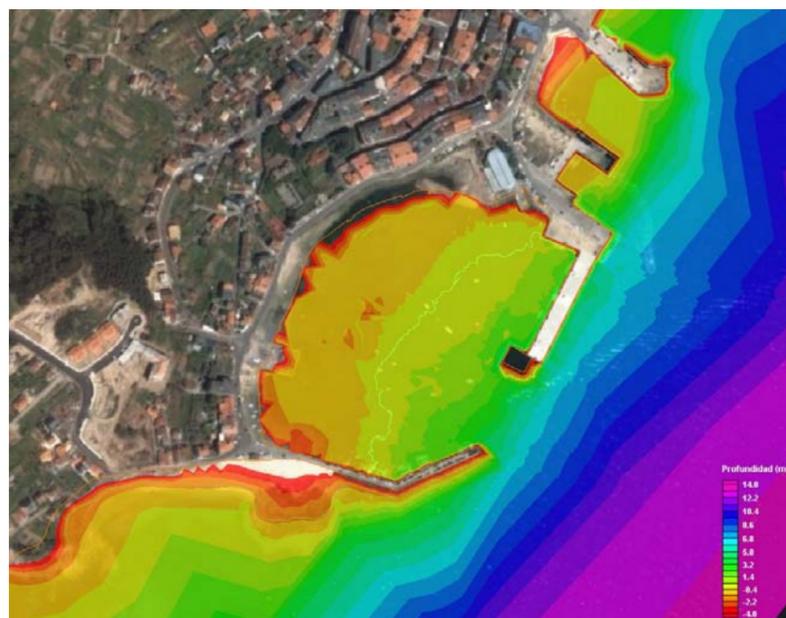


Figura 1. Batimetría del puerto de Moaña.

### 3.2 CLIMA MARÍTIMO

#### 3.2.1 OLAJE EXTERIOR

La zona exterior de la Ría de Vigo recibe el oleaje principalmente del cuarto cuadrante y de la mitad superior del tercer cuadrante. La dirección predominante es la WNW, mientras que los oleajes más energéticos provienen del W.

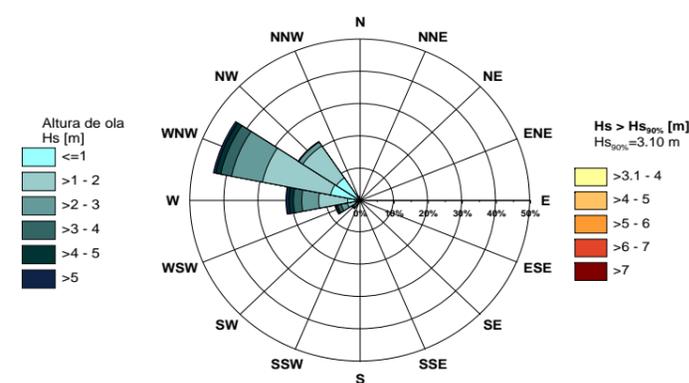


Figura 2. Rosa de oleaje punto SIMAR 1044069

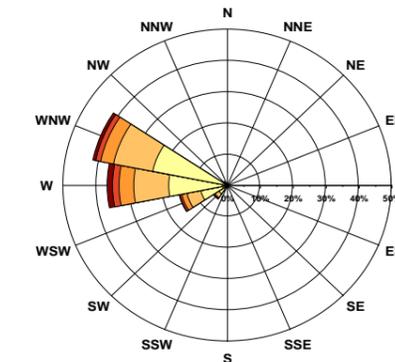


Figura 3. Rosa de oleaje de temporal en el punto SIMAR 1044069

En general, es un mar muy energético con estados de mar con altura de ola significativa mayor a 1.50 m casi un 50% del tiempo.

OLEAJE EXTERIOR RÉGIMEN MEDIO	Hs 50 %	Hs 95%	Hs 99%	Hs12
	1.45 m	3.86 m	5.79 m	7.78 m

OLEAJE EXTERIOR RÉGIMEN EXTREMAL	Hs T=20 años	Hs T=50 años	Hs T=100 años	Hs T=200 años
	11.26 m	12.00 m	12.48 m	12.92 m

Estadísticos regímenes medio y extremal de oleaje exterior en el punto SIMAR-44 1044069

En un análisis conjunto altura de ola- período, observamos que existen estados de mar con períodos de pico mayores a los 20 s, aunque el período de pico característico está sobre los 10 s.

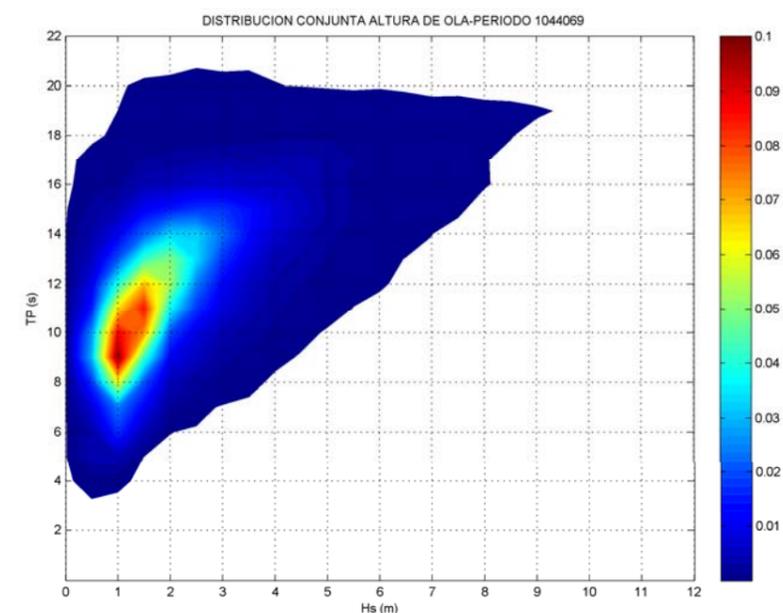


Figura 4. Distribución conjunta de altura de ola y período del punto SIMAR-44

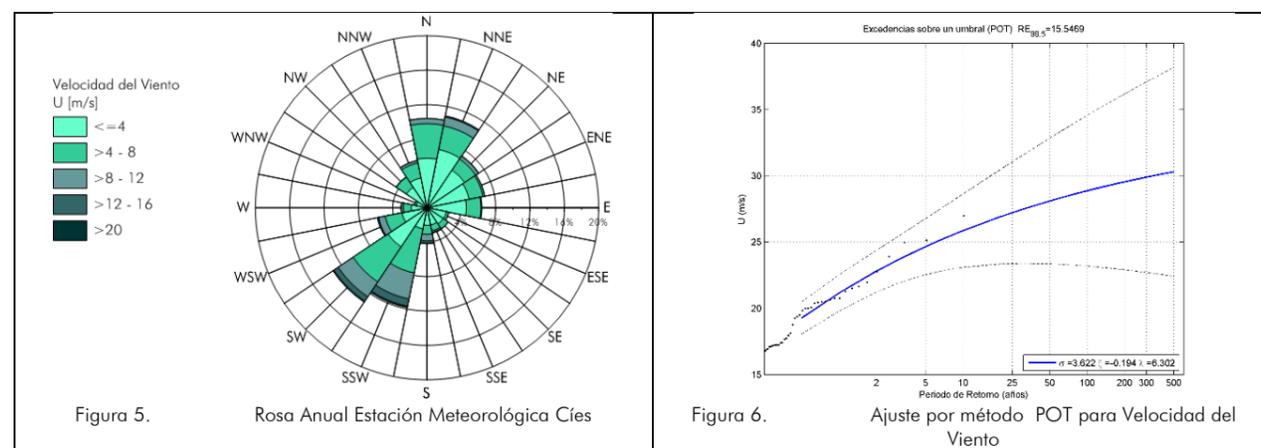
### 3.2.2 RÉGIMEN DE VIENTOS

Además de los datos de viento procedentes de SIMAR-44, se han analizado los datos de las estaciones meteorológicas vecinas, escogiendo la estación de las islas Cíes como representativa, tal y como se indica en el Anejo 2 del presente estudio. El régimen de vientos responde así a una acusada variación estacional:

**Invierno:** Viento del SSW provocado por un centro de bajas presiones en Groenlandia y anticiclón de las Azores en la costa africana. Las Rías Baixas están abiertas a estos vientos cálidos y húmedos del sur, que resultan más eficaces que los de componente norte para crear precipitaciones, ya que llegan templados o cálidos.

**Verano:** Vientos de componente norte como consecuencia del emplazamiento al oeste del anticiclón de las Azores y su reforzamiento.

Para el cálculo del régimen extremal se ha empleado el método de excedencias sobre un umbral (POT) para el régimen extremal de Viento, debido a que la longitud temporal de la serie es muy corta para la obtención de un ajuste correcto.

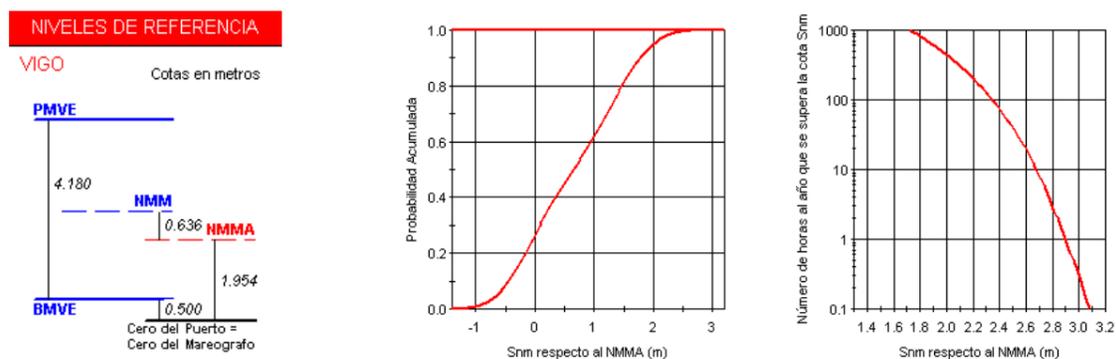


Los valores correspondientes a los distintos períodos de retorno se recogen en la siguiente tabla:

MÉTODO	Vv,20años	Vv,50años	Vv,100años	Vv,200años
POT	26.90 m/s	28.09 m/s	28.86 m/s	29.53 m/s

### 3.2.3 NIVEL DEL MAR

Para la determinación de la carrera de marea se ha tomado la información del ATLAS DE INUNDACIÓN desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC) a partir de la información de Puertos del Estado.



El nivel medio del mar en Vigo es de 2.09 m por encima de la bajamar máxima viva equinoccial, donde están referidas las cartas náuticas y 0.636 metros por encima del nivel medio del mar en Alicante, referencia de la cartografía. Una descripción más detallada del régimen del nivel del mar se puede ver en el Anejo 01 del clima marítimo.

### 3.4 ESTUDIOS RELATIVOS AL TIPO DE SUELO

#### 3.4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS FONDOS MARINOS

Los fondos marinos de la zona de estudio, en las proximidades de la ensenada de Moaña, se caracterizan por la presencia de fangos arenosos en las batimétricas por debajo de los 15-20 m y conforme disminuye la profundidad los fondos adquieren carácter arenoso mezclándose con zonas de cascajo compuestas principalmente por algas calcáreas (mäerl) que crecen asociadas a la dinámica del upwelling estacional. Destacan los afloramientos rocosos en las proximidades de la línea de costa.

Dada la complejidad de los fondos den el interior del puerto de Moaña se tuvo que recurrir a un estudio del reconocimiento de fondos mediante técnicas de muestreo que penetran hasta el basamento rocoso.



Figura 9. Plano de muestreo dentro del puerto de Moaña

Del conjunto de resultados del muestreo se puede decir que el sustrato dominante dentro del puerto son las arenas que conforman los fondos desde la línea de costa hasta el entorno de la batimétrica de 1m respecto al cero del puerto. Los espesores medios de la capa de arena rondan el metro de profundidad, mientras los máximos medidos alcanzan los 3m. Por debajo de esta cota se observa un cambio en la naturaleza del fondo a materiales fangosos que se extienden hacia el exterior del puerto verificándose espesores de hasta 8m.

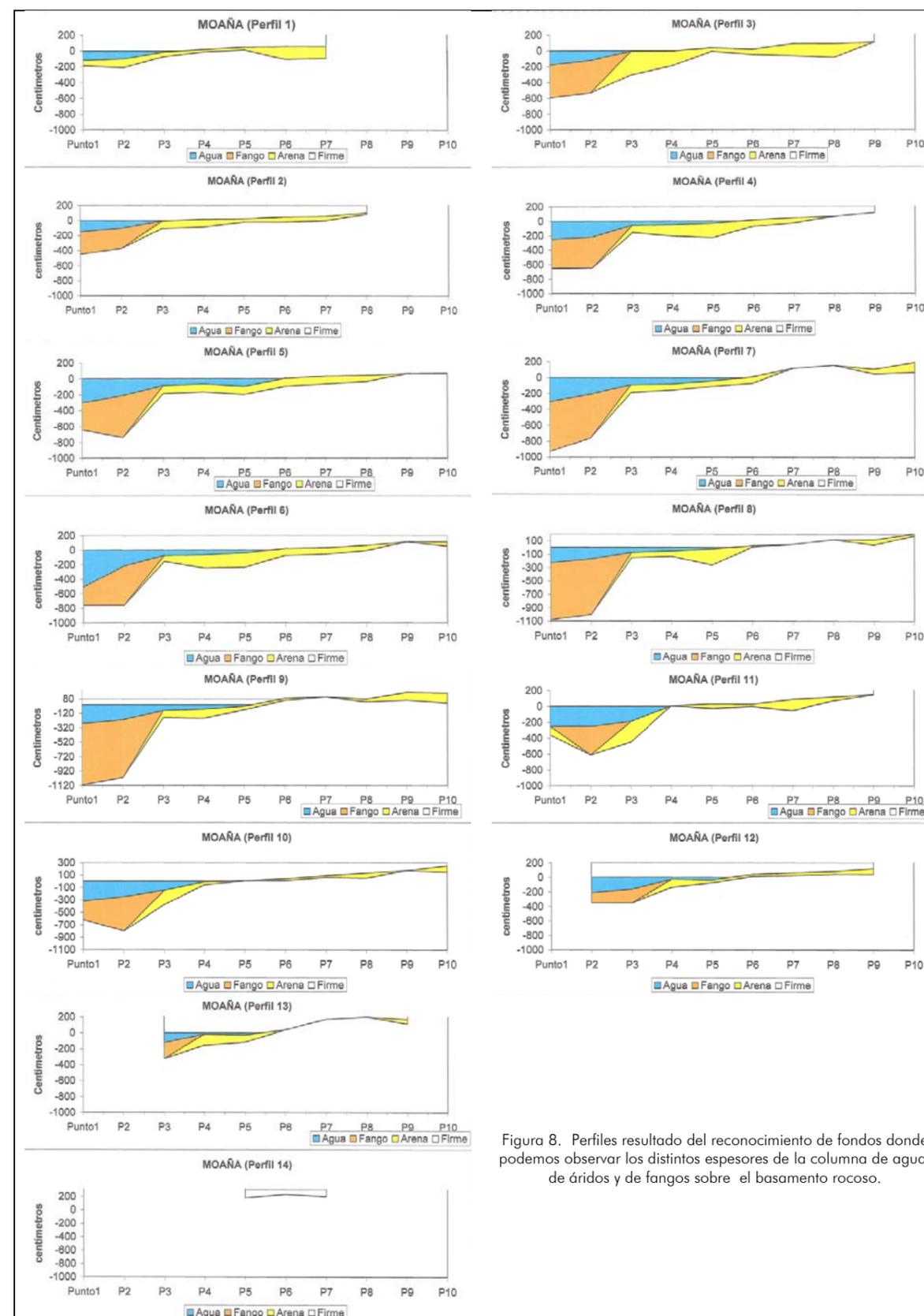
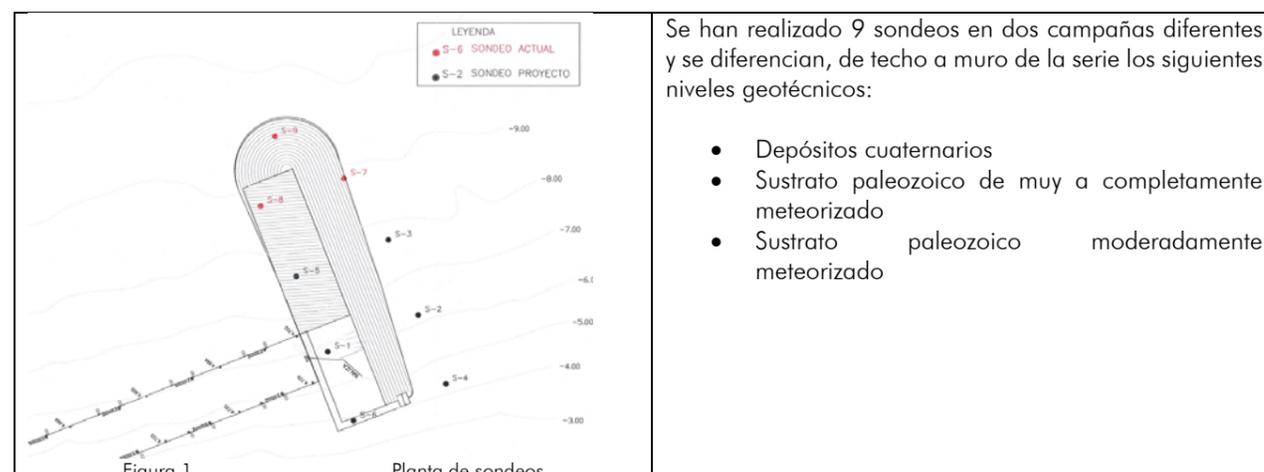


Figura 8. Perfiles resultado del reconocimiento de fondos donde podemos observar los distintos espesores de la columna de agua, de áridos y de fangos sobre el basamento rocoso.

### 3.4.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO

En el ámbito del proyecto del año 2008 de Ampliación del Muelle de Mejilloneros en el Puerto de Moaña (2ª fase), se realizaron una serie de sondeos en la zona de la punta del muelle da Mosqueira.



Los distintos materiales han sido caracterizados geotécnicamente de acuerdo con los siguientes parámetros:

Nivel	N	e	c	$\phi$	$\gamma_{sat}$	$q_u$	E	$\nu$
	nº	m	MPa	°	t/m <sup>3</sup>	MPa	MPa	Adim
Depósitos cuaternarios de fango con restos de conchas	1-3	1,90 - 11,60	0,0	22	0,73	-	2,3	0,20
Depósitos cuaternarios, arena de media a gruesa con algo de fango y restos de conchas	13	0,00 - 4,50	0,0	29	0,98	-	10,0	0,20
Sustrato paleozoico completamente meteorizado	57	0,00 - 3,00	0,0	44	1,03	-	43,7	0,30
Sustrato paleozoico muy meteorizado	88	0,00 - >2,70	0,0	51	1,03	0,16	67,4	0,30
Sustrato paleozoico moderadamente meteorizado	-	-	-	-	1,53	1,50 <sup>1)</sup>	10.000	0,20

<sup>1)</sup> Este valor es producto de una rotura por un plano de fisura. No se ha podido ensayar ningún estigio con un menor grado de fisuración.

Con estos valores se recomienda la cimentación mediante pilotes entregados en el sustrato paleozoico moderadamente meteorizado (grado III) o en el sustrato paleozoico de muy a completamente meteorizado (grado V), a partir de los niveles de compacidad muy densa en los ensayos de penetración estándar. La cota de inicio del empotramiento de los mismos, según los sondeos realizados, oscila entre los -6.80 m y los -23.90 m. A partir de esta cota, se recomienda empotrar 8 diámetros en el sustrato paleozoico de muy a completamente meteorizado y 3 diámetros para el sustrato paleozoico moderadamente meteorizado. Con estos criterios la carga admisible de los pilotes vendrá limitada por el tope estructural de 3.5 MPa.

No se recomienda la mejora del terreno con columnas de grava debido a la escasa carga admisible obtenida.

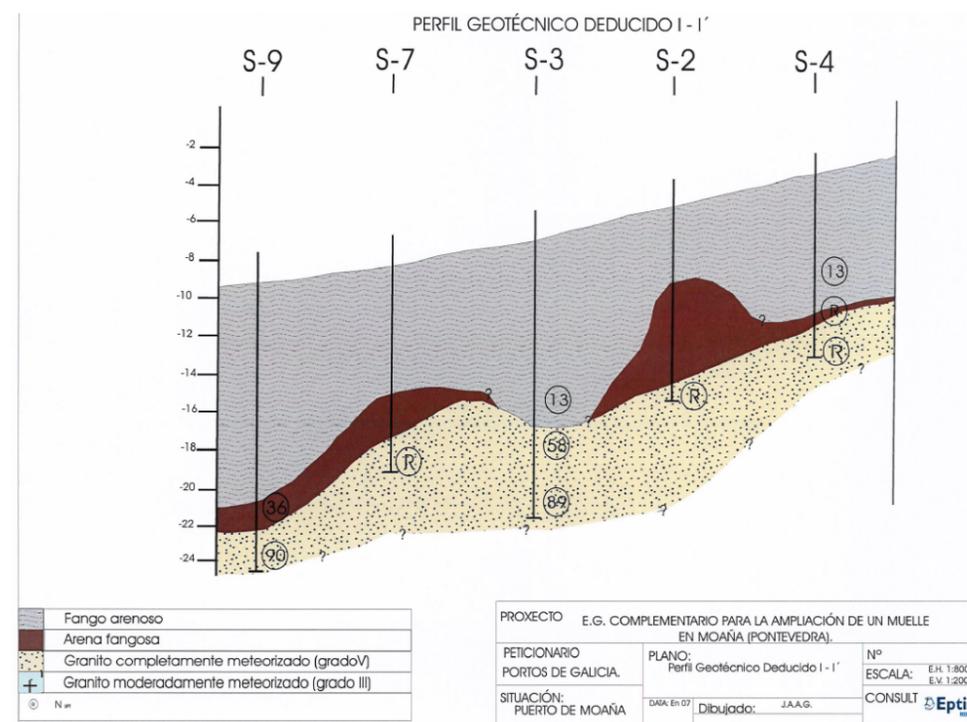


Figura 2. Perfil geotécnico deducido I-I'

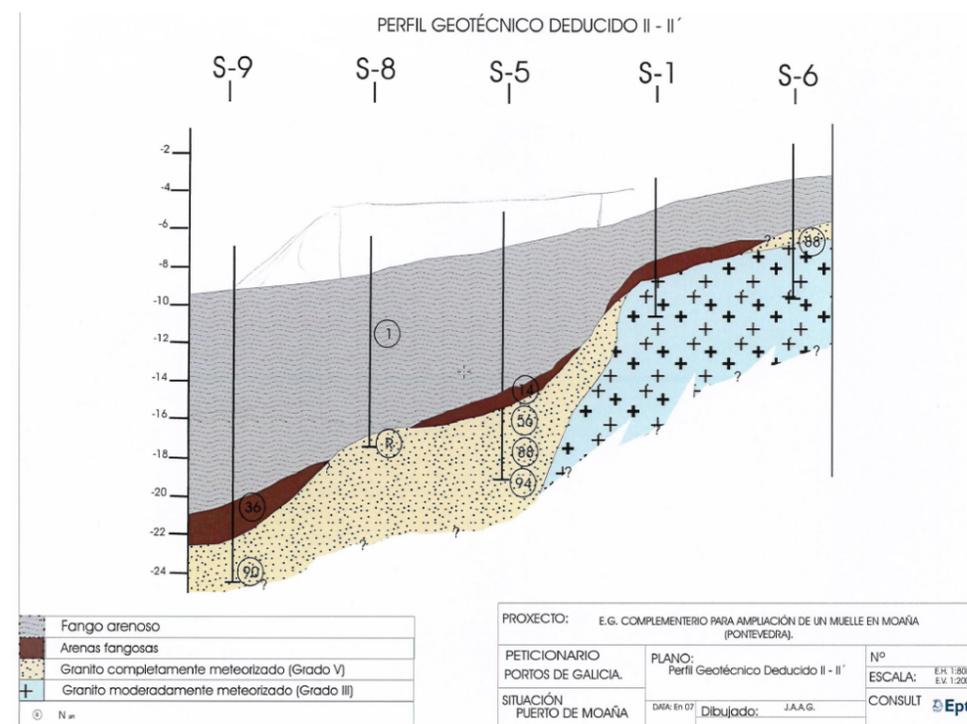


Figura 3. Perfil geotécnico deducido II-II'

### 3.5 ANÁLISIS DE LA FLOTA

#### 3.5.1 LISTADO DE EMBARCACIONES MEJILLONERAS

Se han analizado los datos de la flota mejillonera en el puerto de Moaña, según los datos del registro de buques del que disponen Pesca de Galicia

LISTA	MATRIC	FOLIO	CFPO	RBPCAG	NBARCO	NOME PORTO	ESLORA TOTAL	ARQTRB	ARQGT	POT_PRINCIPAL
4	VI-4	56	20787	1992PO000259	LANO	Moaña	9	11.1	7.78	31
4	VI-4	15	13827	1992PO000254	XA VEREMOS	Moaña	11.6	11.9	9.17	150
4	VI-4	21	2601	1992PO000246	MARIA DEL CARMEN	Moaña	12	13.7	10.4	128
4	VI-5	8-91	16037	1992PO001633	ANGEL ANTONIO	Moaña	12.3	18.3	12	135
4	VI-8	57	25427	1992PO003919	SANTA CRISTINA	Moaña	12.3	17.1	10.8	71
4	VI-4	20	2617	1992PO000244	EL PUERTO	Moaña	12.4	17.3	10.4	128
4	VI-4	22	14118	1992PO001656	TORRES NUMERO UNO	Moaña	12.5	17.6	19.2	128
4	VI-4	48	14936	1992PO000251	DEIXAIR	Moaña	12.5	14.3	1.15	222
4	VI-4	35	14712	1992CO001717	AUTOPISTA	Domaiño (Pontevedra)	12.8	18.1	15.6	128
4	VI-4	4-92	22528	2004PO005383	UXIA	Moaña	13.3	19.1	24.7	120
4	VI-4	2-02	25469	2013PO005880	PENA COSTAS	Moaña	13.3	24.1	25.7	220
4	VI-4	19	13812	1992PO000241	MEXILON	Moaña	13.3	16	24.9	150
4	VI-4	24	2596	1992PO000371	SUSO	Moaña	13.4	19.2	26.4	128
4	VI-4	6	20002	1992PO000249	CRUZ	Moaña	13.6	19.8	24	128
4	VI-4	60	9507	1992PO000250	LOLA	Moaña	13.7	19.1	28.8	160
4	VI-4	38	2641	1992PO000962	O AUTENTICO	Moaña	14	19.5	24.1	160
4	VI-4	44	15614	1992PO001582	FITA	Moaña	14	12.7	13.5	90
4	VI-4	3-91	22096	1992PO001005	GIL	Moaña	14	19.1	26.9	140
4	VI-4	37	14572	1992PO000961	PORTELA NUMERO UNO	Moaña	14.1	15.1	13.1	128
4	VI-4	69	15901	1992PO000963	PORTELA NUMERO CUATRO	Moaña	14.1	19.2	31.4	160
4	VI-3	6-91	14632	1992PO001130	IAGO REDONDELA	Moaña	14.2	19.7	30.5	160
4	VILL-3	3-97	20290	1992PO003308	JOPAMO	Moaña	14.4	19.7		150
4	VI-4	59	15325	1992PO000340	ARTISTICO NUMERO DOS	Moaña	14.5	17.4	26.1	128
4	VI-8	46	20656	1992PO000262	MONTE XAXAN	Moaña	14.6	22	19	240
4	VI-5	2-91	22646	1992PO001004	ADRIAN Y SARA	Moaña	14.9	25.7	24.2	190
4	VI-5	2841	23183	1992PO001681	CIES	Moaña	15.3	25.7	25.2	128
4	VI-4	1-92	22375	2004PO005381	ARTISTICO TRES	Moaña	15.6	42.1	39	200
4	VI-4	2-93	22648	2003PO005354	NEBUEIRO	Moaña	15.6	34.7	45.6	250
4	VI-4	8-93	22861	2003PO005352	DARIO RUA	Moaña	15.6	20.5	35.4	235
4	VI-5	2471	27641	1992PO000329	LOJO	Moaña	15.6	19.3	19.7	177
4	VI-5	5-94	58444	1999PO005009	XESTOSO	Moaña	15.8	25.7	29	220
4	VI-5	2-93	23093	1995PO004385	FITA SEGUNDO	Moaña	16.4	40.7	42	230
4	VI-4	4-94	22950	2003PO005365	ENSENADA DE MEIRA	Moaña	16.8	33.5	52	200
4	VI-4	4-06	26962	2007PO005640	CEO	Moaña	16.9	44.7	47.5	220
4	VI-4	7-94	23195	2004PO005384	ANCOREL	Moaña	17	39.2	37.3	210
4	VI-4	8	22126	1992PO000253	ROUCO	Moaña	17	31.4	39.2	215
4	VI-4	2-91	22094	1992PO000255	NEBOA	Moaña	17	31.5	45.6	238
4	VI-4	7-93	25782	2004PO005391	CARRO PRIMERO	Moaña	17.2	31.5	36.6	230
4	VI-4	23	15081	1992PO001033	ANGEL DEL SEÑOR	Moaña	17.2	42.5	40.4	160
4	VI-4	2-14	21916	1992PO000920	CRUZ MAR CUATRO	Moaña	17.3	40.1	52.1	441
4	VI-4	13	14903	1992PO000919	CRUZ MAR TERCERO	Moaña	17.7	48.5	70.5	250
4	VILL-2	1-14	21755	2014CO006436	MUÑIZ GARCIA DOS	Moaña	17.8	45.6	49.2	227
4	VILL-3	15-03	25898	2004CO005772	SOL NO MAR	Moaña	18	36.4	34.3	360
4	VI-1	13-91	14801	1992PO001357	SOFI	Moaña	18	23.9	31.7	367
4	VI-4	1-99	24562	2004PO005382	MARIA MACARENA	Moaña	18.4	35.6	38.6	380
4	VI-4	2-96	24368	2001PO005197	EMIGRANTE	Moaña	18.5	43.5	36	120
4	VILL-3	2-01	24880	2002PO005250	MATESA TERCERO	Domaiño (Pontevedra)	18.7	48.6	59.1	240
4	VI-5	3-07	27004	2015PO005934	PALO MAR	Moaña	19.3	60.3	62.5	228
4	VI-4	2-94	23915	2003PO005353	PORTELA SIETE	Moaña	19.4	53.2	55.8	216
4	VI-4	3-14	27685	2015PO005949	NOA E JAVI	Domaiño (Pontevedra)	20.7	45.7	53.8	380
4	VI-4	5-99	25794	2004PO005372	JESUS PORTELA	Moaña	20.7	53.2	50.9	216
4	VI-4	4-04	26198	2005PO005456	TUNIÑA	Moaña	20.7	44.7	47.5	250
4	VI-4	5-05	26581	2006PO005541	ENSENADA DE MOAÑA	Moaña	20.7	44.7	47.5	220
4	VILL-3	15-98	24316	2007PO005667	O CORRAL	Moaña	20.7	44.7	47.5	220
4	VI-4	3-02	25515	2013PO005874	O JOVI	Moaña	20.7	44.7	47.5	210
4	VI-1	1-00	26866	2000PO005154	SANMARTIÑO MOAÑA	Moaña	20.7	44.7	47.5	210
4	VI-5	4-99	24528	2000PO005113	PEDRA DO NAVIO	Moaña	20.7	56.8	58.8	216
4	VI-4	1-08	27198	2008PO005714	MONTE AGUIEIRO	Moaña	22	55.1	50.9	450
4	VI-4	1-10	27426	2011PO005820	CRUZ MAR SIETE	Moaña	22	86.8	75.5	238
4	VI-4	9	21603	1992PO000964	PORTELA NUMERO SEIS	Moaña	25.3	62.3	70.7	367

los datos suministrados por la Cofradía y Portos de Galicia. Los tamaños de las embarcaciones existentes se recogen en el siguiente cuadro:

Eslora (m)	Nº de embarcaciones
8-14	18
16	13
18	13
20	5
22	10
26	1
<b>TOTALES</b>	<b>60</b>

Tabla.1. Listado de embarcaciones del puerto de Porto do Son

Se puede decir que la flota de pequeña eslora (< 14 m) ya está atendida a nivel de plazas de atraque por el pantalán existente en O Con, por lo que las necesidades se centran en las esloras mayores.

#### 3.5.2 DIMENSIONES DE LAS PLAZAS PARA LA FLOTA MEJILLONERA

Para establecer los tamaños de plaza indicados en la siguiente tabla y utilizados en proyecto, se ha considerado un resguardo y el espacio ocupado por el finger.

DIMENSIONES DE PLAZAS DE AMARRE PARA EMBARCACIONES PESQUERAS					
Eslora	Manga	Resguardo	Sin finger		
			Ancho plaza	Con finger	
				1/2 finger	Ancho plaza
16.00	5.00	2.00	7.00	1.00	8.00
18.00	5.20	1.95	7.15	1.00	8.15
20.00	5.75	2.05	7.80	1.00	8.80

Tabla 1 Dimensiones de las plazas de atraque para pequeñas embarcaciones pesqueras.

## 4 ESTUDIO DE OLAJE

### 4.1 METODOLOGÍA

Una vez que tenemos caracterizado el régimen medio y extremal del oleaje en el origen de nuestro dominio (puntos de las bases de datos) debemos trasladar estos regímenes a la zona portuaria mediante la propagación del oleaje. El problema fundamental al que nos enfrentamos al plantear un estudio de este tipo dentro de las Rías Gallegas, es que se debe estudiar conjuntamente las distribuciones de oleaje de viento y de oleaje de fondo.

Por ello, se suele realizar el estudio de cada uno de los fenómenos por separado, buscando unas distribuciones conjuntas. De esta forma, el estudio de propagación lo realizaremos en dos fases:

- Propagación del oleaje de fondo.
- Generación del oleaje de viento.

Para el modelado del oleaje se ha utilizado el programa CMS-WAVE, de propagación espectral del oleaje, que tiene en cuenta fenómenos de refracción y asomeramiento, difracción y términos fuente y sumidero (viento, rotura superficial...).

CMS-WAVE es un modelo de diferencias finitas formulado en una malla cartesiana, basada en la ecuación de la acción de onda. CMS-WAVE opera en un sistema de coordenada local, con el eje "x" orientado perpendicularmente a la costa y el "y" paralelo, formando una referencia antihoraria. La orientación del eje "x" ( $\pm 87.5^\circ$ ) define el semiplano representado en el modelo.

Con este modelo se puede obtener unos campos en 2D de alturas de ola, períodos y direcciones para cada caso de oleaje incidente, que se pueden observar en los gráficos entregados, y unos resultados tabulados para una serie de puntos de control, que serán los que nos servirán para valorar el oleaje en los distintos puntos de interés.

### OLEAJE DE FONDO

Para el cálculo del régimen medio por oleaje de fondo en la zona de estudio, se deben propagar todos los casos de oleaje susceptibles a ser producidos, como esto no es posible en la práctica, se realizará lo siguiente:

1.- Propagación de una matriz de casos posibles con oleajes de distinta altura, dirección, período y nivel del mar. Con esto se calcula el coeficiente y el ángulo de propagación en estos casos.

2.- Interpolación del coeficiente y ángulo de propagación para cada uno de los eventos registrados en el punto de previsión SIMAR-44. Se realiza de la siguiente forma: primero se escoge un nivel de mar y luego se realiza una interpolación lineal en tres dimensiones (H,T, $\theta$ ), para hallar el coeficiente y el ángulo de propagación de ese evento en la zona de estudio.

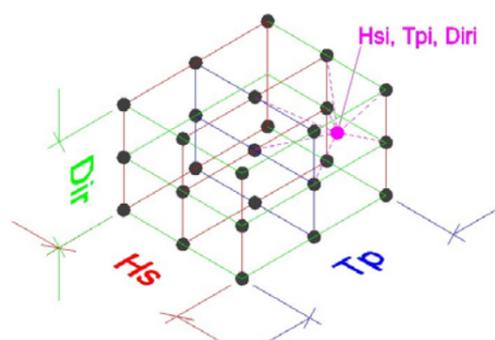


Figura 4. Cubo de interpolación del oleaje

3.- Con los oleajes propagados a la zona de estudio, se construye el régimen medio mediante ajuste a distribución Log-Normal o Gumbel. Otro resultado habitual es el cálculo de la dirección del flujo medio de energía.

### OLEAJE DE VIENTO

En el caso del cálculo del régimen medio y extremal del oleaje generado por la acción del viento, se debe calcular el oleaje generado para todos los casos susceptibles de ser producidos, como esto no es posible en la práctica, se realizará un procedimiento similar al oleaje de fondo

1.- Cálculo de una matriz de casos posibles con vientos de distintas velocidades, direcciones y nivel de mar. Con esto se calcula la altura de ola y el ángulo de propagación en estos casos.

2.- Interpolación la altura de ola y ángulo de propagación para cada uno de los eventos registrados en la estación meteorológica utilizada. Se realiza de la siguiente forma: primero se escoge un nivel de mar y luego se realiza una interpolación lineal en dos dimensiones (U,  $\theta$ ), para hallar la altura de ola y el ángulo de propagación de ese evento en la zona de estudio.

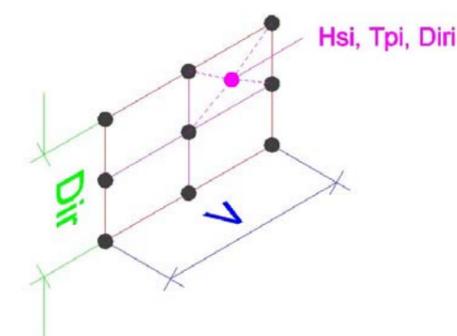


Figura 5. Cubo de interpolación del oleaje de viento.

3.- Con los oleajes generados en zona de estudio, se construye el régimen medio mediante ajuste a distribución Log-Normal o Gumbel. Otro resultado habitual es el cálculo de la dirección del flujo medio de energía.

## 4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.2.1 REGIMEN MEDIO DE OLAJE EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO DE MOAÑA

Una vez calculadas las series de oleaje de fondo y de viento en el punto de control, el régimen de oleaje total se calculará como la suma del oleaje de viento y el oleaje de fondo, suponiendo que los efectos no lineales no cobran importancia al producirse esta suma. Con la suma de los oleajes generados por viento y propagados a la zona de estudio, se construye el régimen medio mediante ajuste a distribución Log-Normal o Gumbel.



Figura 6. Localización del punto de control en las inmediaciones del puerto

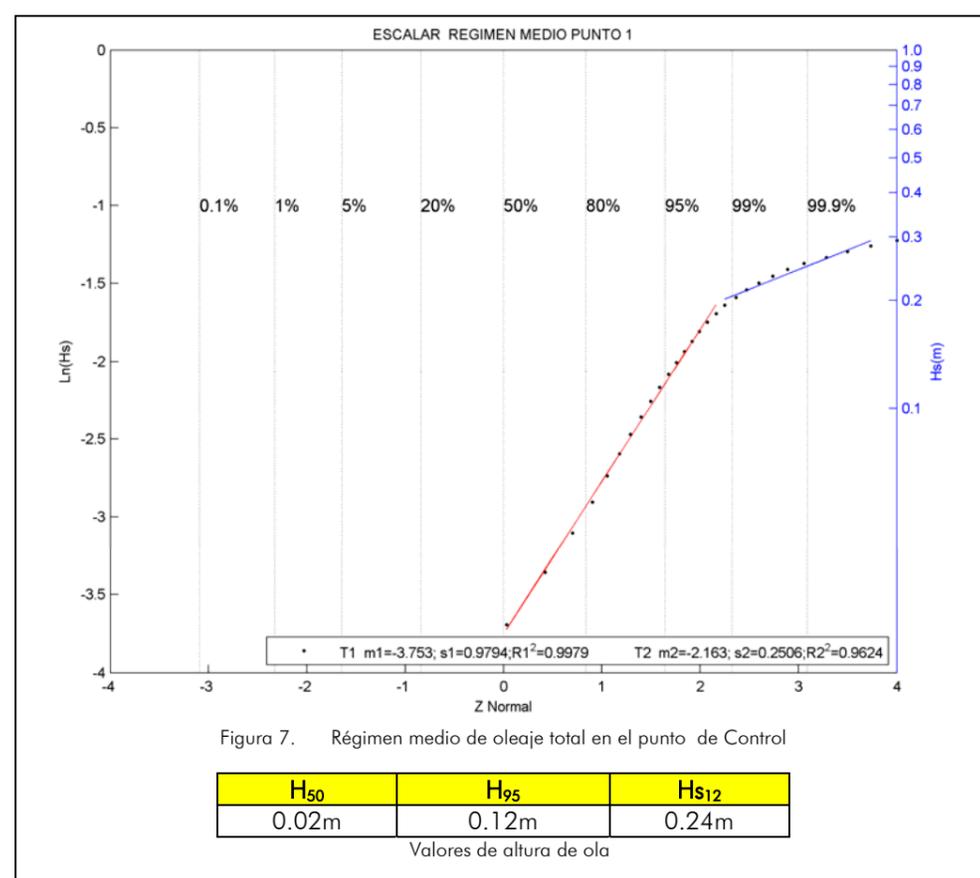


Figura 7. Régimen medio de oleaje total en el punto de Control

El oleaje total medio en las proximidades del puerto es prácticamente nulo y se supera 0.12 m un 5% del tiempo.

En los cuadros de imágenes siguientes (figura 20) se puede apreciar la diferencia entre las alturas de ola obtenidas para las mismas condiciones energéticas iniciales y distintas direcciones. De esta forma podemos definir que las direcciones de oleaje de fondo que más pueden afectar a la zona de estudio son el WSW y SW. Sin embargo en indefinidas estas direcciones no representan las componentes más energéticas, siendo en este caso el W y NW las direcciones reinantes. Por tanto, las condiciones en indefinidas y el proceso de propagación del oleaje de fondo hasta el puerto de Moaña hacen que la energía, debida a oleaje de fondo, que finalmente llega al punto de control sea poco significativa.

El oleaje generado por viento en el interior de la ría de Vigo se postula como la dinámica que puede generar mayores efectos sobre la zona de estudio. En las imágenes de la figura 19 podemos observar que para unas condiciones de velocidad de viento de 20 m/s, las direcciones de viento que mayores alturas de ola producen es el SW y se reduce progresivamente según vira la dirección del viento hacia el E. Esto se debe a que el SW es la dirección de mayor longitud de fetch que se reduce para el resto de componentes. Además si tenemos en consideración la orografía de la Ría, las montañas pueden generar efectos de encañonamiento de los vientos del SW que harían más relevante el oleaje producido por esta componente. Por el contrario el resto de direcciones presentan impedimentos orográficos a la acción del viento por lo que es de esperar que su contribución al global de la energía que incide en el punto de control sea aún menor.

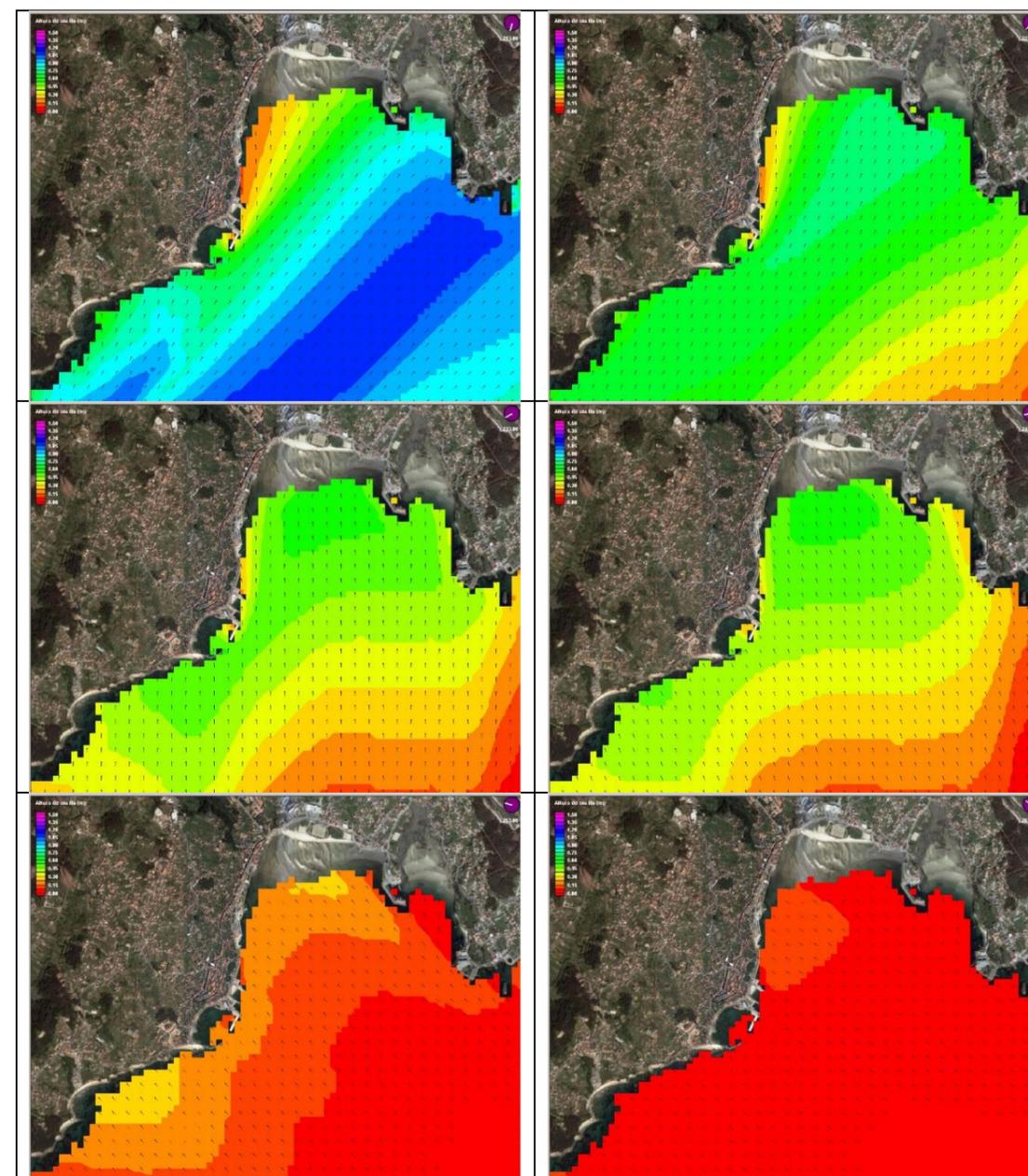
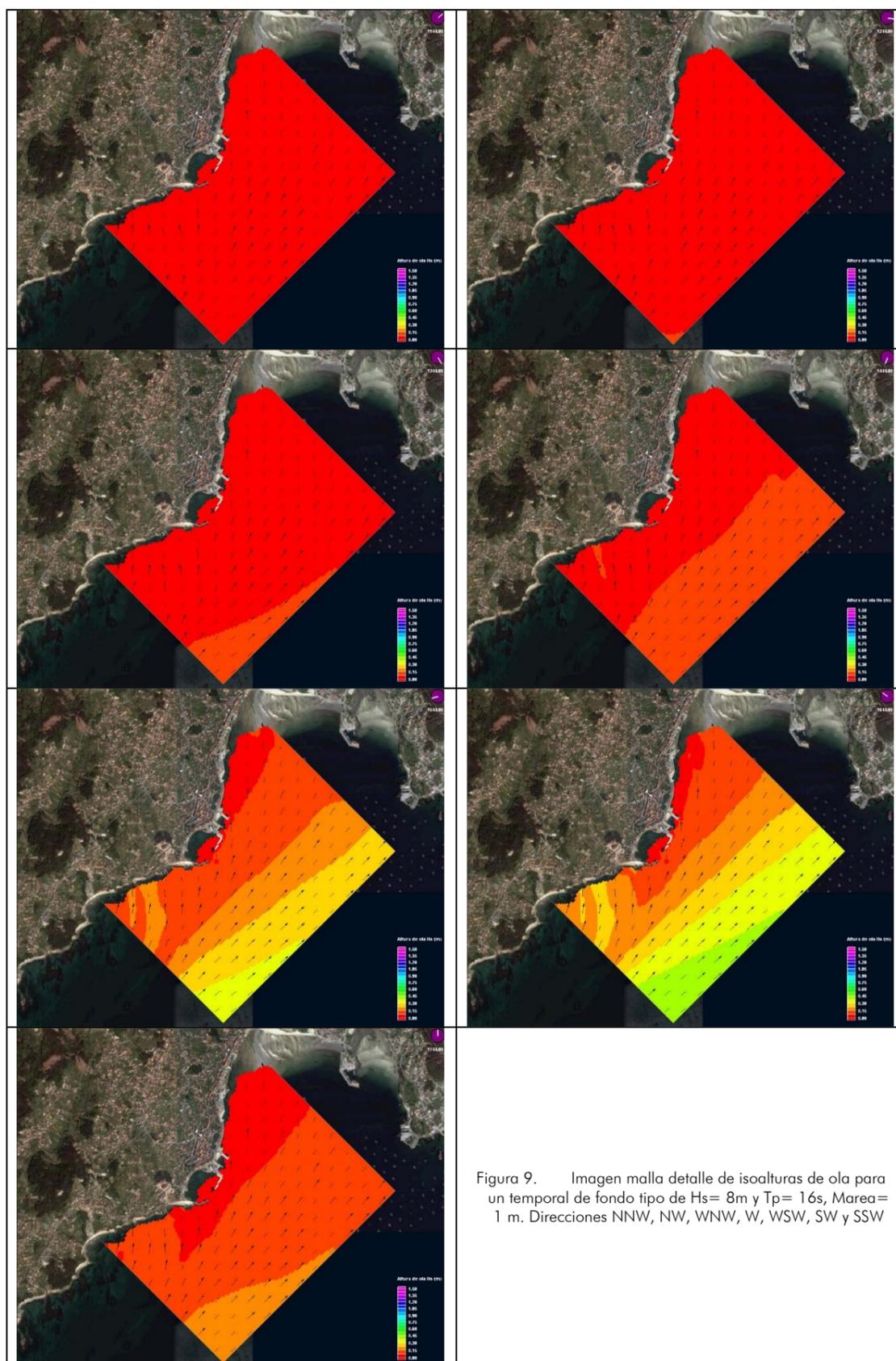


Figura 8. Imagen de detalle de isalturas de ola para un temporal de viento de  $V_v = 20\text{m/s}$  y Marea = 3m. Direcciones SW, SSW, S, SSE, SE y ESE.



#### 4.2.2 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLAJE EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO DE MOAÑA

Al encontrarnos en un entorno tan especial como una Ría, debemos tener en cuenta que los oleajes mayores pueden ser generados en el océano abierto y propagados hacia el interior de la Ría, o generados localmente en la misma Ría por acción de los vientos locales.

Una vez analizado el régimen medio en el entorno del puerto, tanto de oleaje de fondo como de oleaje de viento, es obvio que los oleajes extremales mayores corresponden a la generación y propagación de los oleajes tipo SEA.

Para la propagación se han utilizado las mismas mallas cartesianas anidadas que para el régimen medio. La metodología para el traslado de los regímenes a las cercanías del puerto se basa en la propagación de una matriz de casos posibles, tanto para oleaje SWELL como SEA, obteniéndose el coeficiente y ángulo de los mismos. Con estos datos se realiza la interpolación de toda la serie temporal de datos disponible consiguiendo la serie completa tanto de viento como de fondo en el punto de control. Por último se lleva a cabo un ajuste por distintas distribuciones para el régimen extremal como son el POT o Gumbel.

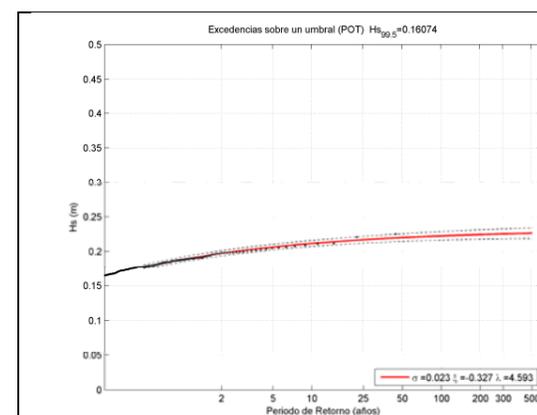


Figura 10. Ajuste del régimen extremal de oleaje de fondo por método POT.

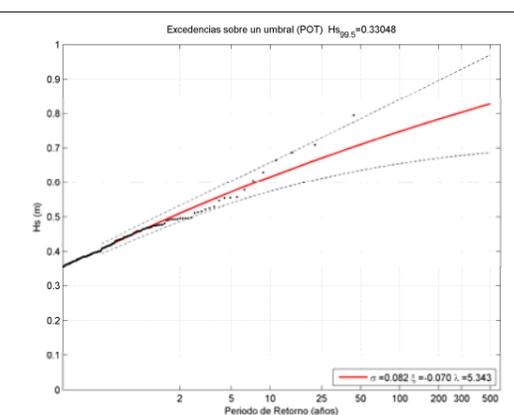


Figura 11. Ajuste del régimen extremal de oleaje de viento por método POT.

MÉTODO	$H_{s,20\text{años}}$	$H_{s,50\text{años}}$	$H_{s,100\text{años}}$	$H_{s,200\text{años}}$
POT	0.21 m	0.22 m	0.22 m	0.224 m

Estadísticos régimen extremal de  $H_s$  por oleaje de fondo en el punto de control

MÉTODO	$H_{s,20\text{años}}$	$H_{s,50\text{años}}$	$H_{s,100\text{años}}$	$H_{s,200\text{años}}$
Max anuales	0.67 m	0.74 m	0.80 m	0.85 m
POT	0.66 m	0.71 m	0.75 m	0.78 m

Estadísticos régimen extremal de  $H_s$  por oleaje de viento en el punto de control

### 4.2.3 MODELO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS OLAJES EN LA SITUACIÓN ACTUAL

Además de los regímenes medios y extremos en la zona de estudio, es recomendable realizar un análisis cualitativo de la situación, para conocer cuales son los oleajes y vientos más frecuentes en aguas abiertas y como afectan éstos a nuestra zona de estudio. Una vez analizado las progcciones realizadas se pueden extraer una serie de conclusiones:

Del oleaje de fondo:

1. El oleaje exterior de fondo se redirecciona al entrar en la Ría en gran medida debido al escudo protector que forman las Islas Cíes y por las condiciones batimétricas del interior de ésta. Al llegar a la zona de estudio el oleaje se encuentra muy refractado-difractado y con unos frentes en un abanico de direcciones muy pequeño y muy condicionado por la batimetría.
2. El abanico de direcciones a estudiar es muy grande, pero los temporales exteriores afectan de distinta manera al puerto dependiendo de su dirección.

Como vemos en la figura 23 los oleajes de componente SW y WSW son los que más afectan a la zona de estudio con un gradiente descendente de oleaje muy acusado paralelo a la línea de costa en el sentido de entrada a la Ría. Pero hay que señalar, que este tipo de temporales no tienen un gran peso específico, ya que más del 40% de los temporales ( $H_s > 4m$ ) tienen componente WNW, siendo las otras dos direcciones significativas de temporal la W y NW.

3. Otro condicionante fundamental del nivel de energía que llega al puerto con un determinado oleaje es el nivel de marea. En marea alta lo bajos rocosos se encuentran bajo el nivel del mar y disipan la energía del oleaje en menor medida que cuando funcionan como un obstáculo

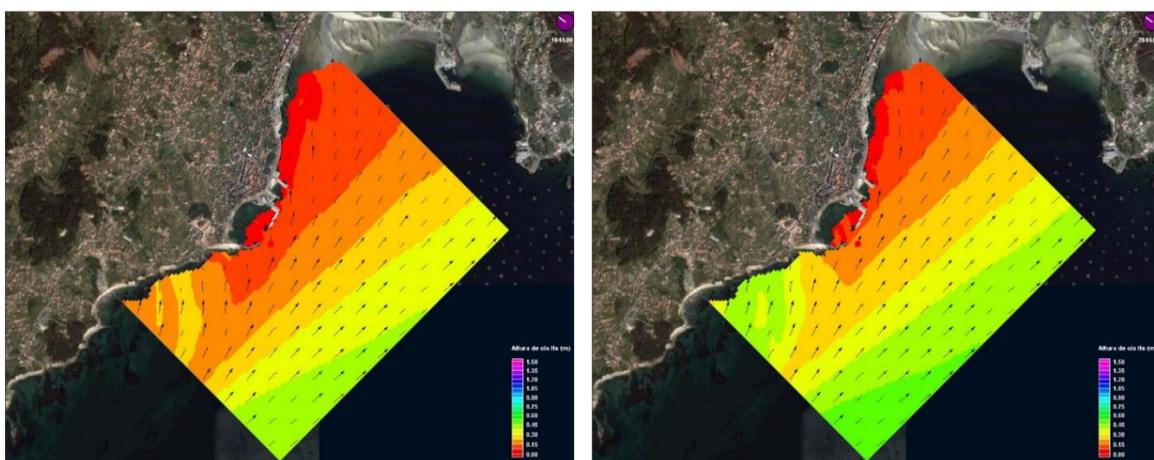


Figura 12. Temporal del SSW. Campos de oleaje en marea baja ( $M=1$ ) y en marea alta ( $M=3$ )

Del oleaje de viento:

4. El oleaje de viento es más intenso en la cara norte de la Ría de Vigo que en la cara sur, pues los vientos más fuertes que corresponden a la época de invierno son de componente sur, aunque en general son menos frecuentes.

Los mayores fetch de la zona de estudio corresponde a la dirección SW, de todas formas los mayores oleajes calculados con los 44 años de datos SIMAR-44 son menores del orden de 0.80 metros.

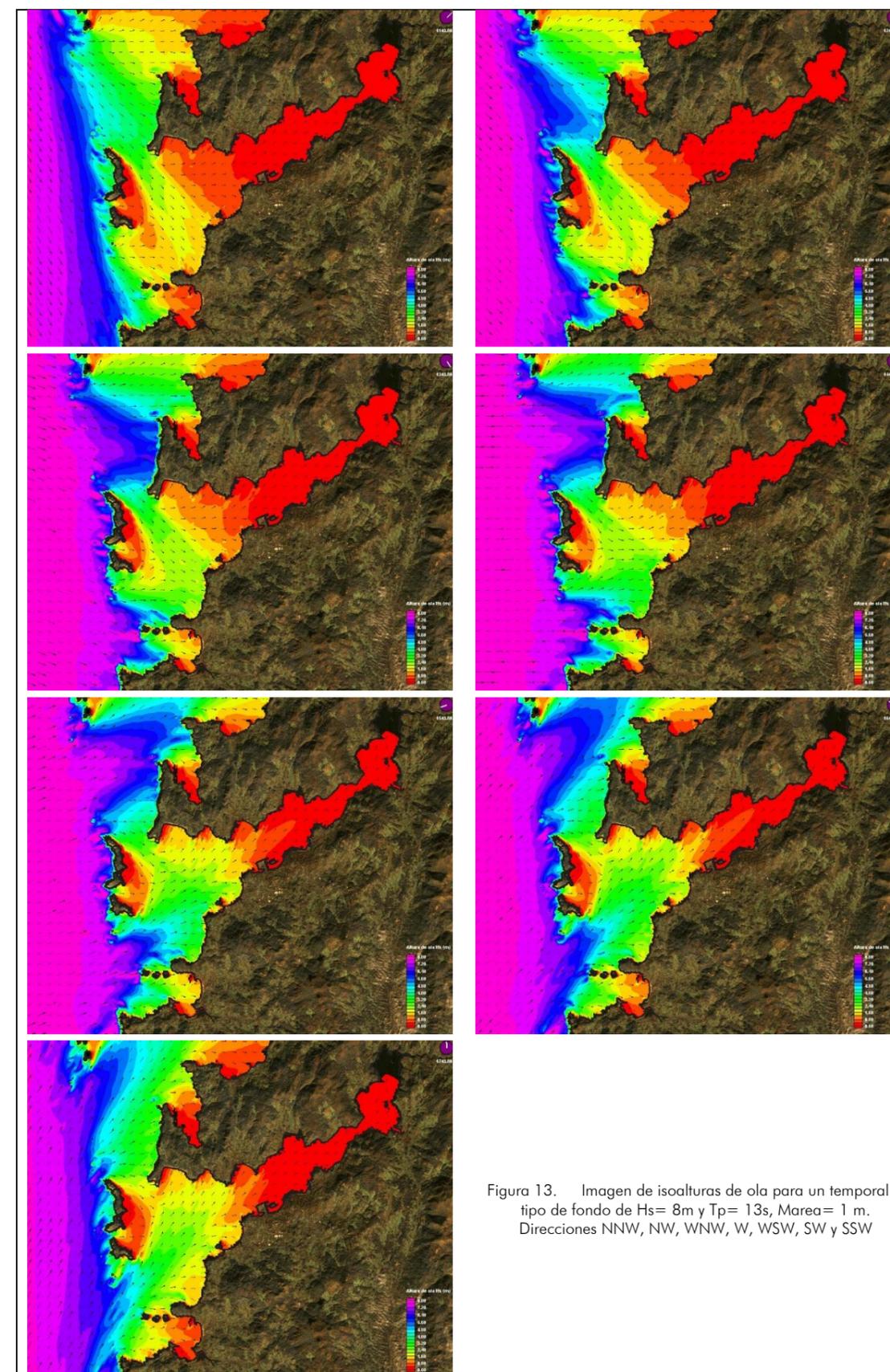
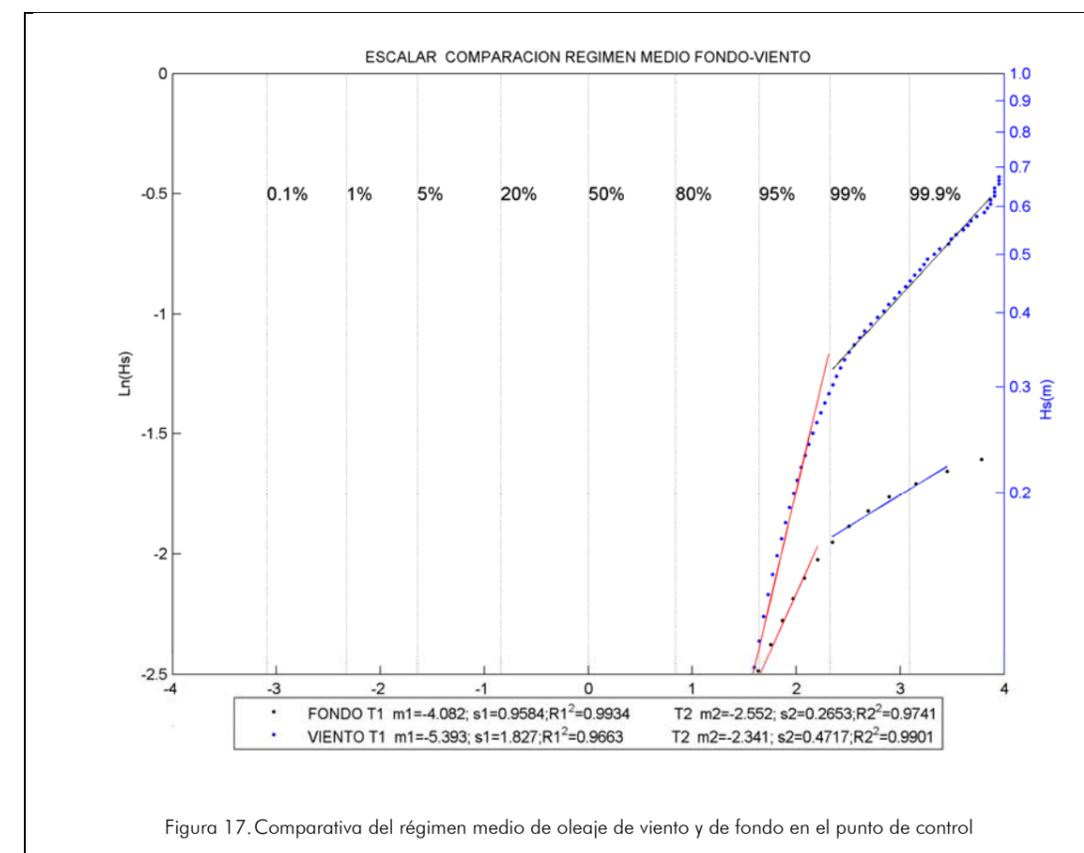
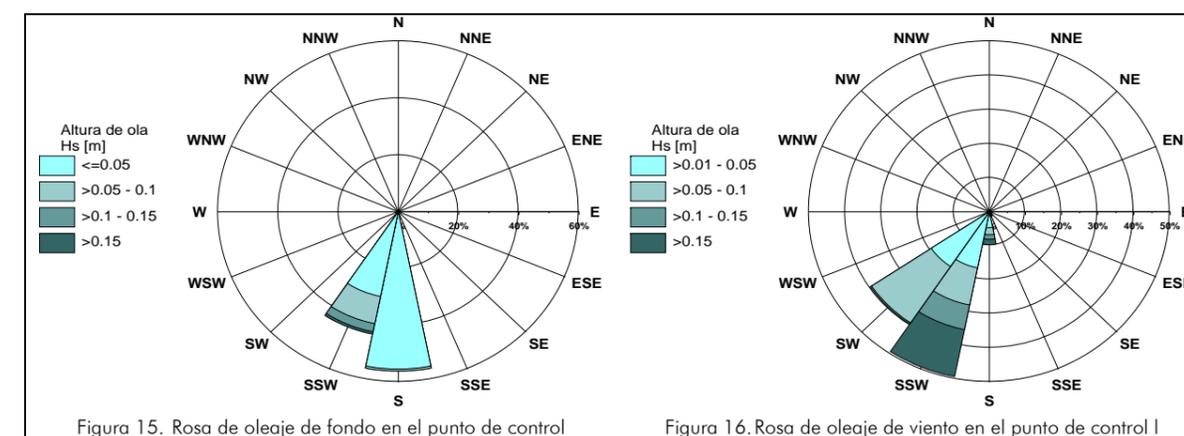
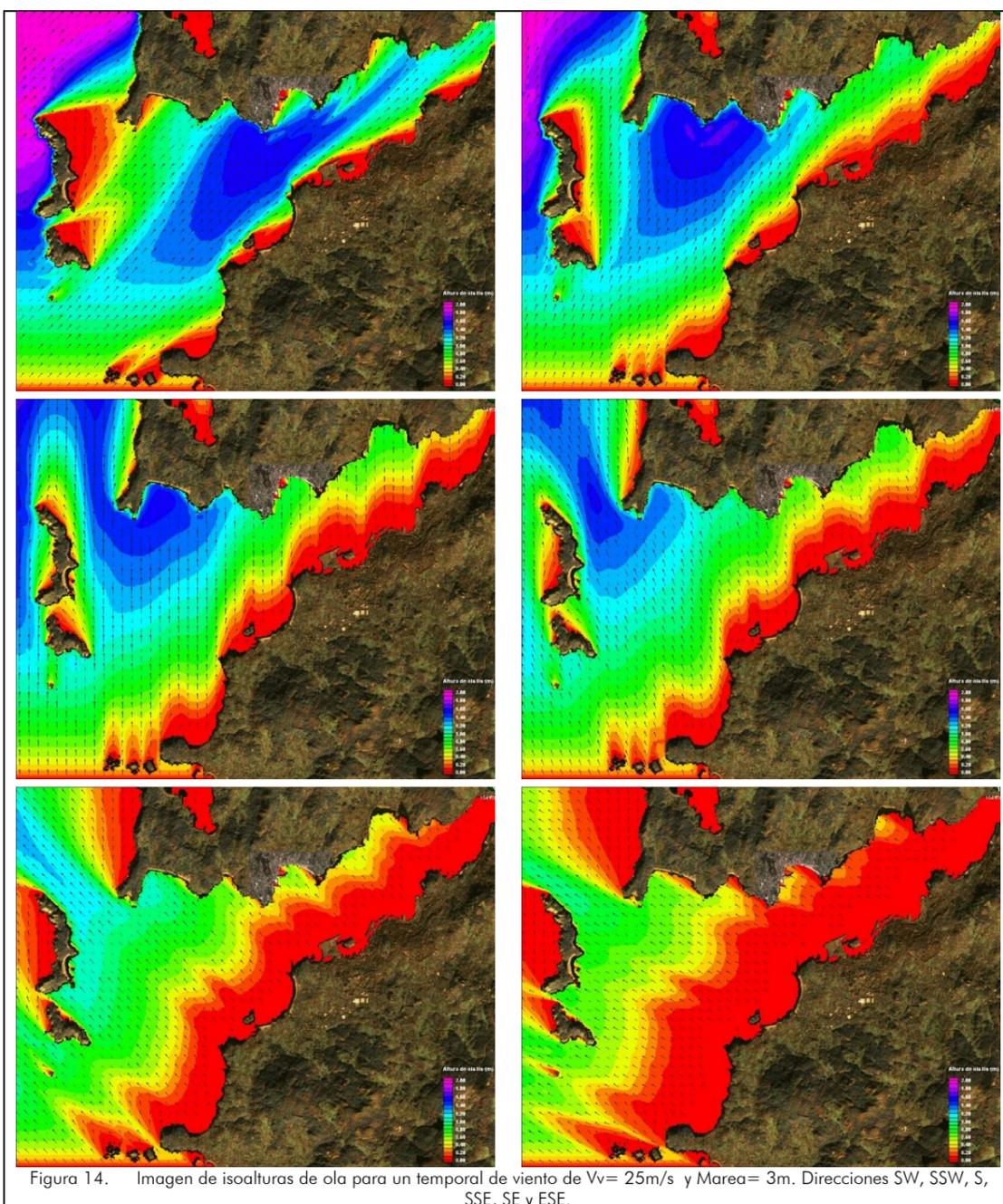


Figura 13. Imagen de isobatas de ola para un temporal tipo de fondo de  $H_s = 8m$  y  $T_p = 13s$ , Marea= 1 m. Direcciones NNW, NW, WNW, W, WSW, SW y SSW



5. Las diferencias principales entre el oleaje de fondo y el de viento se pueden observar en las siguientes figuras de las rosas de oleaje.

En este caso podemos afirmar que la disposición del puerto de Moaña y las características de los vientos y de oleaje en indefinidas, producen tendencias muy similares para ambos regímenes. Las diferencias se centran en la magnitud y en la dirección de los mismos. Por un lado, el oleaje de fondo presenta menor magnitud y, por otro lado, el oleaje de viento presenta un mayor peso en los oleajes provenientes del SSW frente a los del S del oleaje de fondo. En todo caso la dirección predominante siempre es el SSW.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras a realizar consisten en la construcción e instalación de 140 m de rompeolas flotante de hormigón tipo caja mediante 7 módulos de 5 m de ancho y 20 m de longitud cada uno. Estas obras se cimentarán mediante líneas de fondeo formadas por cadena de 40 mm con una longitud de 50 m, con los puntos de fondeo situados a las distancias que se pueden observar en la siguiente figura:

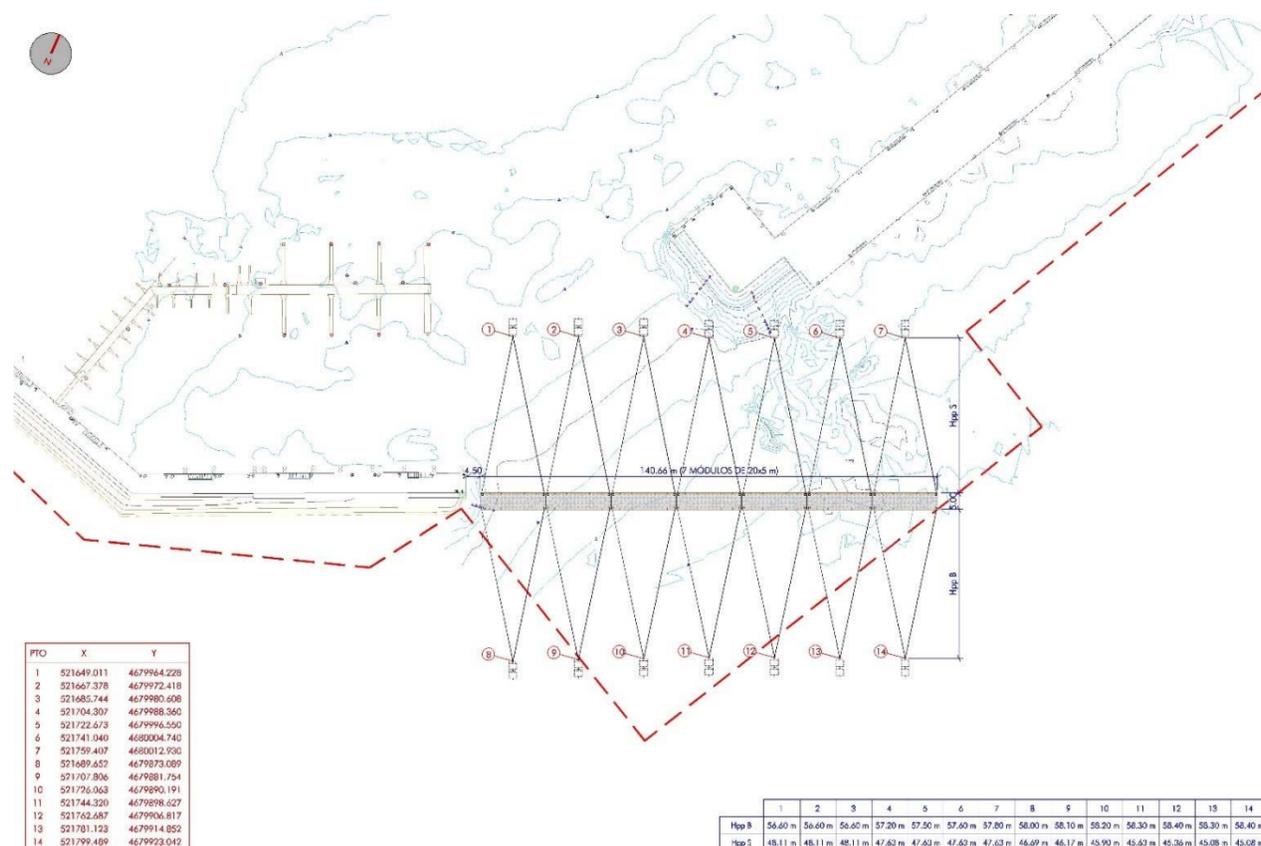


Figura 18. Planta general

### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ROMPEOLAS FLOTANTES.

Los **rompeolas flotantes** son aquellas estructuras marítimas cuya función es la atenuación del oleaje en una determinada área. Los rompeolas flotantes son una alternativa a las obras de protección fijas al tener la posibilidad de ser movilizadas con relativa facilidad y remolcadas a flote. Estas características de movilidad y flotabilidad hacen que estas estructuras presenten una serie de ventajas como son: la facilidad de transporte, la posibilidad de prefabricación en tierra, la modularidad y facilidad de instalación, la fácil movilización para montaje y desmontaje, requerimientos de cimentación mínimos, mantenimiento de francobordo en zonas de gran marea y el permitir un mayor intercambio de aguas entre la zona expuesta y abrigada que redonda en su calidad.

Las características geométricas de la sección se resumen en la siguiente figura:

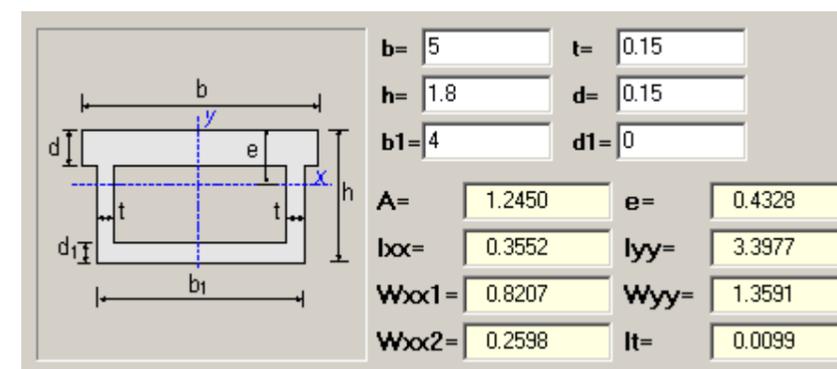


Figura 19. Características de la sección.

En general, las características del dique flotante son:

- 7 Bloques monolíticos de hormigón armado, de 20 m de longitud, 5 m de ancho y 1.8 m de puntal.
- Interior del módulo relleno de poliestireno expandido de densidad 15 Kg/m<sup>3</sup>, actuando de flotador.
- Incluirán dos fijaciones laterales tipo Halfen.
- Los módulos han de estar dotados de 2 conducciones de diámetro 55 mm para la previsión de paso de instalaciones de servicio. Han de contar asimismo con una arqueta registrable para el reparto de conducciones y/o conexionado de torretas de suministro.
- Los módulos tendrán, en su cara inferior una capa de hormigón de 5 cm de espesor.
- Los módulos irán pintados por los laterales con franjas de 50 cm de ancho y con una inclinación de 63°. La altura de la franja pintada será los 65 cm, sumergiéndose 15-20 cm debajo del agua. También deberán ir pintados los frontales del primer y el último módulo.

### 5.2 DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.

Como cimentación se proponen, preliminarmente, 28 muertos de hormigón de dimensiones 2.50 x 2.40 y 0.90 m de canto. Los muertos se dispondrán en grupos de 2 tanto en el lado de barlomar como en el lado de sotamar.

Los muertos se construirán en forma de cuña y se fabricarán con cadena de acero de Ø40 mm en su interior y una barra de acero inox de Ø20 mm en su parte superior para izado de los muertos. Su definición geométrica así como su replanteo se adjunta en el Documento 2: Planos, del presente proyecto.

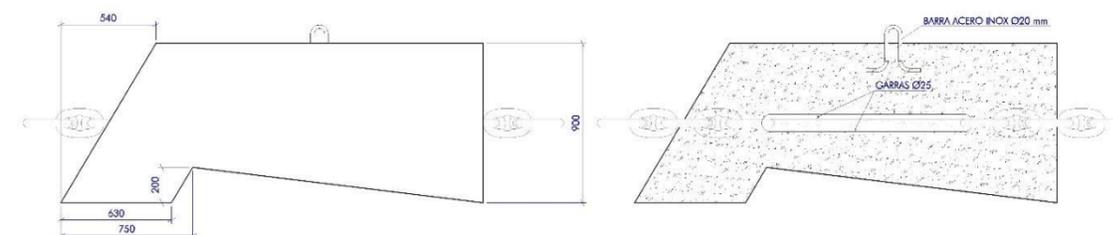


Figura 20. Imagen de muertos en forma de cuña.

El lecho marino donde se apoyan los bloques de hormigón es definido por el estudio geotécnico como limoso arenoso con potencias que alcanzan la decena de metros y no existiendo parámetros geotécnicos del mismo hasta profundidades de más de 5 metros donde se ha detectado la presencia de intercalaciones arenosas. El posicionamiento de elementos pesados sobre este tipo de substratos fangosos debe realizarse con cautela ya que existen precedentes de asientos hundimientos de consideración de escolleras, bloques, etc. en lechos limosos o fangosos.

Por este motivo, y ante la incertidumbre sobre el comportamiento de los primeros metros del fango sobre el posicionamiento de los bloques se estima necesario que durante el primer año de obra se realice un seguimiento de la posición de dichos bloques con objeto de poder detectar a tiempo, en caso de producirse, posibles desplazamientos hasta una posición definitiva de los muertos que obliguen a un recrecido de las cadenas.

## 6 DIMENSIONADO FUNCIONAL. ESTUDIO DE AGITACIÓN

El anejo 4 de presente proyecto tiene por objeto la realización de la propagación del oleaje al interior de la dársena y establecer los patrones de agitación en el interior de la dársena en los casos de oleaje de viento más representativos.

Para poder resolver la agitación en el interior del Puerto, se ha utilizado un modelo que resuelve en elementos finitos la ecuación de la pendiente suave en su aproximación elíptica, **CGWAVE**. El modelo incorpora la posibilidad de describir con detalle la reflexión de cada uno de los contornos, en especial los muelles de atraque y los diques y contradiques del Puerto. Asimismo incluye los demás efectos que sufre el oleaje: difracción, refracción, asomeramiento, rotura y disipación por fondo. El potencial que ofrece este modelo radica en la capacidad de analizar el efecto de la reflexión múltiple de un tren de olas en el interior del puerto, incluyendo todos los patrones de difracción producidos por los distintos muelles, espigones y diques. Además de estas propiedades, se le añade la ventaja de poder **modelar barreras flotantes** mediante una modificación de la profundidad y una corrección que depende de la profundidad relativa y el peralte.

De esta forma, en el anejo se comparan los patrones de agitación en la situación actual con la situación futura y se establecen los regímenes de agitación en distintas áreas.

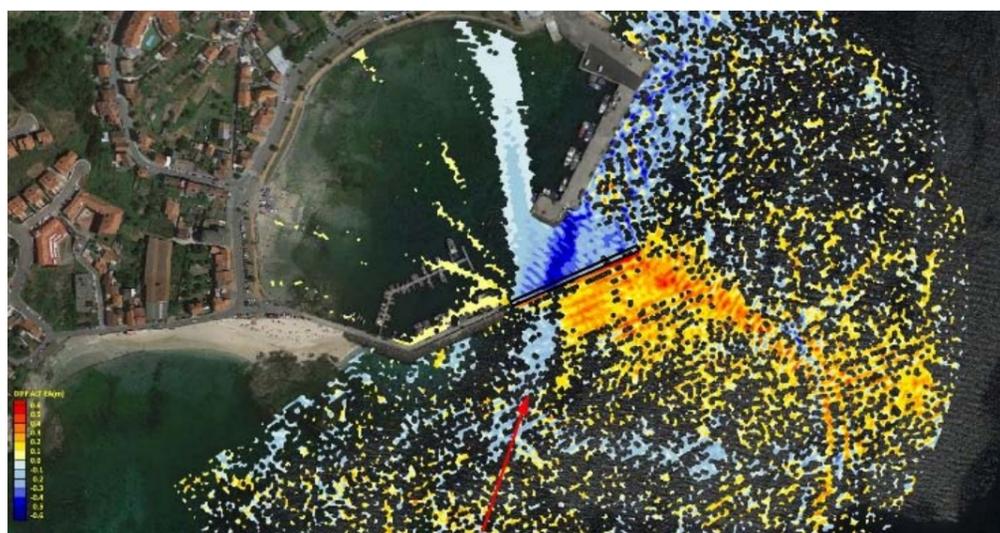


Figura 21. Diferencia entre SITUACIÓN FUTURA y SITUACIÓN ACTUAL.

## 7 DIMENSIONADO ESTRUCTURAL. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN.

El anejo 5 de presente proyecto tiene por objeto el cálculo de la estructura proyectada así como la cimentación de la misma.

## 8 PRESUPUESTO.

El Presupuesto de Ejecución Material de la obra asciende a QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS DE EURO (588.228,31 €) desarrollado en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO	IMPORTE
<b>01 MÓDULOS ROMPEOLAS</b>	<b>409.203,83 €</b>
01.1 FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE MÓDULOS	400.242,99 €
01.2 FONDEO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS	8.960,84 €
<b>02 UNIONES ENTRE MÓDULOS</b>	<b>15.910,62 €</b>
<b>03 FONDEO ROMPEOLAS</b>	<b>148.879,36 €</b>
03.1 BLOQUES DE HORMIGÓN	30.422,00 €
03.2 CADENAS	77.843,50 €
03.3 COLOCACIÓN FONDEOS	40.613,86 €
<b>04 SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN</b>	<b>3.157,80 €</b>
<b>05 SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>5.076,70 €</b>
<b>06 CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>6.000,00 €</b>
<b>Presupuesto de Ejecución Material</b>	<b>588.228,31 €</b>
13 % de Gastos Generales	76.469,68 €
6% de Beneficio Industrial	35.293,70 €
<b>Presupuesto Base de Licitación (sin I.V.A.)</b>	<b>699.991,69 €</b>
21% de I.V.A.	146.998,25 €
<b>Presupuesto Base de Licitación (I.V.A. incluido)</b>	<b>846.989,94 €</b>

El Presupuesto Base de Licitación (sin I.V.A.) asciende a la cantidad de SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y UN EUROS SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO (699.991,69 €), representando el I.V.A., al 21%, la cantidad de CIENTO CUARENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS DE EURO (146.998,25 €).

## 9 PROGRAMA DE TRABAJOS.

Para la ejecución de las obras incluidas en el presente proyecto se ha elaborado un plan de obra (véase Anejo nº 7) en el que se estima un plazo total de ejecución para la totalidad de las obras de SEIS (6) meses.

## 10 CLASIFICACION DEL CONTRATISTA.

El adjudicatario ha de ser una empresa con contrastada experiencia en trabajos similares y que disponga de medios materiales y personal experto en las distintas cuestiones que comprende el contrato.

De acuerdo con el Real Decreto 773/2015, de 28 de Agosto, por el que se modifican determinados preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre", la clasificación será la siguiente:

Grupo F) Marítimas  
 Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cualificación específica  
 Categoría 3) Anualidad media excede de 840 000 € y no sobrepasa los 2 400 000 €.

## 11 FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS.

De conformidad con el Decreto 3650/1971, de 19 de diciembre, y los requisitos de la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público, no es de aplicación la revisión de precios para este proyecto, dado que no concurren los supuestos contemplados en el citado Decreto.

## 12 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

De acuerdo con lo establecido en el R.D. 1.627/97, de 24 de octubre, se ha incluido el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud Laboral según lo especificado en los artículos 4 y 5 del citado Real Decreto.

## 13 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

Los trabajos a realizar serán, en su práctica totalidad, realizados en taller por lo que no existirán residuos en obra.

En las obras a realizar sólo existe un tipo de residuo potencial derivado del sobrante de cabo de nylon para la ejecución de la cimentación de los módulos del dique flotante, resultando estos totalmente despreciables, por lo que no es necesario la realización de un Estudio de Gestión de Residuos para la Construcción y Demolición.

## 14 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.

Los documentos que integran el siguiente Proyecto son:

### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.**

ANEJOS A LA MEMORIA.

- ANEJO Nº 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO.
- ANEJO Nº 2: CLIMA MARÍTIMO.
- ANEJO Nº 3: PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.
- ANEJO Nº 4: ESTUDIO DE AGITACIÓN POR ONDA CORTA.
- ANEJO Nº 5: DIMENSIONADO ESTRUCTURAL.
- ANEJO Nº 6: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.
- ANEJO Nº 7: PLAN DE OBRA.
- ANEJO Nº 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

### **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS.**

- PLANO 1: SITUACIÓN.
- PLANO 2: EMPLAZAMIENTO.
- PLANO 3: ESTADO ACTUAL.
- PLANO 4: PLANTA GENERAL.
  - 4.1. PLANTA GENERAL.
  - 4.2. PLANTA DE REPLANTEO.
- PLANO 5: DETALLES.
  - 5.1. ROMPEOLAS FLOTANTE.
  - 5.2. FONDEOS.
- PLANO 6: FOTOMONTAJE DE LAS OBRAS TERMINADAS.

### **DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.**

### **DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO.**

1. MEDICIONES.
2. CUADROS DE PRECIOS.
  - 2.1. CUADRO DE PRECIOS Nº 1.
  - 2.2. CUADRO DE PRECIOS Nº 2.
3. PRESUPUESTOS PARCIALES.
4. PRESUPUESTOS GENERALES.
  - 4.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.
  - 4.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.

## 15 OBRA COMPLETA.

En la redacción de este Proyecto se ha dado cumplimiento a la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público.

Las obras definidas en el presente proyecto constituyen una obra completa, susceptibles de ser entregadas al promotor de los servicios, sin perjuicio de ulteriores ampliaciones de las que puedan ser objeto, comprendiendo todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las mismas.

## 16 CONCLUSION.

Con lo expuesto anteriormente se considera justificada la Memoria del presente Proyecto.

En Vigo para Santiago de Compostela, a Noviembre de 2018.

El ingeniero Jefe del área de  
proyectos y obras:

El ingeniero de Caminos  
director del proyecto:

El Ingeniero de Caminos  
autor del proyecto

Fdo: Juan Antonio Rodríguez Pardo

Fdo: Jorge Álvarez Couceiro

Fdo: Fernando López Mera

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO N° 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

## ANEJO Nº 01: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### ÍNDICE:

- Figura 1. Imagen aérea de la dársena de O Con
- Figura 2. Imagen aérea de la dársena de O Con (2)
- Figura 3. Imagen aérea del dique de O Con y pantalán de embarcaciones pesqueras
- Figura 4. Imagen de muelle da Mosqueira
- Figura 5. Imagen de la dársena
- Figura 6. Sección del muelle da Mosqueira
- Figura 7. Morro macizo del muelle da Mosqueira
- Figura 8. Escollera en la parte exterior del morro del muelle

**ANEJO Nº 01: REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA



Figura 1. Imagen aérea de la dársena de O Con

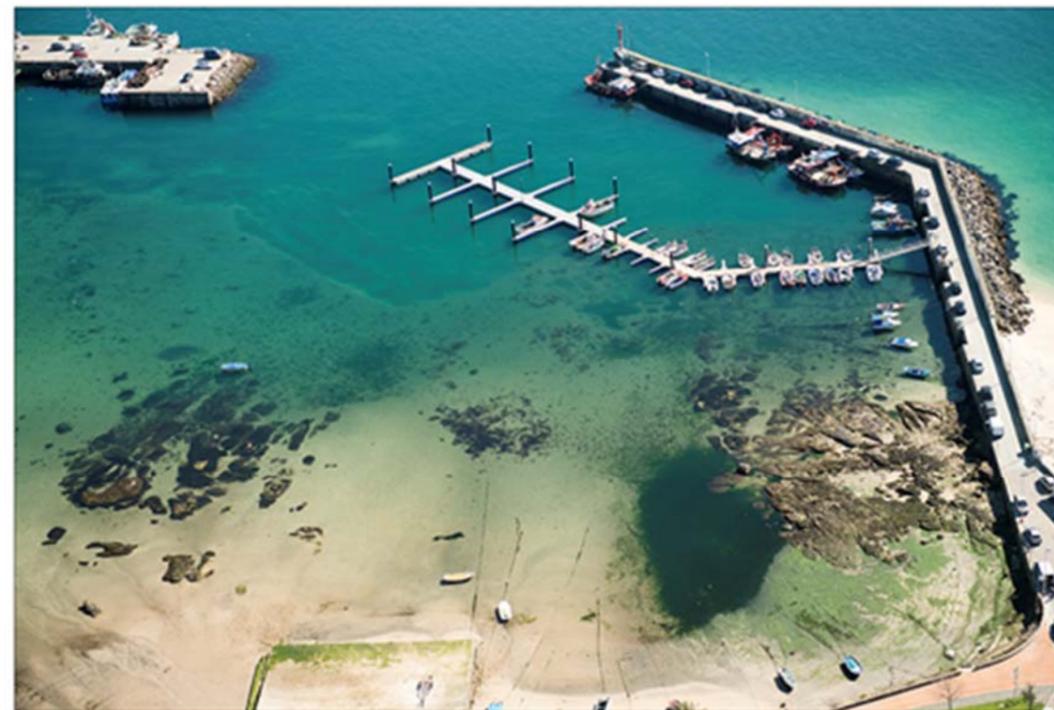


Figura 3. Imagen aérea del dique de O Con y pantalán de embarcaciones pesqueras



Figura 2. Imagen aérea de la dársena de O Con (2)



Figura 4. Imagen de muelle da Mosqueira



Figura 5. Imagen de la dársena



Figura 7. Morro macizo del muelle da Mosqueira



Figura 6. Sección del muelle da Mosqueira

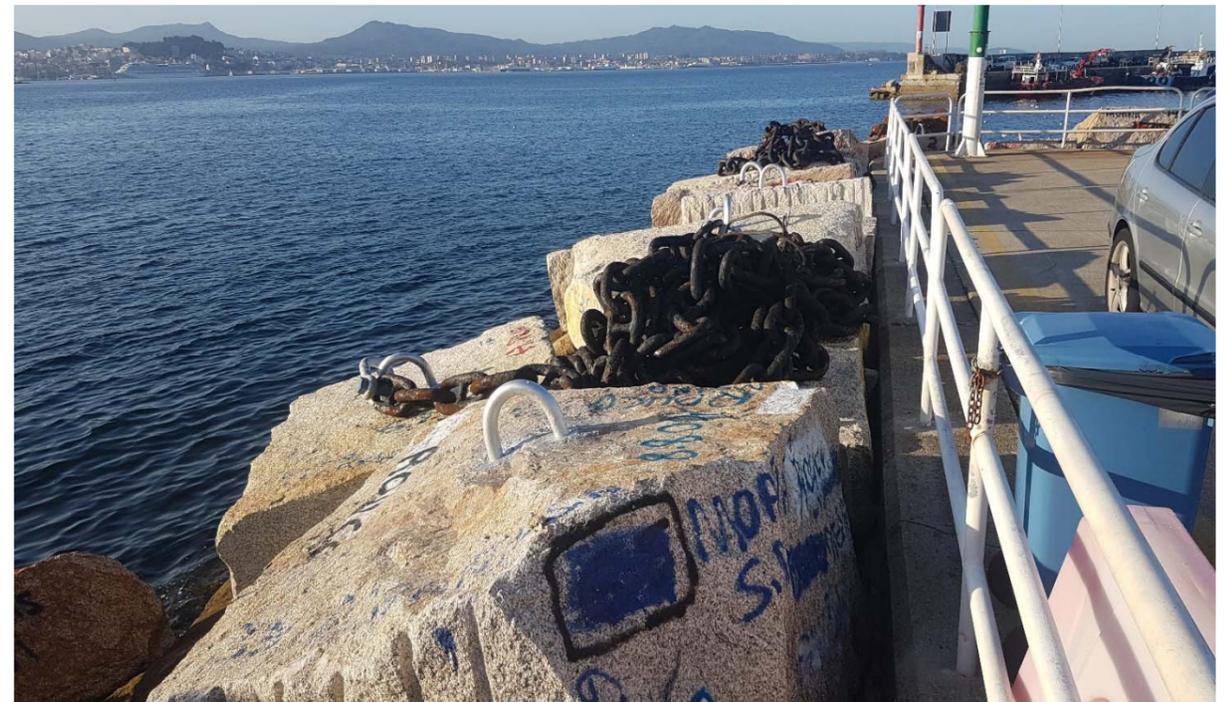


Figura 8. Escollera en la parte exterior del morro del muelle

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO Nº 2: CLIMA MARÍTIMO**

**ANEJO Nº 02: CLIMA MARITIMO**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE:

1	OLEAJE .....	2
1.1	INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	2
1.2	ÁREA DE ESTUDIO. DIRECCIONES SIGNIFICATIVAS.....	2
1.3	RÉGIMEN MEDIO DE OLEAJE.....	2
1.4	RÉGIMEN EXTREMAL DE OLEAJE .....	7
2	VIENTO.....	9
2.1	FUENTES DE DATOS.....	9
2.2	FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LOS VIENTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
2.3	FUNCIONAMIENTO DEL VIENTO LOCAL. EL SISTEMA DE BRISAS MARINAS.....	10
2.4	ROSAS DE VIENTO .....	10
2.5	RÉGIMEN MEDIO DE VELOCIDAD DE VIENTO.....	11
2.6	RÉGIMEN EXTREMAL.....	12
3	NIVEL DEL MAR.....	13
3.1	FUENTES DE DATOS.....	13
3.2	NIVELES DE REFERENCIA.....	13
3.3	NIVEL DEL MAR TOTAL.....	13
3.4	MAREA ASTRONÓMICA.....	13
3.5	MAREA METEOROLÓGICA .....	14

## ANEJO Nº 02: CLIMA MARITIMO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 OLEAJE

#### 1.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para la determinación del régimen direccional del oleaje en aguas profundas se dispone de los datos proporcionados por:

- 1.- Boya escalar de Cabo Silleiro red REMRO.
- 2.- Datos Visuales de Oleaje en aguas profundas con información direccional, almacenados en la Base de Datos Visuales del CEPYC, recogidos en la ROM 0.3-91.
- 2.- Boya direccional de Silleiro de aguas profundas red RAYO.
- 3.- Datos de previsión WANA direccionales, punto 1044070.
- 4.- Datos de previsión WASA direccionales, punto 14552.
- 5.- Datos de previsión SIMAR 44.

Red	Profundidad (m)	Latitud	Longitud	Cobertura
REMRO	70	42.097	-8.930	1991-2004
RAYO	323	42.130	-9.390	1998-2004
WANA		42.250	-9.000	1995-2004
WASA		42.500	-10.500	1972-1994

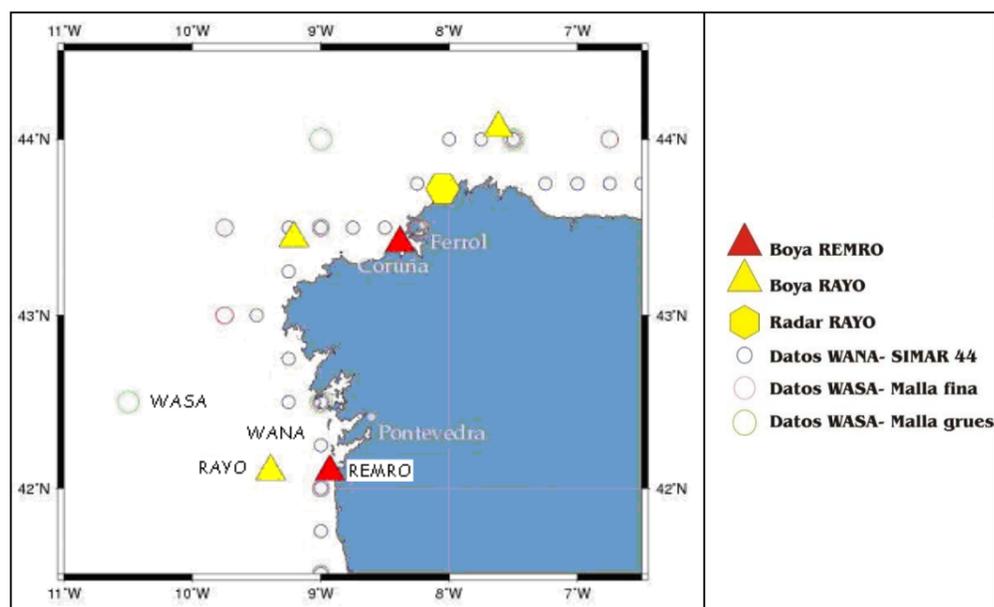


Figura 1. Fuentes de datos de clima marítimo

SIMAR-44 incluye la base de datos con un retroanálisis de 44 años y con mayor resolución temporal y espacial. Es la base de datos que mejor se adapta a las necesidades de nuestro estudio ya que proporciona la mayor serie temporal con unas características de resolución temporal y espacial adecuadas. Los nodos cercanos a la ría de Vigo son el 1044068 y el 1044069:

- El punto SIMAR-44 situado al norte es el punto 1044069.

Coordenadas punto:  
Latitud: 42.250 ° N  
Longitud: -9° W

- El punto SIMAR-44 situado al sur es el punto 1044068.

Coordenadas punto:  
Latitud: 42° N  
Longitud: -9° W

De entre los dos nodos descritos escogeremos el 1044069 por ser los oleajes provenientes desde esta localización los que determinen la propagación hasta la zona de estudio en el interior de la ría de Vigo.

#### 1.2 ÁREA DE ESTUDIO. DIRECCIONES SIGNIFICATIVAS

Nuestra zona de estudio es el área correspondiente a las Rías Baixas, definida en el Atlas de la ROM 0.3-91 como área III, tiene su boya significativa en Cabo Silleiro, justo en la entrada de la ría de Vigo.



Figura 2. Área de estudio según la ROM 03-91

#### 1.3 RÉGIMEN MEDIO DE OLEAJE

##### 1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL RÉGIMEN MEDIO

###### 1.3.1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio del régimen medio de oleaje servirá para conocer las condiciones medias de uso del puerto y las condiciones de operatividad del mismo.

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar. Si representáramos los datos en forma de histograma no acumulado el régimen medio vendrá definido por aquella banda de datos en la que se contiene la masa de probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio está directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilístico del régimen de viento u oleaje en el que por término medio se va desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

1.3.1.2 DISTRIBUCIONES UTILIZADAS

El régimen medio se describe habitualmente mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir, no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, solo lo hacen aquellos datos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma.

Altura de ola significativa

La distribución elegida para describir el régimen medio de altura de ola significativa (Hs) de las series de oleaje es Log-normal cuya función de distribución tiene la siguiente expresión:

$$f(H_s) = \frac{1}{\sigma * \sqrt{2 * \pi} * H_s} * \exp\left[-\frac{1}{2} * \left(\frac{\ln(H_s) - \mu}{\sigma}\right)^2\right]; \text{ para } \ln(H_s) \geq 0$$

Normalmente, la distribución lognormal ajusta bien los datos excepto en el extremo superior de las mayores olas, donde la distribución lognormal sobrepredice la probabilidad de excedencia. Por ello, en determinadas ocasiones para la parte superior de la distribución se ajusta una segunda rama lognormal con una pendiente menor.

Período pico

En este caso, la función de distribución utilizada es una Weibull triparamétrica de máximos, con expresión general dada por:

$$F(T_p) = P(T_p \leq T_{p0}) = \exp\left(-\left(\frac{\lambda - T_p}{\delta}\right)^\beta\right)$$

El parámetro λ es conocido como parámetro de centrado y su valor a de ser mayor que el mayor de los valores ajustados; δ es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; y finalmente, β es el parámetro de forma.

1.3.2 RÉGIMEN MEDIO DE ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE SEGÚN DATOS DE PUNTO SIMAR 1044069

1.3.2.1 FUENTES DE DATOS

La información empleada para la definición del régimen medio de oleaje en grandes profundidades es la serie temporal del punto de previsión SIMAR-44 1044069. Las series de datos horarios van de 1958 a 2001 han sido suministradas por el programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado.

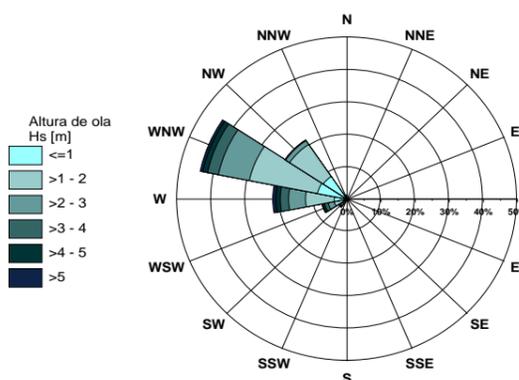


Figura 3. Rosa de oleaje punto SIMAR 1044069

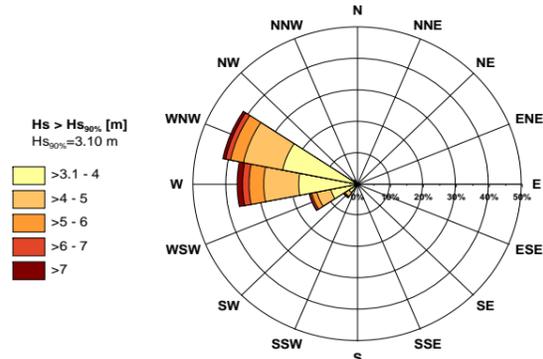


Figura 4. Rosa de oleaje de temporal en el punto SIMAR 1044069

Se puede observar que el punto de estudio recibe oleaje del cuarto cuadrante y de la mitad superior del tercer cuadrante. La dirección predominante es la WNW, mientras que los oleajes más energéticos provienen del W.

Se ha ajustado el régimen medio escalar del oleaje en el punto SIMAR 1044069 a una distribución de dos ramas lognormales como podemos apreciar en la figura.

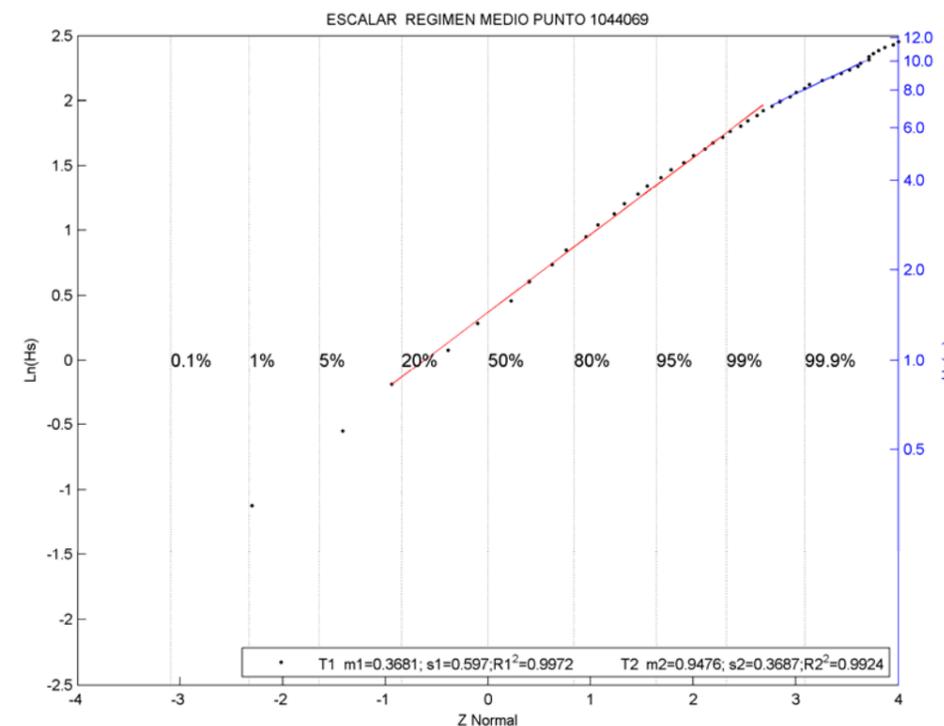


Figura 5. Punto SIMAR-44 1044069. Régimen medio escalar de Hs

Los parámetros de las distribuciones son los siguientes:

RÉGIMEN MEDIO PARÁMETROS DE LAS DISTRIBUCIONES LOGNORMALES DE AJUSTE									
	EXTREMOS DEL AJUSTE			RAMA 1			RAMA 2		
	P1ini	P1fin=P2ini	P2fin	μ1	σ1	R1 <sup>2</sup>	μ2	σ2	R2 <sup>2</sup>
ESCALAR	0.1	0.997	0.9999	0.3681	0.597	0.9972	0.9476	0.3687	0.9924

Tabla 1. Régimen medio escalar de Hs. Parámetros de ajuste

H <sub>50</sub>	H <sub>90</sub>	H <sub>95</sub>	H <sub>99</sub>	H <sub>s12</sub>
1.45m	3.11m	3.86m	5.79m	7.78m

Tabla 2. Estadísticos de altura de ola en indefinidas

1.3.2.2 REGÍMENES MEDIOS DIRECCIONALES DE HS

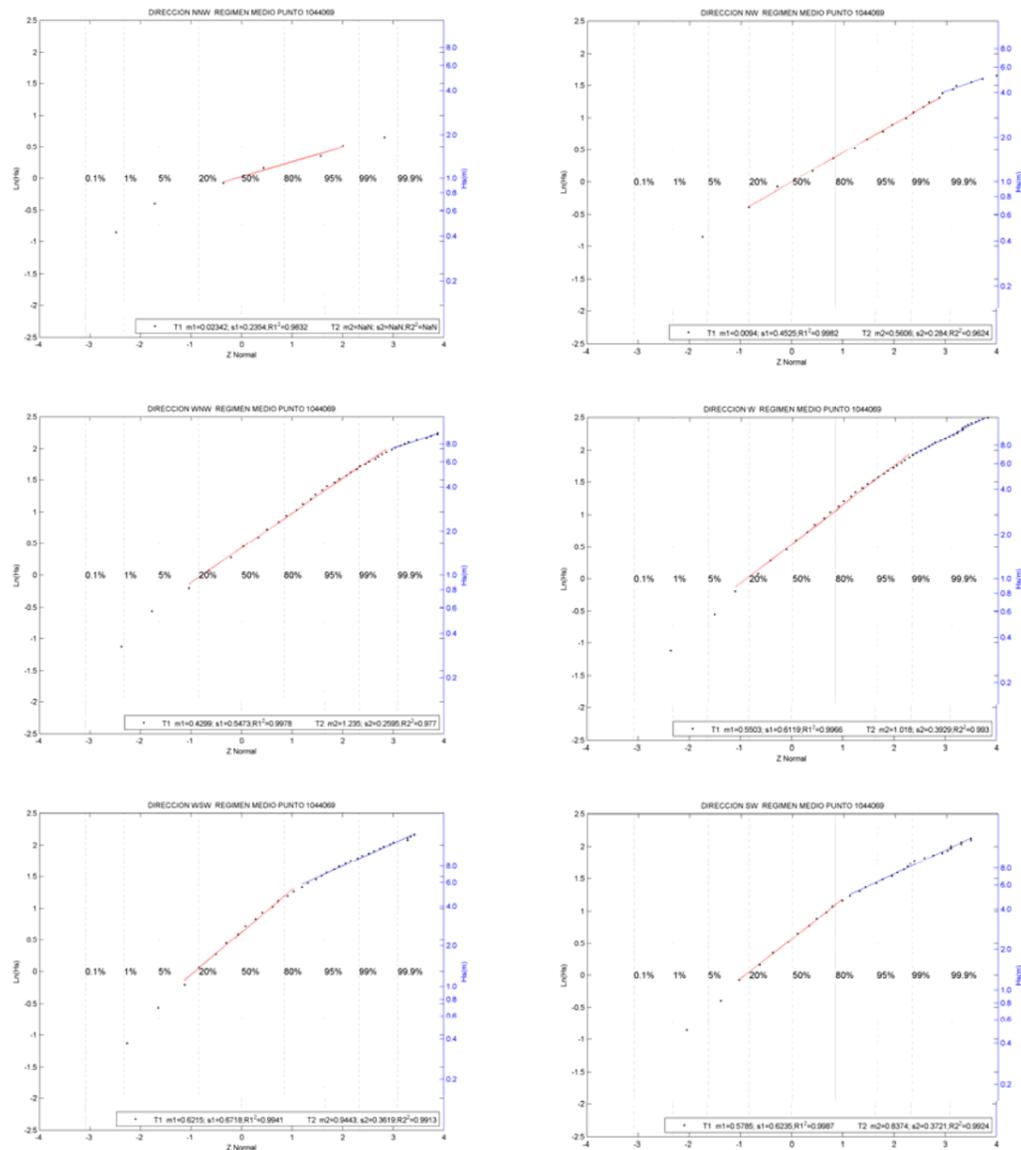


Figura 6. Régimen medio direccional punto SIMAR-44 1044069. Direcciones NNW, NW, WNW, W, WSW y SW.

RÉGIMEN MEDIO DIRECCIONAL DE HS

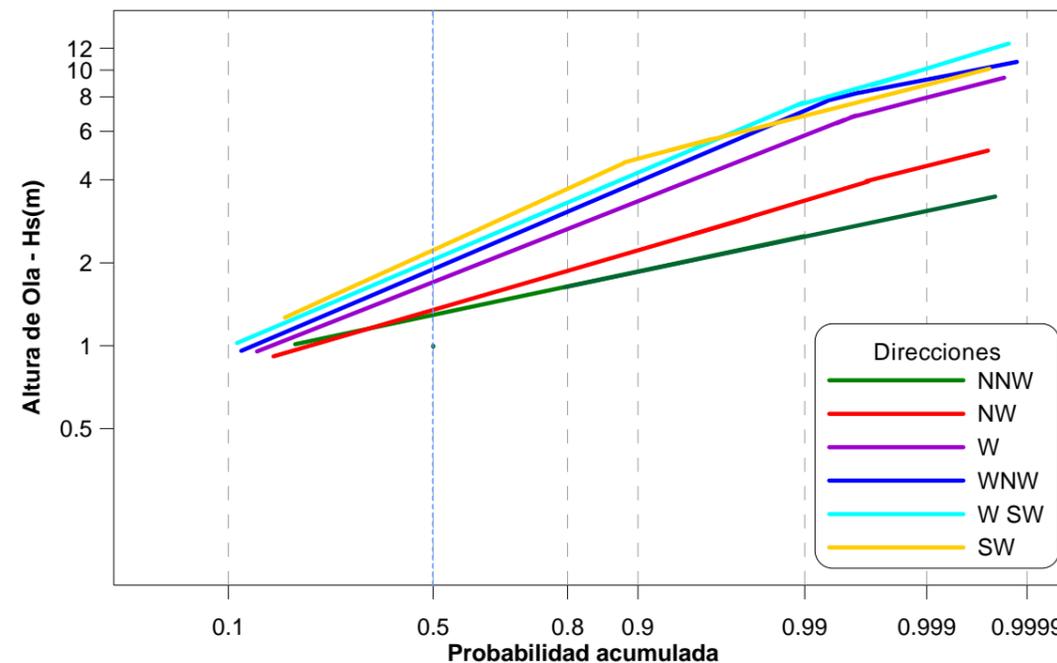


Figura 7. Régimen medio direccional de Hs. Punto SIMAR-44 1044069.

RÉGIMEN MEDIO PARÁMETROS DE LAS DISTRIBUCIONES LOGNORMALES DE AJUSTE									
	EXTREMOS DEL AJUSTE			RAMA 1			RAMA 2		
	P1ini	P1fin=P2ini	P2fin	$\mu_1$	$\sigma_1$	R <sup>2</sup>	$\mu_2$	$\sigma_2$	R <sup>2</sup>
NNW	0.100	0.997	0.9999	0.0234	0.2354	0.9832			
NW	0.100	0.998	0.99995	0.0094	0.4525	0.9982	0.5606	0.2840	0.9624
WNW	0.100	0.998	0.99999	0.4299	0.5473	0.9978	1.2350	0.2595	0.9770
W	0.100	0.990	0.99999	0.5503	0.6119	0.9966	1.0185	0.3929	0.9930
WSW	0.100	0.850	0.9999	0.6215	0.6718	0.9941	0.9443	0.3619	0.9913
SW	0.100	0.850	0.9999	0.5785	0.6235	0.9987	0.8374	0.3721	0.9924

Tabla 3. Régimen medio direccional de Hs. Parámetros de ajuste

TABLA ESTADISTICOS BASICOS

Variable medida:Hs

direcciones(°)	prob.direccion	Hs <sub>50%</sub>	Hs <sub>90%</sub>	Hs <sub>99%</sub>	Hs <sub>12</sub>
N	0.0001	1.0500	1.2000	1.2000	1.2000
NNE	0.0000	1.1000	1.1000	1.1000	1.1000
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ENE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ESE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SE	0.0000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000
SSE	0.0002	0.8000	0.9000	1.0000	1.0000
S	0.0002	1.1000	1.6000	1.8000	1.8000
SSW	0.0038	1.8000	2.9000	3.9560	5.1116
SW	0.0305	1.9000	3.8000	5.9000	6.9415
WSW	0.0757	2.0000	4.1000	6.2000	7.8167
W	0.2181	1.9000	4.1000	6.9000	9.0104
WNW	0.4393	1.6000	3.3000	5.6000	7.5000
NW	0.2188	1.2000	1.9000	3.0000	4.2000
NNW	0.0133	1.1000	1.5000	1.9000	2.1160

Tabla 4. Régimen medio direccional de Hs. Valores estadísticos.

Como observamos en el ajuste direccional, los oleajes más energéticos son los de W y WSW. Los de menos energía son los provenientes de NNW.

1.3.3 RÉGIMEN MEDIO DE PERÍODO PICO SEGÚN LOS DATOS DEL PUNTO SIMAR-44 1044069

1.3.3.1 FUENTES DE DATOS

La información empleada para la definición del régimen medio de período pico de oleaje en grandes profundidades es la serie temporal del punto de previsión SIMAR-44 1044069. Las series de datos horarios van de 1958 a 2001 han sido suministradas por el programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado.

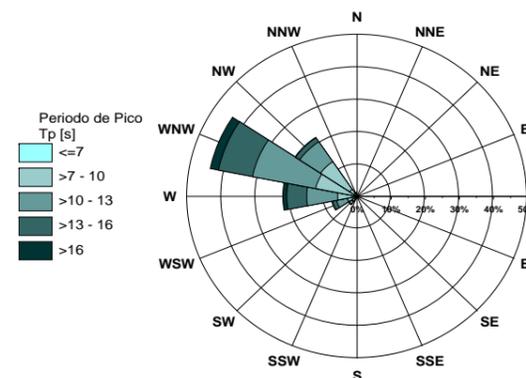


Figura 8. Rosa de periodos punto SIMAR 1044069

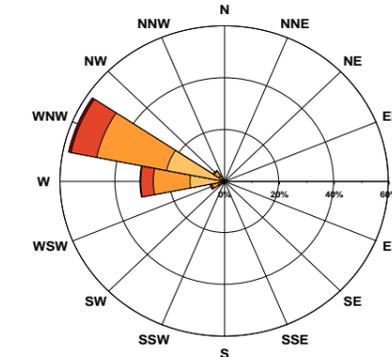


Figura 9. Rosa de periodos de temporal en el punto SIMAR 1044069

1.3.3.2 RÉGIMEN MEDIO ESCALAR DE TP

Se ha ajustado el régimen medio escalar de período pico del oleaje en el punto SIMAR-44 1044069 a una distribución Weibull triparamétrica como podemos apreciar en la figura.

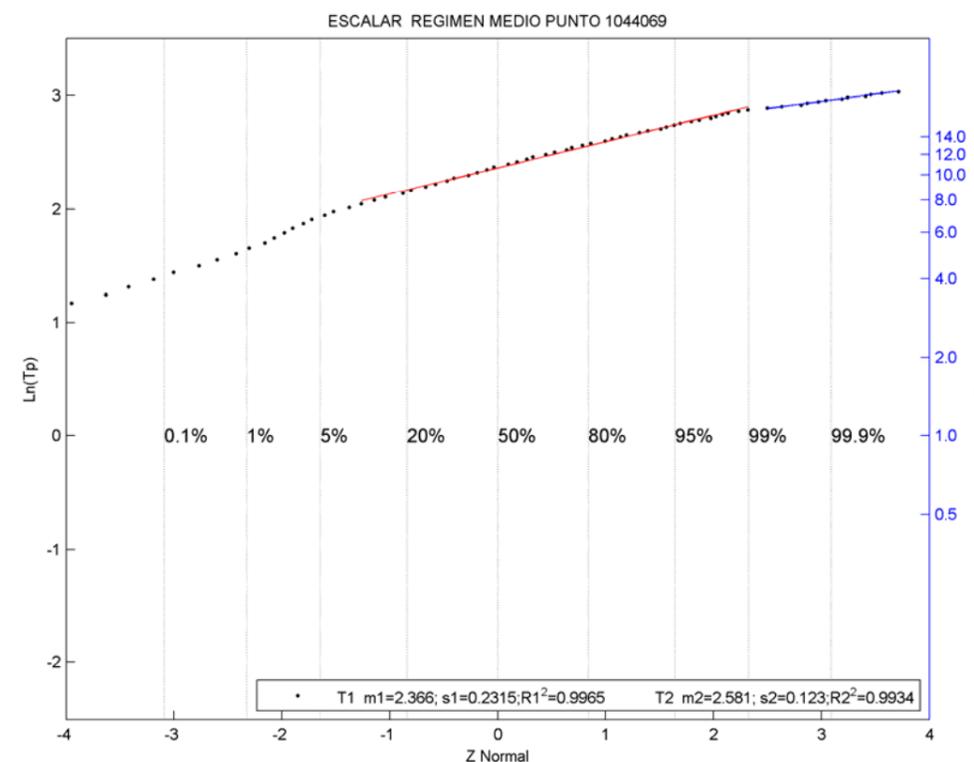


Figura 10. Ajuste del régimen medio de períodos pico a distribución Weibull de máximos

Los parámetros de las distribuciones son los siguientes:

RÉGIMEN MEDIO PARÁMETROS DE LAS DISTRIBUCIONES LOGNORMALES DE AJUSTE									
	EXTREMOS DEL AJUSTE			RAMA 1			RAMA 2		
	P1ini	P1fin=P2ini	P2fin	$\mu_1$	$\sigma_1$	R1 <sup>2</sup>	$\mu_2$	$\sigma_2$	R2 <sup>2</sup>
ESCALAR	0.1	0.99	0.9999	2.366	0.2315	0.9965	2.581	0.123	0.9934

Tabla 5. Régimen medio escalar de Tp. Parámetros de ajuste

TP <sub>50</sub>	TP <sub>90</sub>	TP <sub>95</sub>	TP <sub>99</sub>	TP <sub>12</sub>
10.65s	14.33s	15.59s	17.58s	19.09s

Tabla 6. Estadísticos de periodo de pico

### 1.3.3.3 RÉGIMEN MEDIO DIRECCIONAL DE TP

#### TABLA ESTADÍSTICOS BASICOS

Variable medida: Tp

direcciones(°)	prob.direccion	TP <sub>50%</sub>	TP <sub>90%</sub>	TP <sub>99%</sub>	TP <sub>12</sub>
N	0.0001	9.9000	11.1000	11.1000	11.1000
NNE	0.0000	10.7000	10.9000	10.9000	10.9000
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ENE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ESE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SE	0.0000	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
SSE	0.0002	4.4000	13.1200	14.1000	14.1000
S	0.0002	8.6000	14.3000	17.0000	17.0000
SSW	0.0038	8.6000	11.1100	16.6120	17.8470
SW	0.0305	9.2000	12.2000	15.1000	17.7352
WSW	0.0757	10.8000	14.0000	17.2000	19.2167
W	0.2181	11.8000	15.0000	18.1000	19.3000
WNW	0.4393	11.5000	15.0000	18.1000	19.5000
NW	0.2188	9.5000	12.5000	15.4000	17.4971
NNW	0.0133	7.2000	9.9000	12.4000	14.6160

Tabla 7. Régimen medio direccional de Tp. Valores estadísticos.

### 1.3.4 RÉGIMEN CONJUNTO DE ALTURA, PERÍODO Y DIRECCIÓN

Se adjuntan a continuación el régimen conjunto de altura de ola significativa-periodo de pico del punto SIMAR-44 1044069

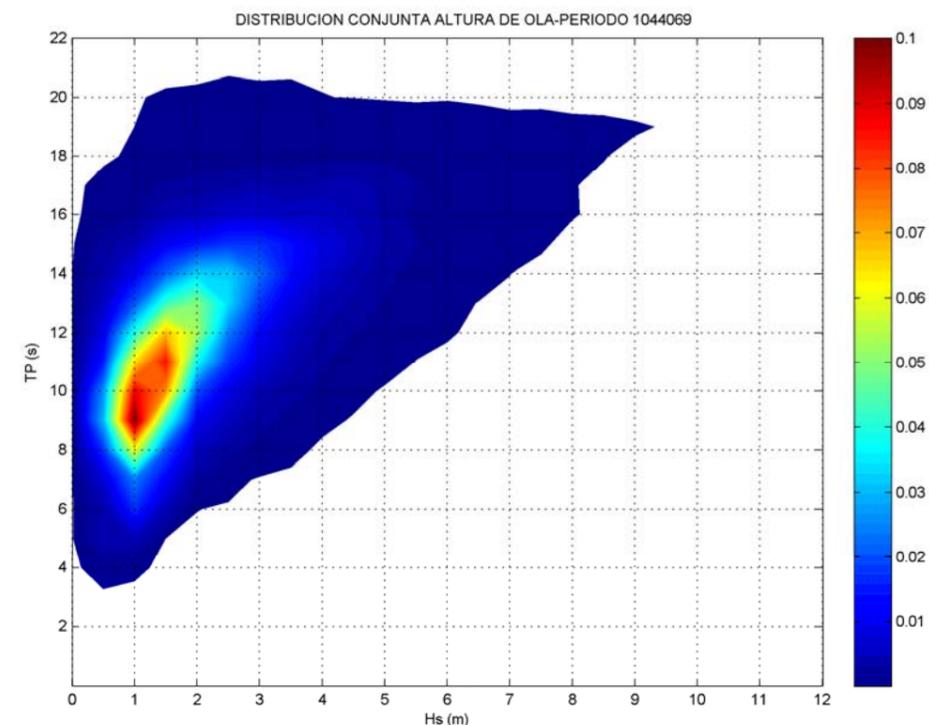


Figura 11. Distribución conjunta de altura de ola y periodo del punto SIMAR-44

Del análisis de la figura 14 correspondiente a la distribución conjunta del régimen medio de Hs y Tp se pueden extraer una serie de conclusiones significativas:

1. Para condiciones medias de oleaje, es decir, altura de ola de cerca de 1.5 metros se pueden encontrar todo un rango de periodos desde los 5 a los 21 segundos.
2. Este tipo de oleaje tiene una mayor probabilidad de ocurrencia con periodos de entre 8 y 12s.
3. En situaciones energéticas, una altura de ola de cerca de 6 metros encontramos periodos entre los doce y veinte segundos, aunque en este caso las probabilidades no superan el valor de 0.02.
4. Por último, cabe destacar que el rango de periodo que aparece en un mayor rango de alturas de ola es el de 16-19 segundos, que abarca desde 0 a 9 metros de altura de ola significativa.

## 1.4 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLAJE

### 1.4.1 INTRODUCCIÓN

En el diseño de estructuras marítimas se utilizan estados del mar extremos con una intensidad tal que sólo exista una pequeña probabilidad de que esa intensidad sea superada en la vida prevista de la estructura.

Como la vida prevista suele exceder con mucho al período de tiempo cubierto por los datos es necesario realizar extrapolaciones en las funciones de distribución estimadas a partir de las frecuencias de ocurrencia.

El estudio de las condiciones extremas del oleaje requiere el uso de métodos estadísticos específicamente diseñados para tal fin. En este caso se utiliza el programa CAROL. A diferencia del módulo de régimen medio, el programa no hace todos los ajustes por defecto, sino que es el usuario el que elige el método a emplear.

De los métodos actualmente utilizados para el análisis extremal del oleaje recomendados por el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX DESTACAMOS el ajuste a los máximos anuales y el método POT (Peak Over Threshold), cuando la serie no es suficientemente larga. Ambos métodos están integrados en el CAROL.

Para la caracterización del oleaje, y de otras variables como el viento, se utilizará el programa CAROL V1.0 (CARacterización de Oleajes), desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y Costera de la Universidad de Cantabria. El CAROL se ocupa de la caracterización de variables oceanográficas definidas a partir de una serie temporal.

La estructura básica del programa consta de 3 módulos:

1. Información preliminar. Estadística descriptiva de los datos.
2. Caracterización del régimen Medio de una determinada variable.
3. Caracterización del régimen Extremal de una variable.

Cada módulo contiene varias herramientas y permite elegir entre diferentes opciones. La estructura de cada módulo se describe en el siguiente esquema:

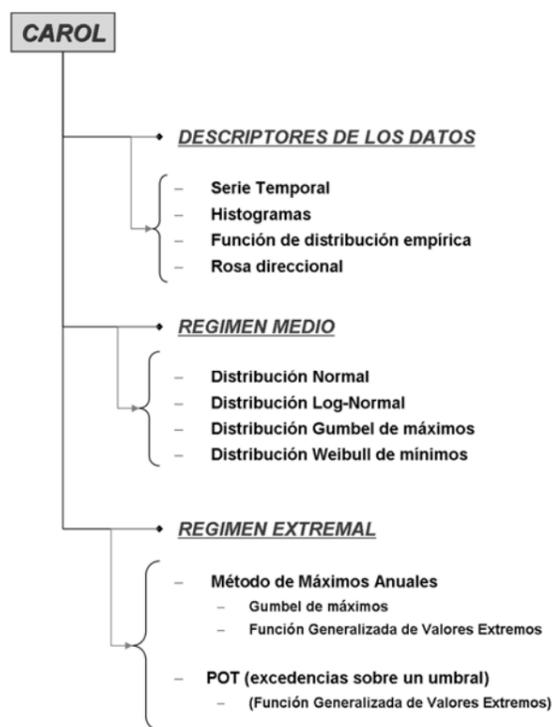


Figura 12. Esquema de organización del Carol

### 1.4.2 DISTRIBUCIONES UTILIZADAS

Los dos métodos que facilita el CAROL para caracterizar el régimen extremal se describen a continuación:

#### 1.4.2.1 MÉTODO DE MÁXIMOS ANUALES

En el método de máximos anuales, se divide la serie en años y se tomó la altura de ola máxima de cada año. Como resultado se obtendrá una población con N datos que coincide con los N años de registro. Con esos N datos (que normalmente son pocos para hacer un régimen extremal) el programa ajusta a una distribución tipo Gumbel de máximos o a una GEV (Generalized Extreme Values).

La GEV es una función de distribución que engloba a Weibull, Gumbel y Frechet. Matemáticamente está demostrado que si tuviéramos una población de datos extremales infinita se distribuiría según la GEV, pero como en la realidad

nunca tenemos una población infinita, sino finita y normalmente con pocos puntos, se prefiere la utilización de otras distribuciones más fiables.

La GEV se caracteriza por tres parámetros:  $\mu$  de localización,  $\psi$  de escala  $\xi$  de forma. El valor del parámetro  $\xi$  es el que va a definir la cola de la distribución, si  $\xi=0$  será Gumbel, y si  $\xi<0$  o  $\xi>0$  será Weibull o Frechet. Una opción dentro del módulo de GEV es el ajuste directo Gumbel, esto se justifica por ser la más común de las distribuciones utilizadas para estos casos.

#### FUNCIÓN GEV

$$H(x; \mu, \psi, \xi) = \exp \left\{ - \left( 1 + \xi \frac{x - \mu}{\psi} \right)_+^{-1/\xi} \right\}$$

#### GUMBEL DE MÁXIMOS

$$H(x; \mu, \psi) = \exp \left\{ - \exp \left[ - \left( \frac{x - \mu}{\psi} \right) \right] \right\}$$

A continuación se muestra una gráfica con los distintos tipos de ajustes usados por la GEV

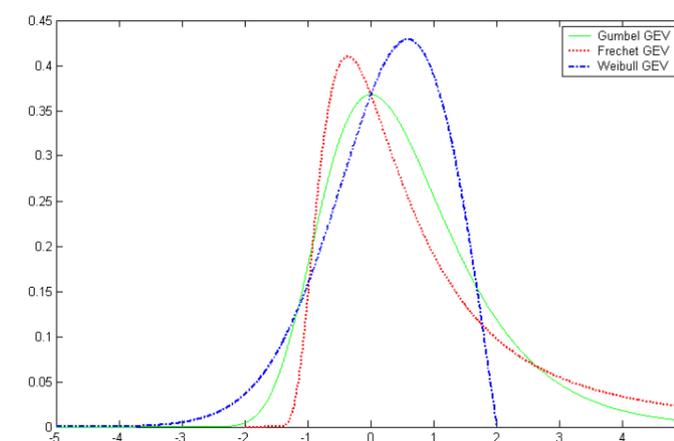


Figura 13. Distintos ajustes del método GEV

#### 1.4.2.2 MÉTODO POT

En el método POT (Peak Over Threshold) se marca un umbral, normalmente por encima del 95%, que se traducirá a la altura de ola correspondiente a la superada por el 5% de los datos, y a partir del cual se cogen todas las alturas de ola que la superen. De esta forma se tiene una población de datos más completa, por lo que el ajuste de la función será mejor que en el GEV. Luego se realiza el ajuste de esta población a la GEV y se obtiene el régimen extremal con las bandas de confianza del 95%.

En este informe se denomina temporal a aquella situación durante la cual la altura del oleaje supera un cierto umbral. Además hay que tener en cuenta que un tiempo mínimo que transcurre entre la aparición de dos temporales independientes. Así en este método un temporal queda representado por el pico o valor máximo de altura alcanzado por el oleaje durante un periodo. La siguiente figura ilustra cómo se realiza la selección de los valores de altura que representan el comportamiento extremal de una serie.

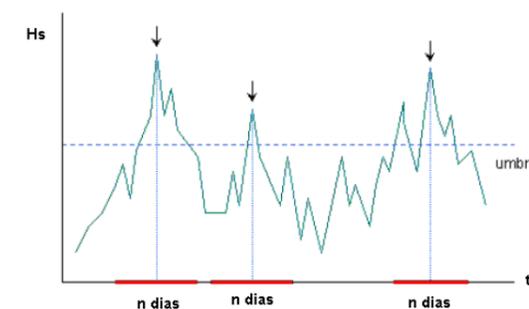


Figura 14. Ilustración método POT.

1.4.3 RESULTADOS

1.4.3.1 RÉGIMEN EXTREMAL DE ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE

Los ajustes realizados mediante el CAROL para los datos del punto SIMAR-44 1044069 son los siguientes:

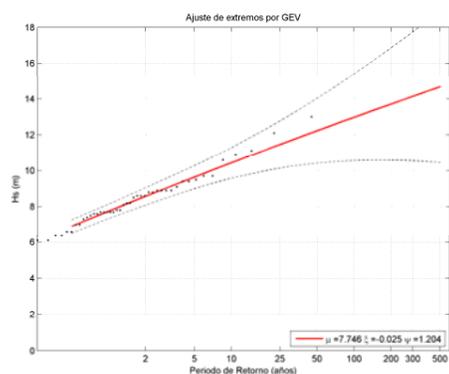


Figura 15. Ajuste por método de Máximo Anuales para Hs

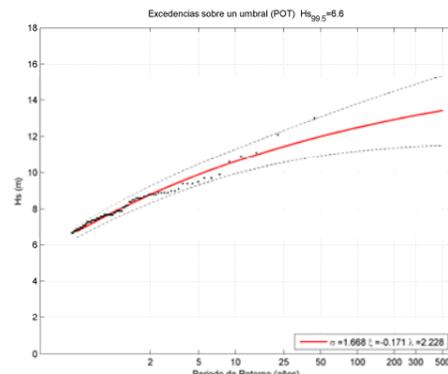


Figura 16. Ajuste por método POT para Hs

Con estos ajustes obtenemos los siguientes valores de Hs asociados a distintos periodos de retorno:

MÉTODO	Hs <sub>20años</sub>	Hs <sub>50años</sub>	Hs <sub>100años</sub>	Hs <sub>200años</sub>
POT	11.26m	12.00 m	12.48m	12.92m
Máx Anuales	11.22m	12.23 m	12.98m	13.72m

Tabla 8. Estadísticos régimen extremal de Hs en el punto SIMAR-44 1044069

1.4.3.2 RÉGIMEN EXTREMAL DE PERIODO DE PICO

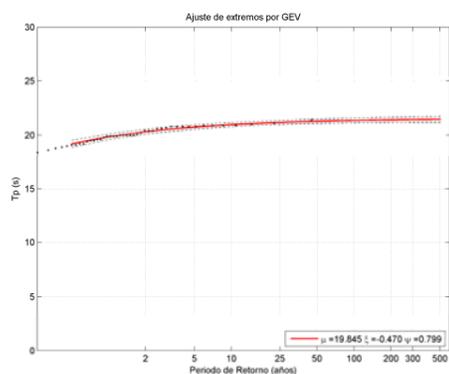


Figura 17. Ajuste por método de Máximo Anuales para Tp

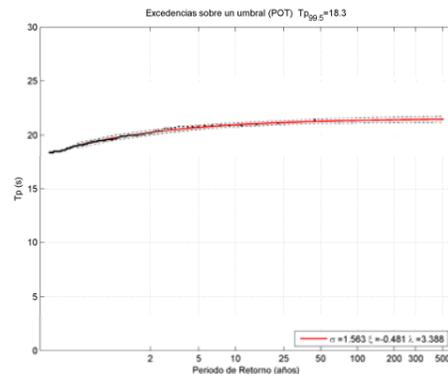


Figura 18. Ajuste por método POT para Tp

MÉTODO	Tp <sub>20años</sub>	Tp <sub>50años</sub>	Tp <sub>100años</sub>	Tp <sub>200años</sub>
POT	21.12s	21.28 s	21.35s	21.41s
Máx Anuales	21.13s	21.28s	21.35s	21.40s

Tabla 9. Estadísticos régimen extremal de Tp en el punto SIMAR-44 1044069

1.4.4 CONCLUSIONES

1.4.4.1 CONCLUSIONES ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE

Los resultados obtenidos para el régimen extremal escalar de altura de ola significativa muestran que el mejor ajuste se produce para el método POT, dado que debido a la serie de datos disponibles es corta y por ello, utilizar un umbral de corte en vez de los máximos anuales es más aconsejable.

En este caso para definir el umbral límite se ha escogido la altura de ola significativa de superada el 0.5% del tiempo, es decir la H<sub>s99.5</sub>.

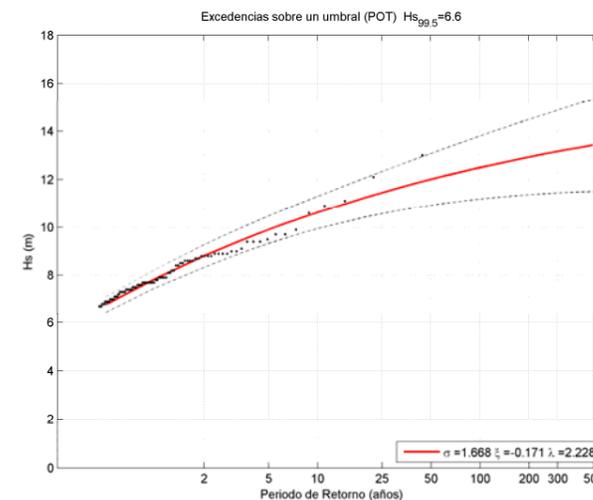


Figura 19. Mejor ajuste, por método POT, para el régimen extremal escalar de Hs.

1.4.4.2 CONCLUSIONES PERIODO DE PICO

Los resultados obtenidos para el régimen extremal escalar de periodo de pico muestran que los distintos métodos utilizados proporcionan resultados prácticamente idénticos.

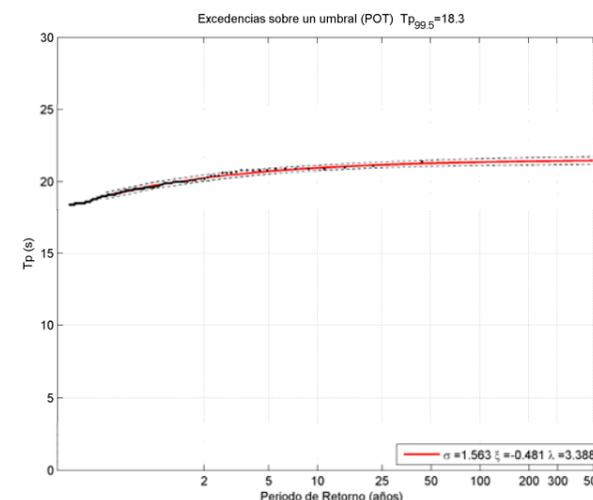


Figura 20. Mejor ajuste, por método POT, para el régimen extremal escalar de Tp.

## 2 VIENTO

### 2.1 FUENTES DE DATOS

Dado que en Moaña no se encuentra ninguna estación meteorológica disponible se debe seleccionar las estaciones meteorológicas más próximas, con un registro suficientemente largo para que sea representativo estadísticamente.

Para el presente estudio se han analizado los registros de las siguientes estaciones meteorológicas para la caracterización del viento en la zona.

ESTACIÓN	ORIGEN	FECHA INICIO	FECHA FIN	X(UTM)	Y(UTM)	ALTITUD (m)
1. CÍES	METEOGALICIA	01/08/2005	30/10/2014	507678	4673514	25
2. O VISO	METEOGALICIA	06/05/2008	30/10/2014	532925	4685679	260
3. CAMPUS VIGO	U. VIGO	18/05/2006	30/10/2014	526050	4668909	460
4. VIGO PUERTO	AP. VIGO	04/07/2012	30/10/2014	522594	4676863	7
5. VIGO	METEOGALICIA	08/04/2010	30/10/2014	523762	4675121	100

Tabla 5. Datos de viento analizados

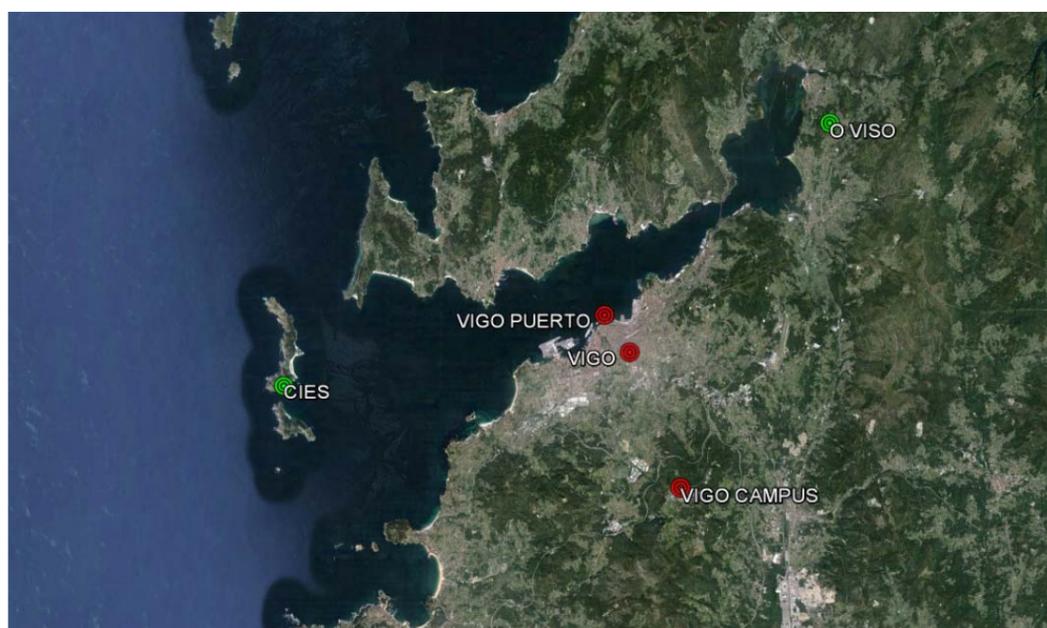


Figura 21. Ubicación estaciones meteorológicas.

Además se dispone de la información de las series temporales del punto de previsión SIMAR-44 1044069. Las series de datos han sido suministradas por el programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado corresponden al periodo 1958-2001

Para la representación de las rosas de viento, se ha seleccionado la estación meteorológica de Cíes, dado que representa la estación más cercana a la zona de estudio con el mayor número de año de registro temporal. Además, se ha empleado la información de la serie temporal del punto SIMAR-44

La información empleada para la definición de los regímenes de viento es la serie temporal del punto SIMAR-44 dado que como se observará en las rosas, debido a la ubicación de la estación, se encuentra protegida para los vientos del 4º Cuadrante.

### 2.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LOS VIENTOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

La variación estacional que experimenta la distribución de las presiones atmosféricas desempeña un papel fundamental en la climatología de la zona, estando afectada por los cambios de posición que tiene el anticiclón de las Azores. En invierno, la normal localización del anticiclón de las Azores en el Noroeste de la costa africana, y de un centro de bajas presiones en Groenlandia, hace que sopla en Galicia un flujo de aire del SW. A partir de Junio, el reforzamiento del anticiclón de las Azores y su desplazamiento al oeste induce un viento en las costas gallegas de componente N (Blanton et al., 1987).

Además de esta situación media, se ha comprobado que, durante períodos en los que la radiación solar es importante, hay que considerar la influencia del fenómeno de brisas y vientos catabáticos cuya dirección es paralela al eje de la ría debido a su forma de valle (Chase, 1975; Batten et al., 1992).

El régimen de vientos responde así a una acusada variación estacional:

**Invierno:** Viento del SW provocado por un centro de bajas presiones en Groenlandia y anticiclón de las Azores en la costa africana. Las Rías Baixas están abiertas a estos vientos cálidos y húmedos del sur, que resultan más eficaces que los de componente norte para crear precipitaciones, ya que llegan templados o cálidos.

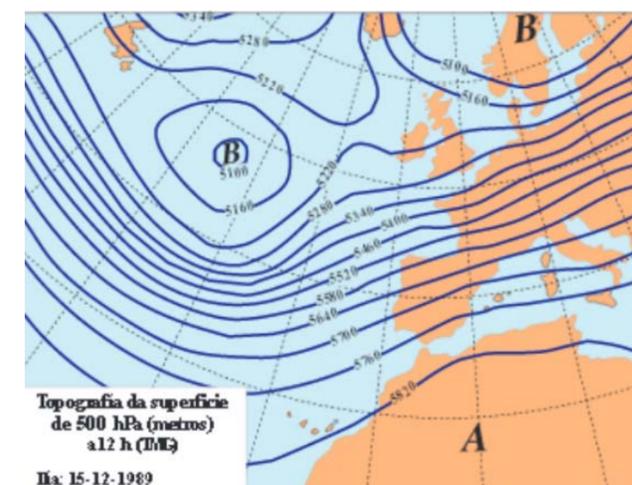


Figura 22. Situación isobárica típica de invierno. Fuente: Meteogalicia

**Verano:** Vientos de componente norte-noreste como consecuencia del emplazamiento al oeste del anticiclón de las Azores y su reforzamiento.

Teniendo en cuenta las dos situaciones anteriores, se puede concluir que los vientos en la Ría de Vigo tienen principalmente la dirección del eje de la misma ya que la propia orografía de la ría hace que los vientos se encañonen siguiendo la dirección de su eje principal.

### 2.3 FUNCIONAMIENTO DEL VIENTO LOCAL. EL SISTEMA DE BRISAS MARINAS

Las brisas marinas, son vientos locales que caracterizan los ámbitos costeros en Galicia especialmente durante los meses de verano.

Se localizan en la costa y se producen por el efecto de las diferencias de calentamiento y enfriamiento que experimenta la tierra y las masas de agua. Durante el día la mayor temperatura de la tierra da lugar a ascensiones del aire calentado que son rápidamente compensadas por la llegada de aire frío procedente del mar. Al anochecer hay un periodo de calma cuando las temperaturas se igualan. Durante la noche, el mecanismo se revierte al estar el agua más caliente aunque la velocidad del viento suele ser menor debido a que las diferencias no son tan acusadas.

Hay situaciones en verano en las que se producen grandes amplitudes térmicas a lo largo del día. Los cielos despejados y la fuerte insolación durante la mañana, junto con los descensos de temperatura y la falta de nubosidad durante la noche, facilitan el sistema de brisas.

Estas brisas marinas permiten que el aire fresco y húmedo entre en el interior donde contribuye a disminuir los contrastes térmicos (capacidad autorreguladora de las masas de agua) y además tiende a aumentar rápidamente la nubosidad. La importancia de estos vientos de carácter local dependerá de la topografía y de las formas costeras de la zona. Por ejemplo en los valles de las Rías, profundos y perpendiculares a la línea de costa, canalizan y refuerzan la aparición de nubosidad.

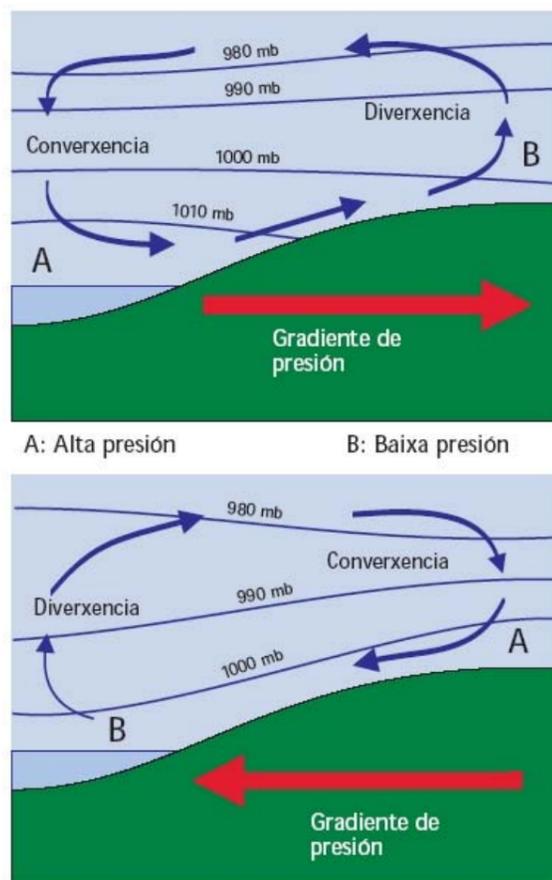


Figura 23. Sistema de brisas marinas. Fuente: Atlas climático de Galicia

### 2.4 ROSAS DE VIENTO

A modo descriptivo se presentan a continuación las rosas de viento totales para las diferentes estaciones analizadas:

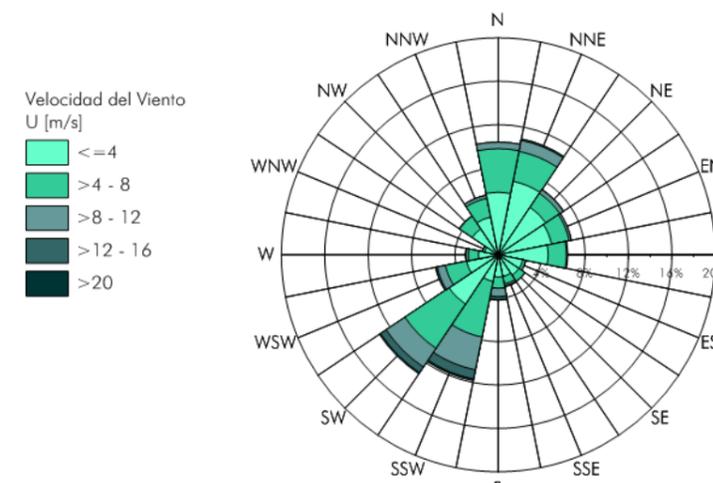


Figura 24. Rosa Anual Estación Meteorológica Cíes

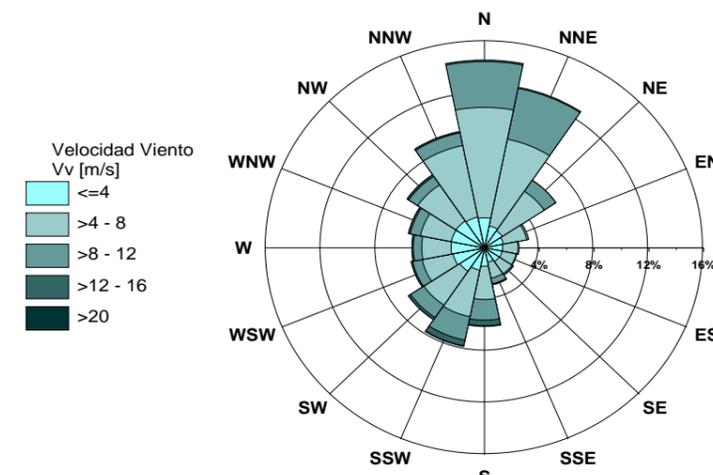


Figura 25. Rosa Anual Punto SIMAR-44

## 2.5 RÉGIMEN MEDIO DE VELOCIDAD DE VIENTO

### 2.5.1 RÉGIMEN MEDIO ESCALAR

Para realizar este ajuste se ha utilizado una distribución Weibull triparamétrica de máximos:

$$F(T_p) = P(T_p \leq T_{p_0}) = \exp\left(-\left(\frac{\lambda - T_p}{\delta}\right)^\beta\right)$$

El parámetro  $\lambda$  es conocido como parámetro de centrado y su valor a de ser mayor que el mayor de los valores ajustados;  $\delta$  es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; y finalmente,  $\beta$  es el parámetro de forma.

#### 2.5.1.1 ESTACIÓN METEOROLOGICA CÍES.

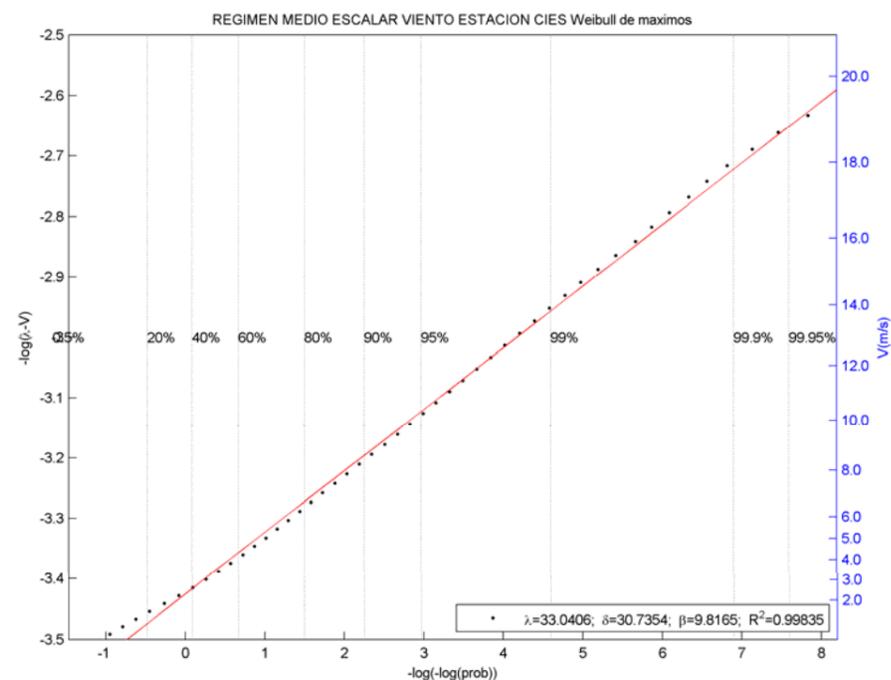


Figura 26. Régimen medio de vientos Cíes

V <sub>V50</sub>	V <sub>V90</sub>	V <sub>V99</sub>
3 m/s	9 m/s	14 m/s

Tabla 6. Estadísticos de velocidad del viento

#### 2.5.1.2 PUNTO SIMAR 44.

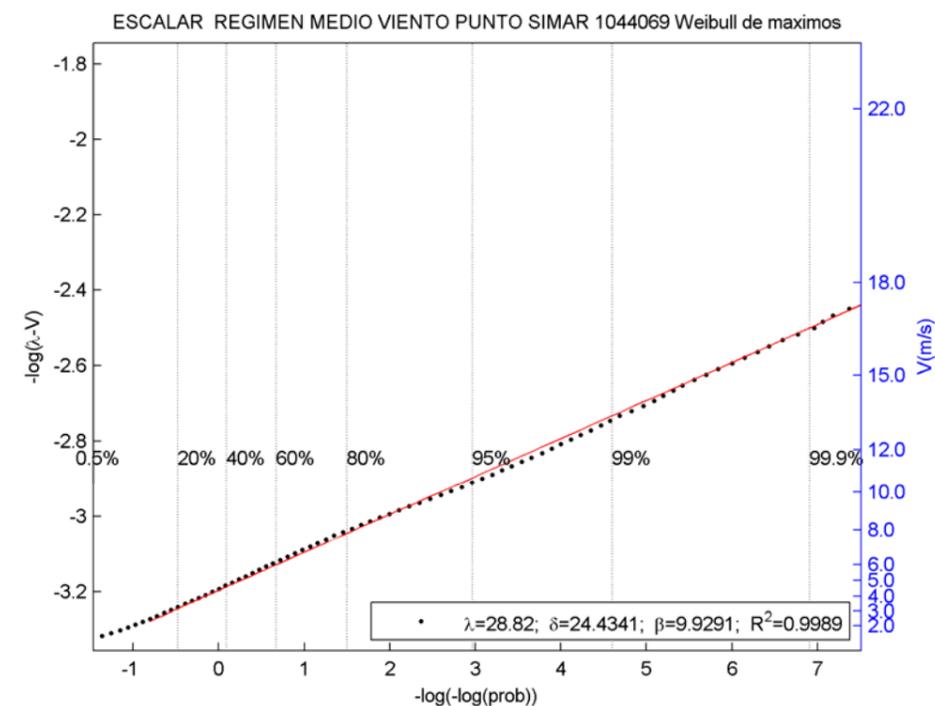


Figura 27. Régimen medio de vientos punto SIMAR 1044069

V <sub>V50</sub>	V <sub>V90</sub>	V <sub>V99</sub>
6.8 m/s	9 m/s	13.5 m/s

Tabla 7. Estadísticos de velocidad del viento

## 2.6 RÉGIMEN EXTREMAL

### 2.6.1 RÉGIMEN EXTREMAL DE VIENTO EN CIES

Para la estación meteorológica de Cies, se ha empleado el método de excedencias sobre un umbral (POT) para el régimen extremal de Viento, debido a que la longitud temporal de la serie es muy corta para la obtención de un ajuste correcto.

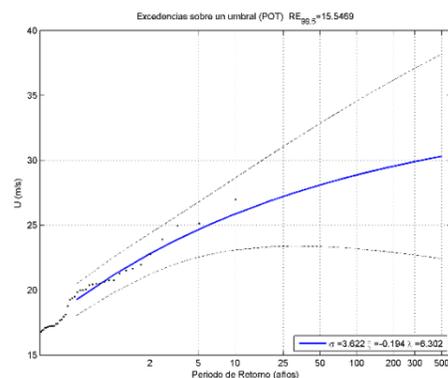


Figura 28. Ajuste por método POT para Velocidad del Viento

MÉTODO	V <sub>v,20años</sub>	V <sub>v,50años</sub>	V <sub>v,100años</sub>	V <sub>v,200años</sub>
POT	26.90 m/s	28.09 m/s	28.86 m/s	29.53 m/s

### 2.6.2 RÉGIMEN EXTREMAL DE VIENTO EN EL PUNTO SIMAR-44 1044069

La obtención de los regímenes extremales se ha realizado mediante los métodos de máximos anuales y el método de excedencias sobre un umbral (POT). Se muestran los ajustes a los dos métodos explicados por máximos anuales y por el método POT.

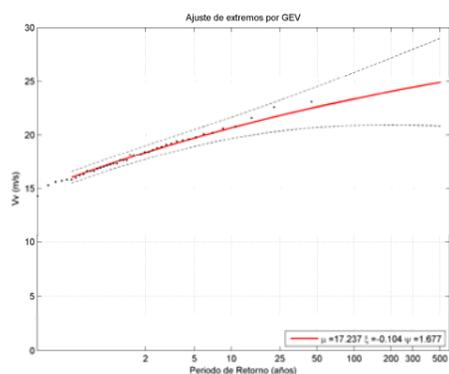


Figura 29. Ajuste por método de Máximo Anuales para Velocidad del Viento

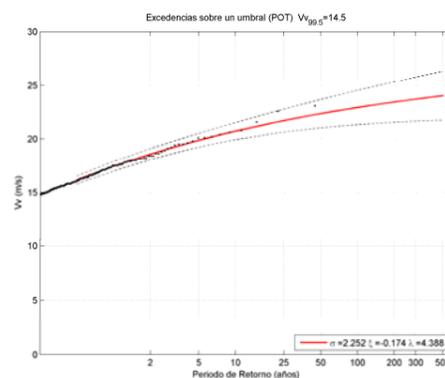


Figura 30. Ajuste por método POT para Velocidad del Viento

MÉTODO	V <sub>v,20años</sub>	V <sub>v,50años</sub>	V <sub>v,100años</sub>	V <sub>v,200años</sub>
POT	21.50m/s	22.37 m/s	22.95 m/s	23.46 m/s
Máx Anuales	21.55 m/s	22.63 m/s	23.37 m/s	24.08 m/s

Tabla 8. Estadísticos régimen extremal de viento en el punto SIMAR-44 1044069

### 3 NIVEL DEL MAR

#### 3.1 FUENTES DE DATOS

La información necesaria para la definición del régimen medio y extremal de los niveles del mar se ha obtenido del mareógrafo de Vigo. Las series de datos horarios han sido suministradas por el programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado.

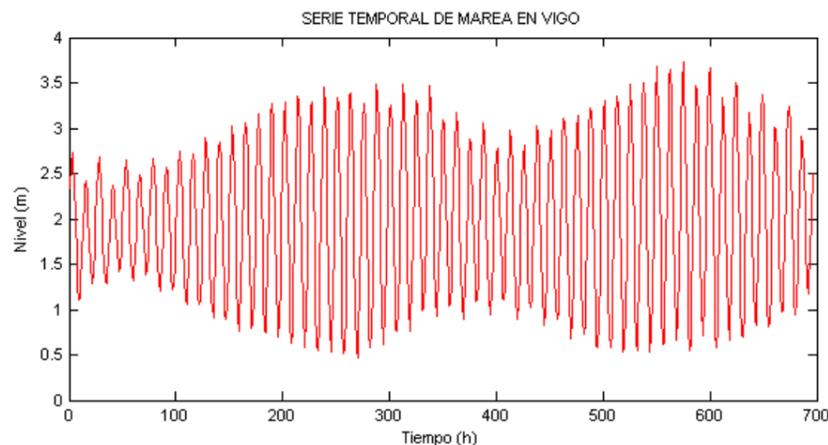


Figura 31. Serie temporal. Mareógrafo de Vigo.

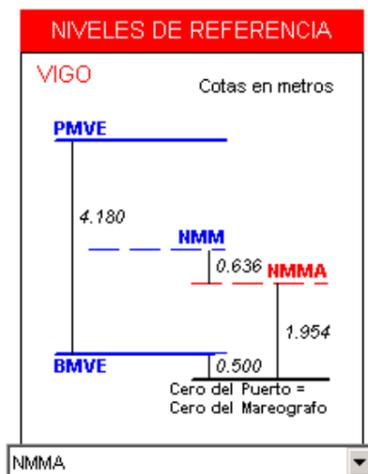
#### 3.2 NIVELES DE REFERENCIA

En la figura adjunta, se presentan las relaciones entre el NMMA y otros niveles de referencia como el cero del puerto, el nivel medio del mar (NMM) en Vigo y los niveles del Pleamar Viva Equinoccial (PMVE) y Bajamar Viva Equinoccial (BMVE).

Se adjunta a continuación una tabla con los diferentes niveles respecto al nivel medio del mar en Alicante y al cero del puerto:

Nivel	Cota al NMMA	Cota al CP
PMVE	+2.726 m	+4.680 m
NMM	+0.636 m	+2.590 m
NMMA	0	+1.954 m
BMVE	-1.454 m	+0.500 m
CP	-1.954 m	0

Niveles de referencia



#### 3.3 NIVEL DEL MAR TOTAL

El nivel del mar con respecto al cero del puerto está compuesto por la suma del nivel medio del mar debido a la marea astronómica y el de la marea meteorológica.

El nivel del mar total se separa mediante un análisis armónico de las componentes de marea en marea astronómica y marea meteorológica. Dado que la marea astronómica es determinista, bastará para su definición determinar la amplitud y fase de sus componentes principales. La marea meteorológica, asociada a perturbaciones atmosféricas, tiene un carácter aleatorio, por lo que será necesario definir su distribución estadística, tanto para el régimen medio como el extremal.

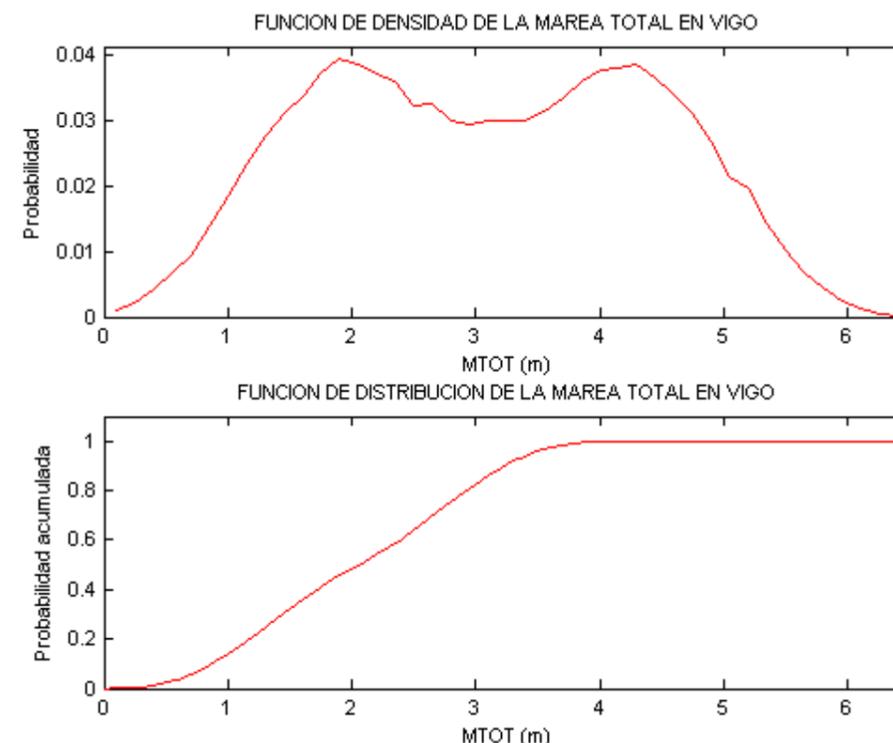


Figura 32. Mareógrafo de Vigo. Funciones de densidad y distribución de marea total.

#### 3.4 MAREA ASTRONÓMICA

Los componentes de marea astronómica obtenida por análisis armónico de la serie 1993-2000 (Fuente: Puertos del Estado) son las siguientes:

Codigo del Armonico	Frecuencia (ciclos/hora)	Amplitud (cm)	Fase (Gra. Exa.)	Codigo del Armonico	Frecuencia (ciclos/hora)	Amplitud (cm)	Fase (Gra. Exa.)
Z0	0.000000	205.37	0.00	LDA2	0.081821	0.67	76.31
2Q1	0.035706	0.35	210.01	L2	0.082023	2.54	90.86
SIG1	0.035908	0.41	229.03	T2	0.083219	2.57	100.37
Q1	0.037218	2.04	265.85	S2	0.083333	38.90	106.22
RHO1	0.037420	0.40	264.61	K2	0.083561	11.04	104.07
O1	0.038730	6.65	318.66	ETA2	0.085073	0.58	122.40
P1	0.041552	2.42	48.84	M3	0.120767	0.68	301.42
S1	0.041666	1.82	216.56	SK3	0.125114	0.15	342.49
K1	0.041780	7.53	60.03	MN4	0.159510	0.33	183.75
OQ2	0.075974	0.43	15.19	M4	0.161022	0.77	229.56
EPS2	0.076177	0.97	12.46	MS4	0.163844	0.39	301.96
2N2	0.077487	3.46	40.62	MK4	0.164072	0.12	313.60
MU2	0.077689	4.08	35.04	S4	0.166666	0.13	163.91
N2	0.078999	23.78	58.30	2MN6	0.240022	0.20	95.13
NU2	0.079201	4.46	61.27	M6	0.241534	0.38	126.93
M2	0.080511	112.09	76.74	2MS6	0.244356	0.32	182.96

Componentes de marea astronómica

El tipo de marea es semidiurna con un factor de forma de  $F=0.093$ .

Con los datos horarios suministrados por Puertos del Estado, se ha obtenido las funciones de distribución y densidad de la marea astronómica, restando el residuo meteorológico del total.

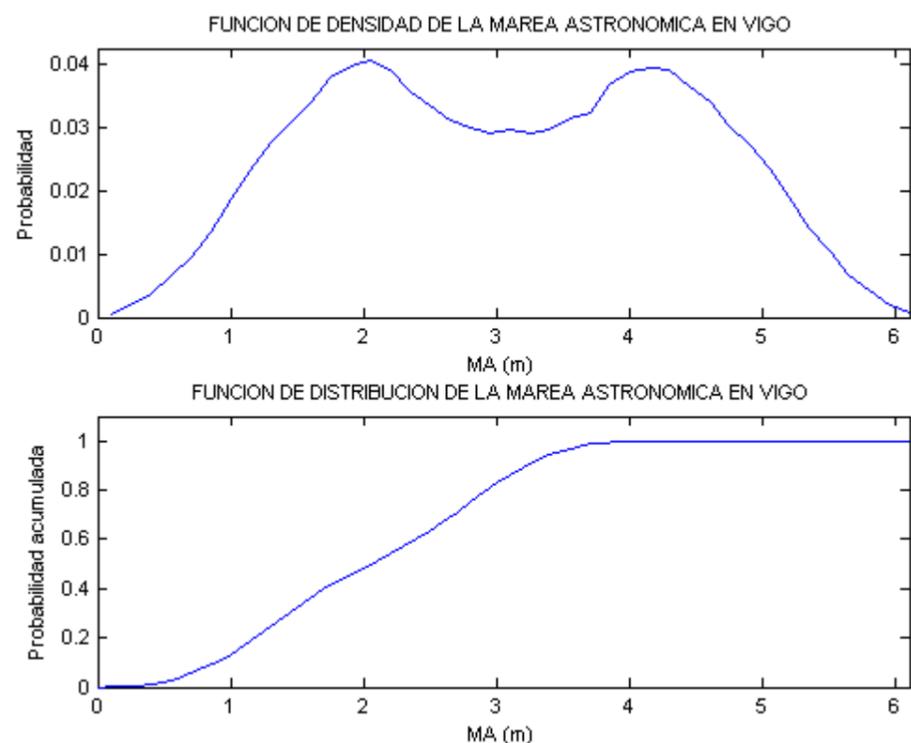


Figura 33. Mareógrafo de Vigo. Funciones de densidad y distribución de marea astronómica.

### 3.5 MAREA METEOROLÓGICA

El residuo meteorológico que se obtiene tras la realización del análisis armónico es debido a las variaciones de presión atmosférica, al arrastre del viento y a otras perturbaciones aleatorias del nivel medio del mar. Este residuo es aleatorio y se puede aproximar a distintas funciones estadísticas.

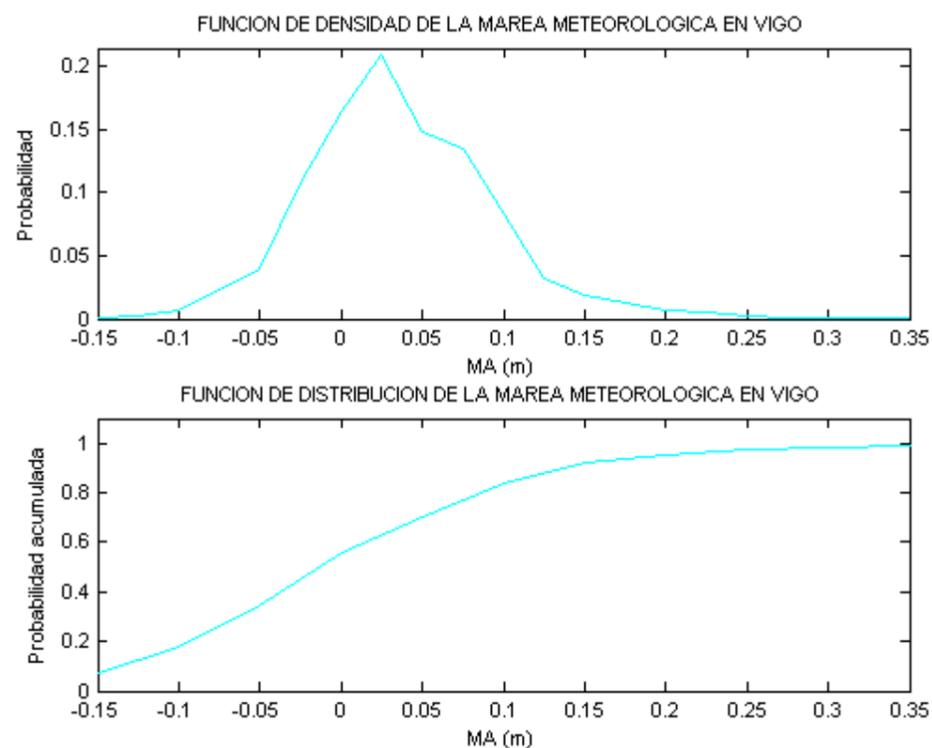


Figura 34. Mareógrafo de Vigo. Funciones de densidad y distribución de marea meteorológica.

El régimen medio de marea meteorológica se ha ajustado a unas funciones de distribución log-normal y Gumbel de máximos:

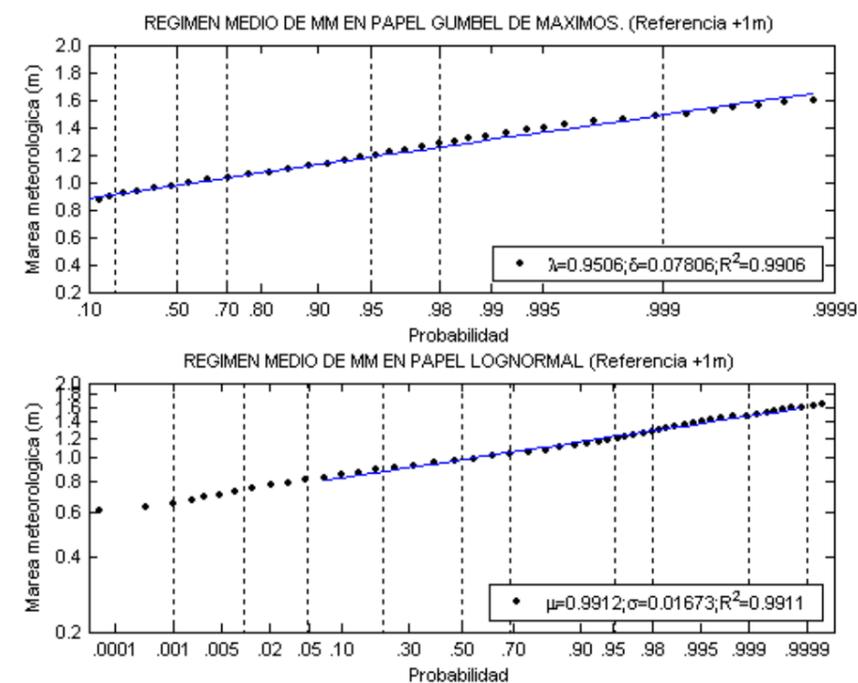


Figura 35. Mareógrafo de Vigo. Régimen medio de marea meteorológica.

Asimismo, el régimen extremal se ha ajustado, con los valores máximos anuales, a una distribución Gumbel de máximos:

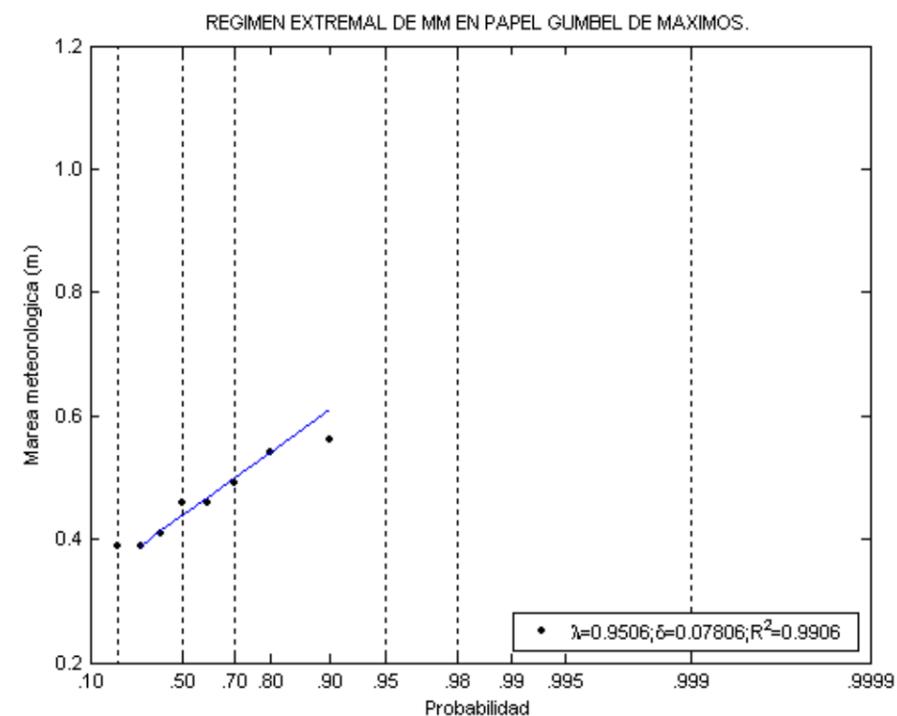


Figura 36. Mareógrafo de Vigo. Régimen extremal de marea meteorológica.

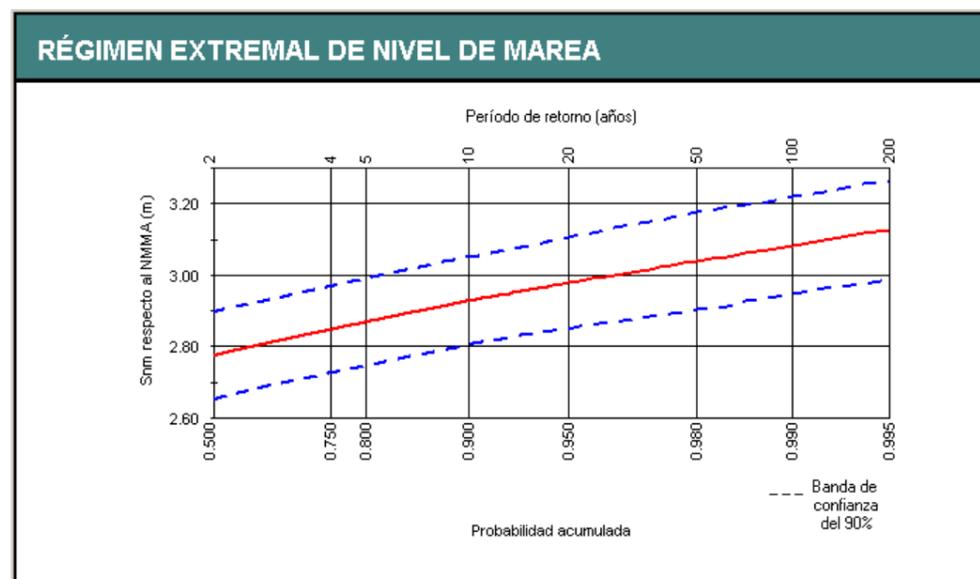


Figura 37. Régimen extremal de nivel total de mar.

Para un período de retorno de 50 años, obtenemos un nivel extremal de marea de 3.05 m sobre el nivel medio del mar en Alicante, esto significa 5.00 m sobre el cero del puerto de Vigo.

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO N° 3: PROPAGACIÓN DE OLEAJE**

**ANEJO Nº 03: PROPAGACION DEL OLEAJE**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE:

1	INTRODUCCIÓN .....	2
2	METODOLOGIA UTILIZADA.....	2
2.1	OLEAJE DE FONDO.....	2
2.2	OLEAJE DE VIENTO.....	2
3	CONDICIONES DE MODELADO.....	3
3.1	CONDICIONES DE MODELADO DEL OLEAJE DE FONDO.....	3
3.2	CONDICIONES DE MODELADO DEL OLEAJE DE VIENTO.....	4
4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	5
4.1	INTRODUCCIÓN.....	5
4.2	PUNTOS DE CONTROL.....	5
4.3	OLEAJE DE FONDO.....	5
4.4	OLEAJE DE VIENTO.....	6
5	MODELO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS OLEAJES EN LA SITUACIÓN ACTUAL.....	8
5.1	PATRONES DEL OLEAJE DE FONDO.....	8
5.2	PATRONES DEL OLEAJE DE VIENTO.....	9
6	CAMPOS DE OLEAJE PROPAGADOS MÁS REPRESENTATIVOS.....	10
6.1	CAMPOS DEL OLEAJE DE FONDO.....	10
6.2	CAMPOS DEL OLEAJE DE VIENTO.....	24

## ANEJO Nº 03: PROPAGACION DEL OLAJE

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS:  
MEJORA DEL PUERTO DE O CON  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 INTRODUCCIÓN

Una vez que tenemos caracterizado el régimen medio y extremal del oleaje en el origen de nuestro dominio (puntos de las bases de datos) debemos trasladar estos regímenes a la zona portuaria mediante la propagación del oleaje.

El problema fundamental al que nos enfrentamos al plantear un estudio de este tipo dentro de las Rías Gallegas es que se debe estudiar conjuntamente las distribuciones de oleaje de viento y de oleaje de fondo.

Por ello, se suele realizar el estudio de cada uno de los fenómenos por separado, buscando unas distribuciones conjuntas. De esta forma, el estudio de propagación lo realizaremos en dos fases:

- Propagación del oleaje de fondo.
- Generación del oleaje de viento.

La propagación del oleaje viene influenciada fundamentalmente por la batimetría. En el caso del puerto de Moaña, la configuración de la costa orientada al SW-NE provoca que sea una zona especialmente protegida de los oleajes que penetran en la ría de Vigo, que se ven claramente alterados por el efecto protector de las Islas Cíes. Por este motivo, el cálculo del régimen total de oleaje en las inmediaciones del puerto de Moaña debe hacerse teniendo en cuenta la contribución del oleaje de fondo y el de viento. Además, en las inmediaciones del puerto de Moaña existe una plataforma marina a una profundidad media de 4m que protege al puerto del oleaje que entra en la Ría de Vigo.

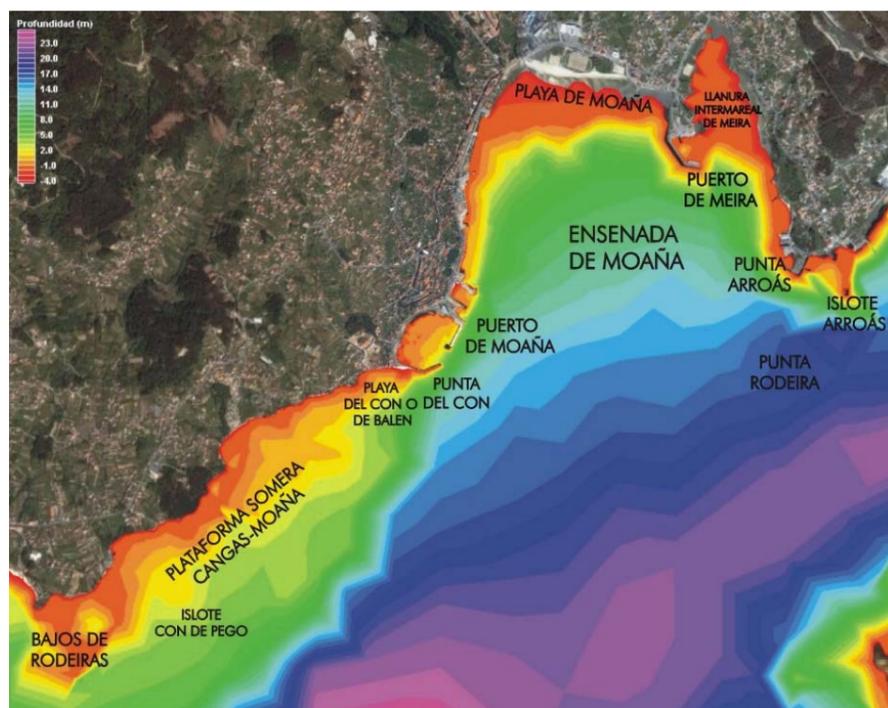


Figura 1. Batimetría de la zona referenciada a la bajamar

## 2 METODOLOGIA UTILIZADA.

### 2.1 OLAJE DE FONDO.

Para el cálculo del régimen medio por oleaje de fondo en la zona de estudio, se deben propagar todos los casos de oleaje susceptibles a ser producidos, como esto no es posible en la práctica, se realizará lo siguiente:

- 1.- Propagación de una matriz de casos posibles con oleajes de distinta altura, dirección, período y nivel del mar. Con esto se calcula el coeficiente y el ángulo de propagación en estos casos.
- 2.- Interpolación del coeficiente y ángulo de propagación para cada uno de los eventos registrados en el punto de previsión SIMAR-44. Se realiza de la siguiente forma: primero se escoge un nivel de mar y luego se realiza una interpolación lineal en tres dimensiones (H,T,θ), para hallar el coeficiente y el ángulo de propagación de ese evento en la zona de estudio.

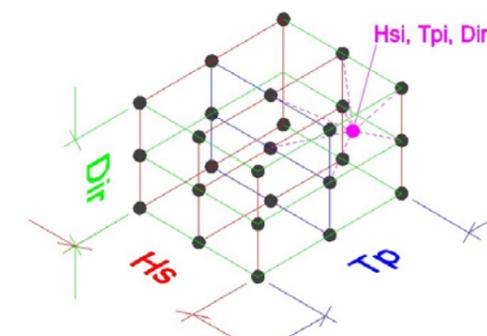


Figura 2. Cubo de interpolación del oleaje

- 3.- Con los oleajes propagados a la zona de estudio, se construye el régimen medio mediante ajuste a distribución Log-Normal o Gumbel. Otro resultado habitual es el cálculo de la dirección del flujo medio de energía.

### 2.2 OLAJE DE VIENTO

En el caso del cálculo del régimen medio y extremal del oleaje generado por la acción del viento, se debe calcular el oleaje generado para todos los casos de susceptibles de ser producidos, como esto no es posible en la práctica, se realizará un procedimiento similar al oleaje de fondo

- 1.- Cálculo de una matriz de casos posibles con vientos de distintas velocidades, direcciones y nivel de mar. Con esto se calcula la altura de ola y el ángulo de propagación en estos casos.
- 2.- Interpolación la altura de ola y ángulo de propagación para cada uno de los eventos registrados en la estación meteorológica utilizada. Se realiza de la siguiente forma: primero se escoge un nivel de mar y luego se realiza una interpolación lineal en dos dimensiones (U, θ), para hallar la altura de ola y el ángulo de propagación de ese evento en la zona de estudio.

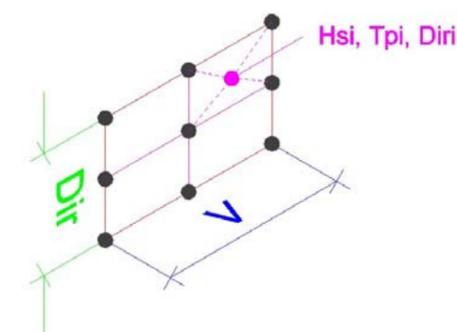


Figura 3. Cubo de interpolación del oleaje de viento.

- 3.- Con los oleajes generados en zona de estudio, se construye el régimen medio mediante ajuste a distribución Log-Normal o Gumbel. Otro resultado habitual es el cálculo de la dirección del flujo medio de energía.

### 3 CONDICIONES DE MODELADO

#### 3.1 CONDICIONES DE MODELADO DEL OLAJE DE FONDO.

##### 3.1.1 DATOS DE PARTIDA.

Para el cálculo de régimen medio en la zona de estudio se han utilizado los datos correspondientes al punto SIMAR-44 1044069, de los años 1958-2001. Se han utilizado los datos de oleaje y de viento que están almacenados cada tres horas.

El proyecto SIMAR-44 (HIPOCAS), puesto en marcha por el Programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado, ha generado una base de datos homogénea de 44 años (1958-2001). La resolución horizontal oscila entre 0.25° y 0.125° y las resoluciones temporales varían entre 1 y 3 horas. Estos datos de oleaje se obtienen a partir del retroanálisis de 44 años de datos atmosféricos obtenidas del modelo REMRO que son utilizados como forzamiento para el modelo numérico WAM de oleaje (EPPE, 2003).

##### 3.1.2 MODELO DE PROPAGACIÓN.

Para el modelado del oleaje se ha utilizado el programa CMSWAVE, de propagación espectral del oleaje, que tiene en cuenta fenómenos de refracción y asomeramiento, difracción (por medio de una difusión) y términos fuente y sumidero (viento, rotura superficial...).

CMSWAVE es un modelo de diferencias finitas formulado en una malla cartesiana, basada en la ecuación de la acción de onda. CMSWAVE opera en un sistema de coordenada local, con el eje "x" orientado perpendicularmente a la costa y el "y" paralelo, formando una referencia antihoraria. La orientación del eje "x" ( $\pm 87.5^\circ$ ) define el semiplano representado en el modelo.

Con este modelo se puede obtener unos campos en 2D de alturas de ola, períodos y direcciones para cada caso de oleaje incidente, que se pueden observar en los gráficos entregados, y unos resultados tabulados para una serie de puntos de control, que serán los que nos servirán para valorar el oleaje en los distintos puntos de interés.

##### 3.1.3 MALLAS EMPLEADAS.

Para el modelado de la propagación dentro de la Ría de Vigo se han utilizado dos mallas cartesianas anidadas que posibilitan la introducción de todos los frentes de fondo previstos por la R.O.M. para esta zona, y aseguran la no pérdida de energía incidente a causa del modelo.

Las características de las mallas son las siguientes:

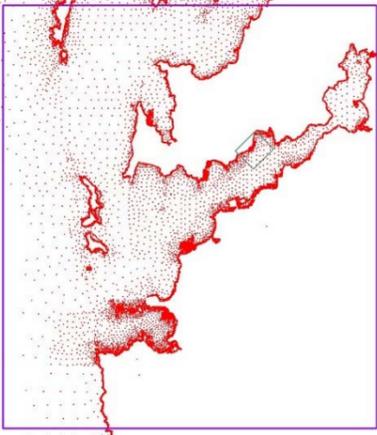
	MALLA 1: GENERAL	
	Origen (Coordenadas UTM)	500130 4655880
	Tamaño de celda	100 m
	Nº filas /Nº columnas	369 325
	Azimut	0°
	MALLA 2: DETALLE	
Origen (Coordenadas UTM)	521930 4678480	
Tamaño de celda	20 m	
Nº filas /Nº columnas	112 123	
Azimut	45°	

Tabla 1 Características de las mallas utilizada para la propagación del oleaje de fondo

##### 3.1.4 CASOS PROPAGADOS.

Para el cálculo de los coeficientes de propagación en la zona de estudio se han discretizado los posibles casos de oleaje en 7 direcciones, 6 períodos, 4 alturas y 2 niveles de mar para propagar un total de 336 casos.

CASOS OLAJE DE FONDO							
Marea		Direccion		Altura		Periodo	
1	1	1	NNW	1	1.5	1	6
2	3	2	NW	2	3	2	8
		3	WNW	3	5	3	10
		4	W	4	8	4	13
		5	WSW			5	16
		6	SW			6	19
		7	SSW				

Tabla 2 Casos propagados para oleaje de fondo

Cada uno de los casos es representado por un espectro de oleaje tipo TMA a la profundidad media del contorno, que son unos 120 m.

### 3.2 CONDICIONES DE MODELADO DEL OLAJE DE VIENTO.

#### 3.2.1 DATOS DE PARTIDA.

Para el cálculo del oleaje de viento en las proximidades de la zona de estudio se ha utilizado los datos registrados tanto en la estación meteorológica de Cíes como la serie temporal del punto SIMAR-44 utilizado para el oleaje de Fondo.

#### 3.2.2 MODELO DE PROPAGACIÓN.

Para el cálculo del oleaje generado por el arrastre del viento sobre la lámina de agua, y al igual que para el oleaje de fondo, se utilizó el modelo CMSWAVE propagación espectral del oleaje aprovechando que tiene en cuenta los términos fuente en la resolución de las ecuaciones. (Viento)

#### 3.2.3 MALLAS EMPLEADAS.

Para la modelización de la generación dentro de la Ría de Vigo se ha utilizado una malla cartesiana que posibilite la introducción de todos los vientos que afecten a nuestra zona de estudio.

Las características de la malla son las siguientes:

##### MALLA 2

Origen (Coordenadas UTM)	528180	4665710
Tamaño de celda	50 m	
Nº filas /Nº columnas	444	340
Azimut	90°	

Tabla 1 Características de las mallas utilizadas para oleaje de viento

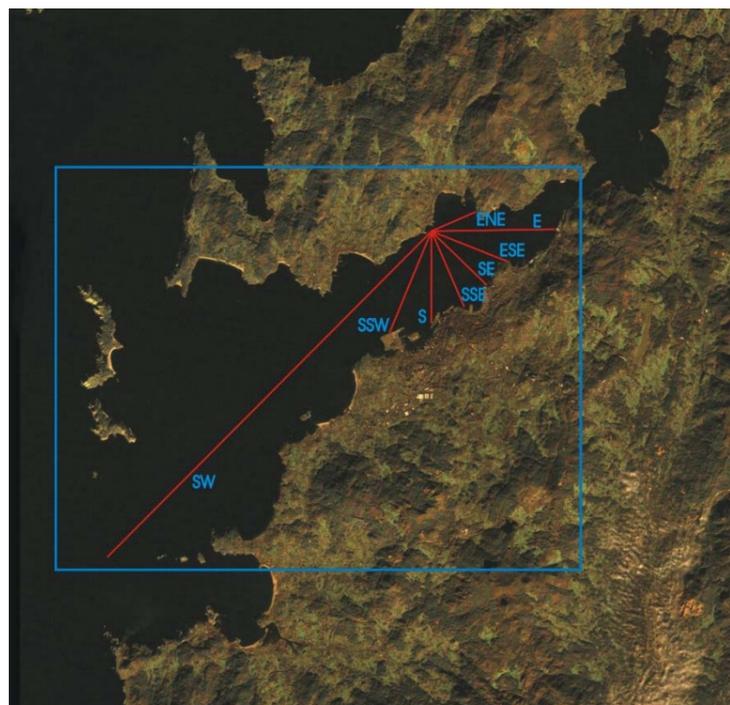


Figura 4. Malla utilizada para el oleaje de viento y los fetch significativos

#### 3.2.4 CASOS PROPAGADOS.

Para el cálculo de las alturas de ola generadas en la zona de estudio se han discretizado los posibles casos de viento en 8 direcciones, 5 velocidades y 2 niveles de mar para la generación de oleaje en un total de 80 casos.

CASOS OLAJE DE VIENTO					
Marea		Direccion		Velocidad	
1	1	1	SW	1	5
2	3	2	SSW	2	10
		3	S	3	15
		4	SSE	4	20
		5	SE	5	25
		6	ESE		
		7	E		
		8	ENE		

Tabla 2 Casos generados para oleaje de viento

## 4 RESULTADOS OBTENIDOS.

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos de las propagaciones son gráficos, donde se representa la altura de ola y de vectores de propagación:

- o Gráficos de Altura de ola: gráfico de iso -alturas de ola. Representa las curvas que unen los puntos con igual altura de ola máxima del caso ejecutado. Con este gráfico se pueden observar cambios de altura de ola asociados a cambios en la batimetría.
- o Vectores: es una representación vectorial de la dirección y la altura de ola en cada nodo; la dirección del vector representa la dirección del frente de la onda en el nodo.

En el Apartado 6 del presente anejo se incluyen las gráficas de los casos propagados más característicos. A continuación, se realiza un análisis de los resultados de dichas propagaciones, un estudio detallado de un punto de control y un resumen del modelo de funcionamiento del oleaje de fondo en la zona de estudio.

### 4.2 PUNTOS DE CONTROL

Para caracterizar el oleaje de fondo en las proximidades de Moaña se han seleccionado 1 puntos de control en las proximidades del puerto. En ellos se obtendrán los parámetros del oleaje para utilizar posteriormente la metodología del hipercono.

El punto sobre el que se realizará el cálculo del régimen de oleaje cerca del puerto se muestra en la siguiente figura.



Figura 5. Localización del punto de control en las inmediaciones del puerto

### 4.3 OLAJE DE FONDO.

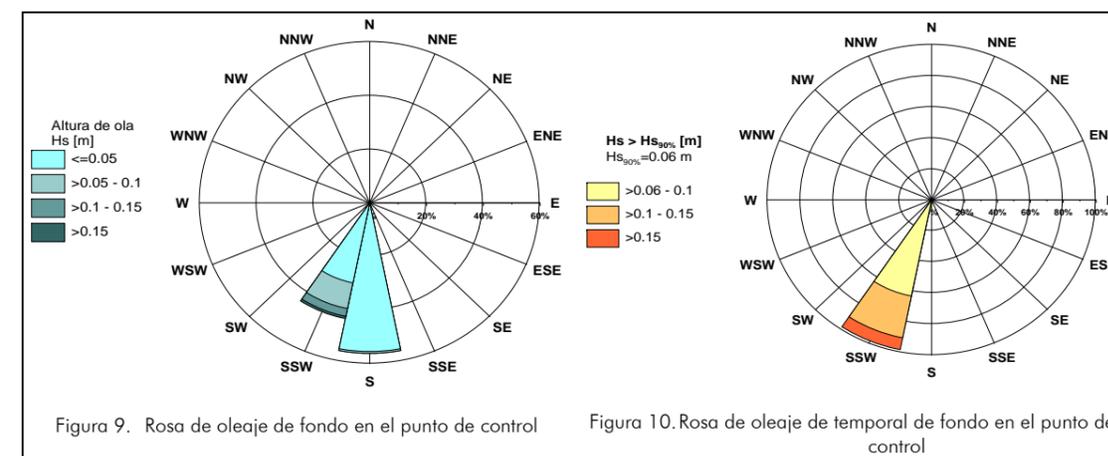
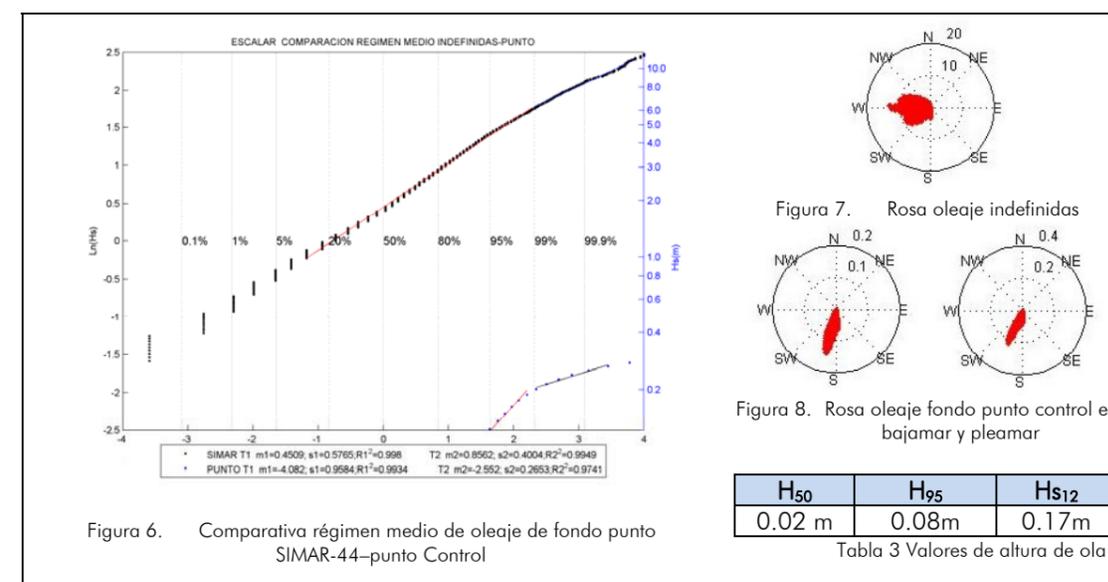
#### 4.3.1 RÉGIMEN MEDIO ESCALAR DE OLAJE DE FONDO.

Para el cálculo del régimen medio, se ha utilizado un ajuste a la función Log-Normal en una o dos ramas, que tiene la siguiente expresión:

$$f(H_s) = \frac{1}{\sigma * \sqrt{2 * \pi} * H_s} * \exp\left[-\frac{1}{2} * \left(\frac{\ln(H_s) - \mu}{\sigma}\right)^2\right]; \text{ para } \ln(H_s) \geq 0$$

Normalmente, la distribución lognormal ajusta bien los datos excepto en el extremo superior de las mayores olas, donde la distribución lognormal sobrepredice la probabilidad de excedencia. Por ello, en determinadas ocasiones para la parte superior de la distribución se ajusta una segunda rama lognormal con una pendiente menor.

A continuación, se presenta el régimen medio de oleaje de fondo en los puntos de control, ajustados a una distribución Log-Normal de dos ramas, una tabla con los parámetros estadísticos más relevantes y la rosa de oleaje asociados a cada punto de control:



Como podemos observar en los resultados obtenidos, la altura de ola H<sub>s</sub> de fondo que llega hasta el puerto es prácticamente nula más de la mitad del tiempo. Esto evidencia la elevada protección de la zona de estudio frente al

oleaje de fondo exterior. En condiciones de temporal, la rosa de oleaje muestra como la dirección predominante es el SSW aunque la magnitud no sobrepasa los 20cm.

### 4.3.2 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLAJE DE FONDO EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO

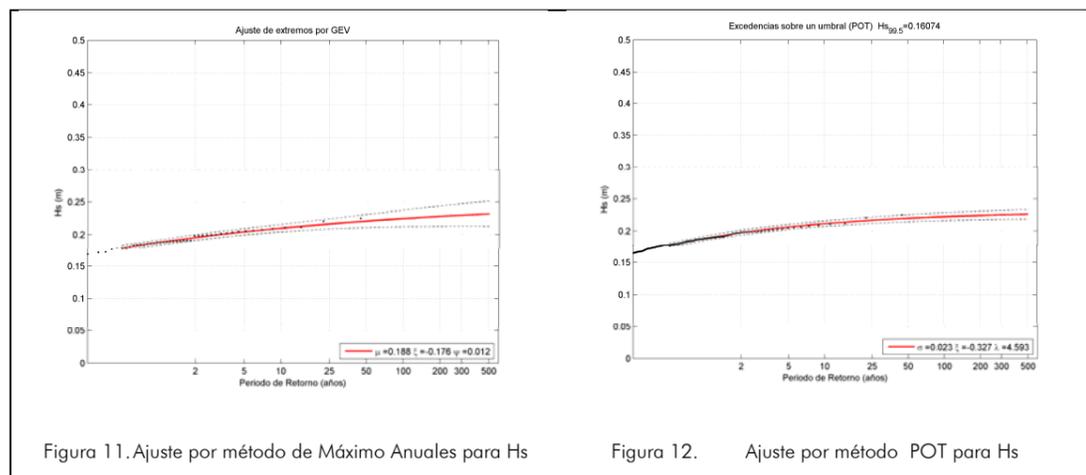


Figura 11. Ajuste por método de Máximo Anuales para Hs

Figura 12. Ajuste por método POT para Hs

MÉTODO	Hs,20años	Hs,50años	Hs,100años	Hs,200años
POT	0.21m	0.22 m	0.22m	0.224m
Máx Anuales	0.21m	0.22 m	0.225m	0.23m

Tabla 4 Estadísticos régimen extremal de Hs en el punto de control

Los valores obtenidos por ambos métodos proporcionan resultados prácticamente idénticos con valores que se mantienen entre los 0.21m y 0.23m para el rango temporal de periodo de retorno de 20 a 200 años.

## 4.4 OLAJE DE VIENTO.

### 4.4.1 RÉGIMEN MEDIO DE OLAJE DE VIENTO

A continuación, se muestran los regímenes medios de oleaje de viento obtenidos con la serie de viento de Cies y SIMAR

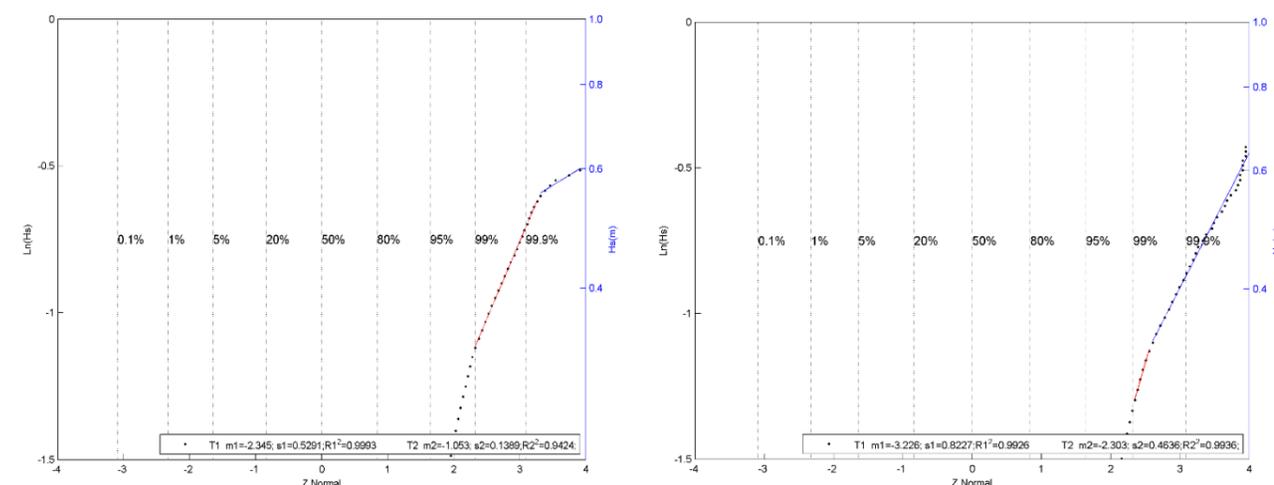


Figura 13. Régimen medio de oleaje de Viento con la serie de Cies

Figura 14. Régimen medio de oleaje de Viento Con la serie SIMAR-44

Como se observa, con las dos series obtenemos oleajes muy parecidos con máximos anuales de entorno 0.60-0.65 metros de altura de ola significativa

A continuación se muestra la rosa de oleaje de viento, con la serie SIMAR-44

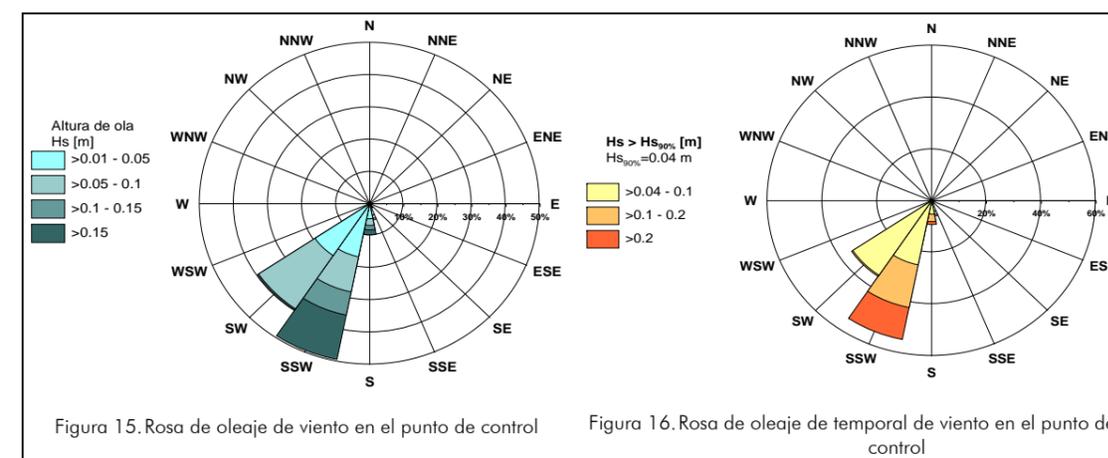


Figura 15. Rosa de oleaje de viento en el punto de control

Figura 16. Rosa de oleaje de temporal de viento en el punto de control

A diferencia del oleaje de fondo, en el oleaje de viento del punto de control los valores de Hs son mayores en la rama alta de la distribución. Esto quiere decir que las condiciones más energéticas que se dan en la bocana del puerto de Moaña se deben a la generación de oleaje por viento. La rosa de oleaje de condiciones medias, en este caso, no contempla los casos de calmas que suponen el 76.86% del tiempo. La dirección predominante vuelve a ser tanto para condiciones medias como en temporal el SSW.

#### 4.4.2 RÉGIMEN EXTREMAL DE OLAJE DE VIENTO EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO

Para el cálculo del régimen extremal, se ha empleado la serie obtenida con el punto SIMAR-44, debido a su mayor longitud temporal.

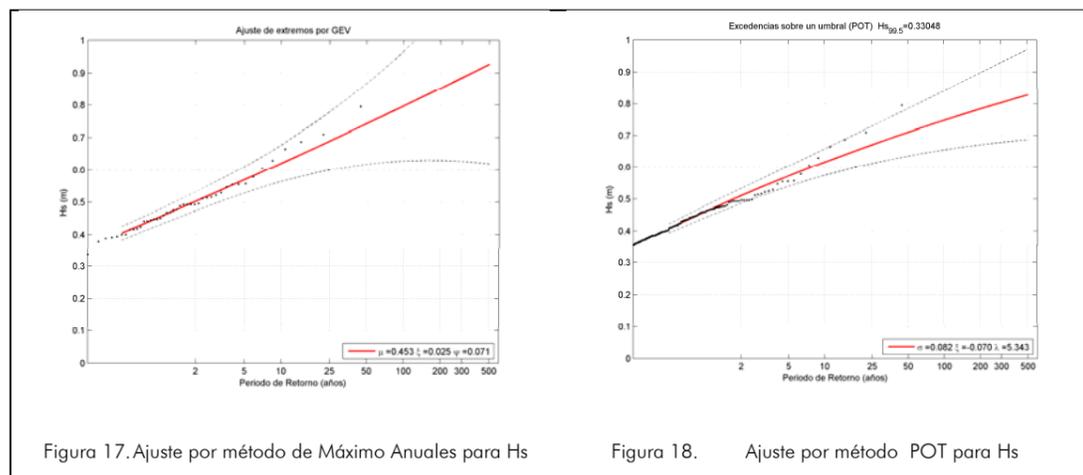


Figura 17. Ajuste por método de Máximo Anuales para Hs

Figura 18. Ajuste por método POT para Hs

MÉTODO	Hs,20años	Hs,50años	Hs,100años	Hs,200años
POT	0.66m	0.71 m	0.75m	0.78m
Máx Anuales	0.67m	0.74 m	0.80m	0.85m

Tabla 5 Estadísticos régimen extremal de Hs en el punto de control

A diferencia del régimen extremal del oleaje de fondo, el oleaje de viento muestra diferencias significativas entre los resultados obtenidos por ambos métodos con rangos de variación de 1cm a 7cm. Otra diferencia significativa con respecto al oleaje de fondo es la magnitud de los valores que demuestran la importancia que adquiere el oleaje de viento llegando a cuadruplicar el valor de Hs de fondo. Para un periodo de retorno de 100años obtenemos 0.22m de Hs por fondo y 0.75-0.80m de Hs por viento.

## 5 MODELO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS OLAJES EN LA SITUACIÓN ACTUAL

Además de definir los regímenes en la zona de estudio, es recomendable realizar un análisis cualitativo de la situación, para conocer cuáles son los oleajes y vientos más frecuentes en aguas abiertas y como afectan éstos a nuestra zona de estudio.

### 5.1 PATRONES DEL OLAJE DE FONDO

El abanico de direcciones a estudiar de oleaje de fondo es muy grande, pero los temporales exteriores afectan de distinta manera al puerto dependiendo de su dirección.

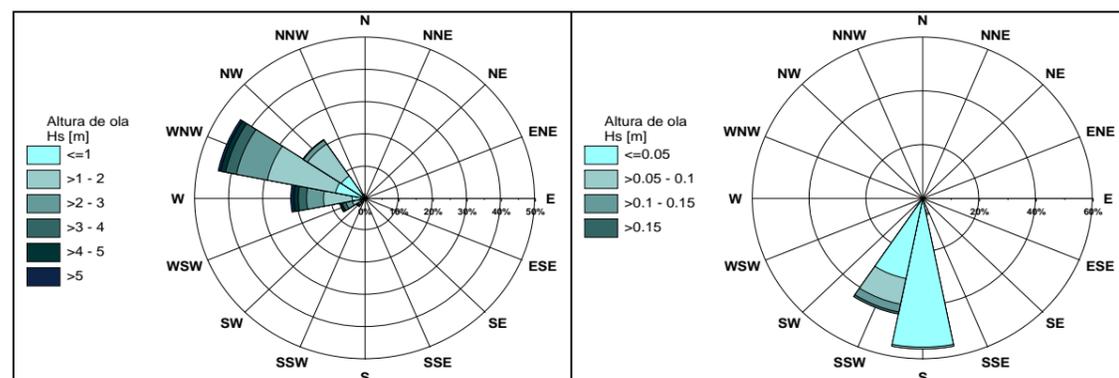


Figura 19. Rosa de oleaje de fondo en condiciones medias en indefinidas y en el punto de control

El oleaje exterior de fondo se redirecciona al entrar en la Ría en gran medida debido al escudo protector que forman las Islas Cíes y por la morfología de ésta. Al llegar a la zona de estudio el oleaje se encuentra muy refractado-difractado y con unos frentes en un abanico de direcciones muy pequeño y muy condicionado por la batimetría. En la figura 19 podemos observar el cambio que se produce en la rosa de oleajes de fondo desde indefinidas hasta el puerto de Moaña

Otro condicionante fundamental del nivel de energía que llega a la costa con un determinado oleaje es el nivel de marea. De todas formas, en este caso se han encontrado pequeñas diferencias menores del 2% en la altura de ola significativa en marea alta con respecto a la marea baja.

Como vemos en la figura 20 los oleajes de componente WSW, SW y SSW son los que más afectan a la zona de estudio con un gradiente descendente de oleaje muy acusado paralelo a la línea de costa en el sentido de entrada a la Ría. Los coeficientes de propagación dependen fundamentalmente de las direcciones, encontrándonos los siguientes coeficientes medios:

Dirección	$K_p$ medio
NNW	0.00
NW	0.01
WNW	0.01
W	0.01
WSW	0.02
SW	0.03
SSW	0.02

Tabla 6 Coeficientes medios de propagación en condiciones medias

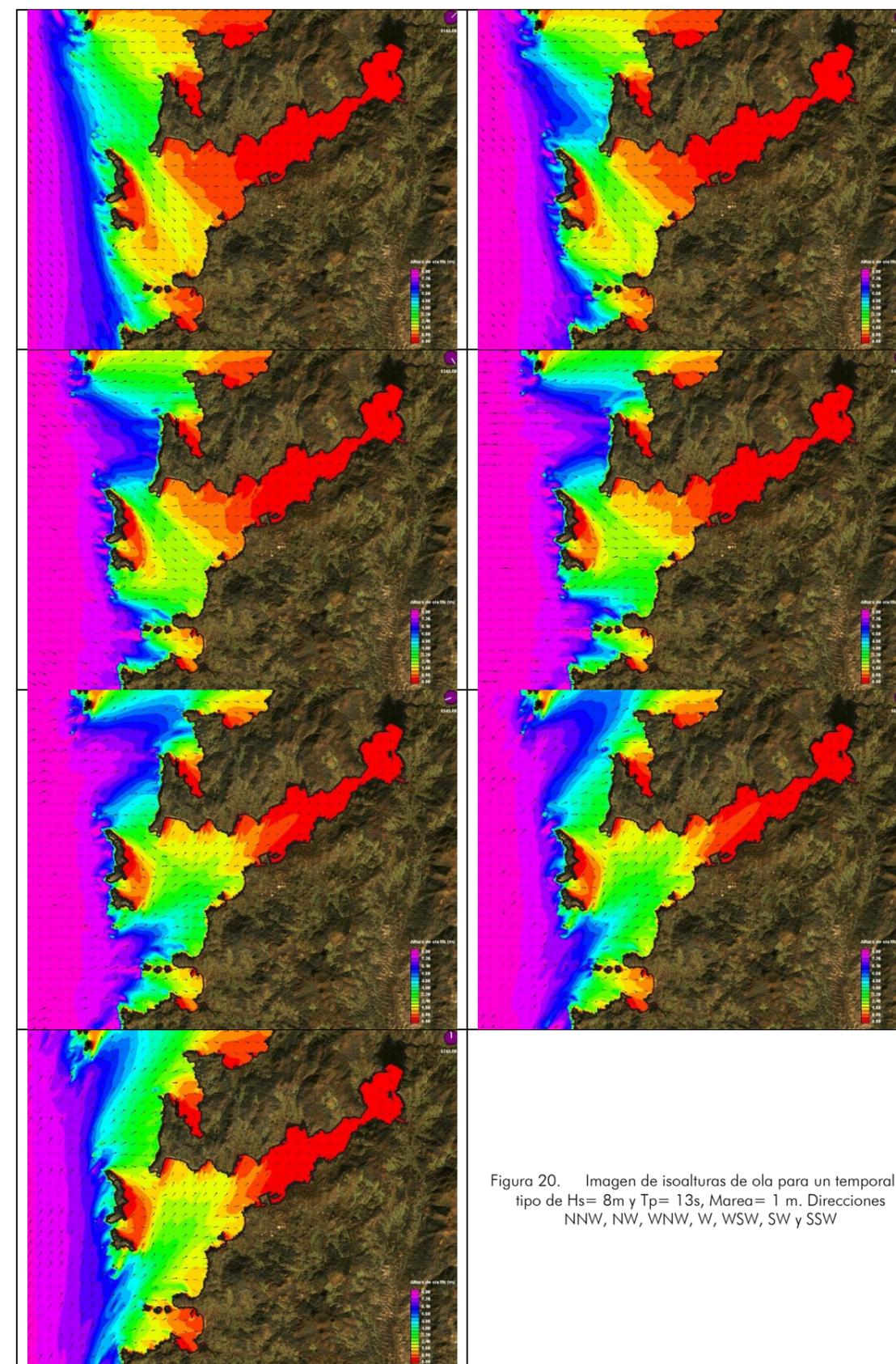


Figura 20. Imagen de isoalturas de ola para un temporal tipo de  $H_s = 8\text{m}$  y  $T_p = 13\text{s}$ , Marea = 1 m. Direcciones NNW, NW, WNW, W, WSW, SW y SSW

Otro dato importante a señalar es que en profundidades indefinidas más del 40% de los temporales ( $H_s > 3.10\text{m}$ ) tienen componente WNW, siendo las otras dos direcciones significativas de temporal la W y WSW. En la figura 31 vemos la rosa de oleaje en profundidades indefinidas considerando solamente los eventos con  $H_s > 3.10\text{m}$ .

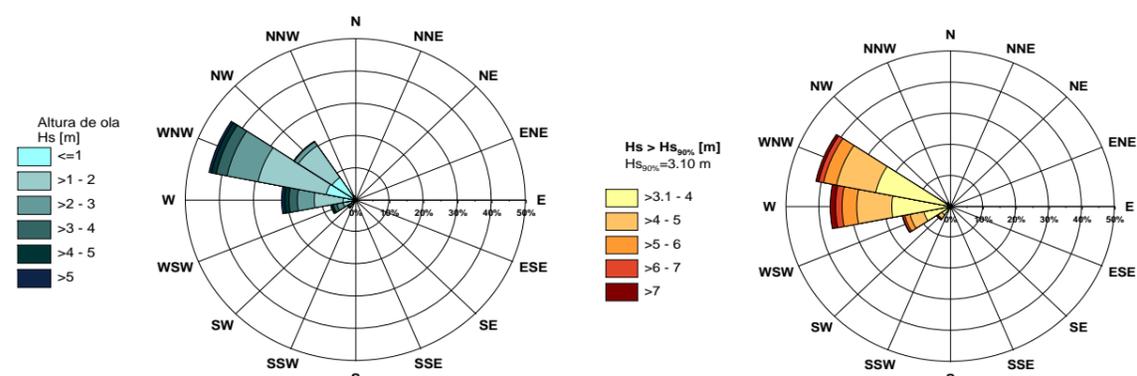


Figura 21. Rosa de oleaje de condiciones medias y de temporales en profundidades indefinidas

Por esta razón, las direcciones exteriores que introducen más energía en las inmediaciones del puerto no corresponden con las direcciones que se dan en los temporales. De esta forma, el puerto de Moaña, solo se ve sometido a eventos de temporal de oleaje de fondo en situaciones muy excepcionales, aunque la magnitud de  $H_s$  de fondo no supera los

## 5.2 PATRONES DEL OLAJE DE VIENTO

Un factor fundamental a tener en cuenta en el interior de las rías gallegas es la generación de oleaje por viento. La importancia de este hecho radica en que zonas como la ensenada de Moaña se encuentran protegidas del oleaje de fondo exterior y esto produce una mayor importancia relativa del oleaje generado por viento en los distintos fetch que encontramos dentro de las rías.

En el caso del puerto de Moaña, su localización la expone a los vientos más energéticos y frecuentes del SSW y S. Como podemos observar en la figura 22, para un temporal de viento de  $V_v = 25\text{m/s}$  se pueden generar alturas de ola en la entrada del puerto de Moaña del orden de un metro. Los vientos del SSW son los que presentan un mayor fetch, sin embargo, la plataforma somera entre las ensenadas de Cangas y Moaña produce la refracción-difracción de los oleajes generados disminuyendo en gran medida el oleaje de esta dirección que llega al puerto. Por este motivo en la rosa de oleajes de viento en el punto de control presenta un mayor peso de la dirección S en condiciones de temporal que para el oleaje de fondo

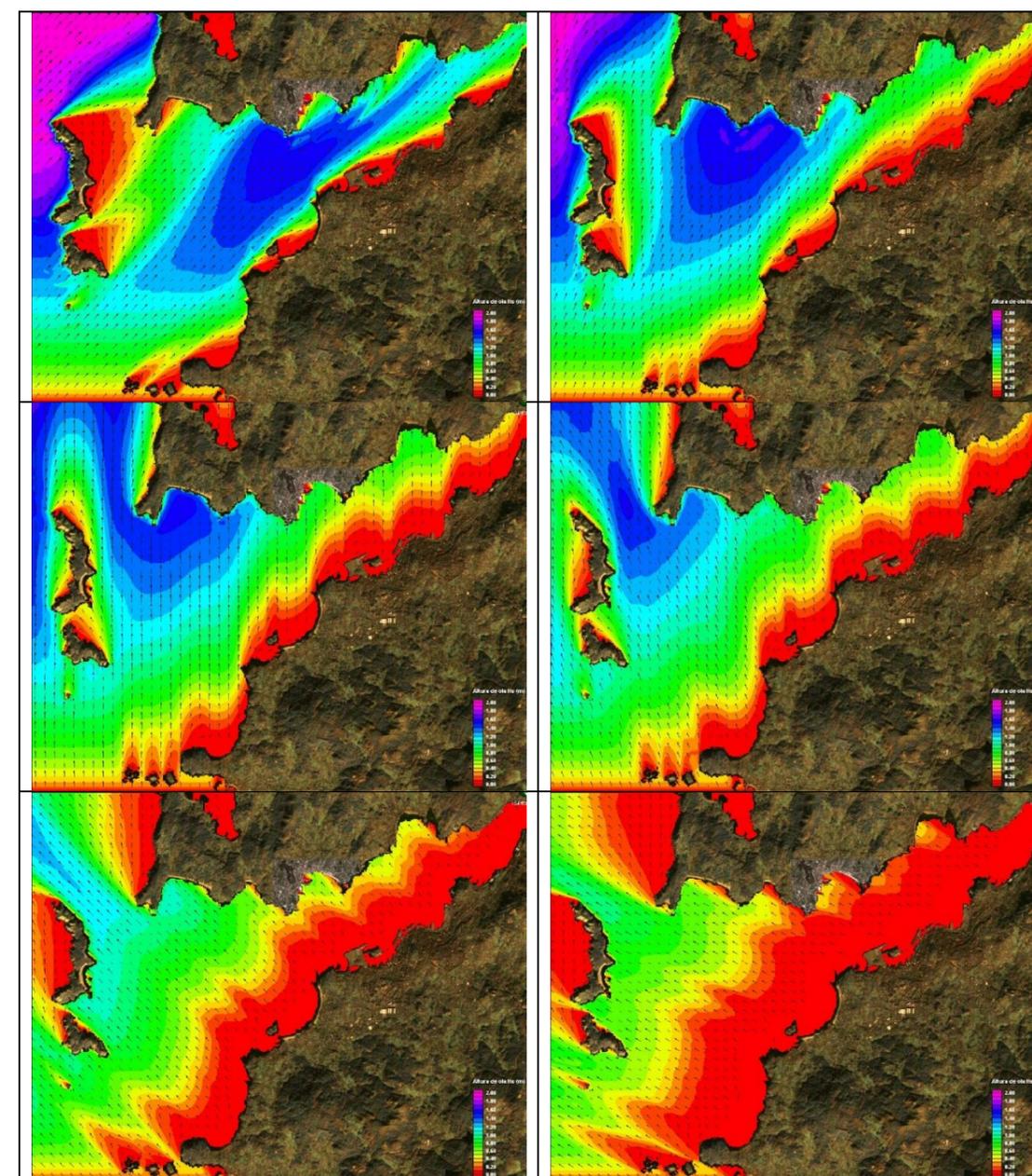


Figura 22. Imagen de isoalturas de ola para un temporal de viento de  $V_v = 25\text{m/s}$  y Marea = 3m. Direcciones SW, SSW, S, SSE, SE y ESE.

## 6 CAMPOS DE OLAJE PROPAGADOS MÁS REPRESENTATIVOS

Debido al elevado número de casos ejecutados, no es viable representar todos los resultados, por lo que a continuación se van a representar una serie de casos característicos.

Los gráficos representados son de altura de ola y de vectores:

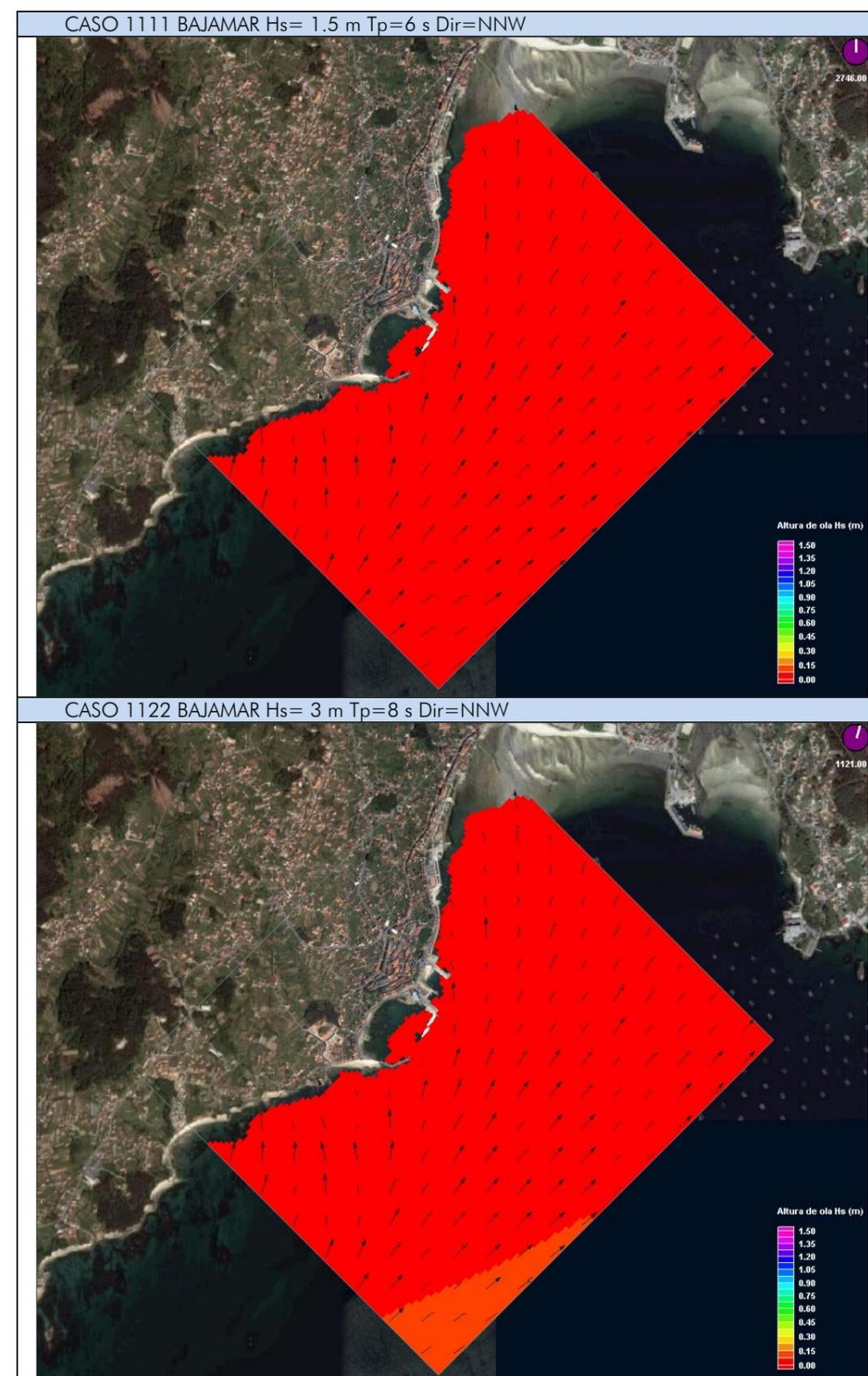
- o Gráficos de Altura de ola: gráfico de iso -alturas de ola. Representa las curvas que unen los puntos con igual altura de ola máxima del caso ejecutado. Con este gráfico se pueden observar cambios de altura de ola asociados a cambios en la batimetría.
- o Vectores: es una representación vectorial de la dirección y la altura de ola en cada nodo; la dirección del vector representa la dirección del frente de la onda en el nodo.

### 6.1 CAMPOS DEL OLAJE DE FONDO

Para poder extraer conclusiones se presentan todas las direcciones propagadas en la malla de detalle. Las figuras adjuntas se corresponden a los siguientes casos de oleaje de fondo:

Dirección	Hs (m)	T (s)	Nivel mar
NNW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
NW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
WNW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
W	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
WSW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
SW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	
SSW	1.5	6	1,3
	3	8	
	5	13	
	8	16	

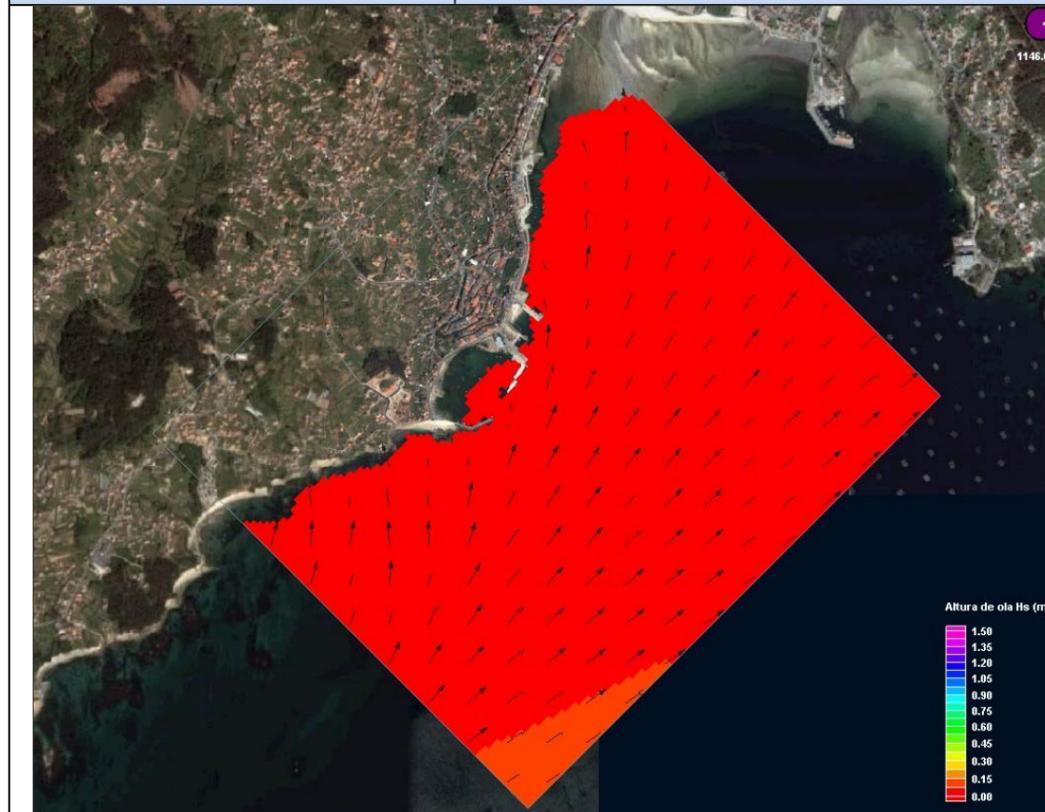
Tabla 7 Tabla de casos característicos de oleaje de fondo representados



CASO 1134 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=NNW



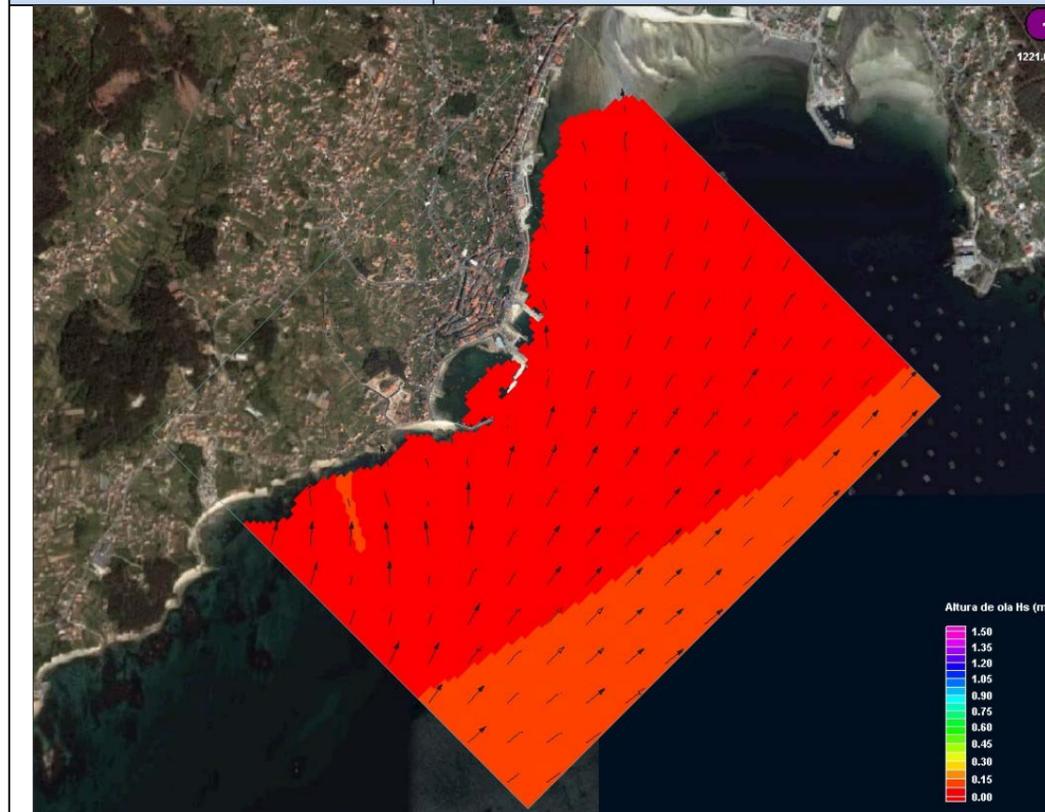
CASO 1211 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=NW



CASO 1145 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=NNW



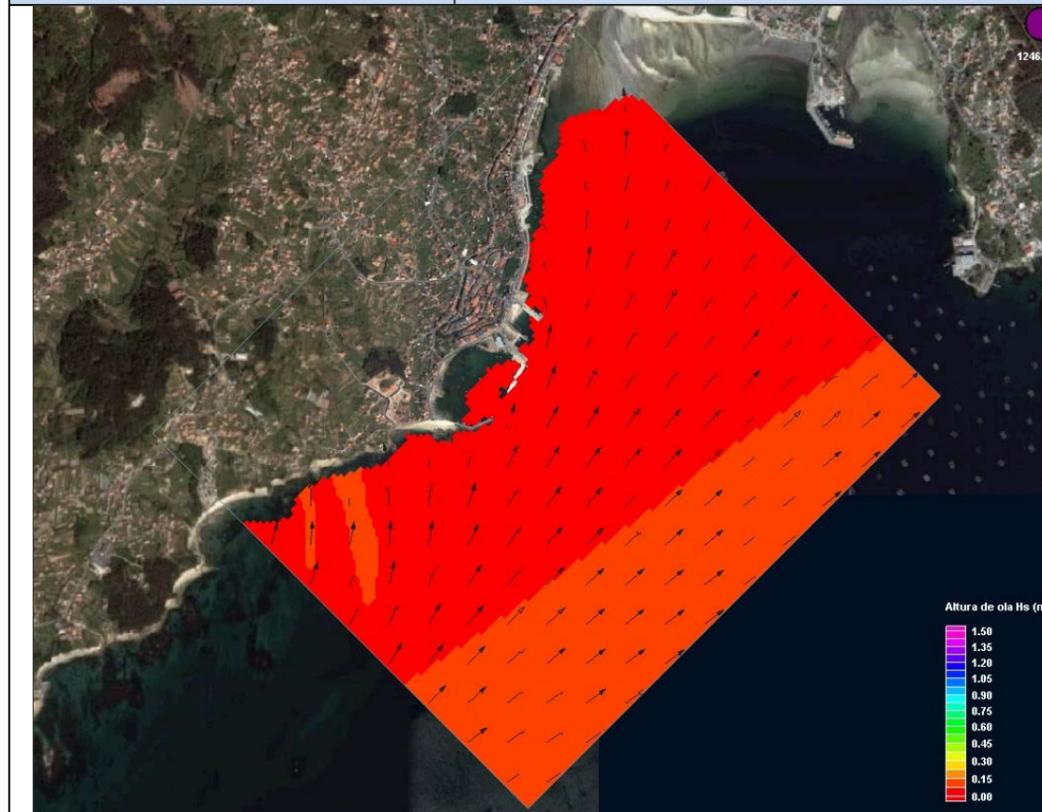
CASO 1222 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=NW



CASO 1234 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=NW



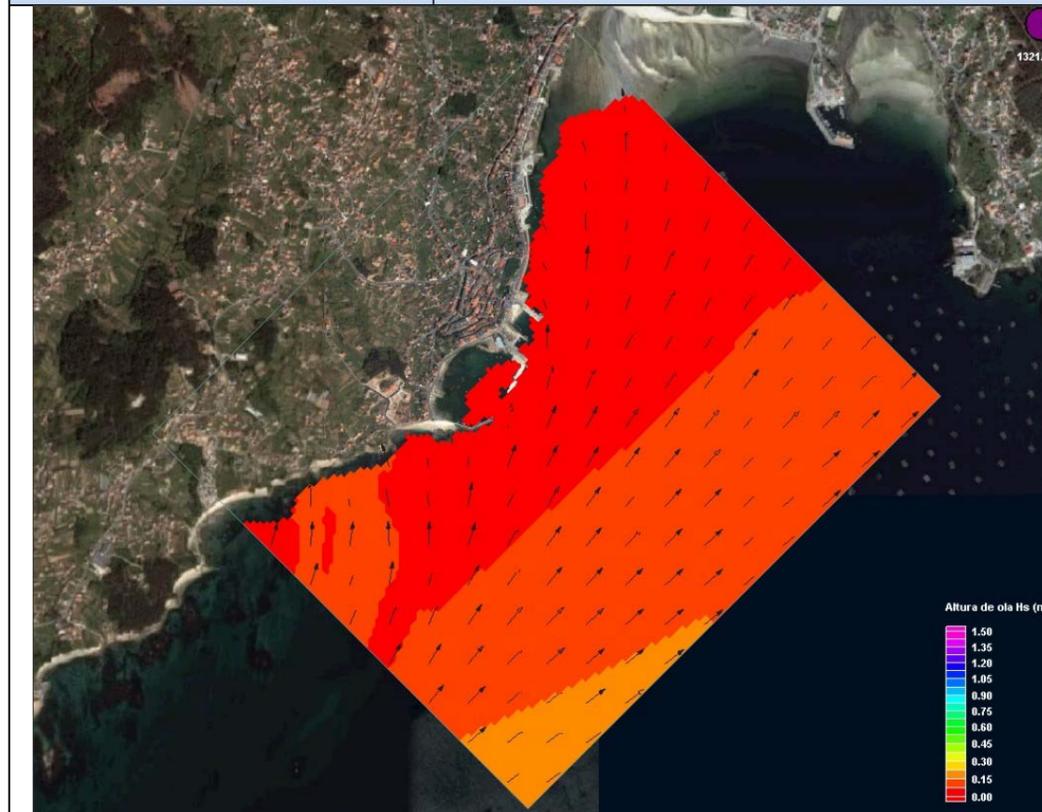
CASO 1311 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=WNW



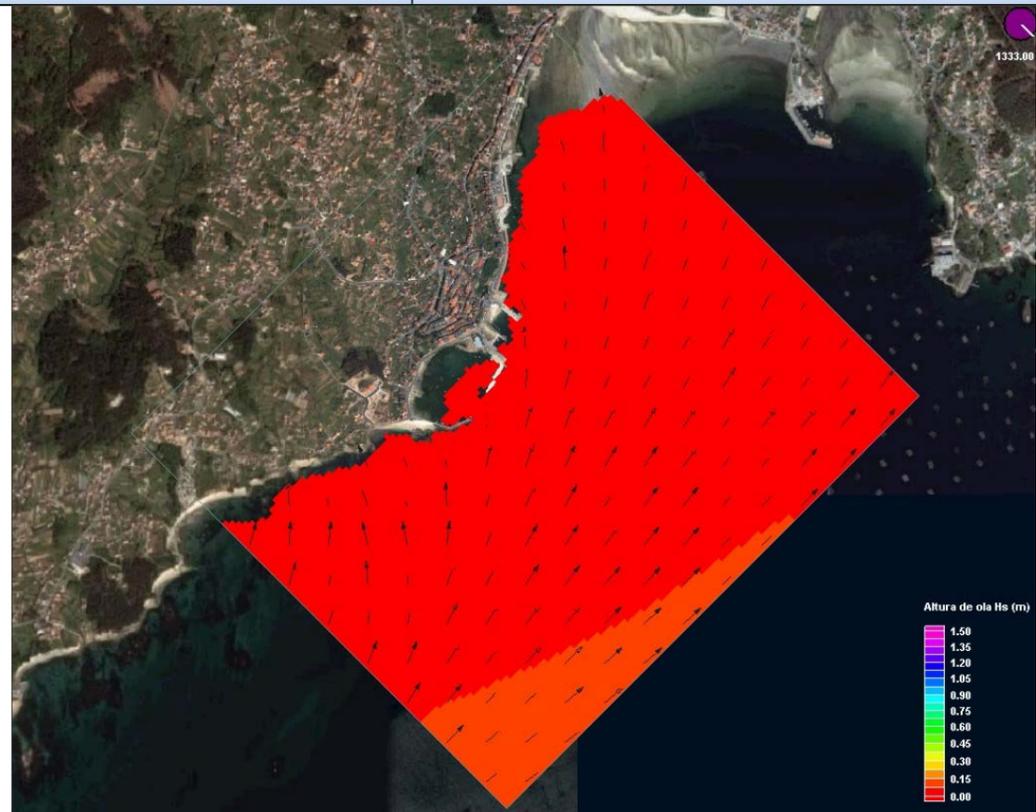
CASO 1245 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=NW



CASO 1322 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=WNW



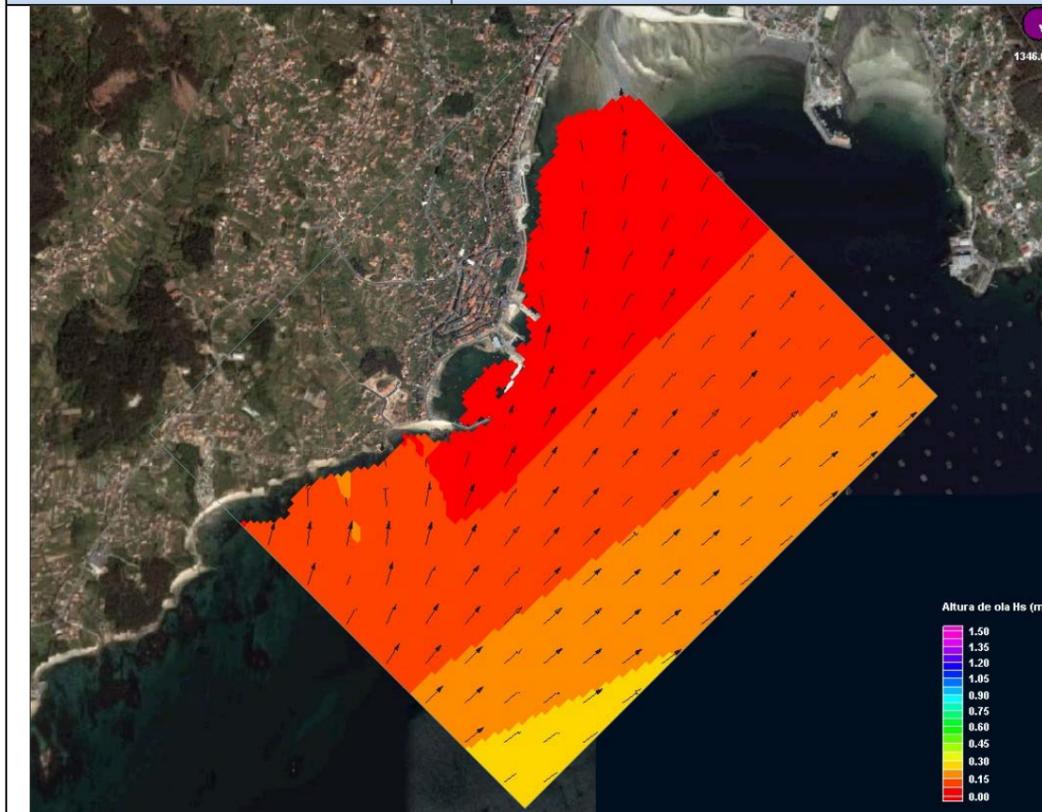
CASO 1334 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=WNW



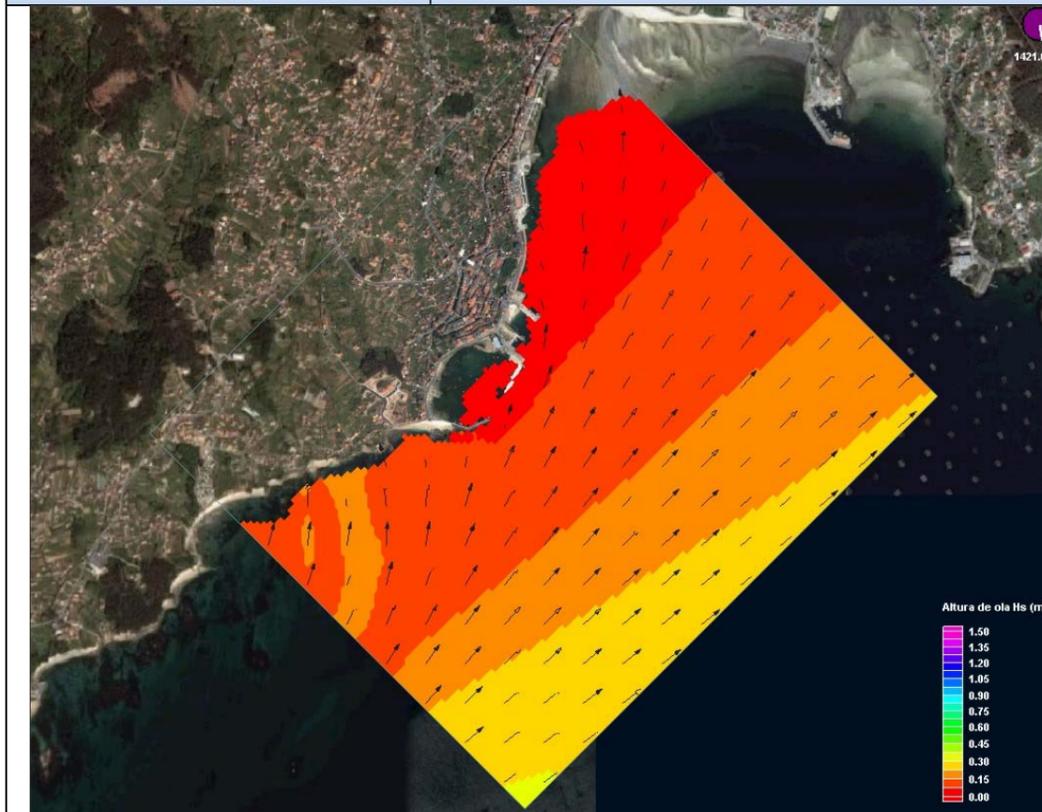
CASO 1345 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=WNW



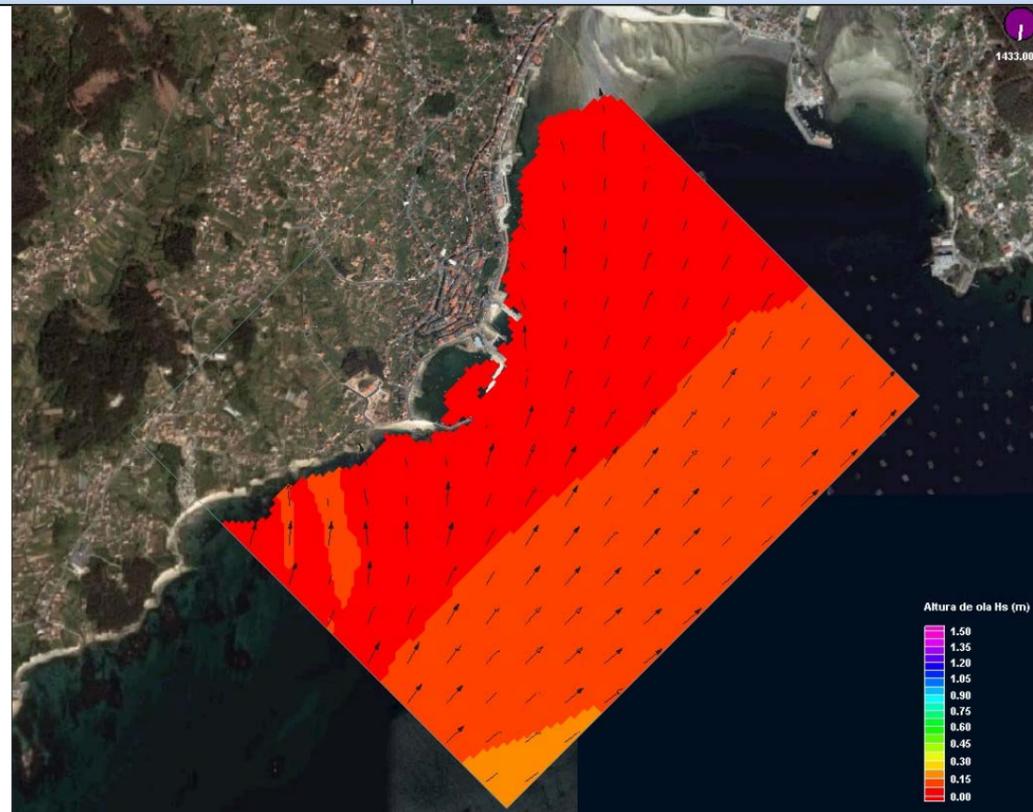
CASO 1411 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=W



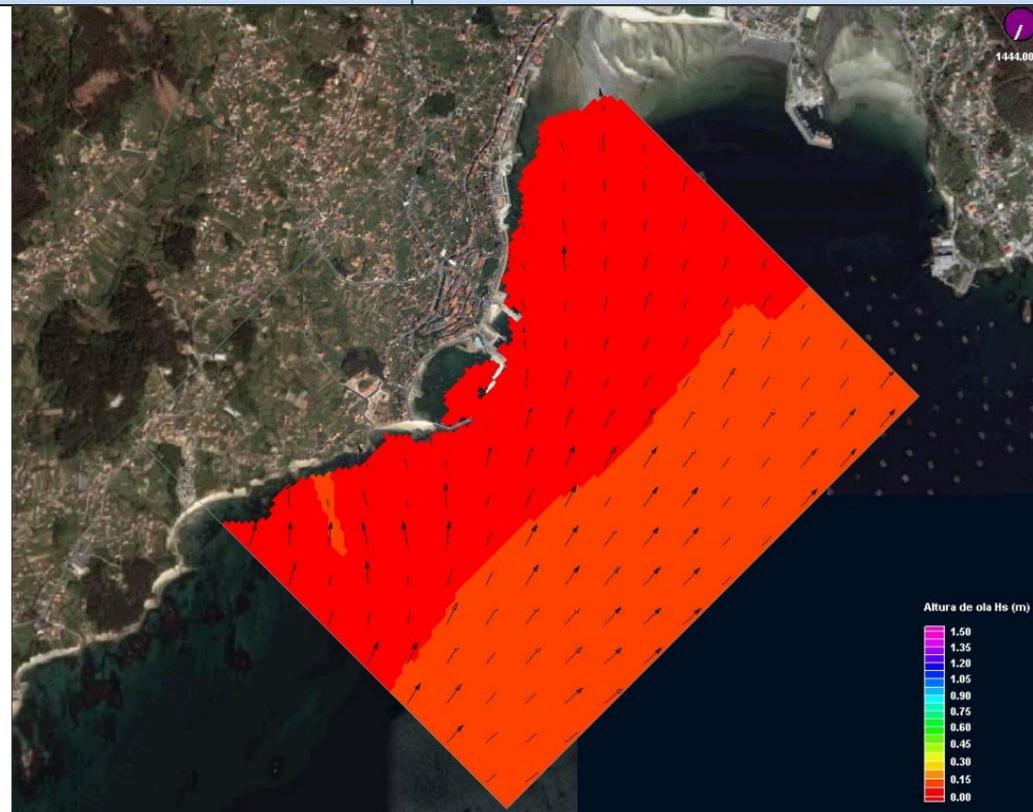
CASO 1422 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=W



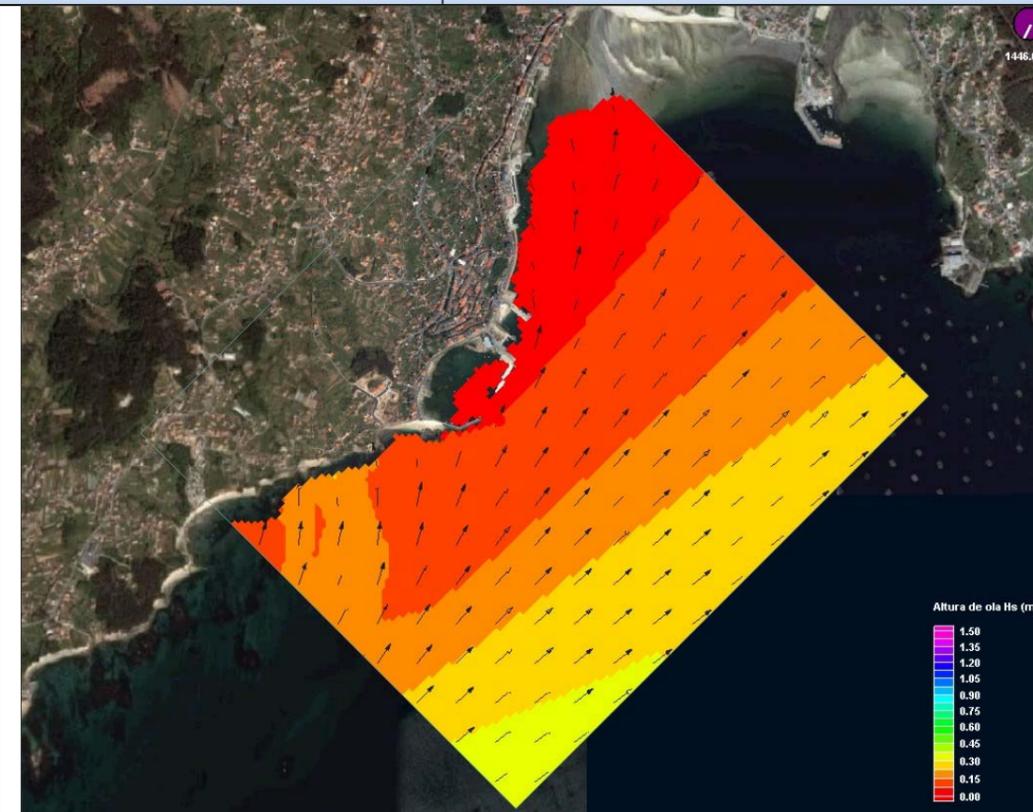
CASO 1434 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=W



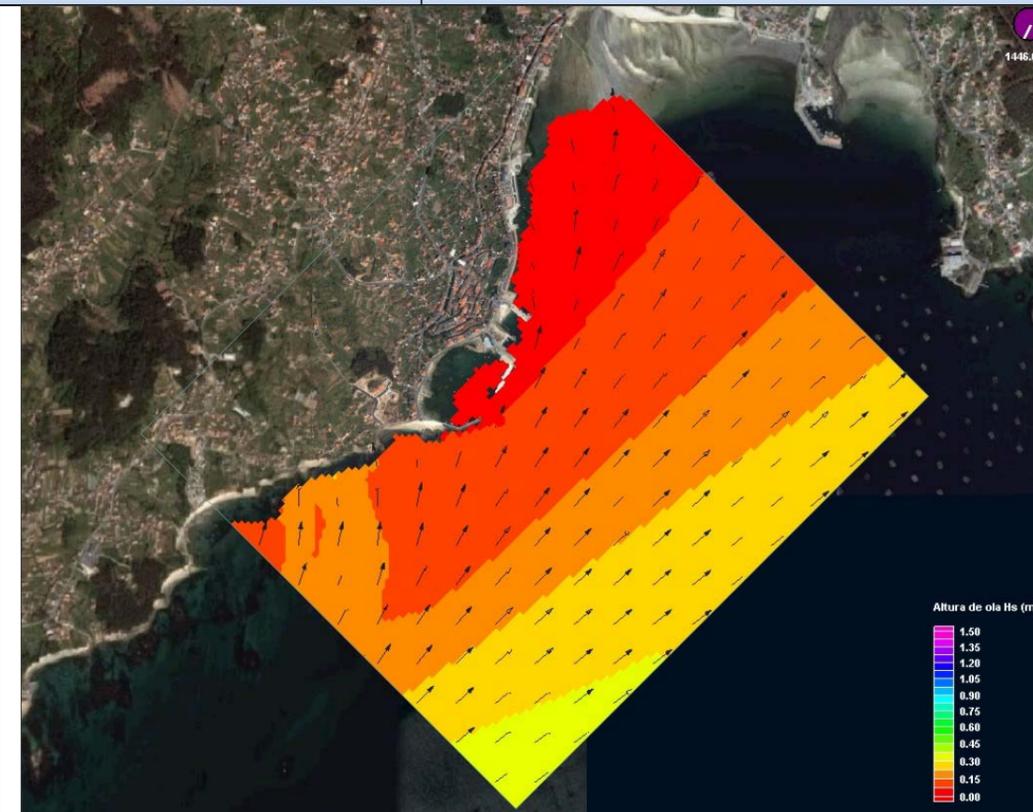
CASO 1445 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=W



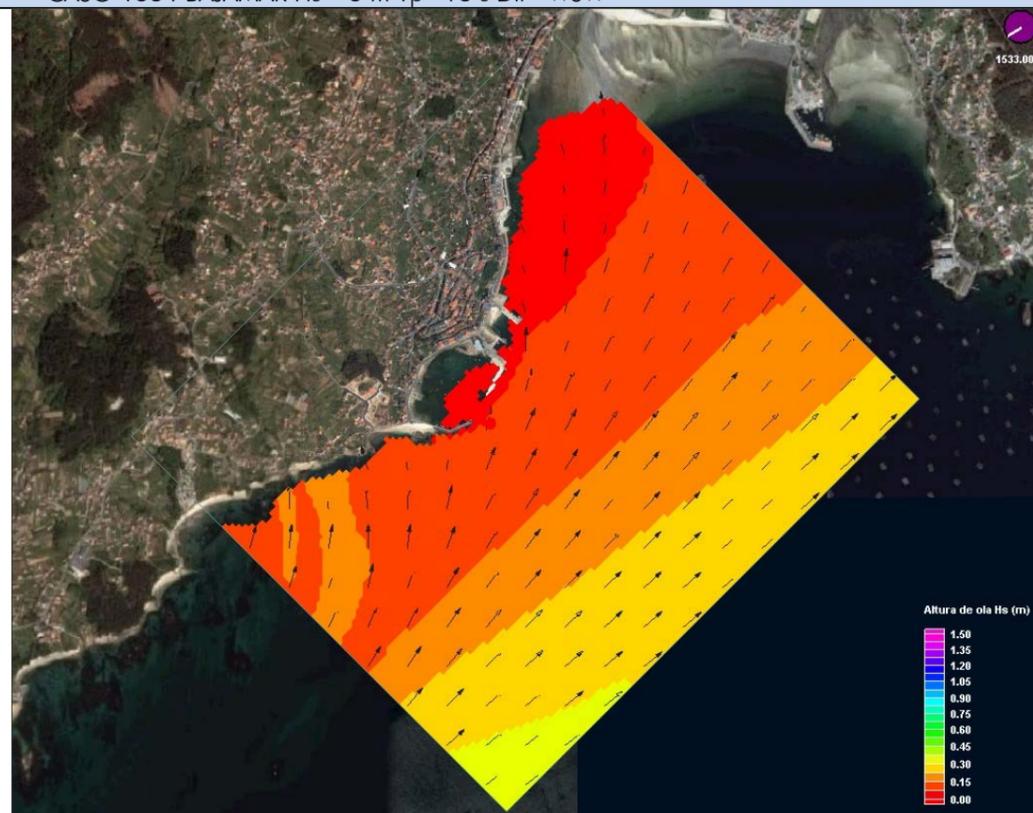
CASO 1511 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=WSW



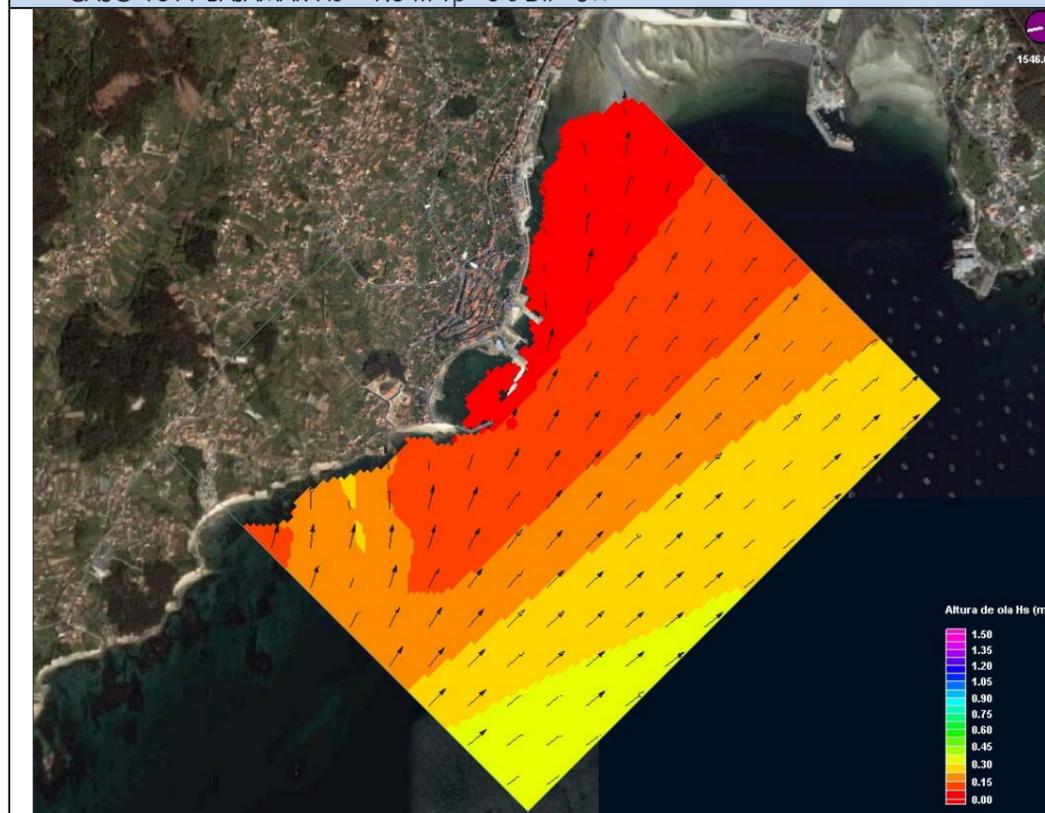
CASO 1522 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=WSW



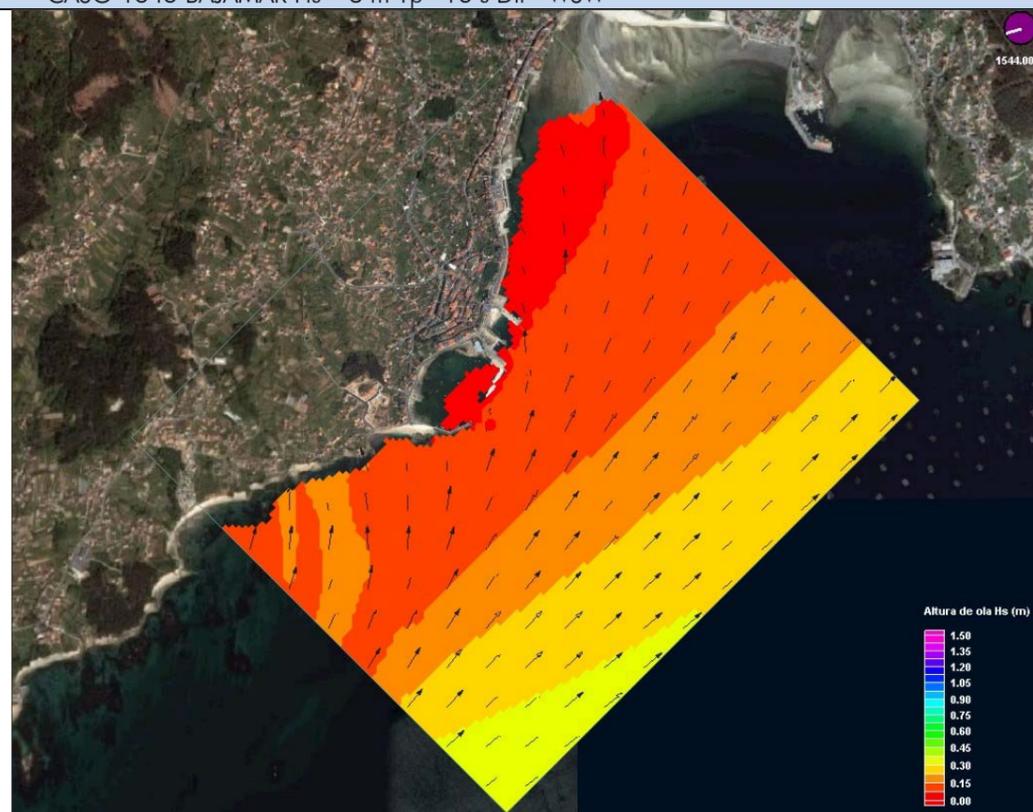
CASO 1534 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=WSW



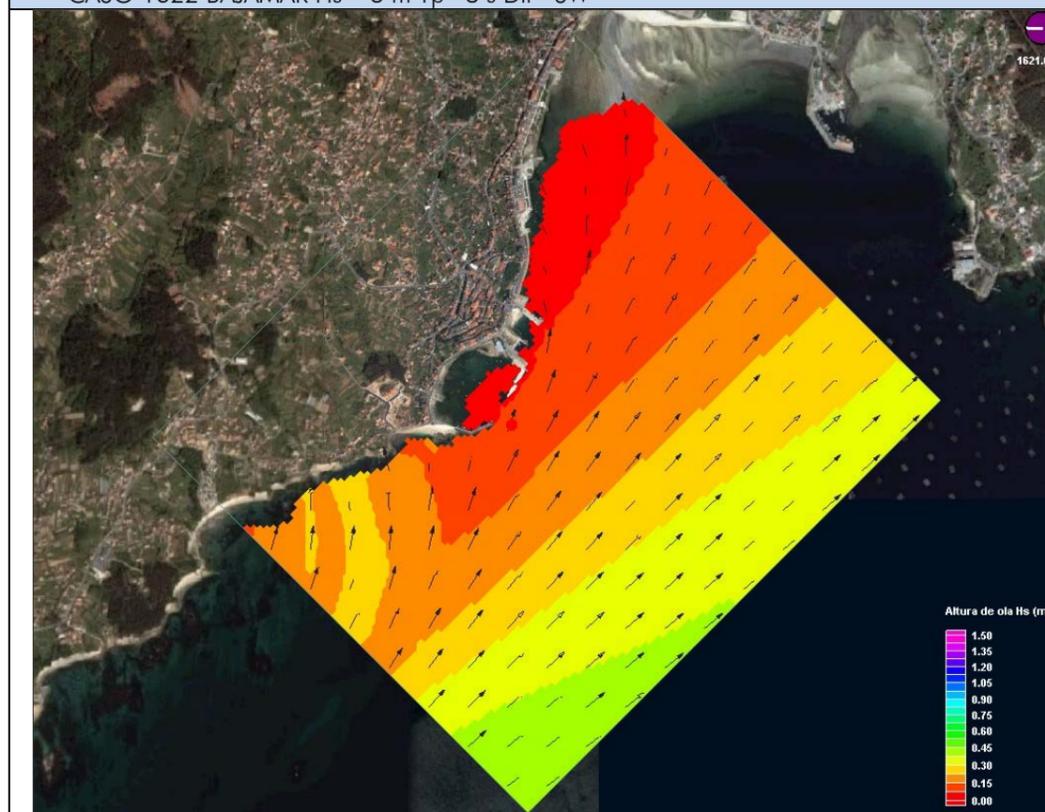
CASO 1611 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=SW



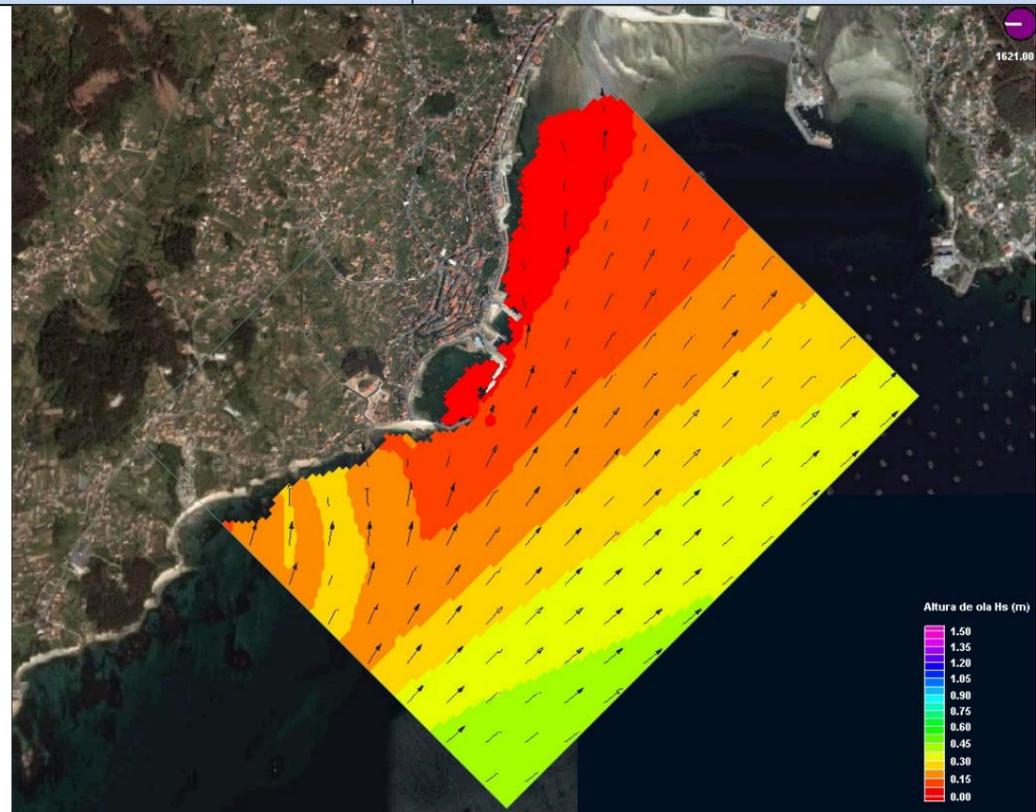
CASO 1545 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=WSW



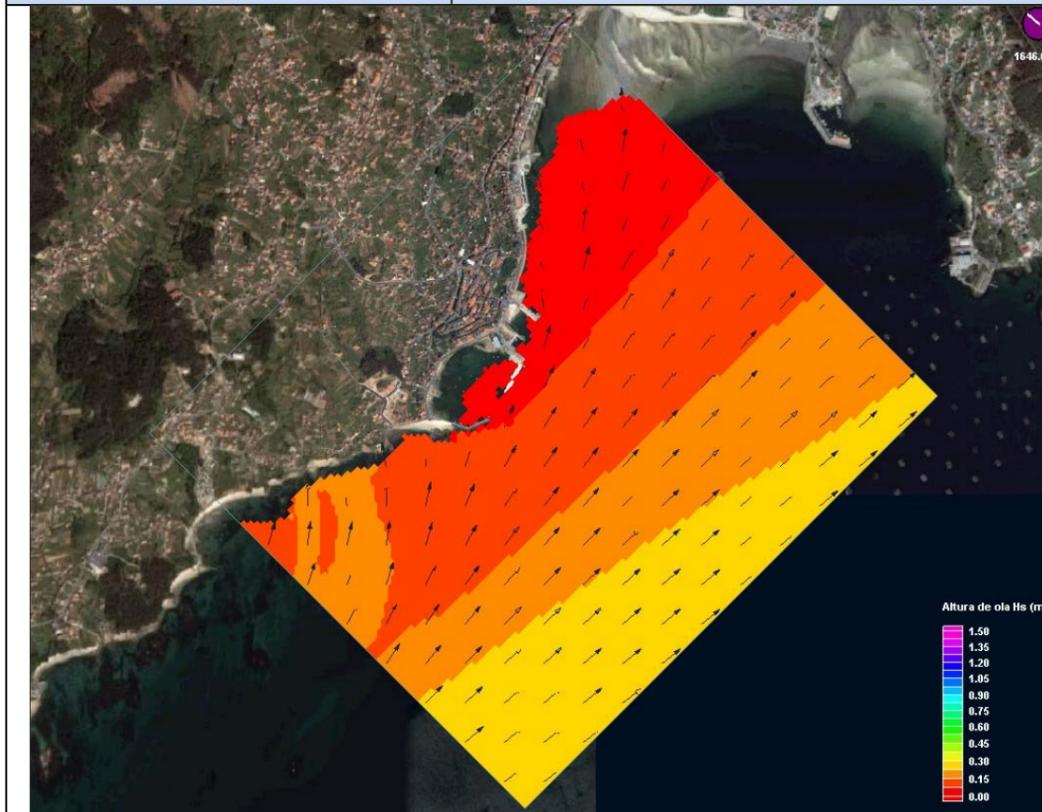
CASO 1622 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=SW



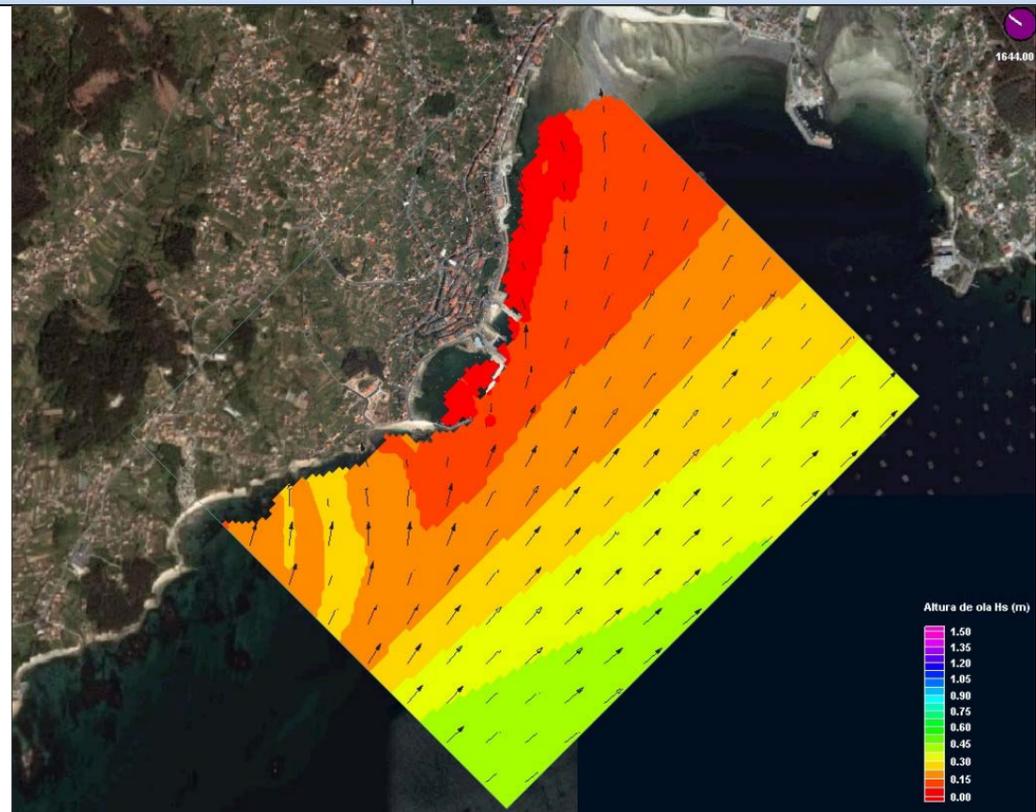
CASO 1634 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=SW



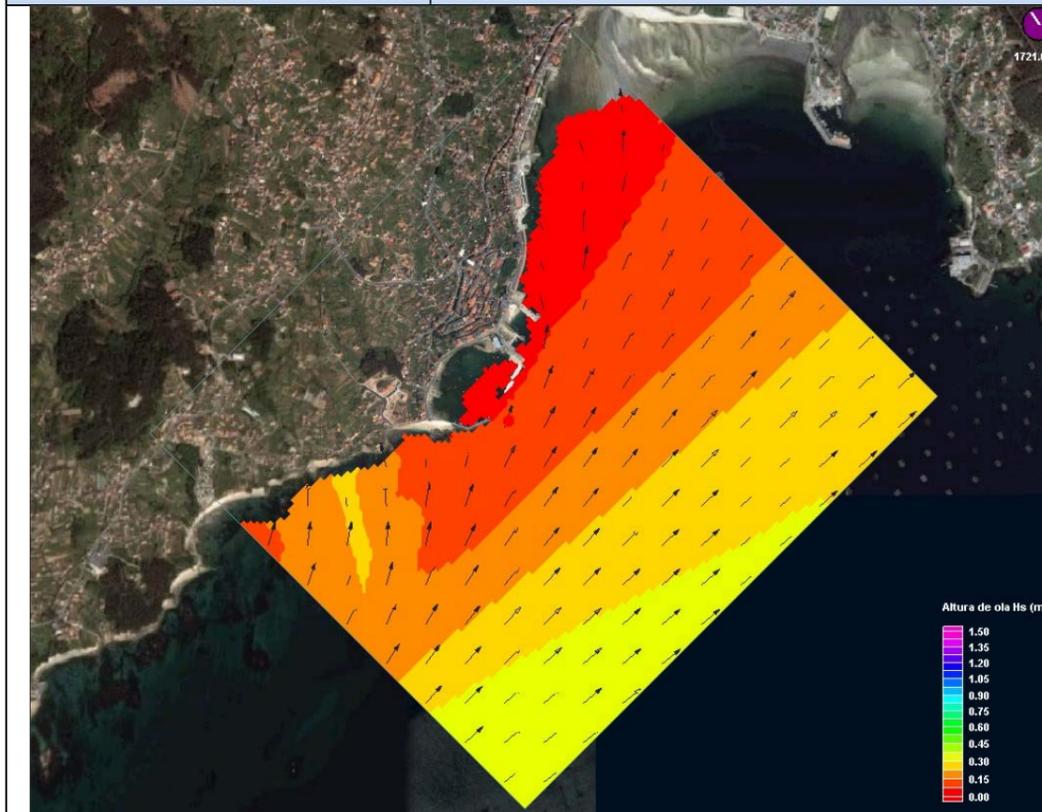
CASO 1711 BAJAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=SSW



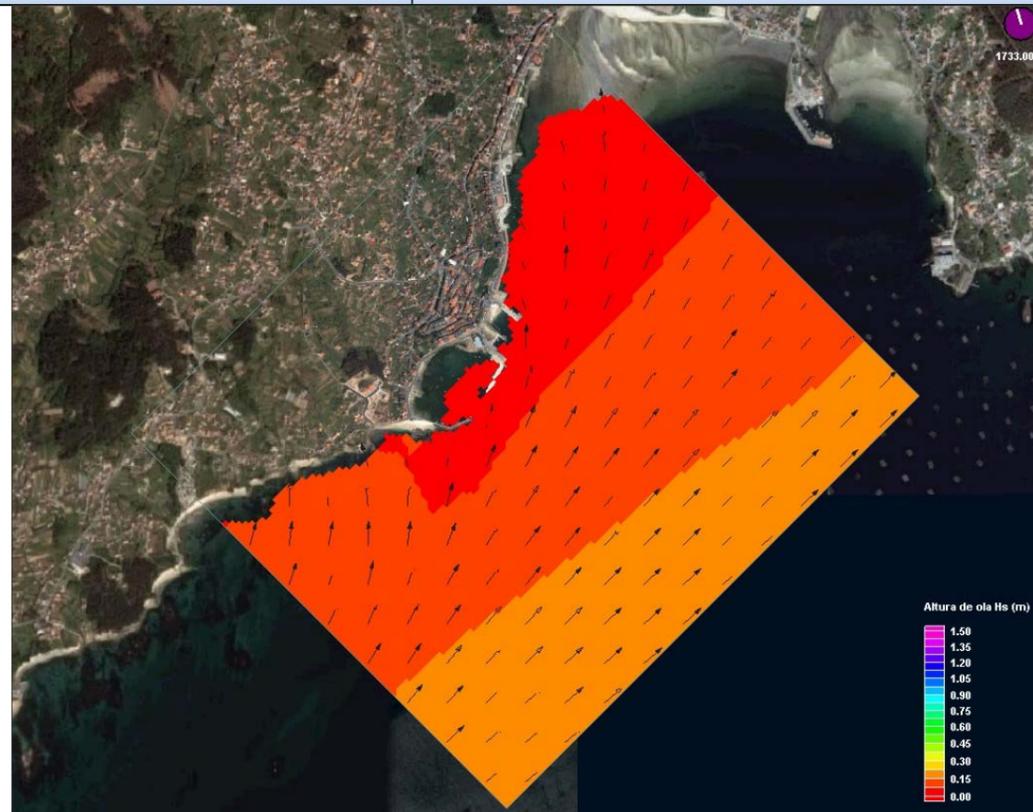
CASO 1645 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=SW



CASO 1722 BAJAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=SSW



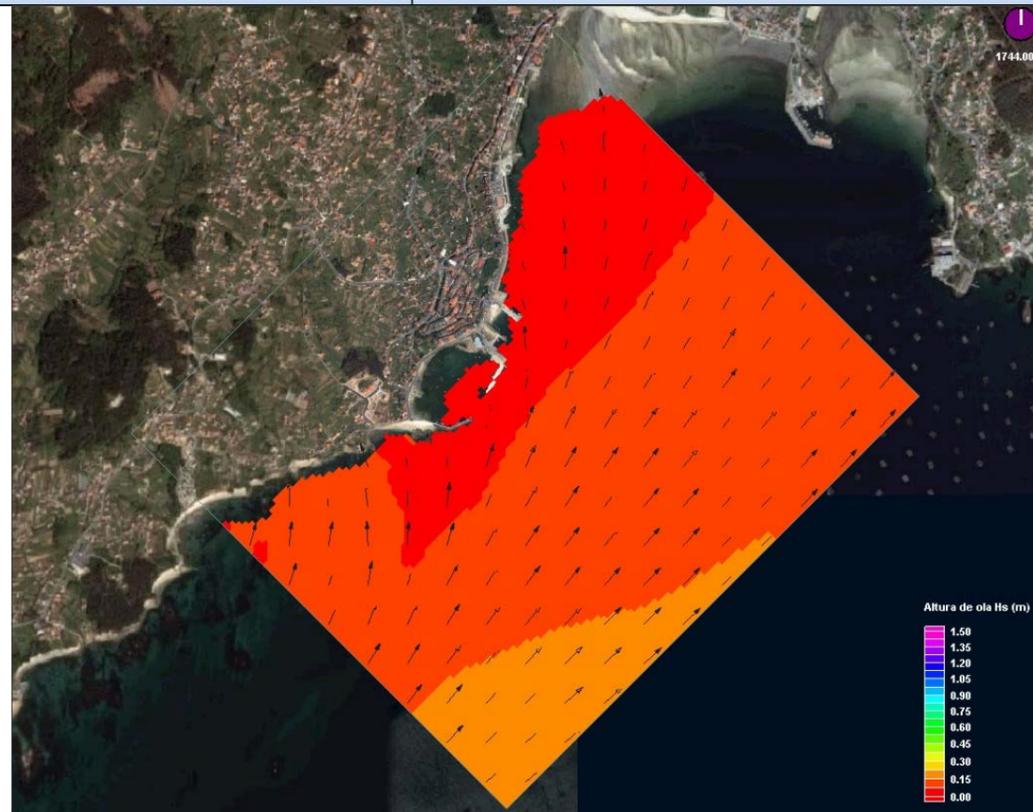
CASO 1734 BAJAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=SSW



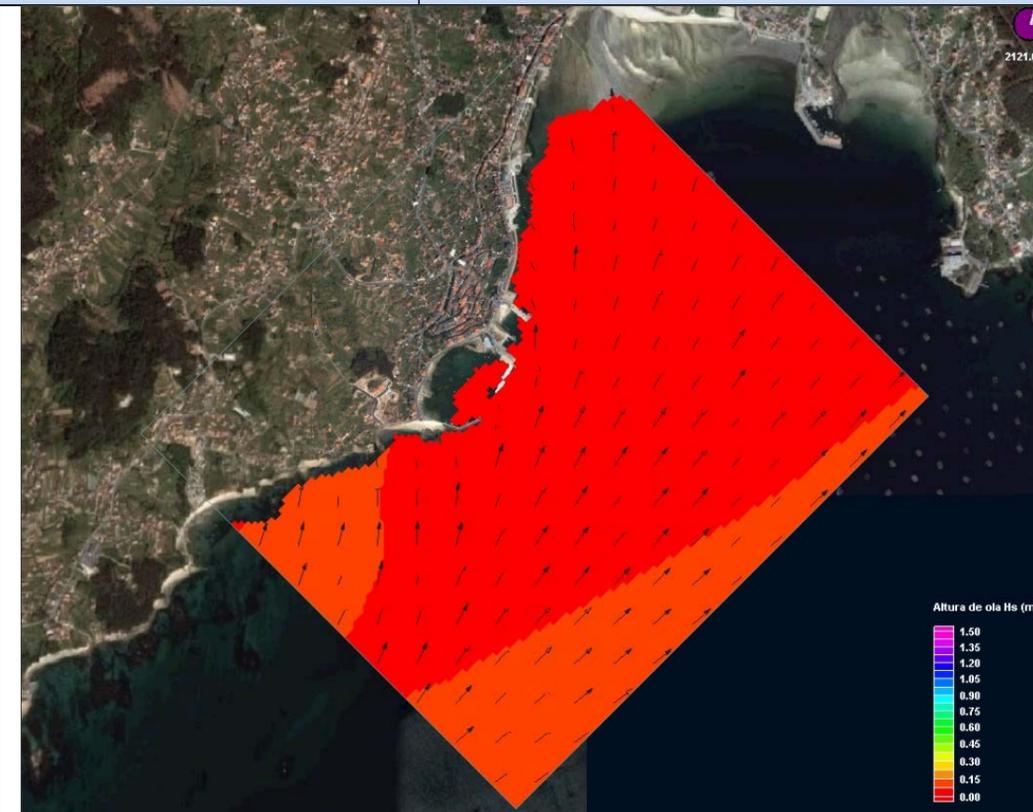
CASO 2111 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=NNW



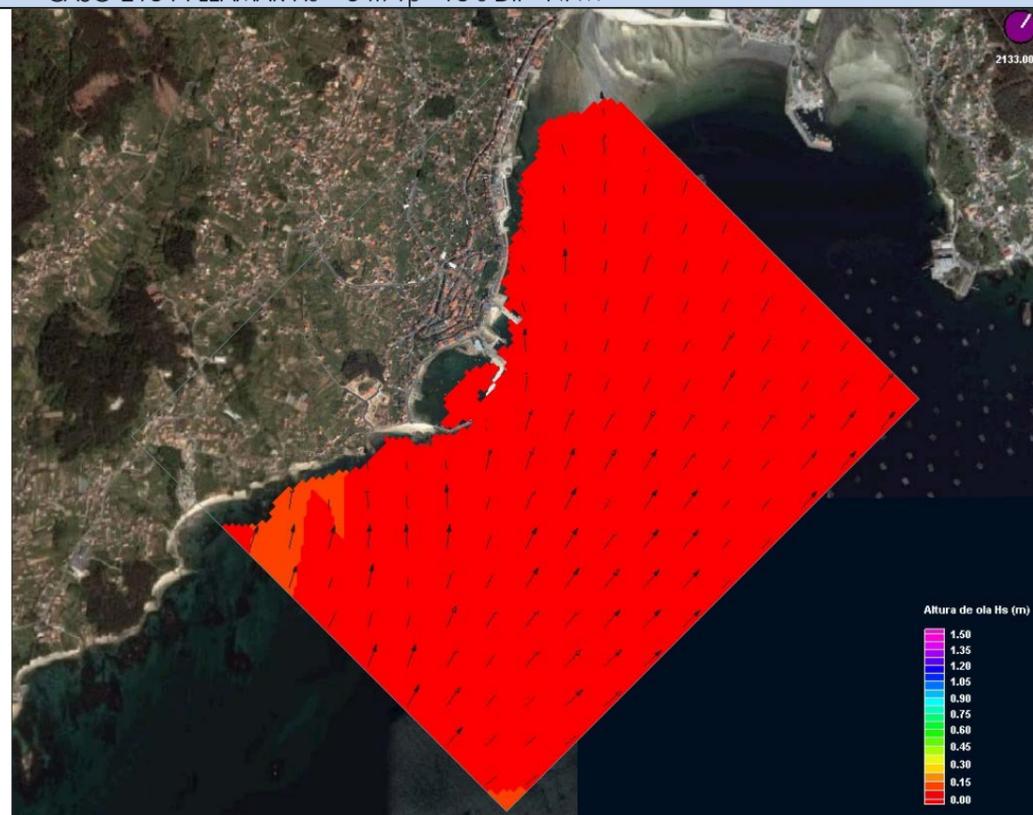
CASO 1745 BAJAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=SSW



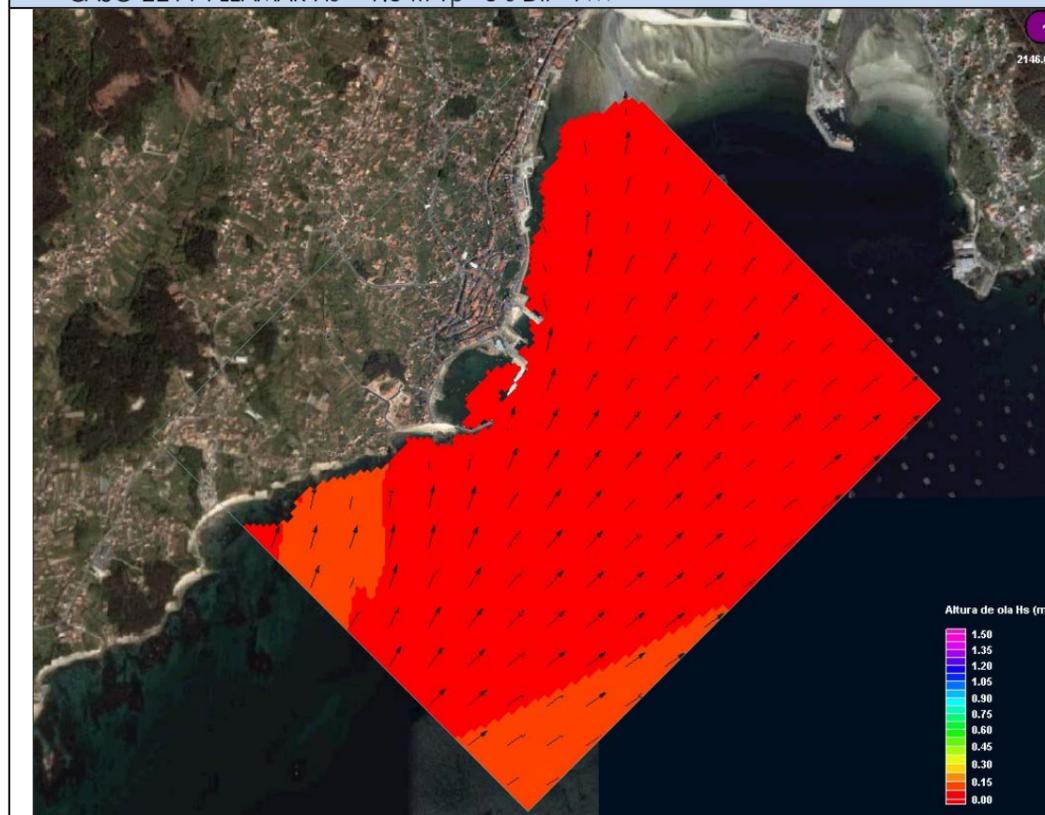
CASO 2122 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=NNW



CASO 2134 PLEAMAR  $H_s=5\text{ m}$   $T_p=13\text{ s}$  Dir=NNW



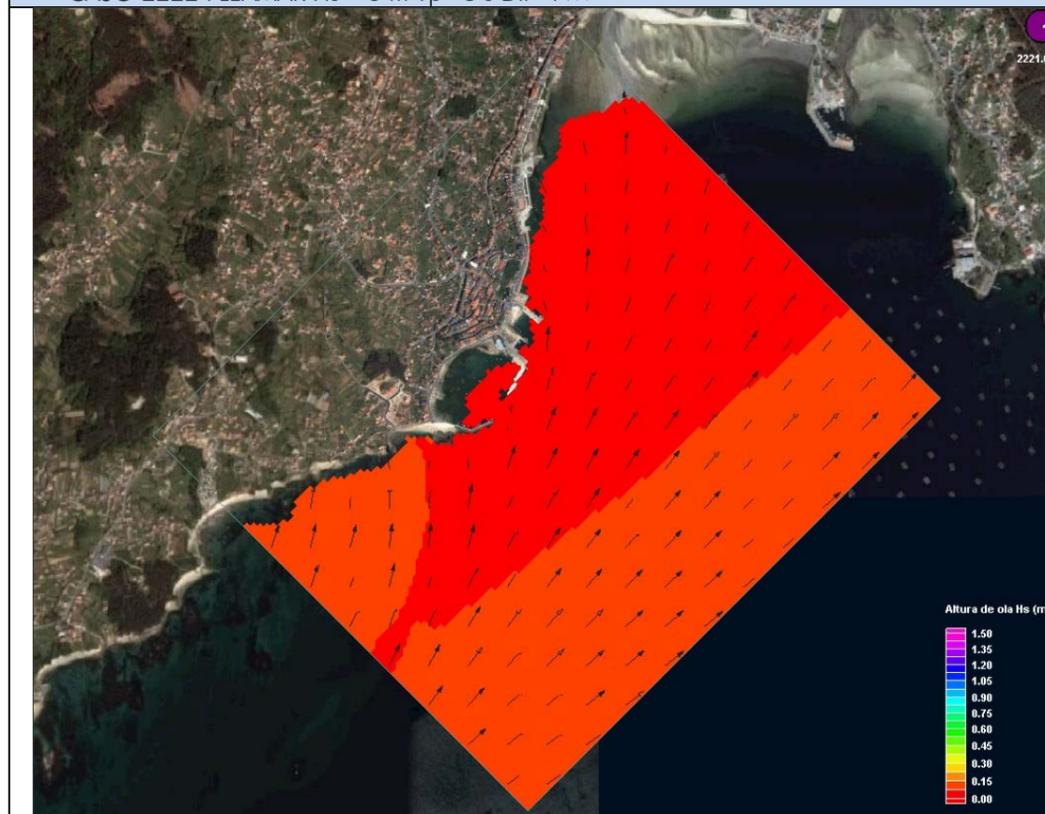
CASO 2211 PLEAMAR  $H_s=1.5\text{ m}$   $T_p=6\text{ s}$  Dir=NW



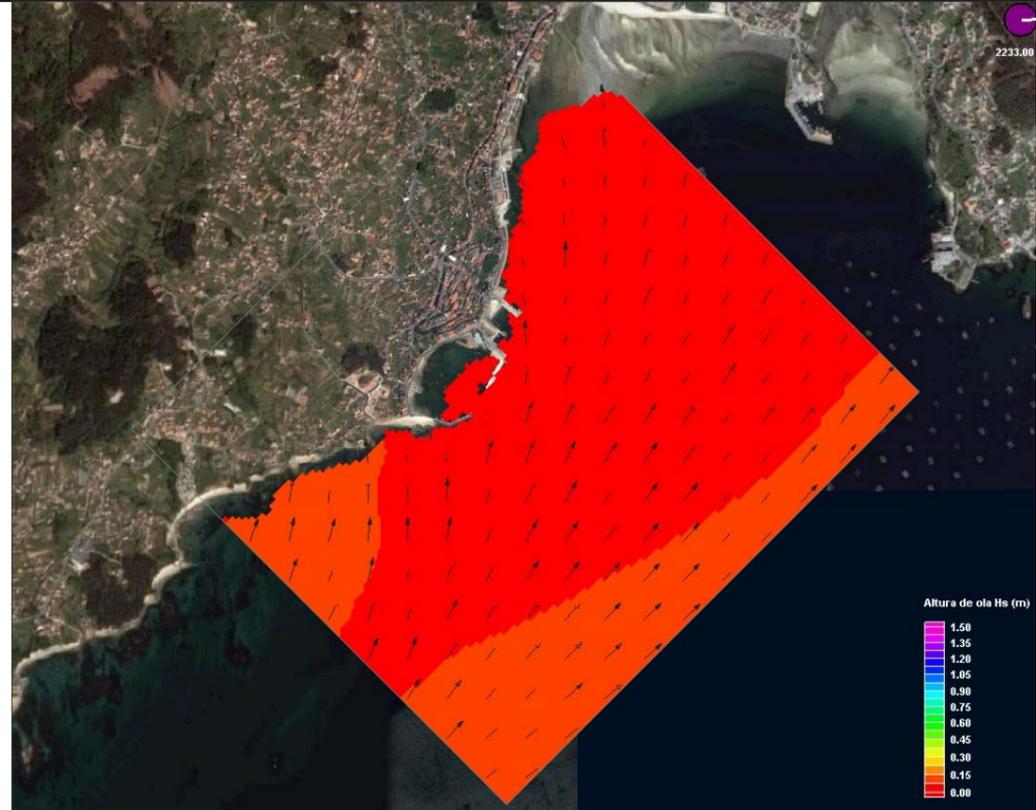
CASO 2145 PLEAMAR  $H_s=8\text{ m}$   $T_p=16\text{ s}$  Dir=NNW



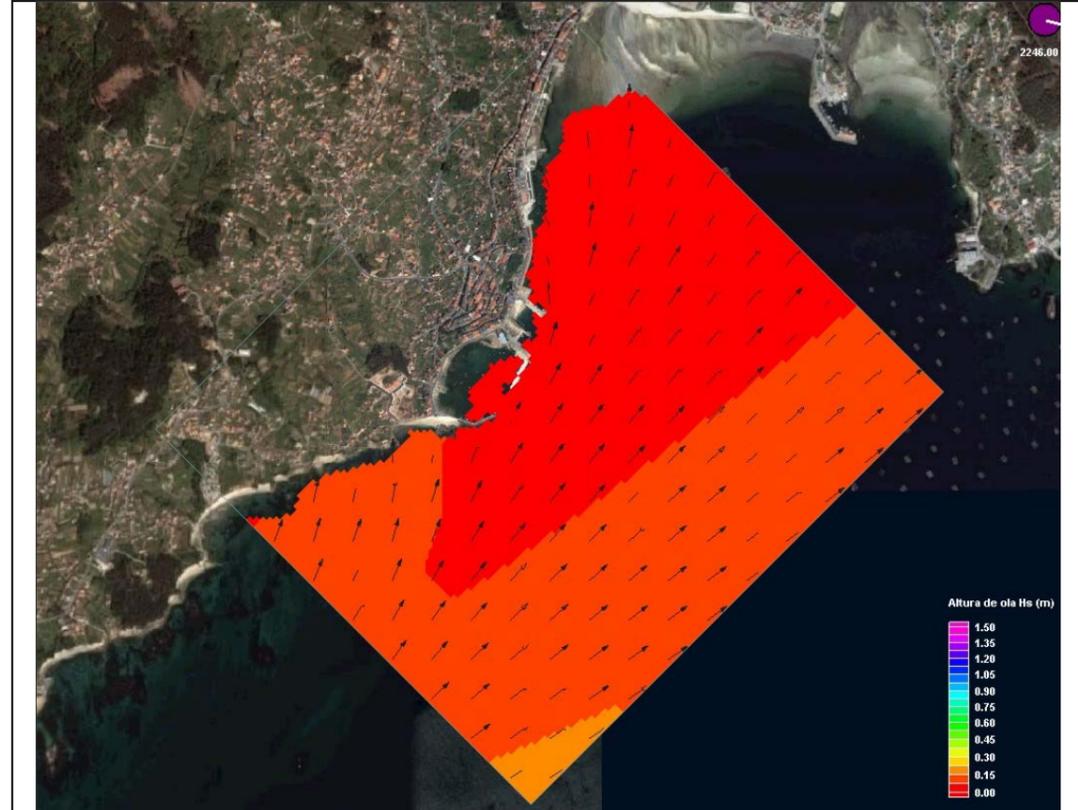
CASO 2222 PLEAMAR  $H_s=3\text{ m}$   $T_p=8\text{ s}$  Dir=NW



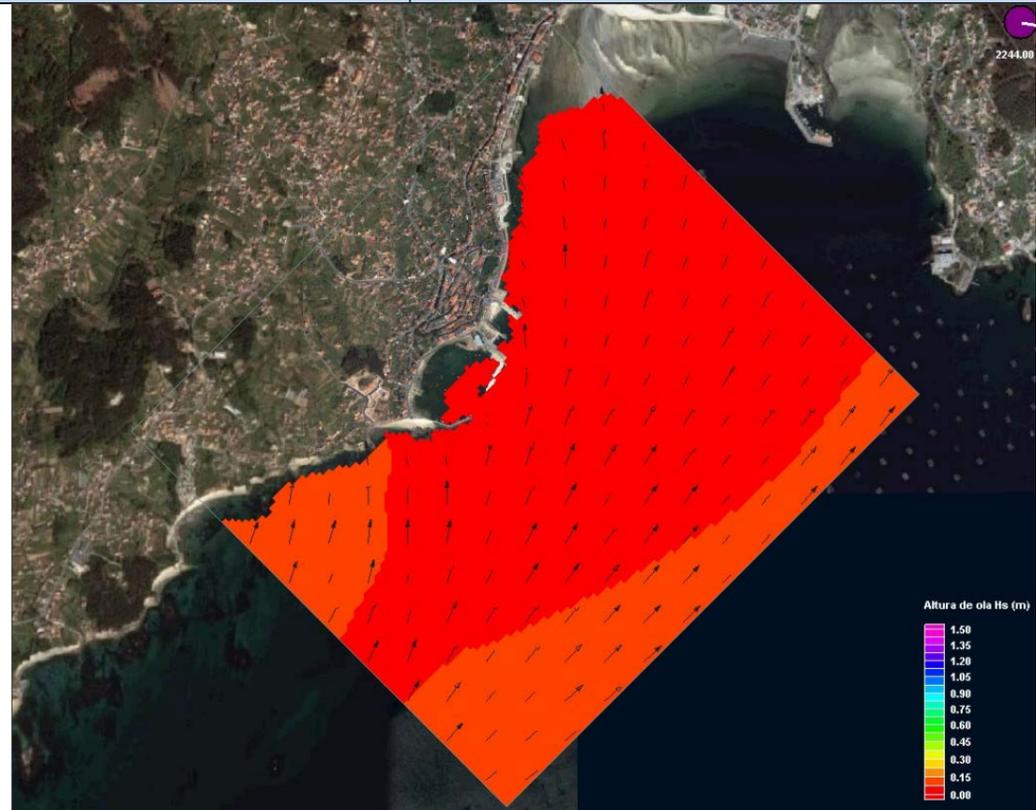
CASO 2234 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=NW



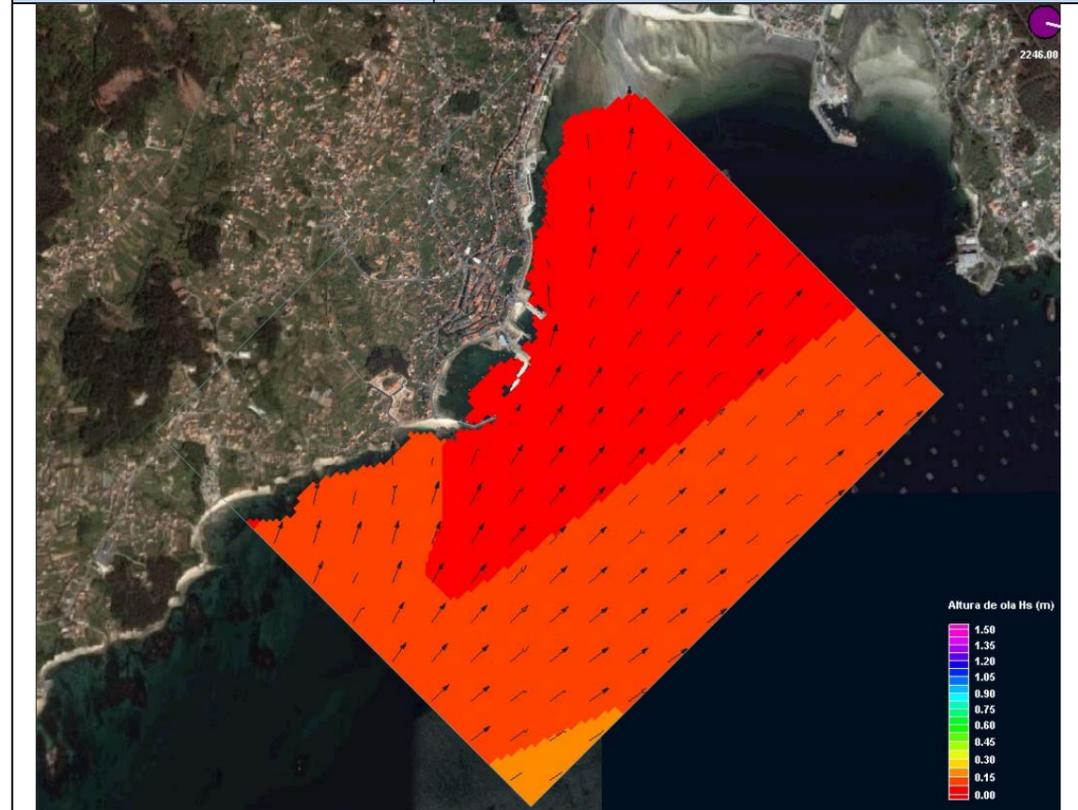
CASO 2311 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=WNW



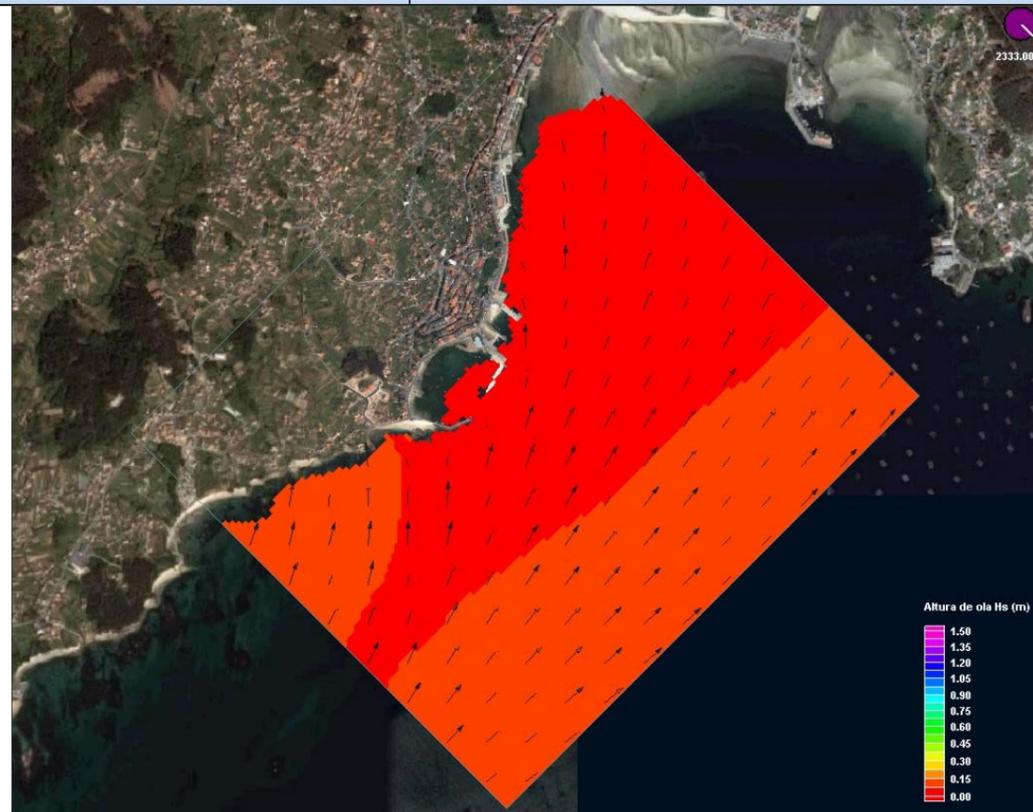
CASO 2245 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=NW



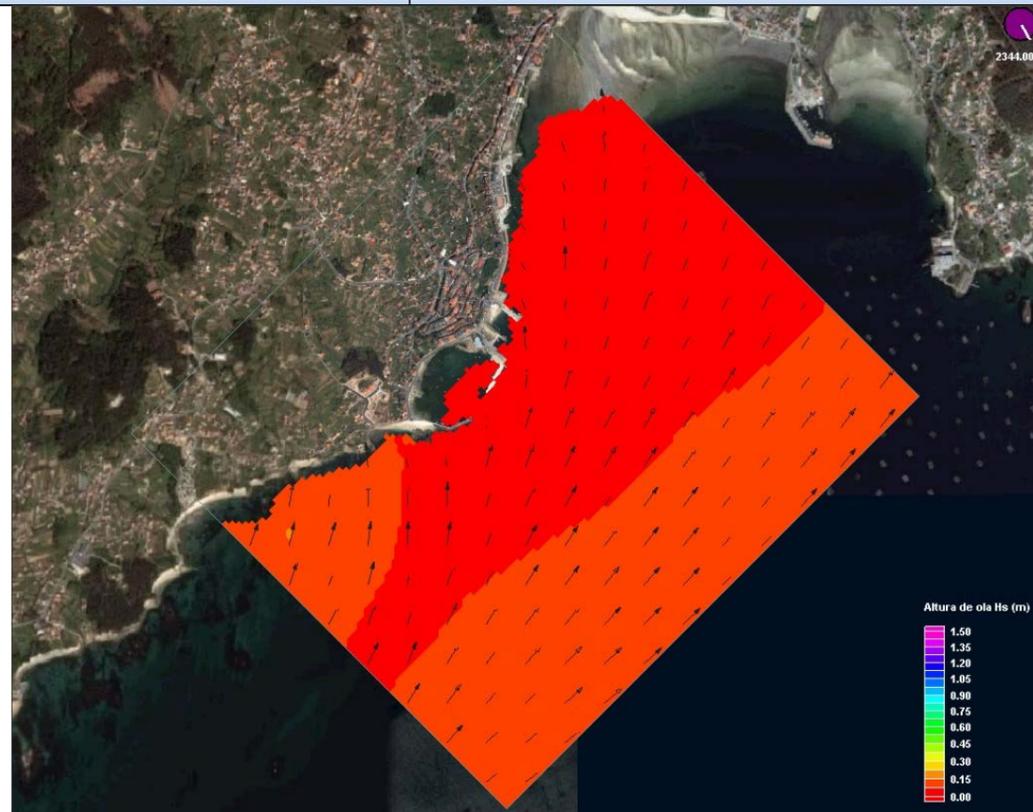
CASO 2322 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=WNW



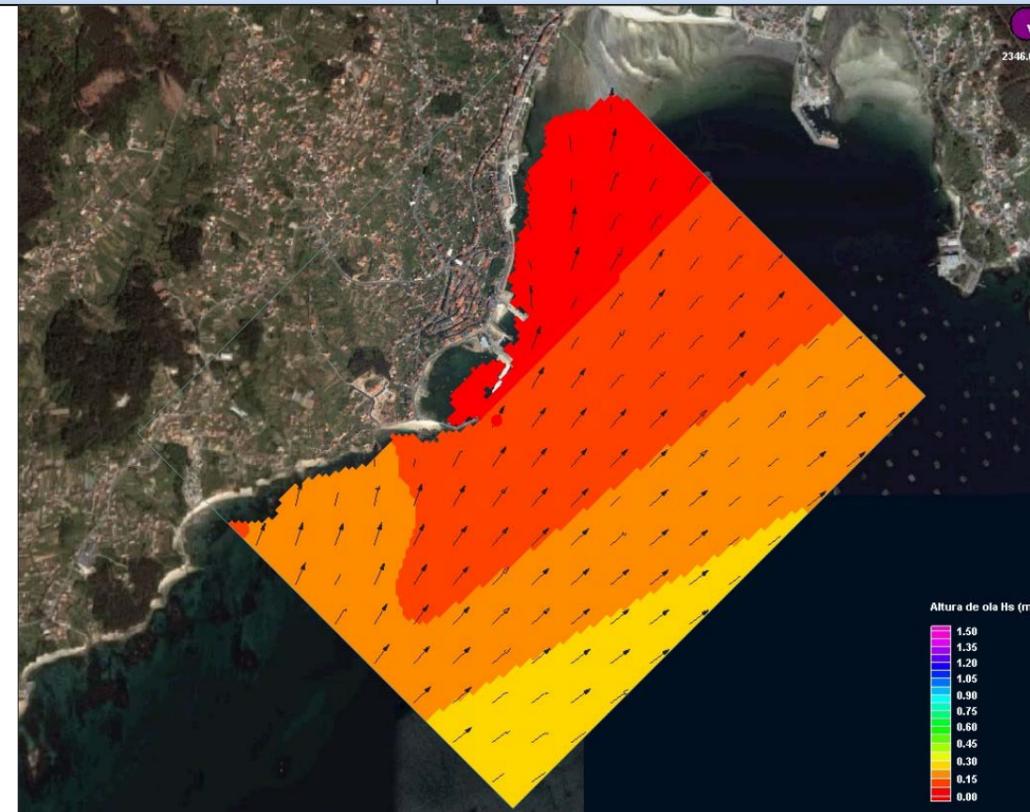
CASO 2334 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=WNW



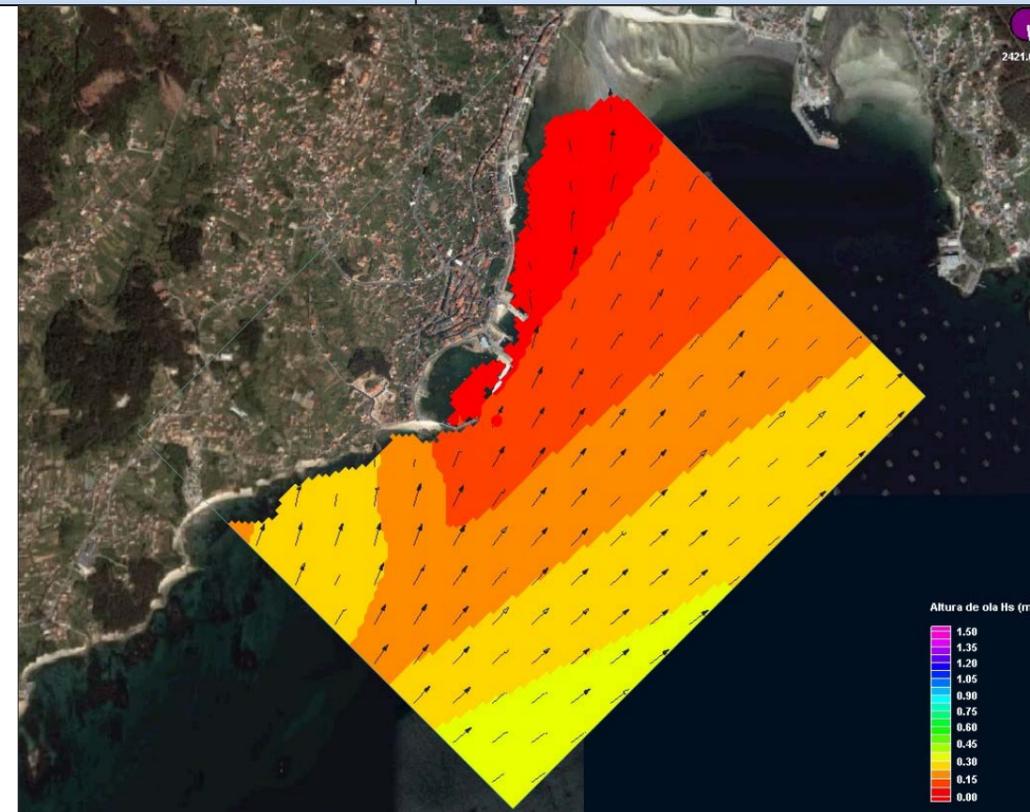
CASO 2345 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=WNW



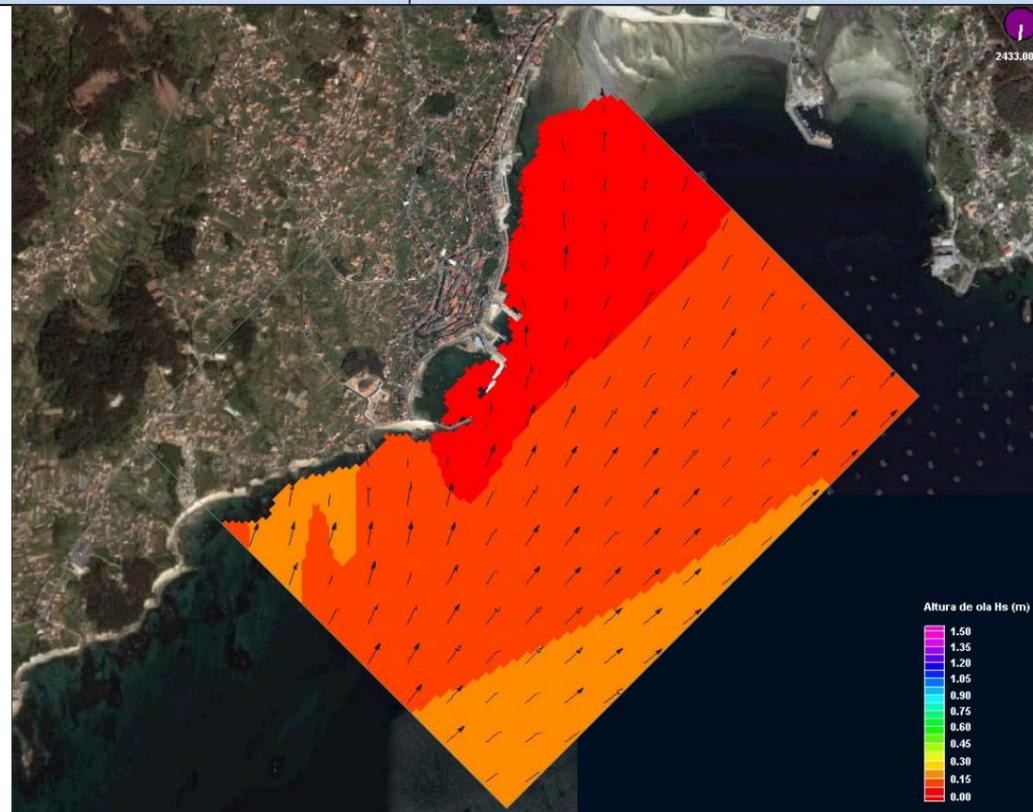
CASO 2411 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=W



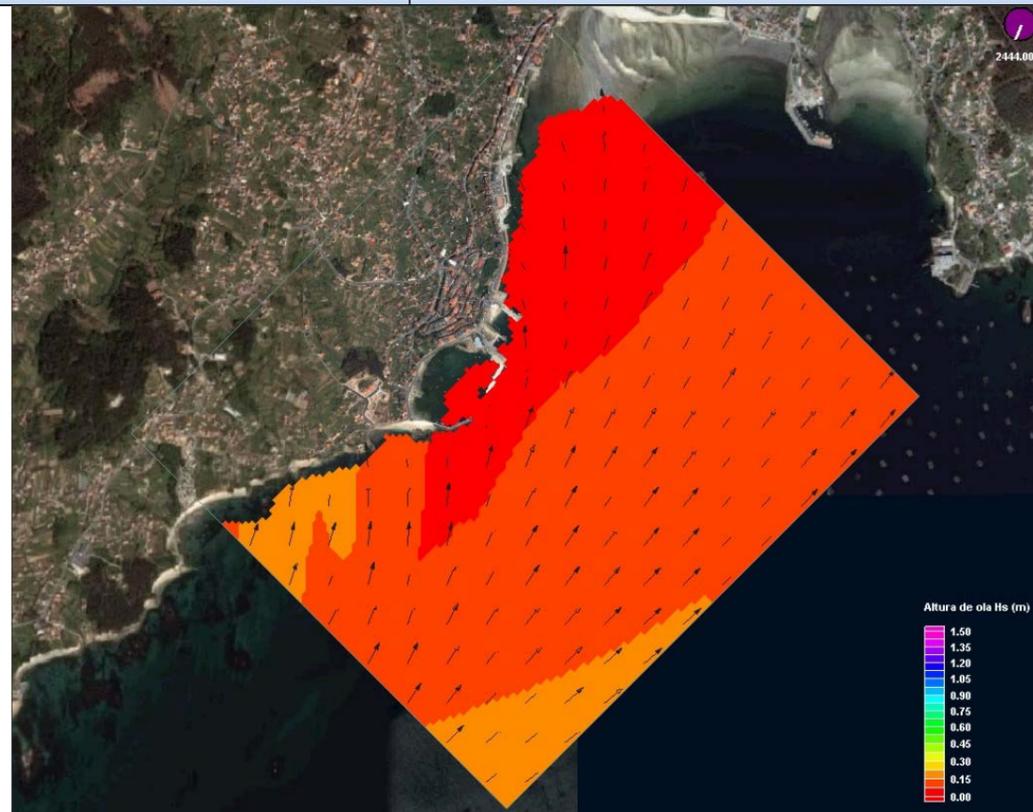
CASO 2422 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=W



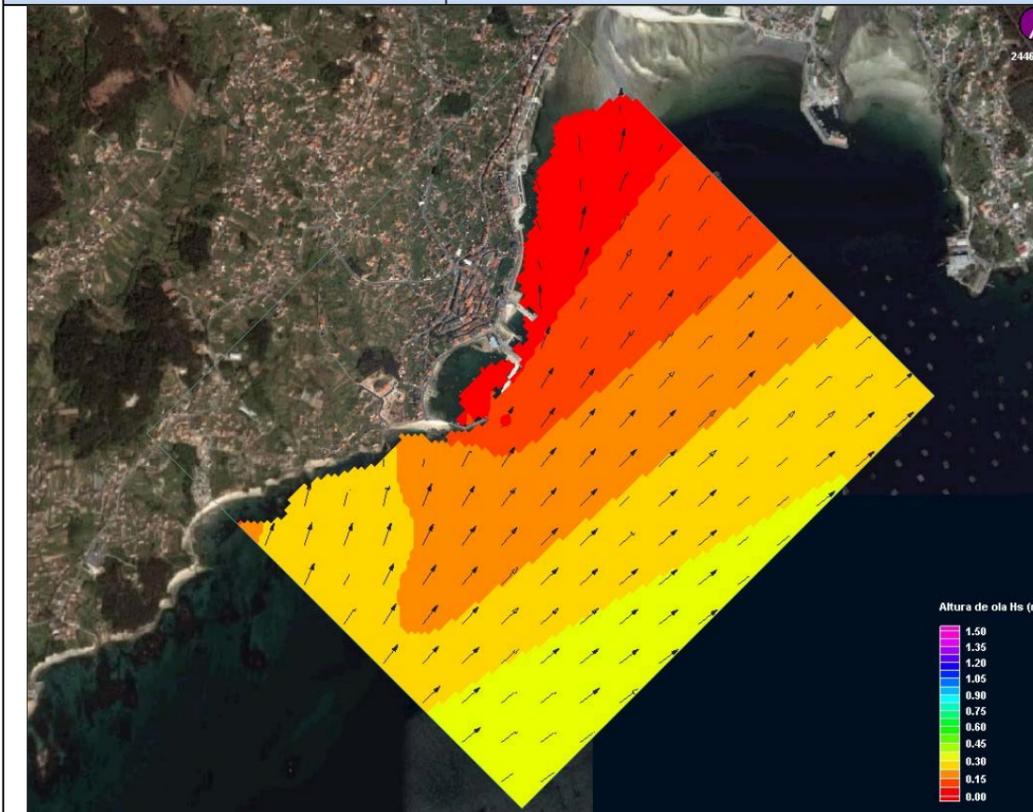
CASO 2434 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=W



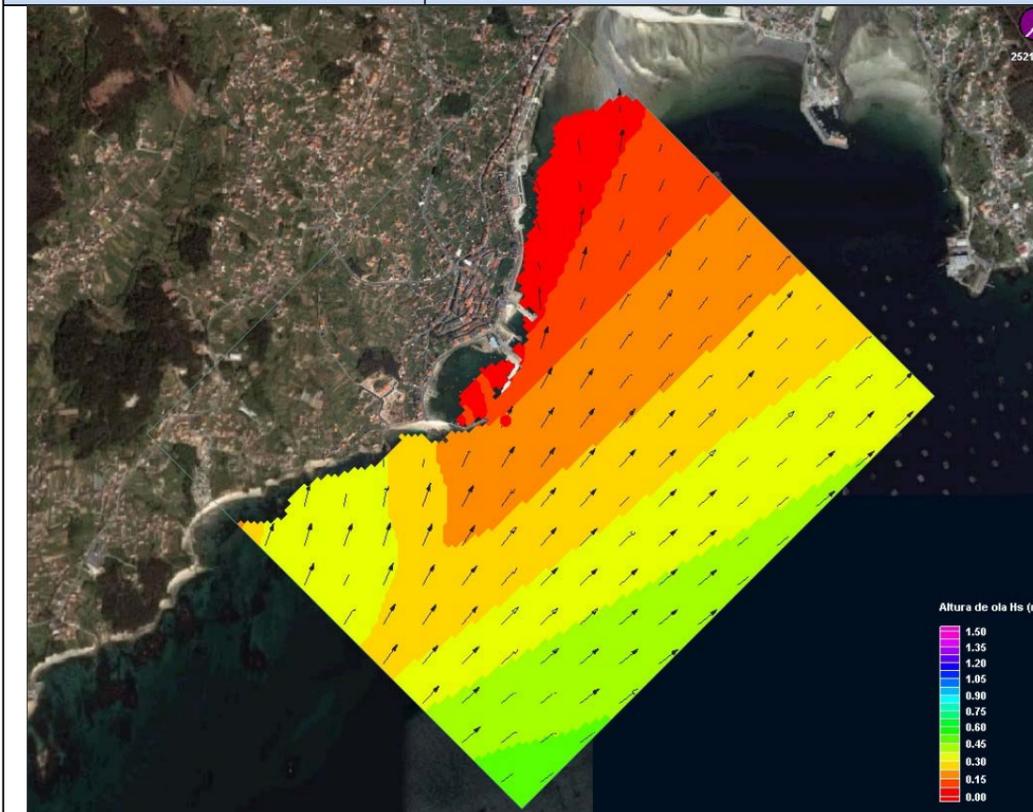
CASO 2445 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=W



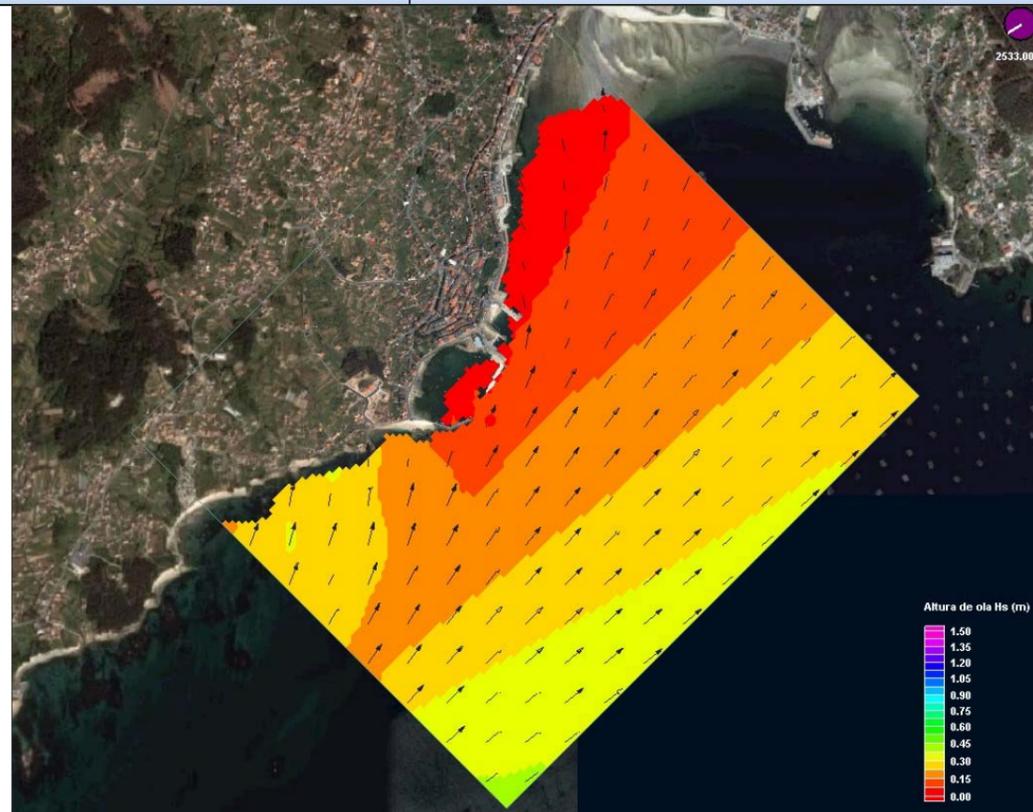
CASO 2511 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=WSW



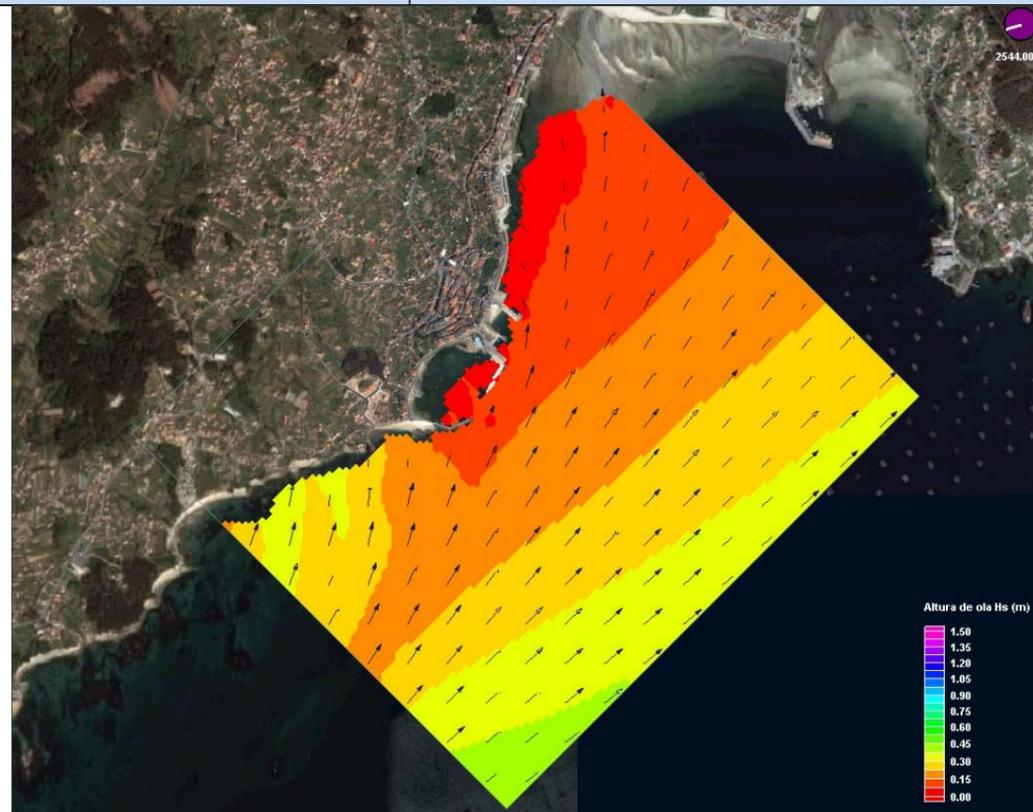
CASO 2522 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=WSW



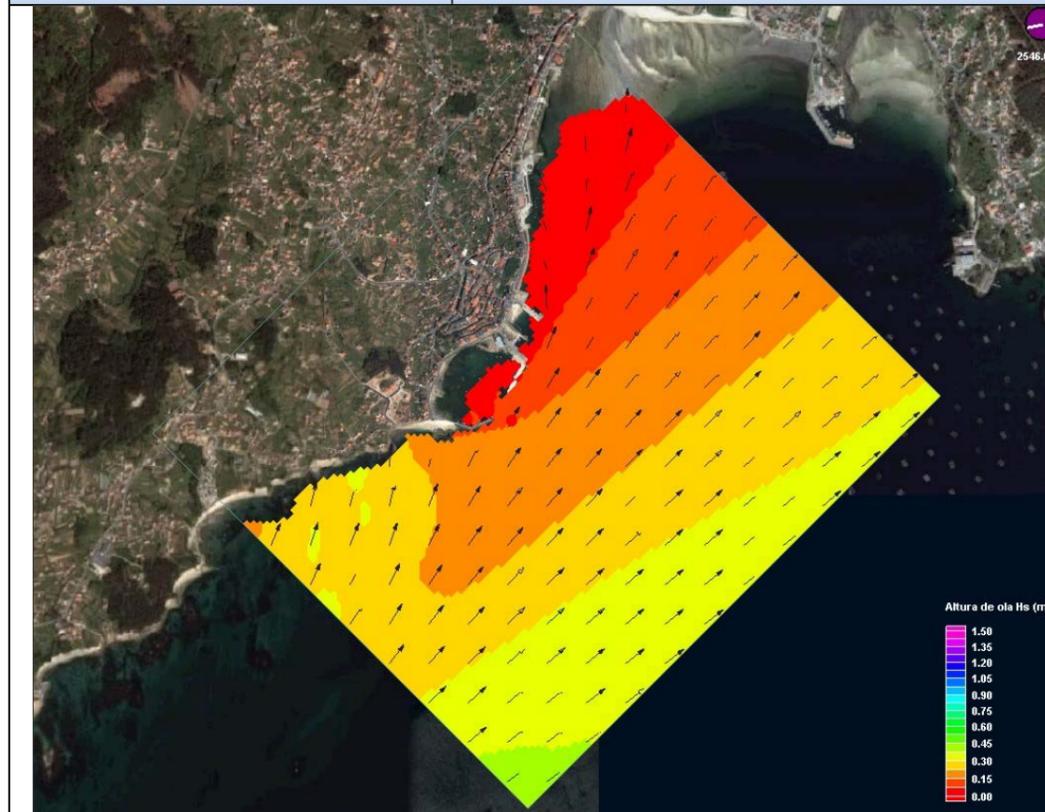
CASO 2534 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=WSW



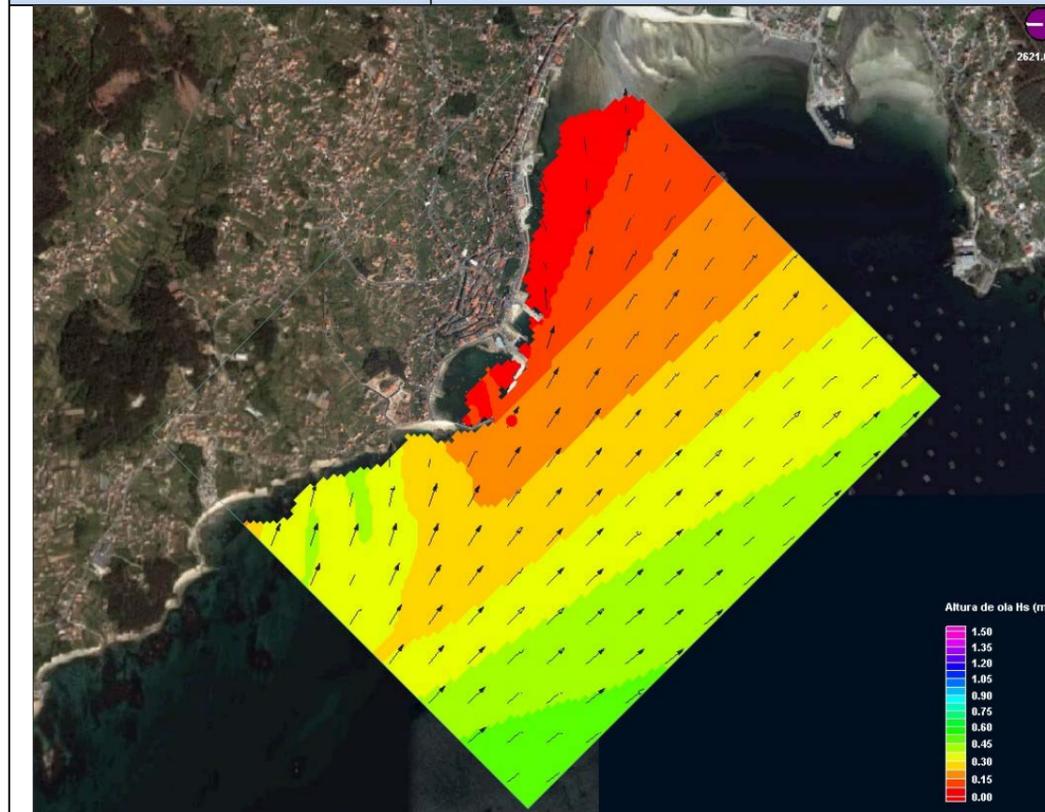
CASO 2545 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=WSW



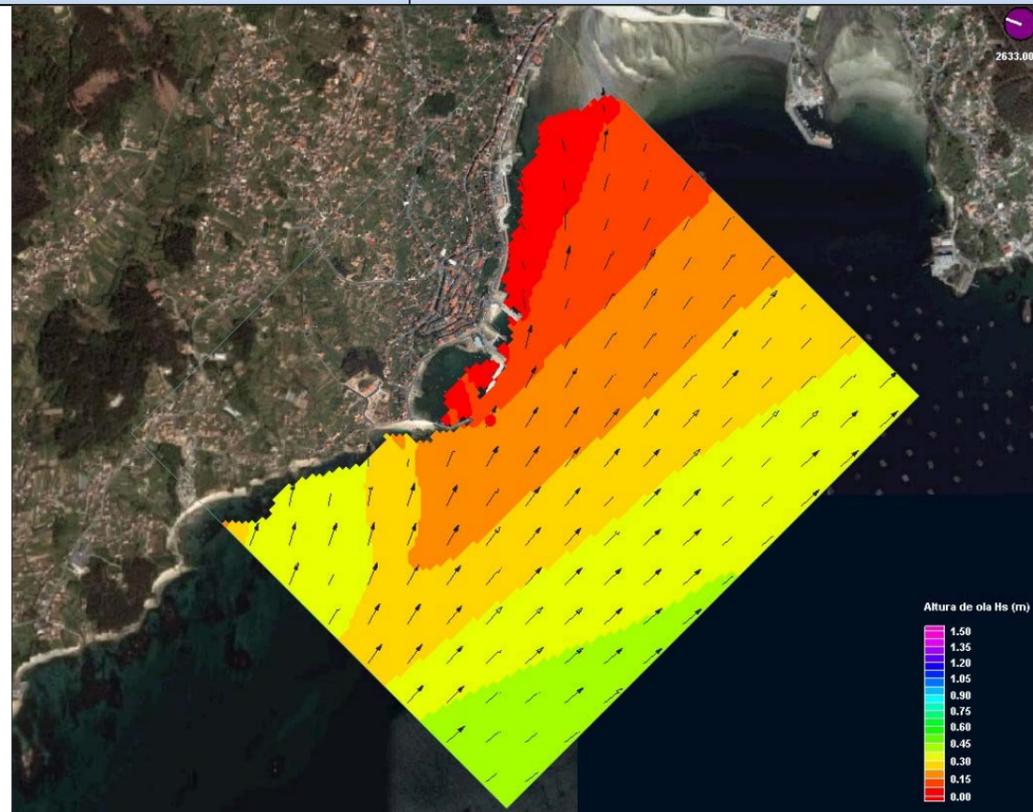
CASO 2611 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=SW



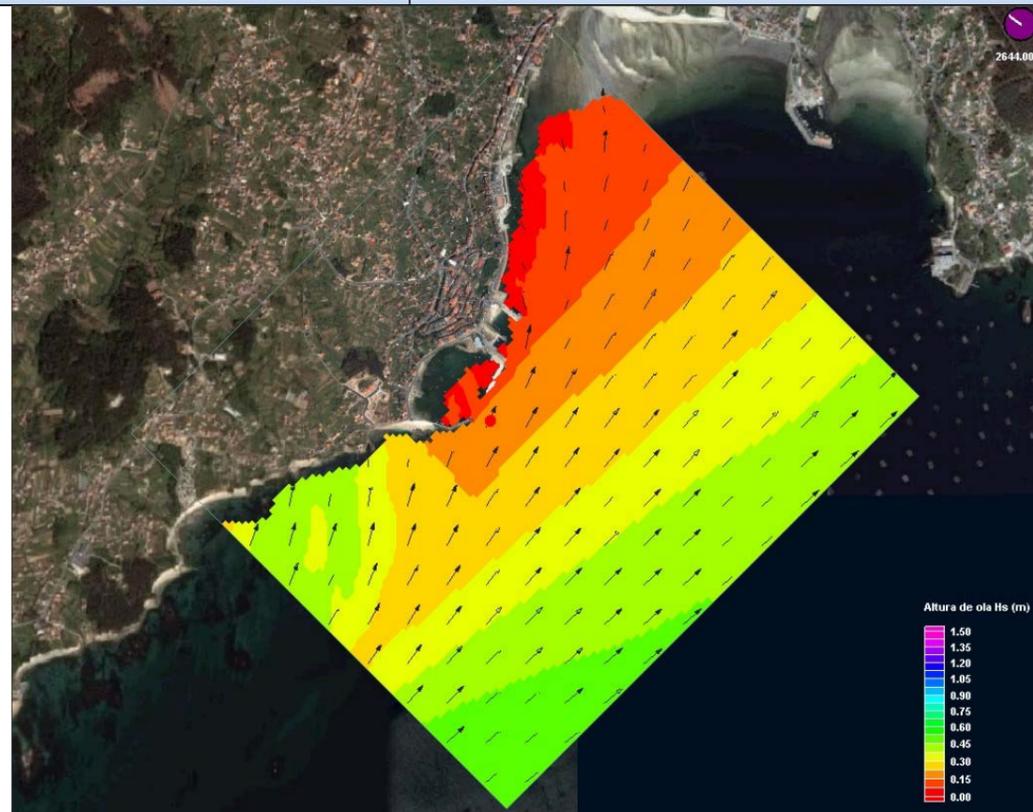
CASO 2622 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=SW



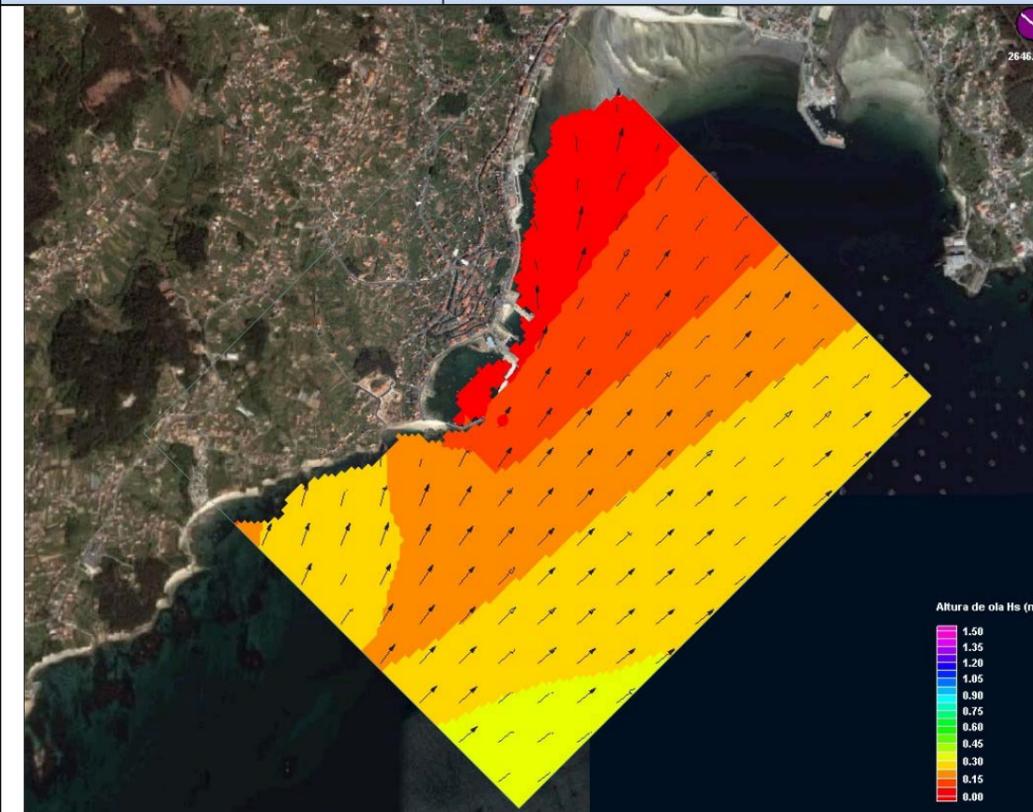
CASO 2634 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=SW



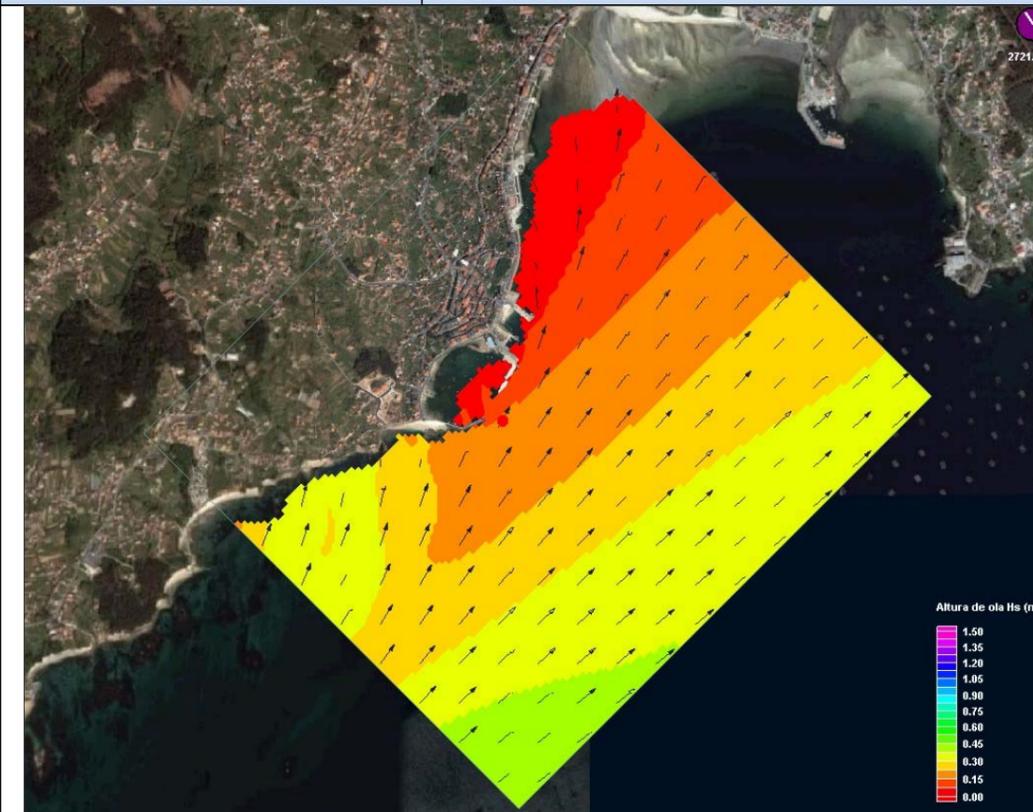
CASO 2645 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=SW



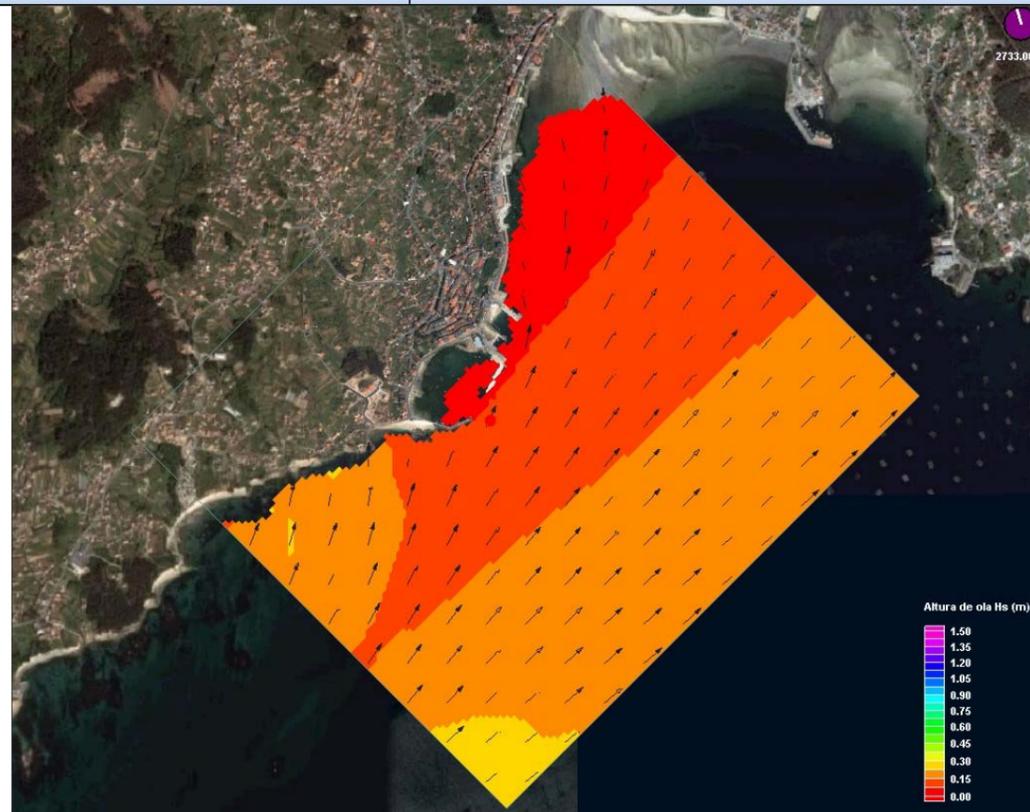
CASO 2711 PLEAMAR Hs= 1.5 m Tp=6 s Dir=SSW



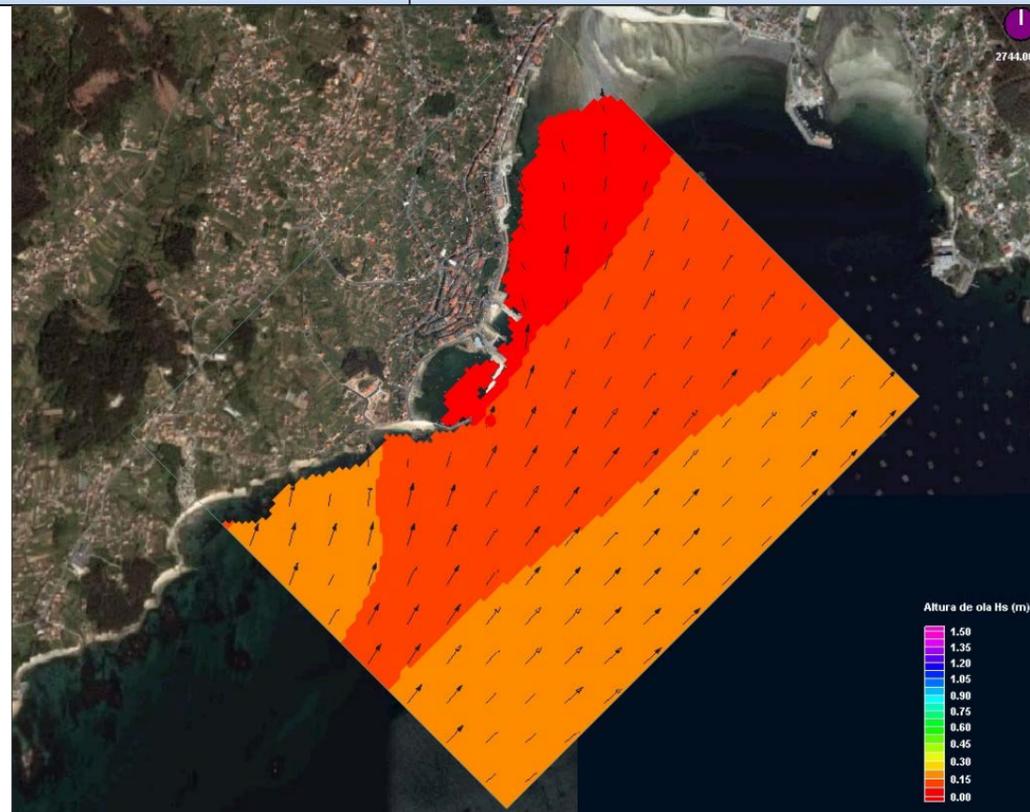
CASO 2722 PLEAMAR Hs= 3 m Tp=8 s Dir=SSW



CASO 2734 PLEAMAR Hs= 5 m Tp=13 s Dir=SSW



CASO 2745 PLEAMAR Hs= 8 m Tp=16 s Dir=SSW



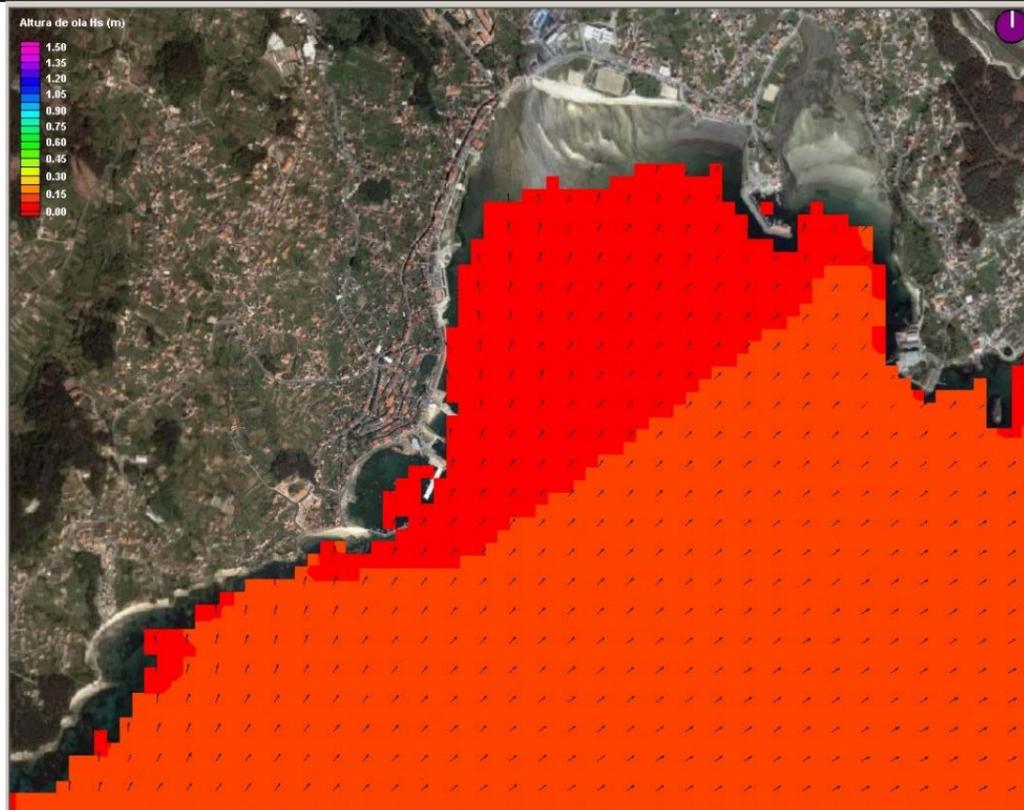
## 6.2 CAMPOS DEL OLAJE DE VIENTO

Para poder extraer conclusiones se presenta la imagen de detalle de todas las direcciones de viento utilizadas. Las figuras adjuntas se corresponden al oleaje generado por los siguientes casos de viento:

Dirección	Velocidad del Viento (m/s)	Nivel mar
SW	5	1,3
	20	
SSW	5	1,3
	20	
S	5	1,3
	20	
SSE	5	1,3
	20	
SE	5	1,3
	20	
ESE	5	1,3
	20	
E	5	1,3
	20	
ENE	5	1,3
	20	

Tabla 8 Tabla de casos característicos de oleaje de viento representados

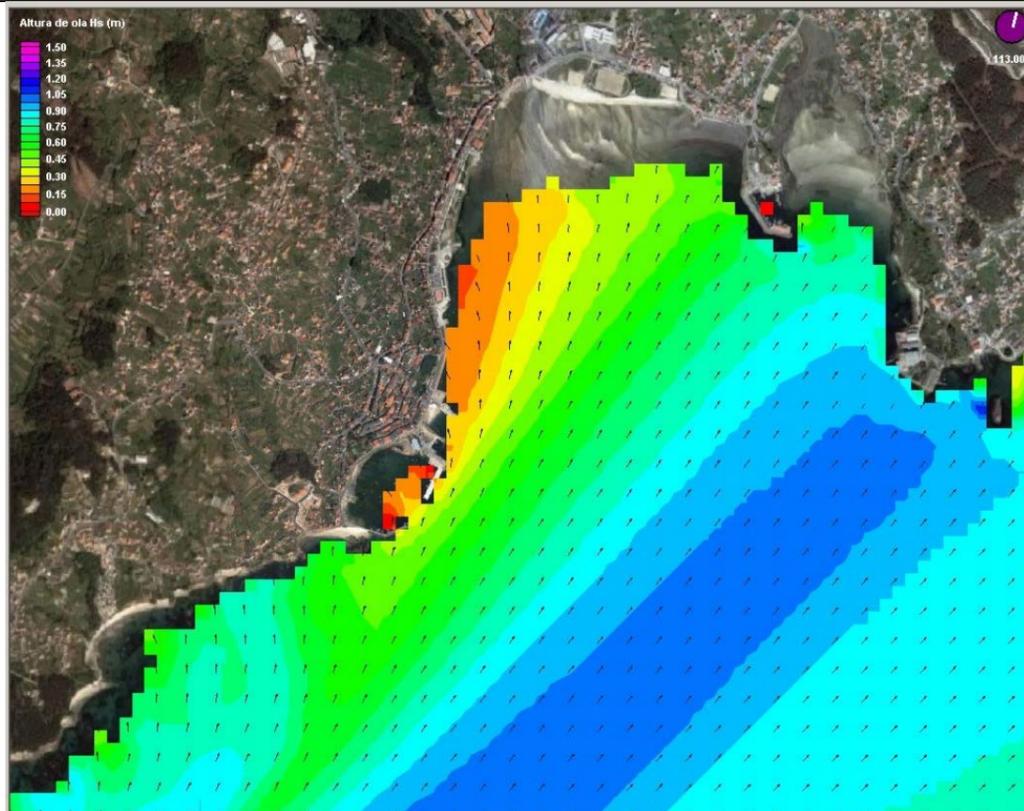
CASO 111 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SW



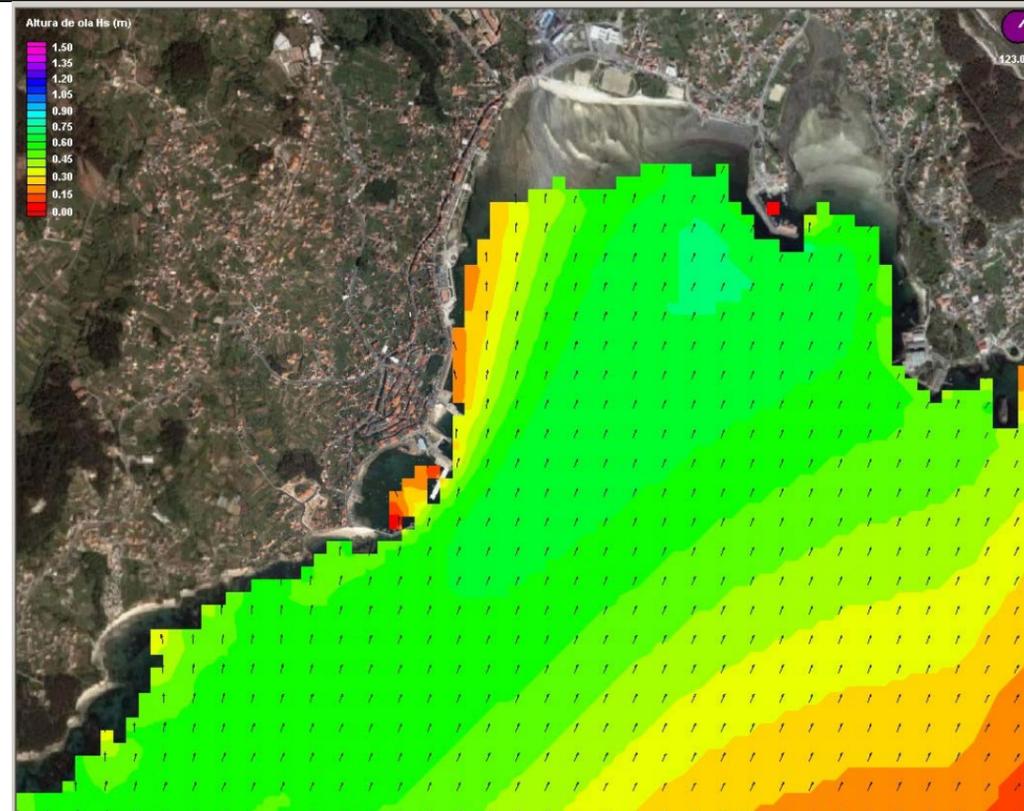
CASO 121 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SSW

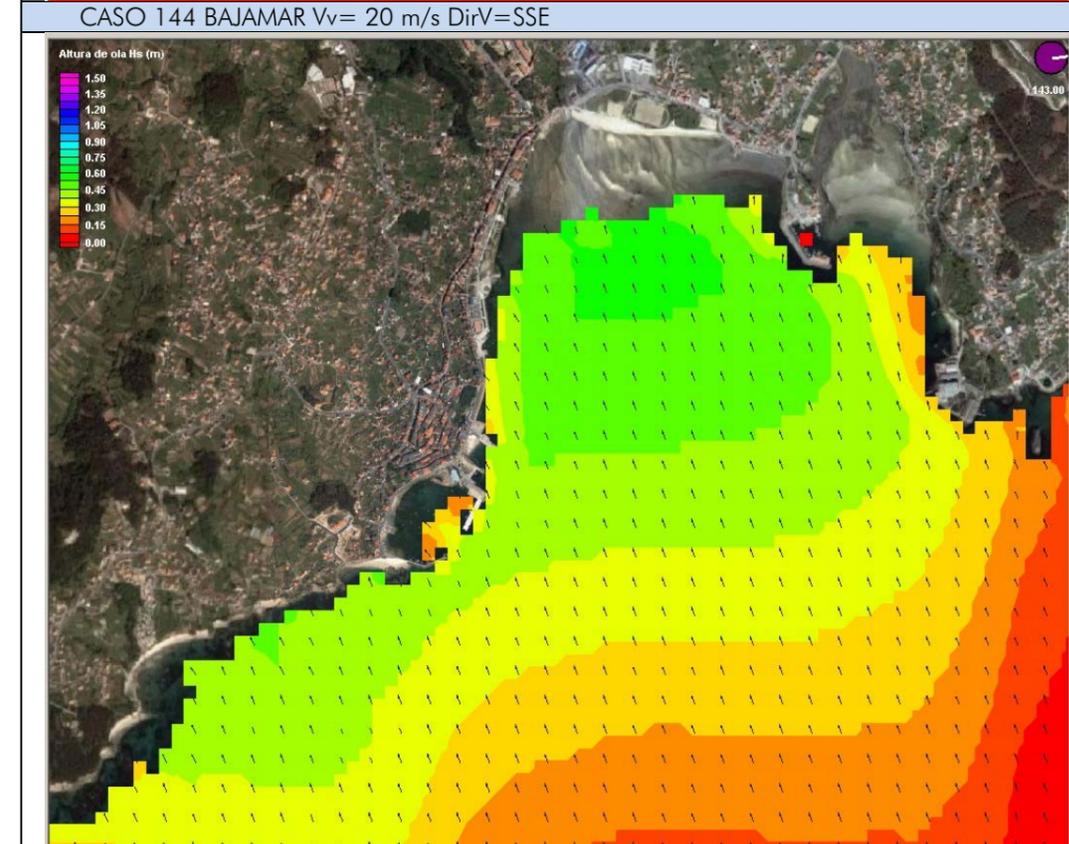
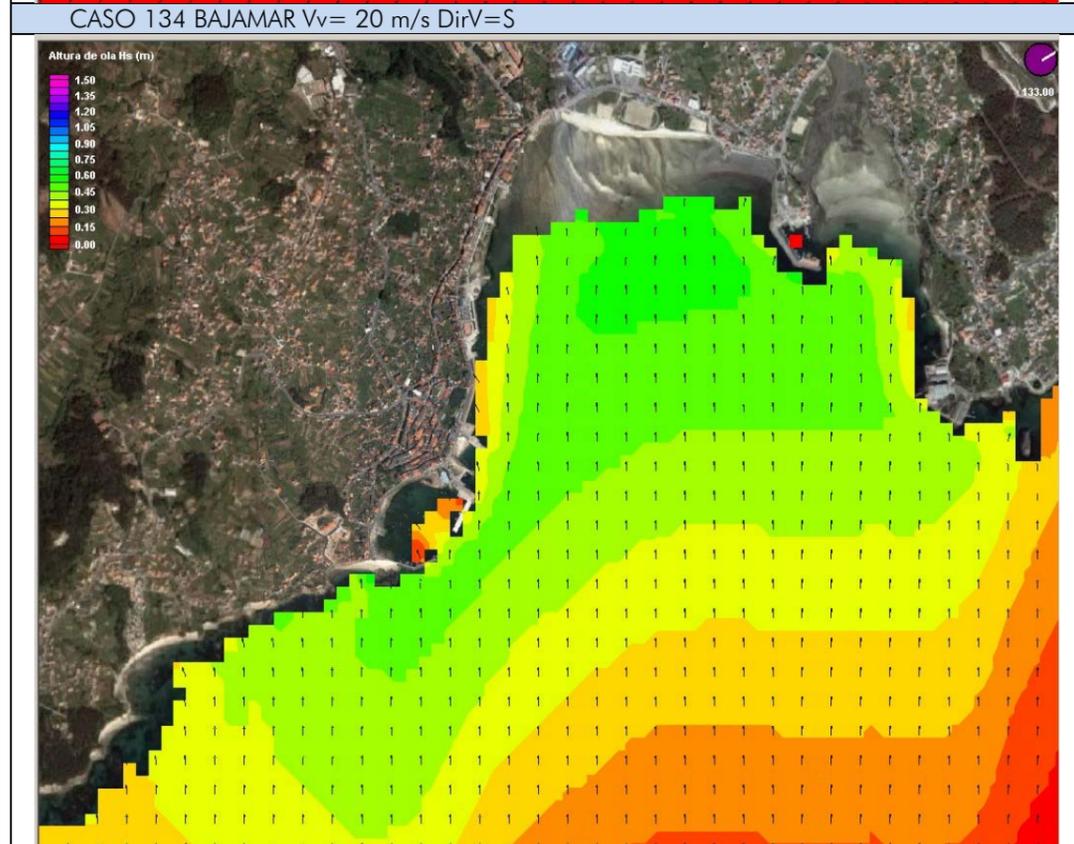
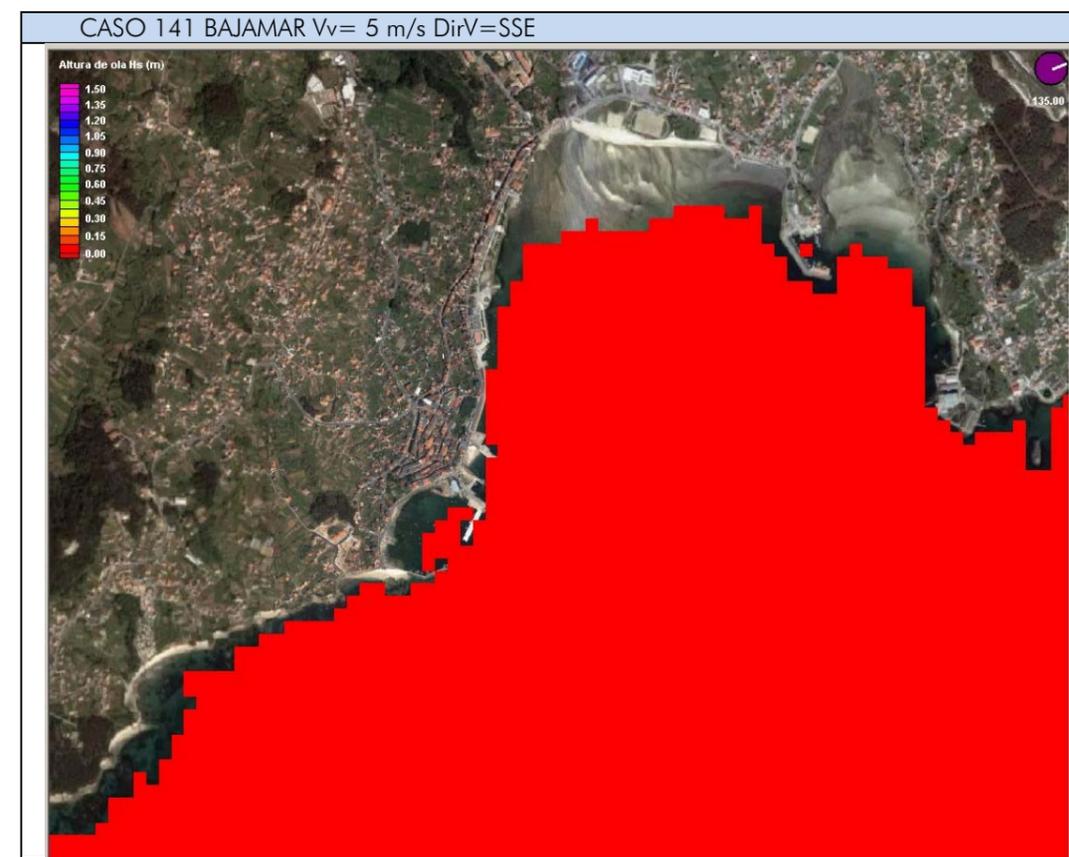
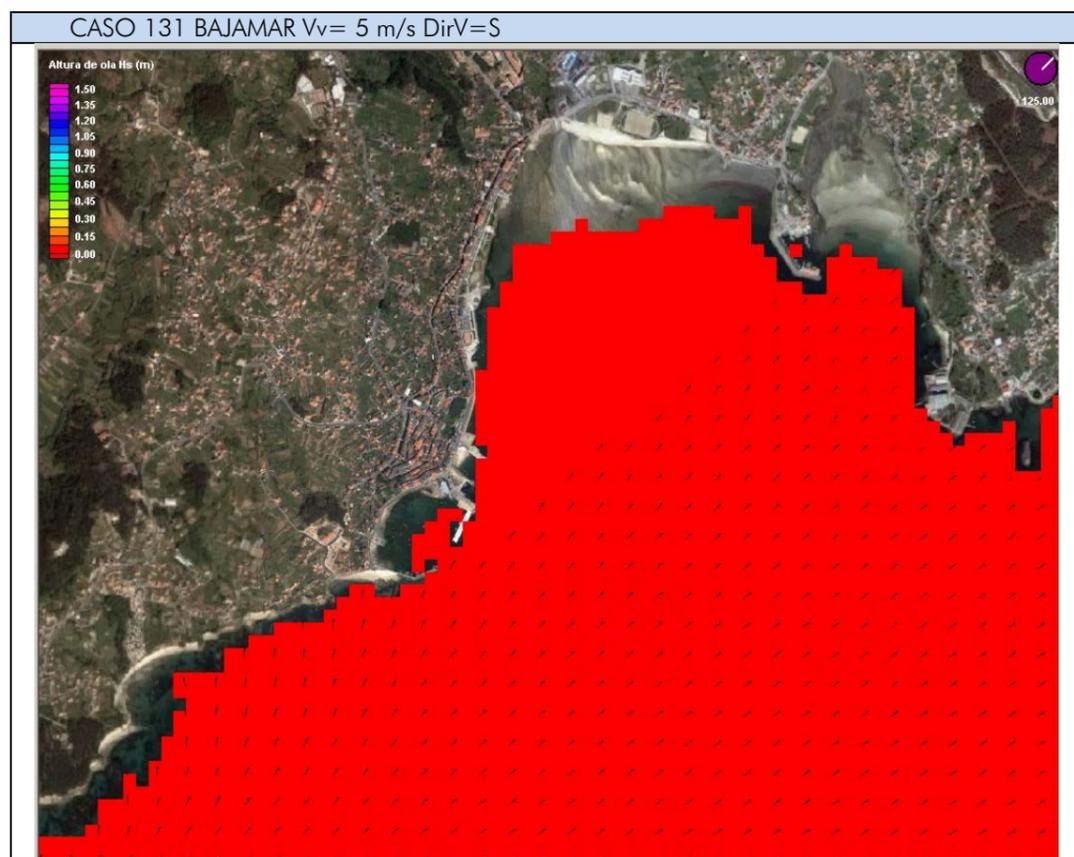


CASO 114 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SW



CASO 124 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SSW

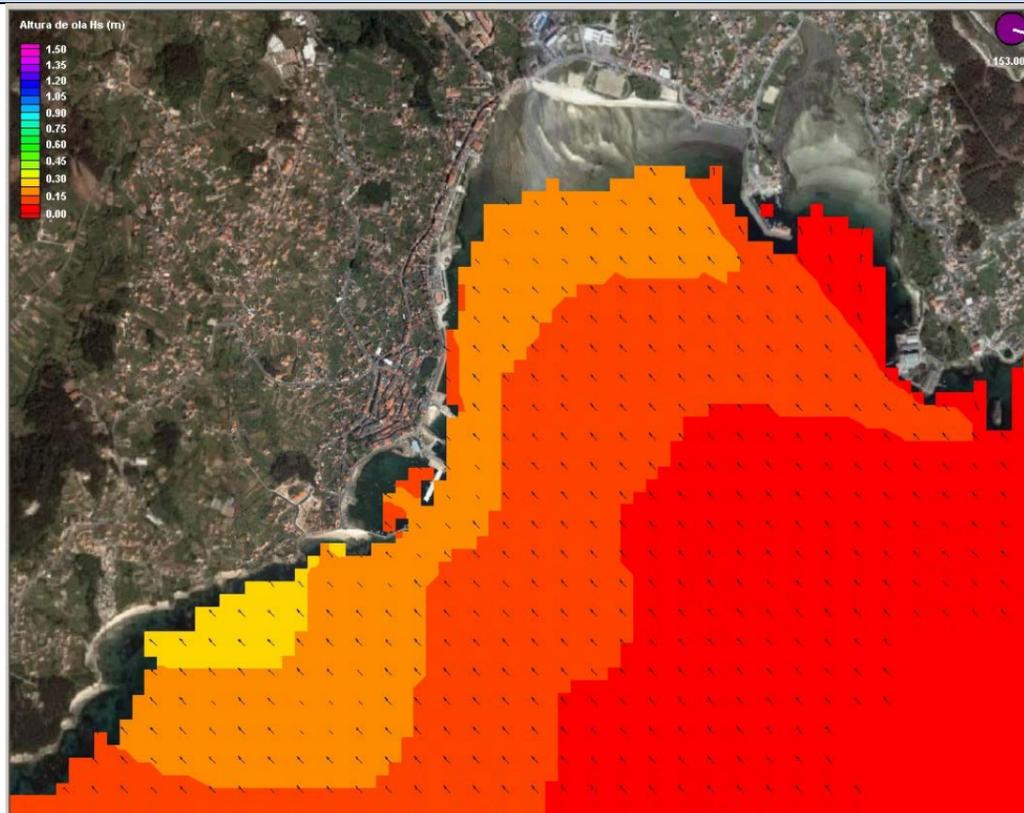




CASO 151 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SE



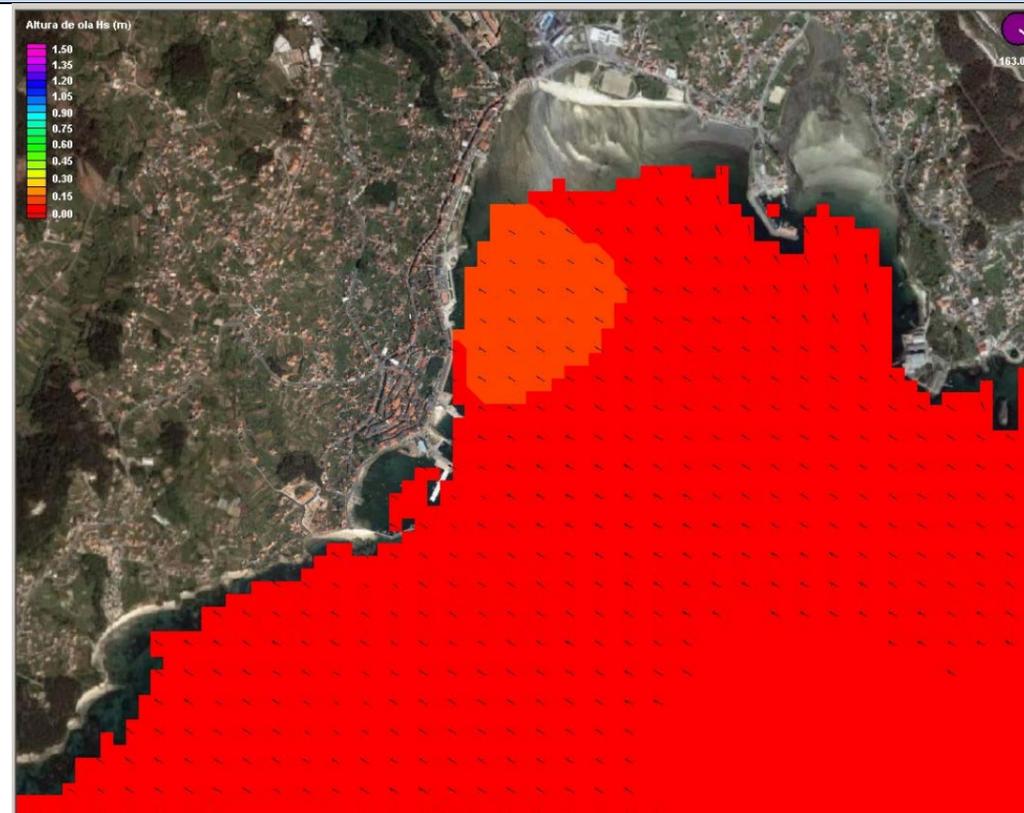
CASO 154 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SE



CASO 161 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=ESE



CASO 164 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=ESE



CASO 171 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=E



CASO 174 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=E



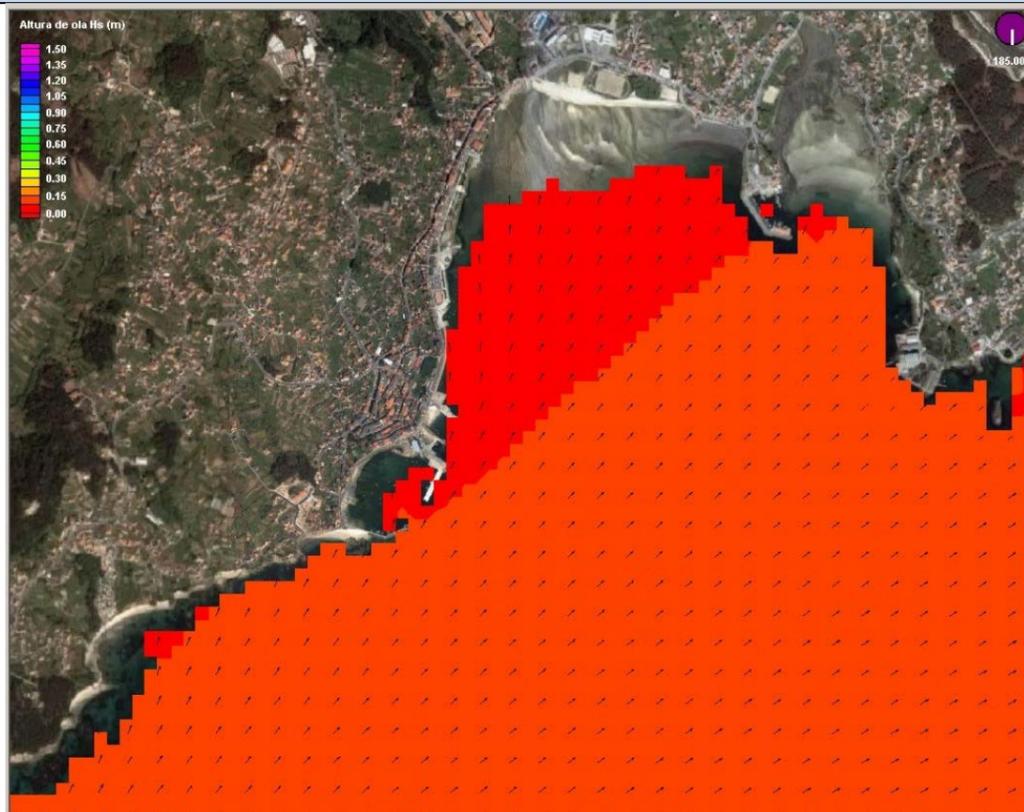
CASO 181 BAJAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=ENE



CASO 184 BAJAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=ENE



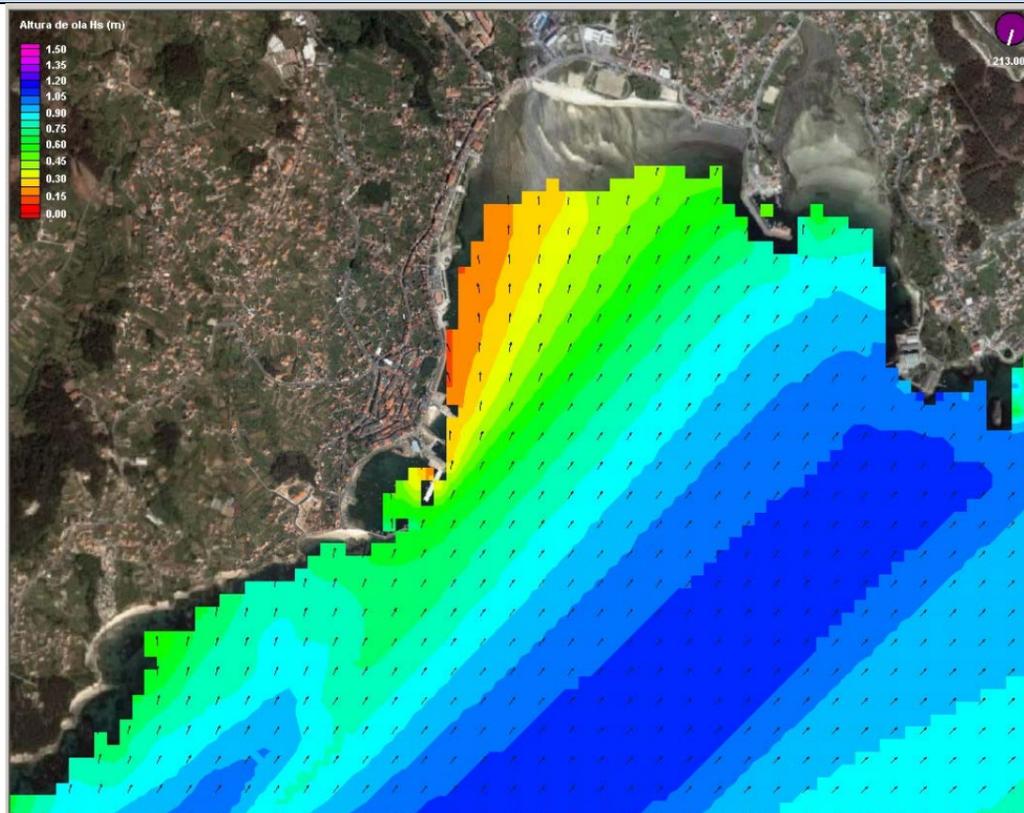
CASO 211 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SW



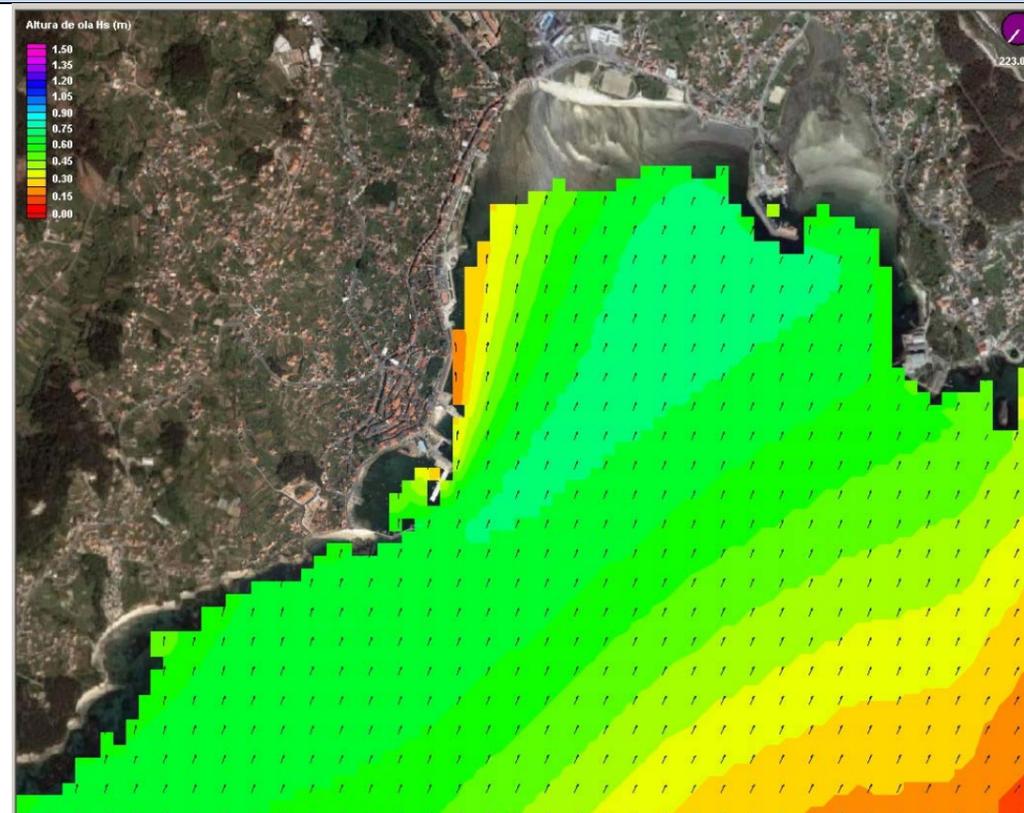
CASO 221 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SSW



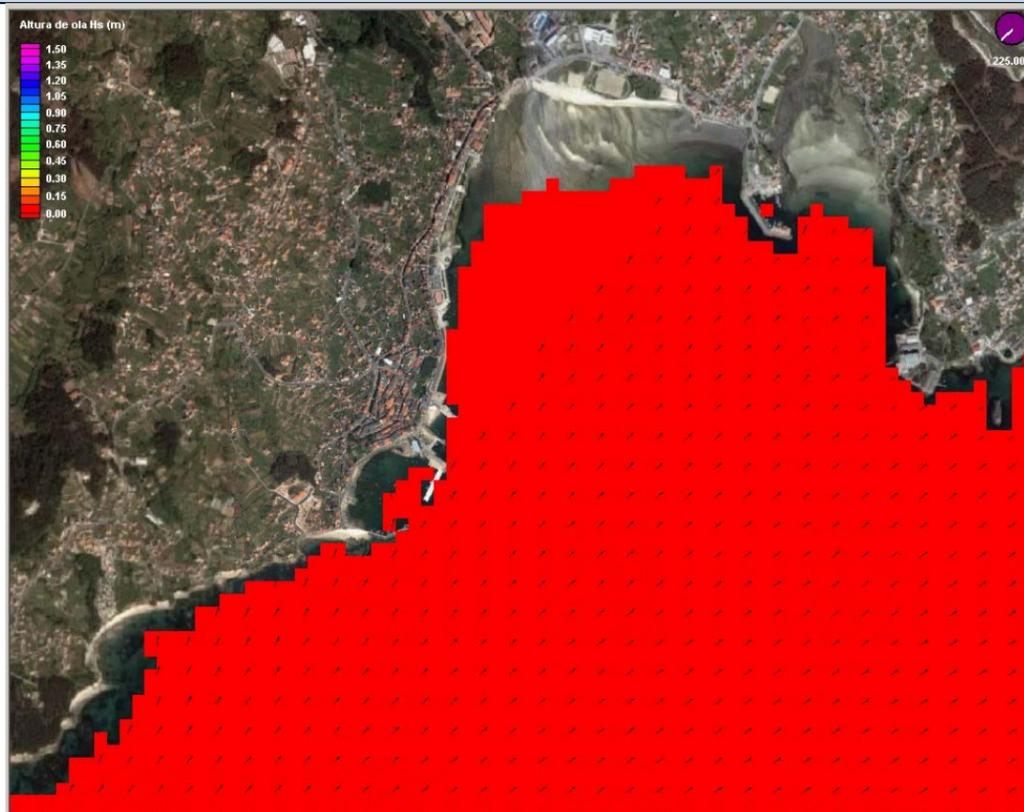
CASO 214 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SW



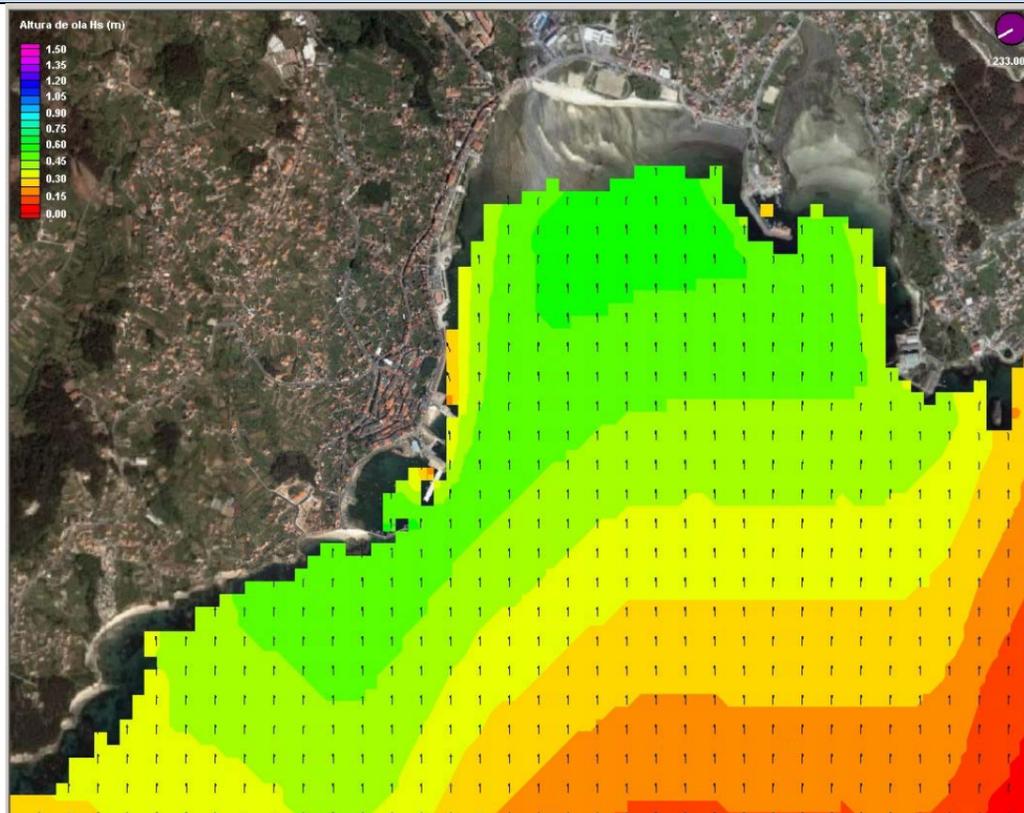
CASO 224 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SSW



CASO 231 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=S



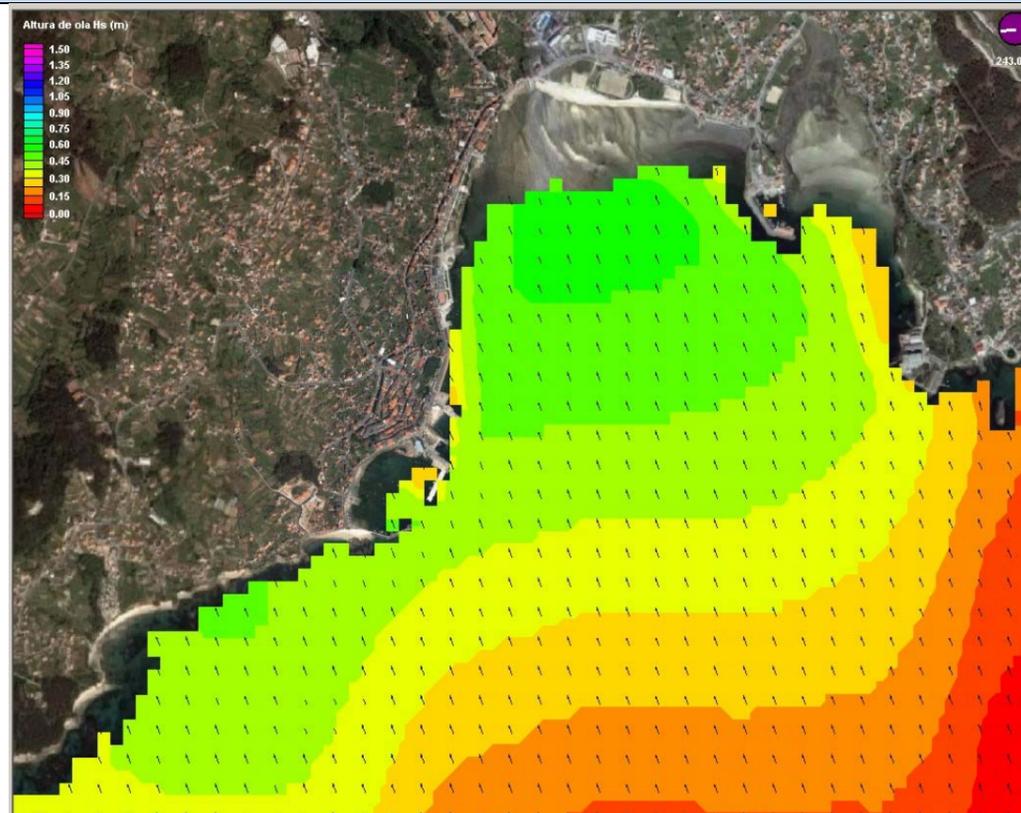
CASO 234 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=S



CASO 241 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SSE



CASO 244 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SSE



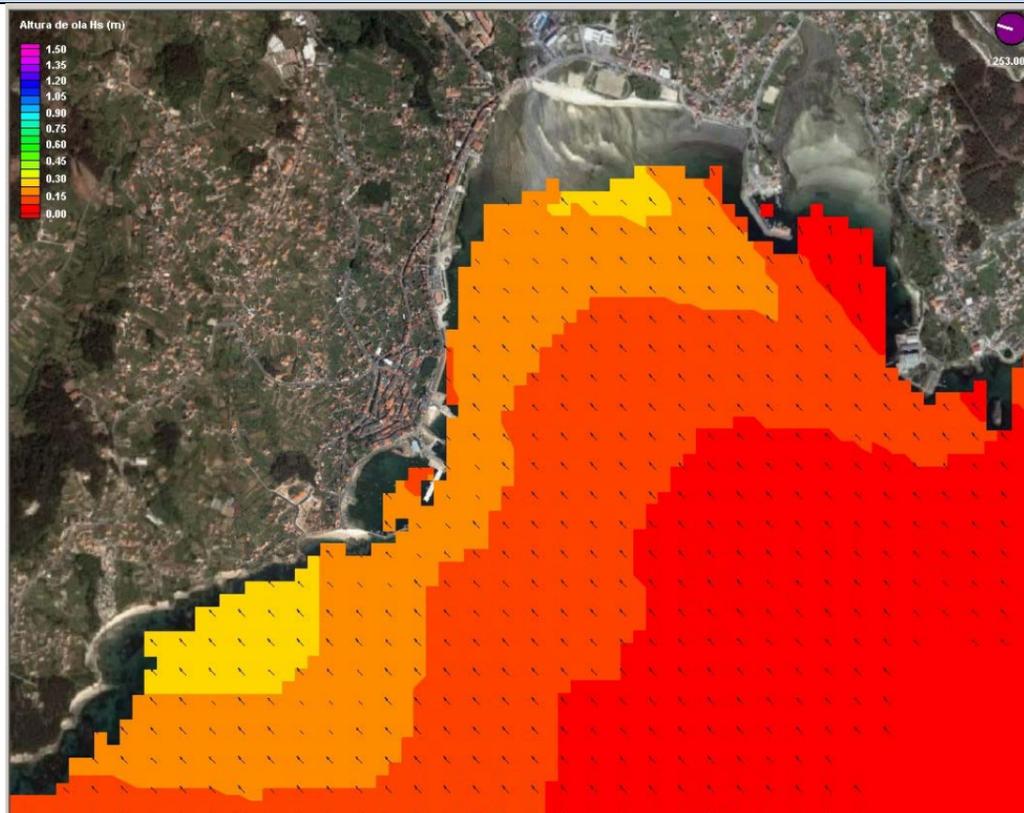
CASO 251 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=SE



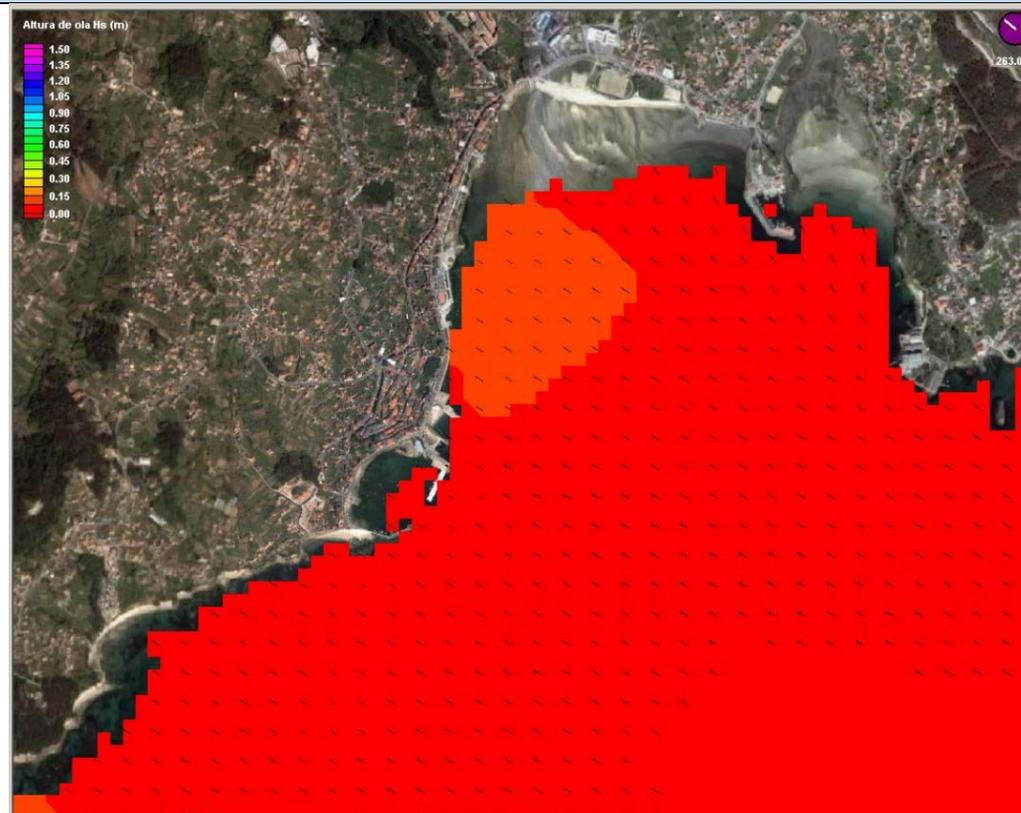
CASO 261 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=ESE



CASO 254 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=SE



CASO 264 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=ESE



CASO 271 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=E



CASO 274 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=E



CASO 281 PLEAMAR  $V_v = 5 \text{ m/s}$  DirV=ENE



CASO 284 PLEAMAR  $V_v = 20 \text{ m/s}$  DirV=ENE



---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO Nº 4: ESTUDIO DE AGITACIÓN POR ONDA CORTA**

**ANEJO Nº 04: ESTUDIO DE AGITACIÓN INTERIOR**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE:

1	ANTECEDENTES .....	2
2	OBJETIVOS .....	2
3	DESCRIPCION DE LAS OBRAS .....	3
3.1	DESCRIPCIÓN DE LOS ROMPEOLAS FLOTANTES.....	3
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN. ....	3
4	CONDICIONES LIMITES DE OPERACIÓN.....	4
5	CARACTERÍSTICAS DEL MODELADO NUMÉRICO .....	6
5.1	MODELO NUMÉRICO DE PROPAGACIÓN .....	6
5.2	MALLAS DE PROPAGACIÓN .....	6
5.3	CASOS PROPAGADOS.....	6
5.4	CONDICIONES DE CONTORNO .....	7
6	RESULTADOS OBTENIDOS. ....	7
6.1	COEFICIENTES DE AGITACIÓN OBTENIDOS.....	7
6.2	COMPARATIVA REGIMENES MEDIOS.....	10
6.3	CÁLCULO DE OPERATIVIDAD.....	11
6.4	CONCLUSIONES .....	12
7	IMÁGENES DE LAS PROPAGACIONES .....	13
7.1	ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M. ....	13
7.2	ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M. ....	14
7.3	ALTERNATIVA 01. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M. ....	15
7.4	ALTERNATIVA 01. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M. ....	16
7.5	DIFERENCIA ALTERNATIVA 01-ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M.....	17
7.6	DIFERENCIA ALTERNATIVA 01-ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M.....	18

## ANEJO Nº 04: ESTUDIO DE AGITACIÓN INTERIOR

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 ANTECEDENTES

Los problemas de agitación en el puerto de O Con vienen derivados por el oleaje local de viento, debido a la baja capacidad energética asociada al oleaje de fondo que llega al puerto, tal y como se demuestra en el Anejo de Propagación del Oleaje.

Por ello para la protección frente a este oleaje, se pueden utilizar estructuras flotantes como diques flotantes rompeolas o pantallas fijas permeables que permiten disipar la energía de oleaje de bajos períodos generado por el viento local, produciendo un pequeño impacto en la zona.

Los **rompeolas flotantes** son aquellas estructuras marítimas cuya función es la atenuación del oleaje en una determinada área. Los rompeolas flotantes son una alternativa a las obras de protección fijas al tener la posibilidad de ser movilizadas con relativa facilidad y remolcadas a flote. Estas características de movilidad y flotabilidad hacen que estas estructuras presenten una serie de ventajas como son: la facilidad de transporte, la posibilidad de prefabricación en tierra, la modularidad y facilidad de instalación, la fácil movilización para montaje y desmontaje, requerimientos de cimentación mínimos, mantenimiento de francobordo en zonas de gran marea y el permitir un mayor intercambio de aguas entre la zona expuesta y abrigada que redundaría en su calidad.

Los rompeolas tipo caja y sus variantes son la tipología más utilizada, por su sencillez constructiva y robustez, aunque han sido blanco de numerosos problemas. Estos rompeolas suelen cimentarse mediante muertos de hormigón con cadenas u otro tipo de anclajes lo que provoca una gran ocupación en planta. En casos particulares esta solución tradicional no es la más apropiada y existen distintos condicionantes que hacen buscar otros tipos de defensas con menor ocupación en planta.

Las **pantallas fijas permeables** representan otra alternativa a los tradicionales diques de escollera en talud, también mucho más económicas y fáciles de construir. La barrera vertical puede estar total o parcialmente sumergida, dejando un espacio por el fondo con lo que se consigue ayudar a la circulación del agua, lo que contribuye a la renovación de la dársena, disminuir la carga sobre la barrera y ahorrar costes de material.



Figura 1. Dique flotante (izquierda) y pantalla flotante (derecha) en Punta Umbría

La disipación de ambos tipos de estructuras frente al oleaje de viento es similar, aunque tienen ciertos matices a la hora de escoger una solución u otra. En el caso de los diques flotantes se suelen anclar mediante líneas de fondeo, por lo que son fácilmente trasladables. Por contra estas líneas de fondeo pueden tener una gran ocupación en planta lo que puede ser incompatible con el espacio disponible, por lo que sería más sensato ir a una solución pilotada tipo pantalla.

En nuestro caso, y debido a que no existen limitaciones en planta, se estudiarán soluciones clásicas basadas en diques flotantes de hormigón.

### 2 OBJETIVOS

El objetivo de este anejo es propagar el oleaje de viento al interior de la dársena, analizando la situación actual y la alternativa propuesta.

No se considerará la propagación del oleaje de fondo hacia el interior de la dársena, dado que los diques flotantes rompeolas son efectivos para períodos de oleaje inferiores a 4 segundos, siendo los períodos del oleaje de esta naturaleza superiores a este umbral.

### 3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras a realizar consisten en la construcción e instalación de 140 m de rompeolas flotante de hormigón tipo caja mediante 7 módulos de 5 m de ancho y 20 m de longitud cada uno. Estas obras se cimentarán mediante líneas de fondeo formadas por cadena de 40 mm con una longitud de 50 m, con los puntos de fondeo situados a las distancias que se pueden observar en la siguiente figura:

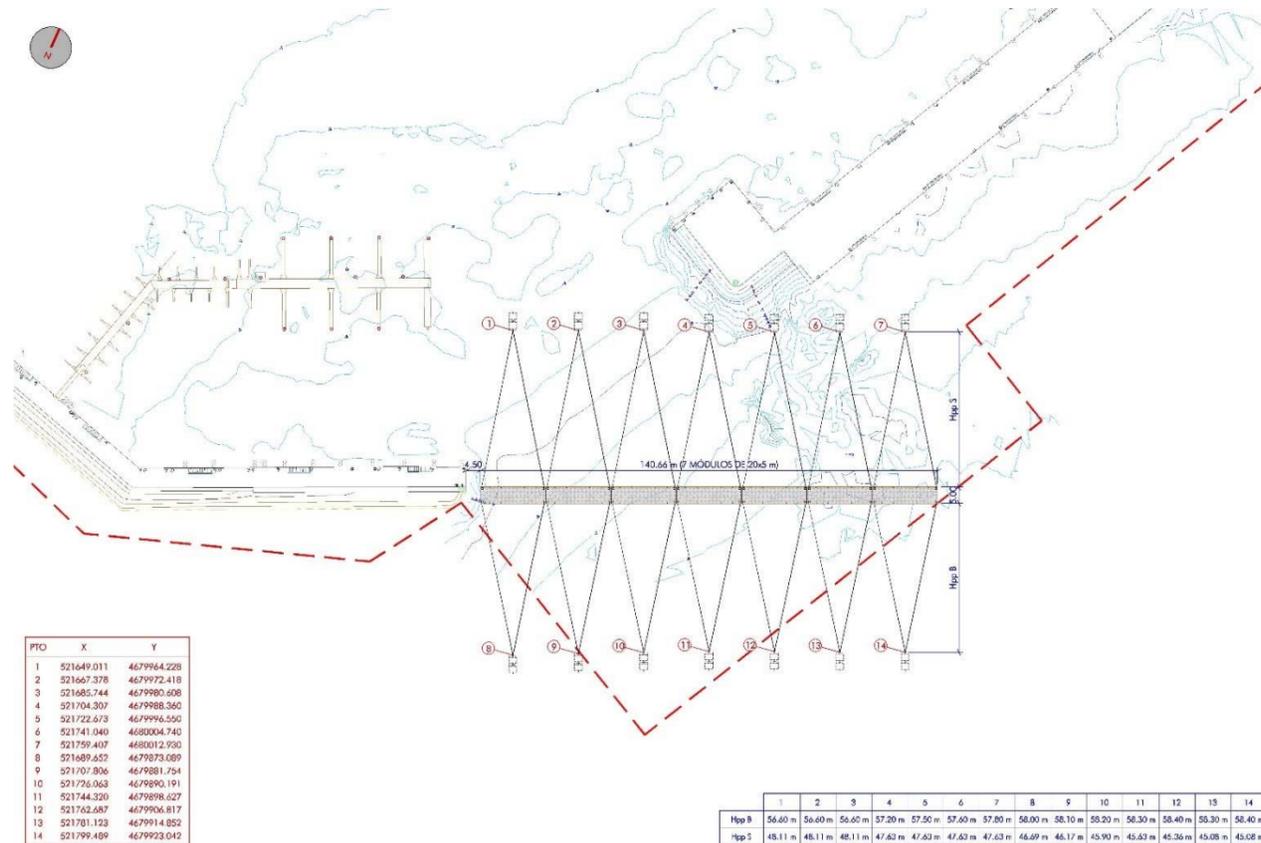


Figura 2. Planta general

### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ROMPEOLAS FLOTANTES.

Los **rompeolas flotantes** son aquellas estructuras marítimas cuya función es la atenuación del oleaje en una determinada área. Los rompeolas flotantes son una alternativa a las obras de protección fijas al tener la posibilidad de ser movilizadas con relativa facilidad y remolcadas a flote. Estas características de movilidad y flotabilidad hacen que estas estructuras presenten una serie de ventajas como son: la facilidad de transporte, la posibilidad de prefabricación en tierra, la modularidad y facilidad de instalación, la fácil movilización para montaje y desmontaje, requerimientos de cimentación mínimos, mantenimiento de francobordo en zonas de gran marea y el permitir un mayor intercambio de aguas entre la zona expuesta y abrigada que redonda en su calidad.

Las características geométricas de la sección se resumen en la siguiente figura:

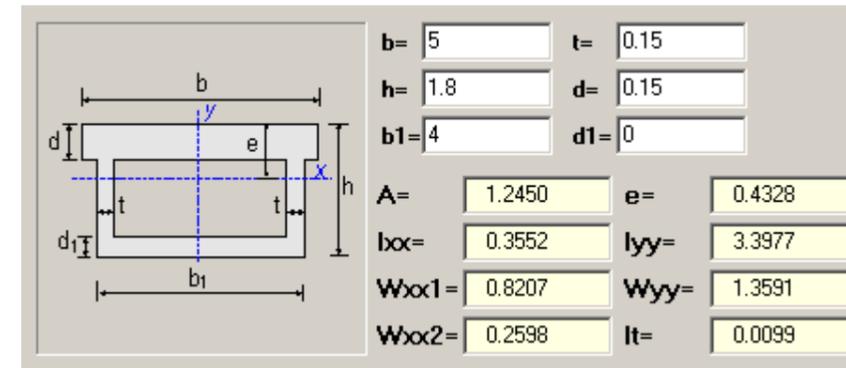


Figura 3. Características de la sección.

En general, las características del dique flotante son:

- 7 Bloques monolíticos de hormigón armado, de 20 de longitud, 5 m de ancho y 1.8 m de puntal.
- Interior del módulo relleno de poliestireno expandido de densidad 15 Kg/m<sup>3</sup>, actuando de flotador.
- Incluirán dos fijaciones laterales tipo Halfen.
- Los módulos han de estar dotados de 2 conducciones de diámetro 55 mm para la previsión de paso de instalaciones de servicio. Han de contar asimismo con una arqueta registrable para el reparto de conducciones y/o conexionado de torretas de suministro.
- Los módulos tendrán, en su cara inferior una capa de hormigón de 5 cm de espesor.
- Los módulos irán pintados por los laterales con franjas de 50 cm de ancho y con una inclinación de 63°. La altura de la franja pintada será los 65 cm, sumergiéndose 15-20 cm debajo del agua. También deberán ir pintados los frontales del primer y el último módulo.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.

Como cimentación se proponen, preliminarmente, 28 muertos de hormigón de dimensiones 2.50 x 2.40 y 0.90 m de canto. Los muertos se dispondrán en grupos de 2 tanto en el lado de barloomar como en el lado de sotamar.

Los muertos se construirán en forma de cuña y se fabricarán con cadena de acero de Ø40 mm en su interior y una barra de acero inox de Ø20 mm en su parte superior para izado de los muertos. Su definición geométrica así como su replanteo se adjunta en el Documento 2: Planos, del presente proyecto.

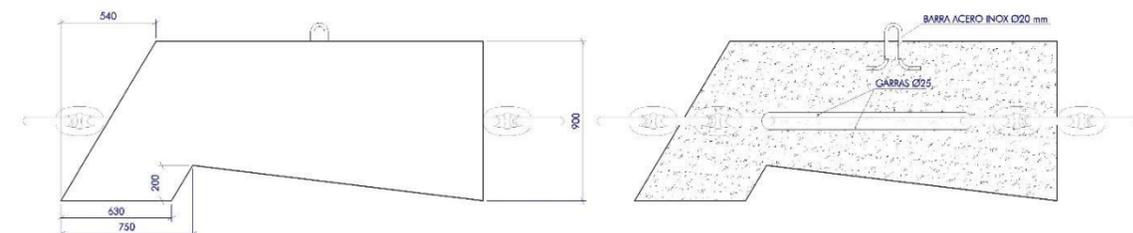


Figura 4. Imagen de muertos en forma de cuña.

#### 4 CONDICIONES LÍMITES DE OPERACIÓN.

La operatividad de un puerto es una de las cuestiones más importantes a la hora de llevar a cabo el diseño de un puerto, por eso, una vez realizado el estudio de la dinámica marina y la agitación interior, conviene saber cuál es la probabilidad de inoperatividad del Puerto. Para ello es preciso establecer cuáles son los condicionantes límites de operación de los buques en los muelles. En España se emplean una serie de recomendaciones para obras marítimas para establecer esos umbrales. En concreto la ROM 0.5-05 establece que los condicionantes límites de operación de buques en muelles son:

CONDICIONES LÍMITES DE OPERACIÓN.	Hs (m)
1. Paralización operaciones carga y descarga	
Acciones en sentido longitudinal al muelle Pesqueros	0.6
Mercantes de carga general, pesquero de altura y congeladores/Graneleros	1
Acciones en sentido transversal al muelle Pesqueros	0.4
Mercantes de carga general, pesquero de altura y congeladores/Graneleros	0.8
2. Permanencia de buques en muelle	
Acciones en sentido longitudinal al muelle Deportivos	0.4
Acciones en sentido transversal al muelle Deportivos	0.2

Figura 5. Condiciones límites de operación según ROM 3.1-99

Así mismo, la ROM 3.1-99 establece que, anualmente, los tiempos medios aceptables de cierre de un área por presentarse condiciones climáticas adversas (superiores a las establecidas como límites de operación) son para el caso de puertos de cualquier tipo de 400 h/año en áreas de buques en tránsito y 40 h/año para áreas de buques en permanencia. Asimismo, establece como límites mensuales 40 h/mes en áreas de buques en tránsito y 20 h/mes para áreas de buques en permanencia

En las figuras siguientes se muestran las tablas de la ROM 0.5-05 de las cuales se han extraído los condicionantes límites de operación y los tiempos de inoperatividad máximos aceptables.

	Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1 \text{ min}}$	Altura de ola $H_s$
1. <i>Atraque de buques</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	17.0 m/s	1.0 m/s	2.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	10.0 m/s	0.1 m/s	1.5 m
2. <i>Paralización operaciones carga y descarga (para equipos convencionales)</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
30.000-200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.0 m
> 200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
Descargando	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m

Figura 6. Condiciones límites de operación según la ROM 3.1-99

	Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1 \text{ min}}$	Altura de ola $H_s$
— Transportadores de Gases Licuados			
< 60.000 m <sup>3</sup>	22 m/s	1.5 m/s	1.2 m/s
> 60.000 m <sup>3</sup>	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	1.5 m/s	0.6 m
• Acciones en sentido transversal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.0 m
30.000-200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.2 m
> 200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	0.7 m/s	1.0 m
Descargando	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Transportadores de Gases Licuados			
< 60.000 m <sup>3</sup>	16 m/s	0.5 m/s	0.8 m
> 60.000 m <sup>3</sup>	16 m/s	0.5 m/s	1.0 m
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	0.7 m/s	0.4 m
3. <i>Permanencia de buques en muelle</i>			
— Petroleros y Transportadores de Gases Licuados			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	30 m/s	2.0 m/s	3.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	25 m/s	1.0 m/s	2.0 m
— Transatlánticos y Cruceros (2)			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.7 m
— Embarcaciones deportivas (2)	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.2 m
— Otro tipo de buques	Limitaciones impuestas por las cargas de diseño de los muelles		
NOTAS:			
$V_{10,1 \text{ min}}$	= Velocidad media del viento, correspondiente a 10 m de altura y ráfaga de 1 minuto.		
$V_{c,1 \text{ min}}$	= Velocidad media de la corriente correspondiente a una profundidad del 50% del calado del buque, en un intervalo de 1 minuto.		
$H_s$	= Altura de la ola significativa del oleaje (para estudios de mayor precisión se considerará la influencia del periodo).		
Longitudinal	= Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúan longitudinalmente, cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje longitudinal del buque.		
Transversal	= Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúa longitudinalmente cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje transversal del buque.		
(1)	= Las condiciones se refieren al embarque y desembarque del pasaje.		
(2)	= Las condiciones se refieren a los límites para mantener una habitabilidad aceptable con el pasaje a bordo		

Figura 7. Condiciones límites de operación según la ROM 3.1-99

TABLA 8.2. TIEMPOS MEDIOS ACEPTABLES DE CIERRE DE UN AREA POR PRESENTARSE CONDICIONES CLIMATICAS ADVERSAS (SUPERIORES A LAS ESTABLECIDAS COMO LIMITES DE OPERACION PARA LOS BUQUES DE PROYECTO)	
CARACTERISTICAS DEL AREA	Tiempos de inoperatividad en horas, por todos los conceptos <sup>(1) (2)</sup>
<b>A. Areas de buques en tránsito (accesos, vías de navegación, canales, bocanas, áreas de maniobras, etc.)</b>	
1. Puertos de interés general	
— Areas abiertas a todo tipo de barcos	200 h. año 20 h. mes
— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)	20 h. año 4 h. mes
2. Puertos de refugio	
— Areas abiertas a todo tipo de barcos	300 h. año 30 h. mes
— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)	20 h. año 4 h. mes
3. Otros puertos	400 h. año 40 h. mes
4. Terminales especializados	
— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares	200 h. año 20 h. mes
— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	600 h. año 60 h. mes
<b>B. Areas de buques en permanencia (Fondeaderos, amaraderos, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.)</b>	
1. Puertos de cualquier tipo	40 h. año 20 h. mes
2. Terminales especializados	
— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares	200 h. año 20 h. mes
— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	500 h. año 50 h. mes
<p>(1) Los tiempos de inoperatividad recogidos en esta tabla se refieren al Cierre del Area por cualquier concepto, ya sea por una variable climática no predecible con anticipación (vientos, oleajes, corrientes, mareas meteorológicas, faltas de visibilidad, etc.), como predecible con anticipación (mareas astronómicas, etc.). El cierre del área por nocturnidad no se contemplará a estos efectos valorándose tal como se indica en el texto.</p> <p>(2) Los requerimientos mínimos recogidos en esta Tabla están basados en un porcentaje de utilización del Area por los Buques de Proyecto del 30%, calculado sobre el tiempo útil total disponible (deducido por tanto el tiempo de cierre del Area por cualquier motivo: insuficiencia del nivel de agua, clima marítimo, nocturnidad, etc.). En el supuesto de que este porcentaje de utilización del área sea igual o inferior al 20%, podrán utilizarse valores del doble de los recogidos en la Tabla; asimismo si el porcentaje de utilización del área fuese igual o superior al 40% deberán utilizarse valores de la mitad de los recogidos en la Tabla; para valores intermedios podrá interpolarse linealmente.</p> <p>(3) Los tiempos de inoperatividad se calcularán para las Condiciones Límites de Operación correspondientes a los Buques de Proyecto de embarcaciones pesqueras y deportivas.</p>	

Figura 8. Tiempos de inoperatividad aceptables según la ROM 3.1-99

## 5 CARACTERÍSTICAS DEL MODELADO NUMÉRICO

### 5.1 MODELO NUMÉRICO DE PROPAGACIÓN

Para poder resolver la agitación en el interior del Puerto, se ha utilizado un modelo que resuelve en elementos finitos la ecuación de la pendiente suave en su aproximación elíptica, CGWAVE.

El modelo incorpora la posibilidad de describir con detalle la reflexión de cada uno de los contornos, en especial los muelles de atraque y los diques y contradiques del Puerto. Asimismo, incluye los demás efectos que sufre el oleaje: difracción, refracción, asomeramiento, rotura y disipación por fondo. El potencial que ofrece este modelo radica en la capacidad de analizar el efecto de la reflexión múltiple de un tren de olas en el interior del puerto, incluyendo todos los patrones de difracción producidos por los distintos muelles, espigones y diques.

Además de estas propiedades, se le añade la ventaja de poder **modelar barreras flotantes** mediante una modificación de la profundidad y una corrección que depende de la profundidad relativa y el peralte.

### 5.2 MALLAS DE PROPAGACIÓN

Las mallas de propagación son generadas de forma específica, según el período del oleaje que se desea propagar, el nivel de marea y la configuración del puerto. Para el análisis de agitación por onda corta en el interior del puerto de O Con se ha partido de los regímenes de oleaje de viento en las inmediaciones del puerto y éste se ha propagado a través de una malla en elementos finito.

En el semicírculo que se observa en la malla, llamado "corona de la malla", se define la dirección, amplitud y período del oleaje incidente.

Para la propagación del oleaje de viento en situación actual y en la alternativa analizada, se ha utilizado una malla para cada situación con las siguientes características.

	Tmin	Nodos	Elementos
Est.Actual	3 Seg	56030	110784
Alternativa		56068	110860

Figura 9. Características de las mallas usadas para el oleaje de viento.

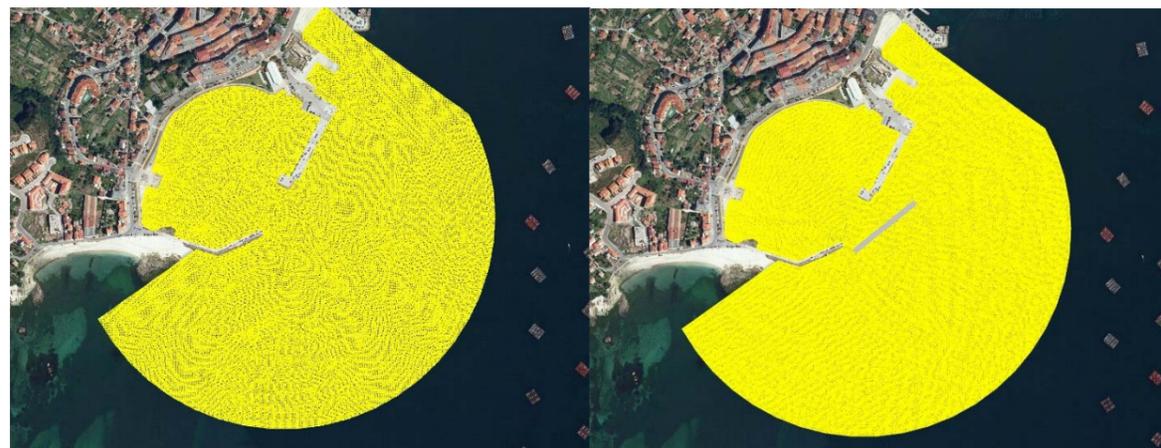


Figura 10. Imagen de las mallas empleadas en la propagación del oleaje de viento. Estado actual y Alternativa 1 respectivamente.

#### 5.2.1.1 AREAS ANALIZADAS

Con el objetivo de comparar los resultados obtenidos se analizarán las siguientes cuatro áreas mostradas en la siguiente imagen. Estas áreas son la más expuestas de los respectivos pantalanes de atraque:

- AREA 1. Zona de la punta del pantalán flotante existente.
- AREA 2. Zona del tacón del muelle da Mosqueira.
- AREA 3. Zona exterior del muelle da Mosqueira. Parte sur.
- AREA 3. Zona exterior del muelle da Mosqueira. Parte norte.



Figura 11. Áreas analizadas

### 5.3 CASOS PROPAGADOS.

Para reconstruir el régimen de oleaje en el interior del puerto fue necesario definir los casos de oleaje a propagar desde las inmediaciones del Puerto.

Para seleccionar los casos de oleaje de viento se ha empleado el oleaje obtenido en el Anejo de Propagación.

Una vez analizado los regímenes obtenidos se ha seleccionado los siguientes casos a propagar en marea alta.

	Hs(m)	Tp(seg)	DIR°	NM(m)
CASO 1	0.8	3-4	167.5	3
CASO 2			180	
CASO 3			202.5	
CASO 4			225	

La Altura de ola corresponde con el oleaje del régimen extremal para un periodo de retorno de cien años)

Estos casos se han propagado para cuatro direcciones, siendo los Oleajes del SW y SSW los más frecuentes y los Oleajes de S y SSE los más desfavorables.

En total se han propagado un total de 8 casos por configuración de los diques flotantes, teniendo en cuenta un nivel de marea.

### 5.4 CONDICIONES DE CONTORNO

En el modelado se han considerado los siguientes coeficientes de reflexión:

Muelle vertical	CR=0.90
Escollera	CR=0.35
Roca	CR=0.45
Playa	CR=0.20

La siguiente figura representa esquemáticamente el tipo de contornos utilizados en el modelado:



Figura 12. Contornos utilizados en el modelado.



Figura 13. Fotografías de las tipologías de Contornos existentes.

## 6 RESULTADOS OBTENIDOS.

### 6.1 COEFICIENTES DE AGITACIÓN OBTENIDOS

La bocana de la dársena de O Con, se encuentra orientada a la dirección SSE y estos oleajes serán los más desfavorables a nivel agitación, aunque son prácticamente inexistentes. Analizando los resultados obtenidos en las propagaciones se observa que la disposición del dique flotante funciona para estos oleajes del SSE, generando una zona de sombra detrás del dique flotante.

Para los Oleajes de viento del Sur, la dársena de o Con se encuentra protegida por el dique de abrigo, viéndose reducida la agitación en el interior de la dársena. Con estas condiciones de viento no se dan agitaciones superiores a 0.6 metros. Respecto el funcionamiento de la alternativa, se observa una reducción en las zonas 02 y 03.

A medida que el oleaje de viento tiende más hacia el Oeste, la agitación en el interior de la dársena de O Con se reduce debido a la protección que da el dique de O Con. Para estos oleajes de SSW y SW la alternativa genera una pequeña zona sombra en la zona del morro del muelle de la Mosquera viéndose reducida a medida que el oleaje tiende al Oeste.

		AREA 01 - ZONA DE PANTALAN						AREA 01 - ZONA DE PANTALAN			
		Coeficientes de Propagación						Coeficientes de Propagación			
		SSE	S	SSW	SW			SSE	S	SSW	SW
Est.Actual		0.33	0.26	0.18	0.11	Est.Actual		0.33	0.25	0.14	0.09
Alternativa		0.29	0.25	0.18	0.11	Alternativa		0.31	0.28	0.19	0.09
		AREA 02 - MOSQUEIRA TACÓN						AREA 02 - MOSQUEIRA TACÓN			
		Coeficientes de Propagación						Coeficientes de Propagación			
		SSE	S	SSW	SW			SSE	S	SSW	SW
Est.Actual		0.90	0.80	0.59	0.40	Est.Actual		1.08	0.90	0.51	0.28
Alternativa		0.64	0.55	0.40	0.29	Alternativa		0.51	0.43	0.29	0.18
		AREA 03 - MOSQUEIRA SUR						AREA 03 - MOSQUEIRA SUR			
		Coeficientes de Propagación						Coeficientes de Propagación			
		SSE	S	SSW	SW			SSE	S	SSW	SW
Est.Actual		0.88	0.75	0.63	0.53	Est.Actual		1.03	1.04	0.86	0.75
Alternativa		0.65	0.58	0.54	0.45	Alternativa		0.68	0.70	0.79	0.71
		AREA 04 - MOSQUEIRA NORTE						AREA 04 - MOSQUEIRA NORTE			
		Coeficientes de Propagación						Coeficientes de Propagación			
		SSE	S	SSW	SW			SSE	S	SSW	SW
Est.Actual		0.76	0.78	0.80	0.81	Est.Actual		0.86	1.00	0.96	0.65
Alternativa		0.74	0.70	0.70	0.76	Alternativa		0.86	0.89	0.78	0.69

Coeficientes de agitación para los casos de T= 4 s

Coeficientes de agitación para los casos de T= 3 s

OLEAJES DEL SSE

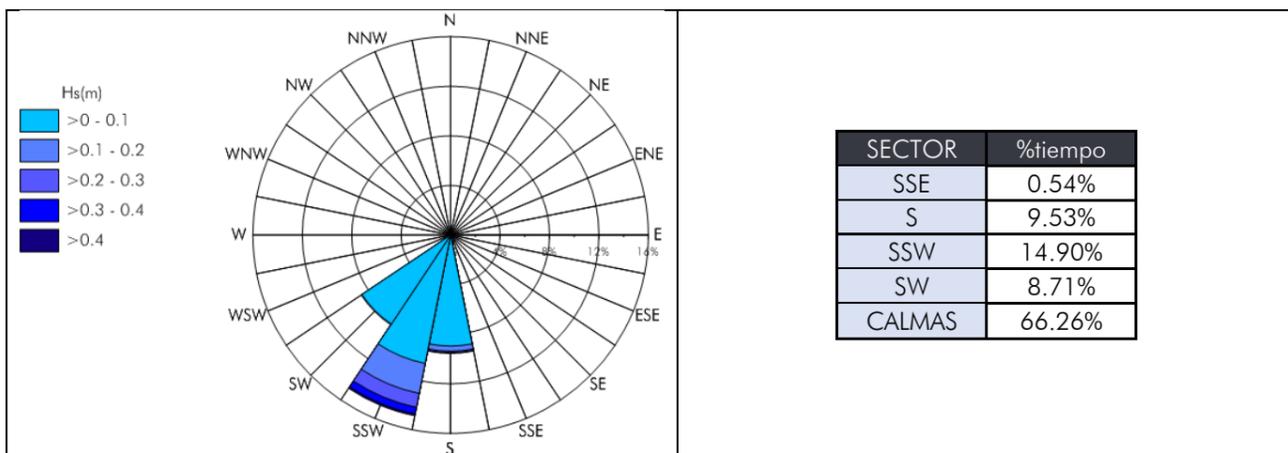


Figura 14. Oleaje de viento en la bocana

A continuación vemos los coeficientes de atenuación obtenidos (comparación con el estado actual) en cada uno de los casos

	Coeficientes de Propagación			
	SSE	S	SSW	SW
Area 01	11.54%	4.76%	0.00%	
Area 02	29.17%	29.03%	50.00%	64.62%
Area 03	25.71%	23.33%	14.00%	14.29%
Area 04	3.28%	9.68%	12.50%	6.15%

**Atenuación para casos T= 4s**

	Coeficientes de Propagación			
	SSE	S	SSW	SW
Area 01	3.85%	-10.00%	-36.36%	
Area 02	52.33%	57.50%	70.13%	73.08%
Area 03	34.15%	32.53%	8.70%	5.00%
Area 04	10.39%	11.25%	19.48%	-5.77%

**Atenuación para casos T= 3s**

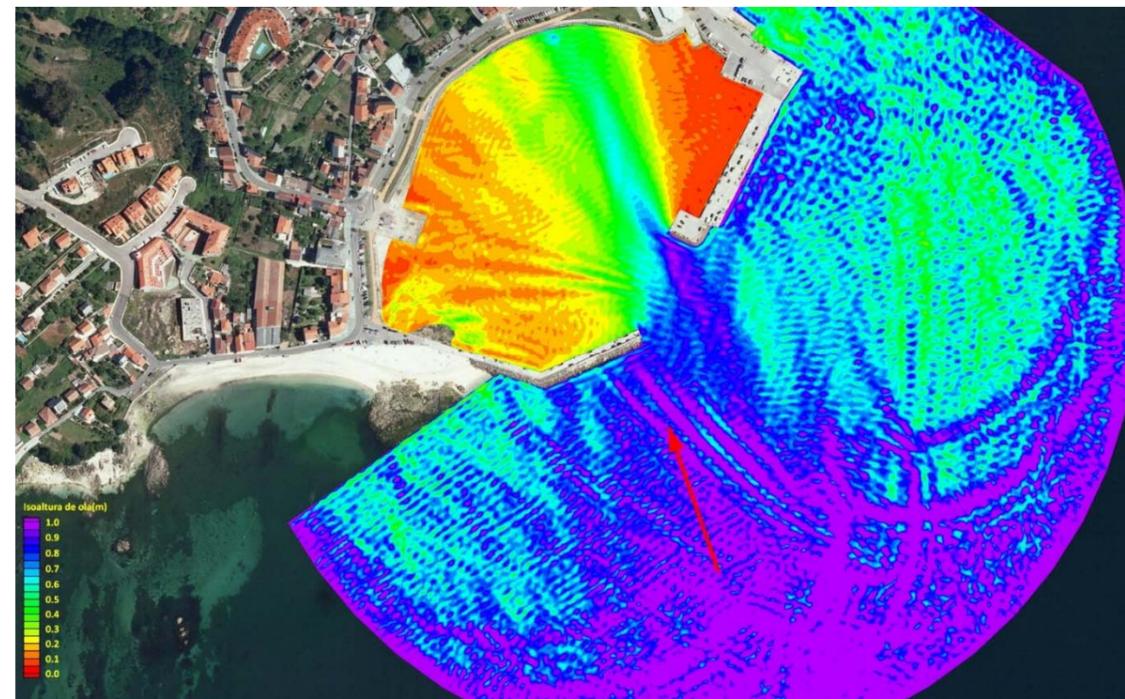


Figura 15. Caso Oleaje Hs=0.8 metros, Tp=3 segundos NM=3 m.



Figura 16. Diferencia entre Alternativa y estados actual.

OLEAJES DEL S

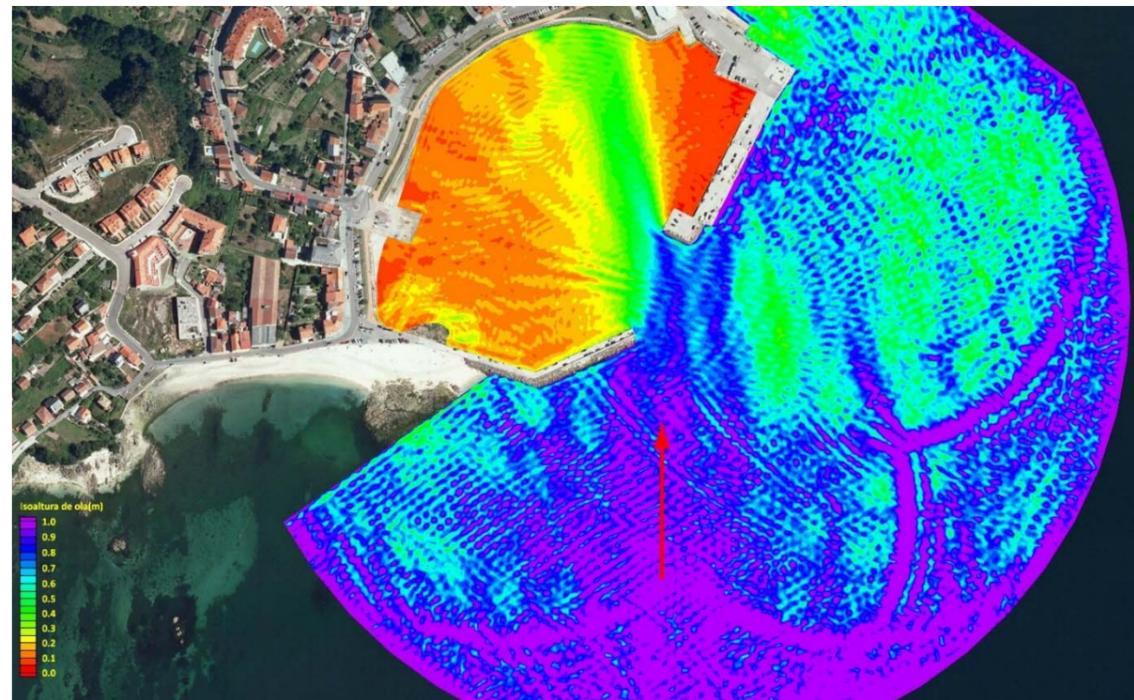


Figura 17. Caso Oleaje Hs=0.8 metros, Tp=3 segundos NM=3 m.

OLEAJES DEL SSW

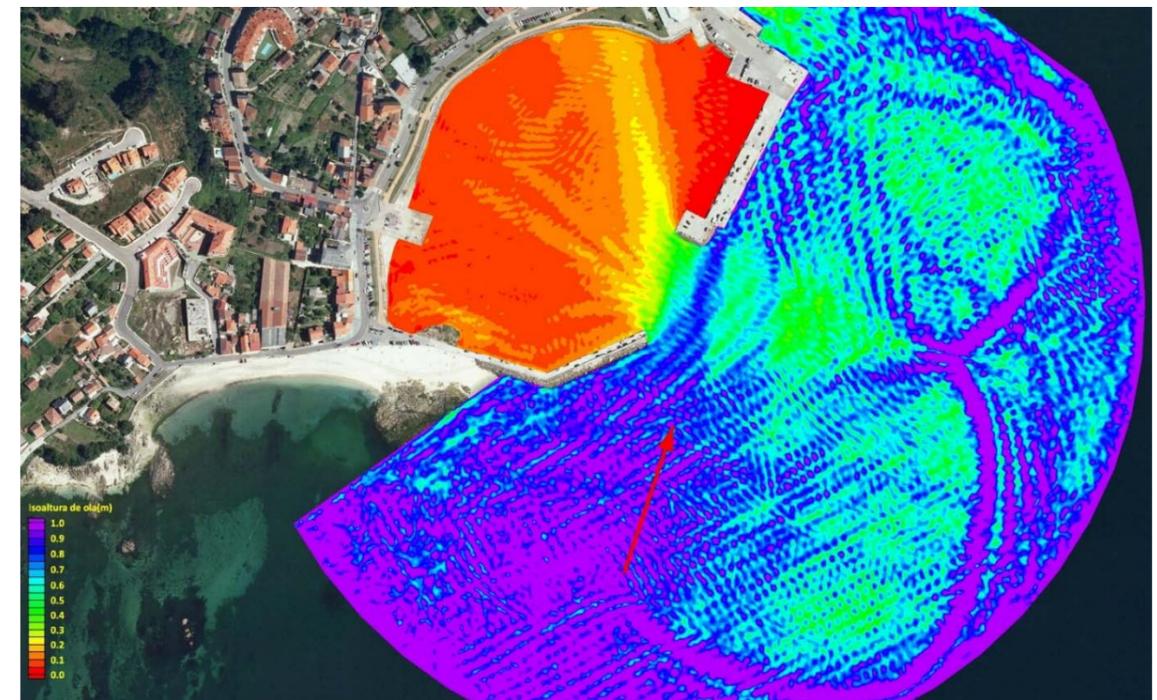


Figura 19. Caso Oleaje Hs=0.8 metros, Tp=3 segundos NM=3 m. SSW

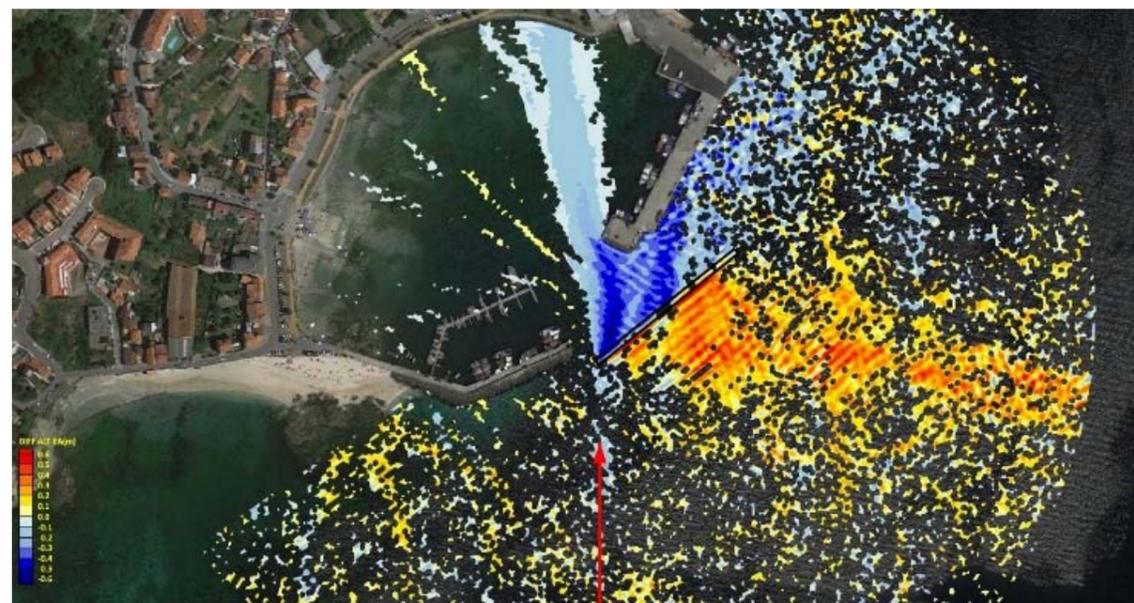


Figura 18. Diferencia entre Alternativa y estados actual.

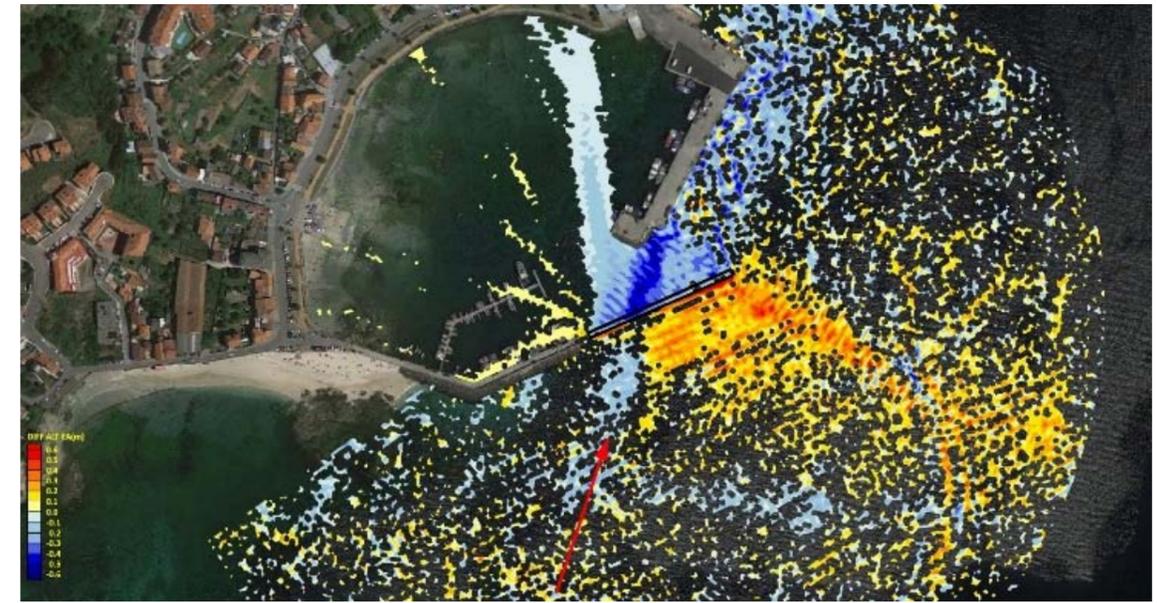


Figura 20. Diferencia entre Alternativa y estados actual.

OLEAJES DEL SW

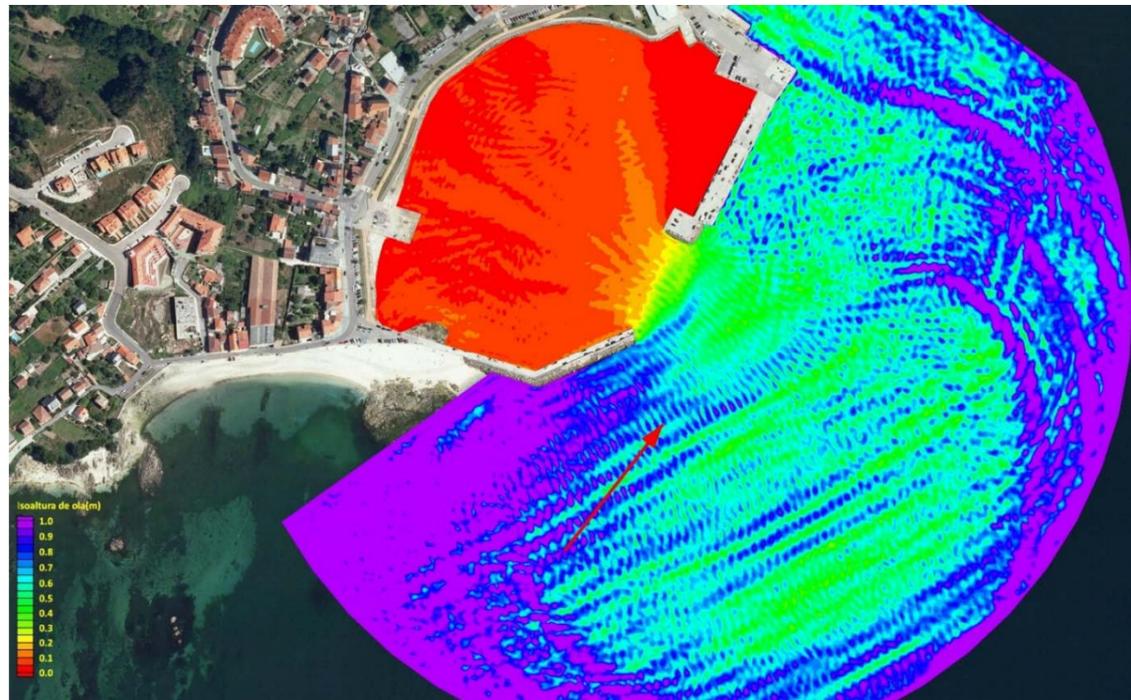
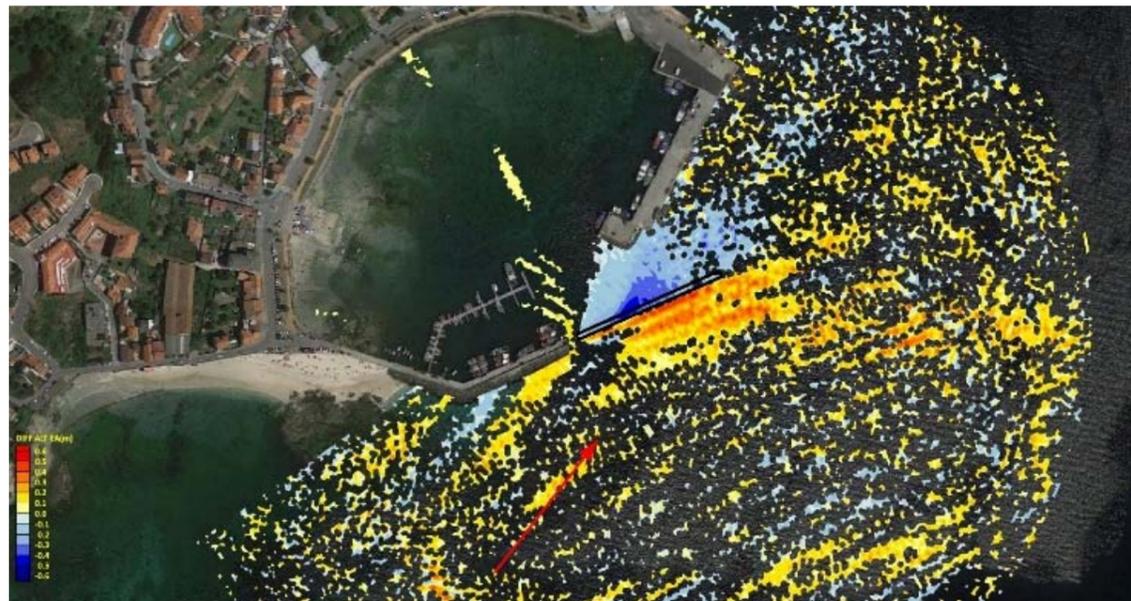


Figura 21. Caso Oleaje Hs=0.8 metros, Tp=3 segundos NM=3 m. SW



Diferencia entre Alternativa y estados actual.

6.2 COMPARATIVA REGIMENES MEDIOS.

Con el objeto de comparar los resultados obtenidos en las diferentes áreas se ha obtenido el régimen medio del oleaje por onda corta para las diferentes áreas. A continuación, se muestran las gráficas comparativas de los regímenes medios en situación actual y la alternativa en diferentes áreas:

6.2.1 ÁREA1

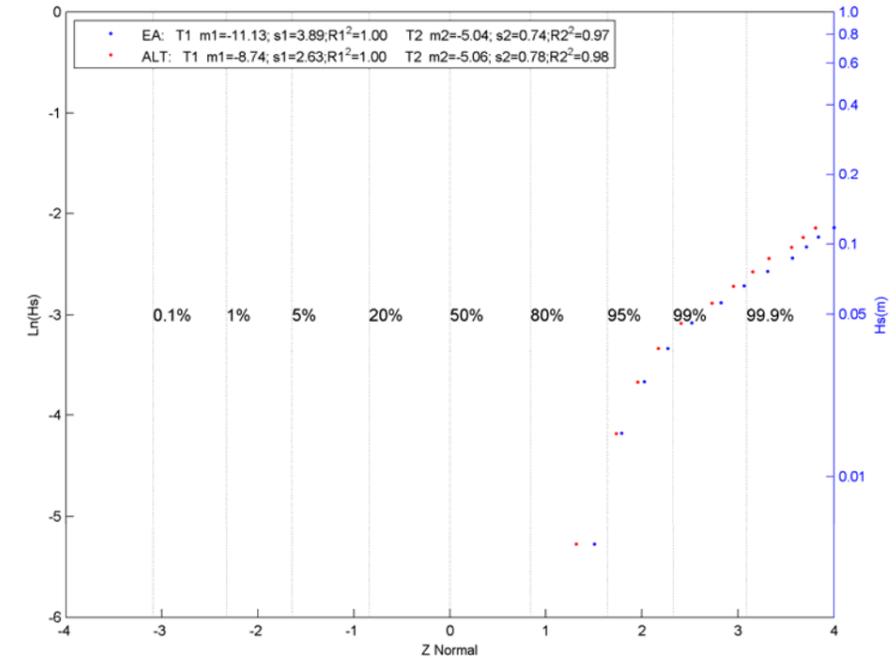


Figura 22. Comparativa regímenes medios. Área 1

6.2.2 ÁREA2

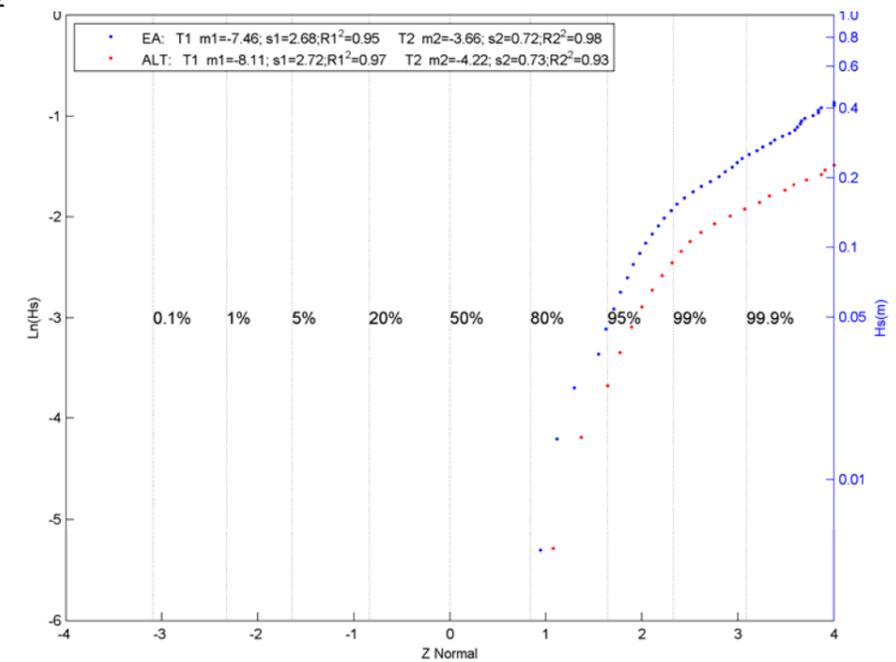


Figura 23. Comparativa regímenes medios. Área 2

6.2.3 ÁREA3

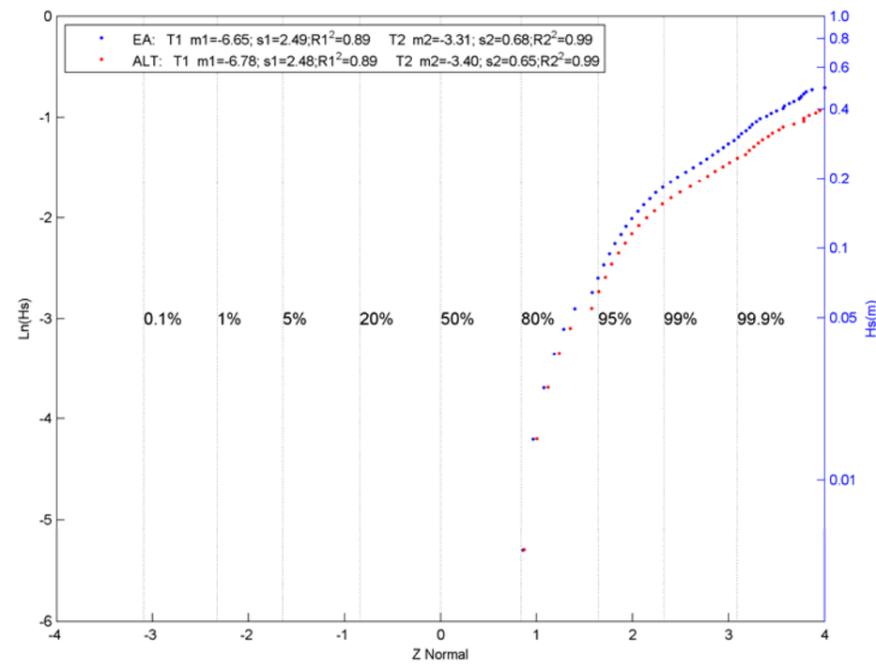


Figura 24. Comparativa regímenes medios. Área 3

6.2.4 ÁREA4

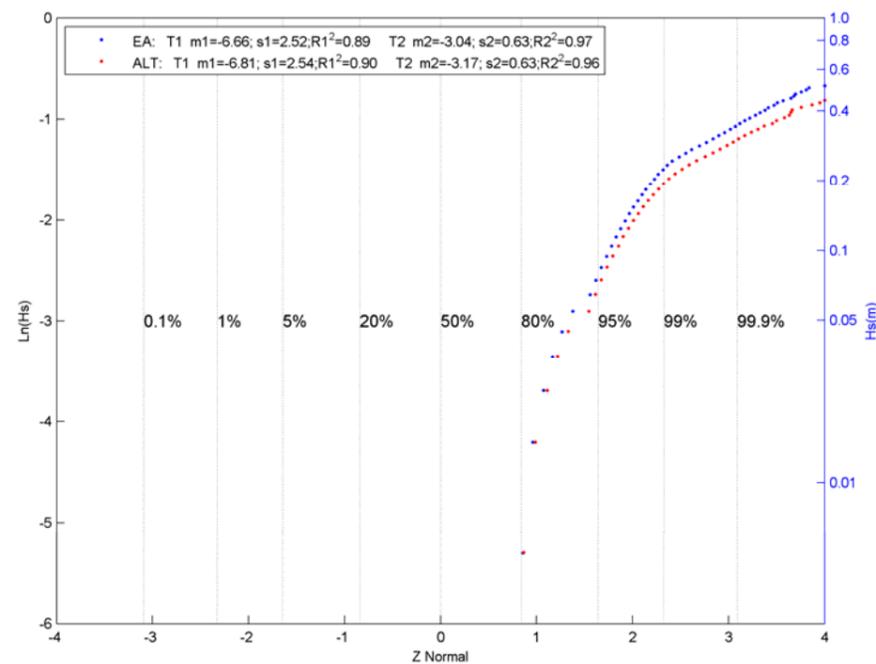


Figura 25. Comparativa regímenes medios. Área 4

6.3 CÁLCULO DE OPERATIVIDAD.

A partir de los regímenes calculados, podemos aplicar los criterios establecidos por la ROM para determinar la operatividad.

Dentro de los criterios establecidos para las condiciones de operatividad hay que diferenciar entre las distintos tipos de buques y la dirección con que alcanza el oleaje las distintas áreas.

Se propondrá tres límites para analizar la operatividad en las áreas propuestas. Estos límites son los siguientes:

1. Paralización operaciones carga y descarga para embarcaciones pesqueras. Acciones Longitudinales: Hs>0.6 metros.
2. Paralización operaciones carga y descarga para embarcaciones pesqueras. Acciones Transversales: Hs>0.4 metros.
3. Permanencia de buques deportivos en muelle Acciones Transversales: Hs>0.2 metros.

A continuación, se presentan tablas resumen de las condiciones de operatividad para las áreas estudiadas.

Limite Hs(m)	HORAS INOPERATIVIDAD			
	Area 01	Area 02	Area 03	Area 04
0.6				
Est.Actual	0.00	0.00	0.00	0.14
Alternativa	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 26. Operatividad resultante. Limite Oleaje 0.6 metros

Limite Hs(m)	HORAS INOPERATIVIDAD			
	Area 01	Area 02	Area 03	Area 04
0.4				
Est.Actual	0.00	0.48	2.04	3.61
Alternativa	0.00	0.00	0.34	1.16

Figura 27. Operatividad resultante. Limite Oleaje 0.4 metros

Limite Hs(m)	HORAS INOPERATIVIDAD			
	Area 01	Area 02	Area 03	Area 04
0.2				
Est.Actual	0.00	27.67	71.71	125.22
Alternativa	0.00	0.89	30.88	88.07

Figura 28. Operatividad resultante. Limite Oleaje 0.2 metros

A partir de los cálculos de operatividad que se muestran en la tabla anterior podemos realizar las siguientes conclusiones:

- Los límites de 0.6 metros de altura de ola solo son superados en la parte exterior norte del muelle de la Mosquera 0.14 horas al año en el estado actual.
- En el estado actual, el límite de 0.4 metros, solo es superado más de una hora en la zona exterior del muelle de la Mosquera. En la zona sur pasa de 2 hora de inactividad a menos de 0.34 horas en la alternativa mientras que en la zona norte exterior pasa de 3.61 horas a 1.16 horas de inoperatividad.
- Los límites de agitación para pernocta de embarcaciones deportivas solo son superados en el Área 2 3 y 4 en estado actual. En el Área 2 se pasa de 27.67 horas de inoperatividad en estado actual, a 0.89 horas de inoperatividad.

En la zona sur del exterior de muelle de A Mosquera (Area 3) se pasa de 71.71 horas de inoperatividad a 30.88 horas de inoperatividad.

En la zona norte (Area 4), en estado actual se supera el límite 125.22 horas al año, viéndose reducida a 88.07 horas al año.

#### 6.4 CONCLUSIONES

El Área 1 de estudio se encuentra en una zona perfectamente protegida de los oleajes estudiados. La alternativa estudiada, en general, mejora todavía un poco más la situación

Para el Área 2, la alternativa presenta una leve mejoría.

Para el Área 3 y 4, no se muestra una mejoría muy notable

La Alternativa propuesta, que tiene una tramitación simple y mejora asimismo las condiciones de agitación presenta una buena solución.

## 7 IMAGENES DE LAS PROPAGACIONES

### 7.1 ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M.

#### 7.1.1 DIRECCIÓN SSE

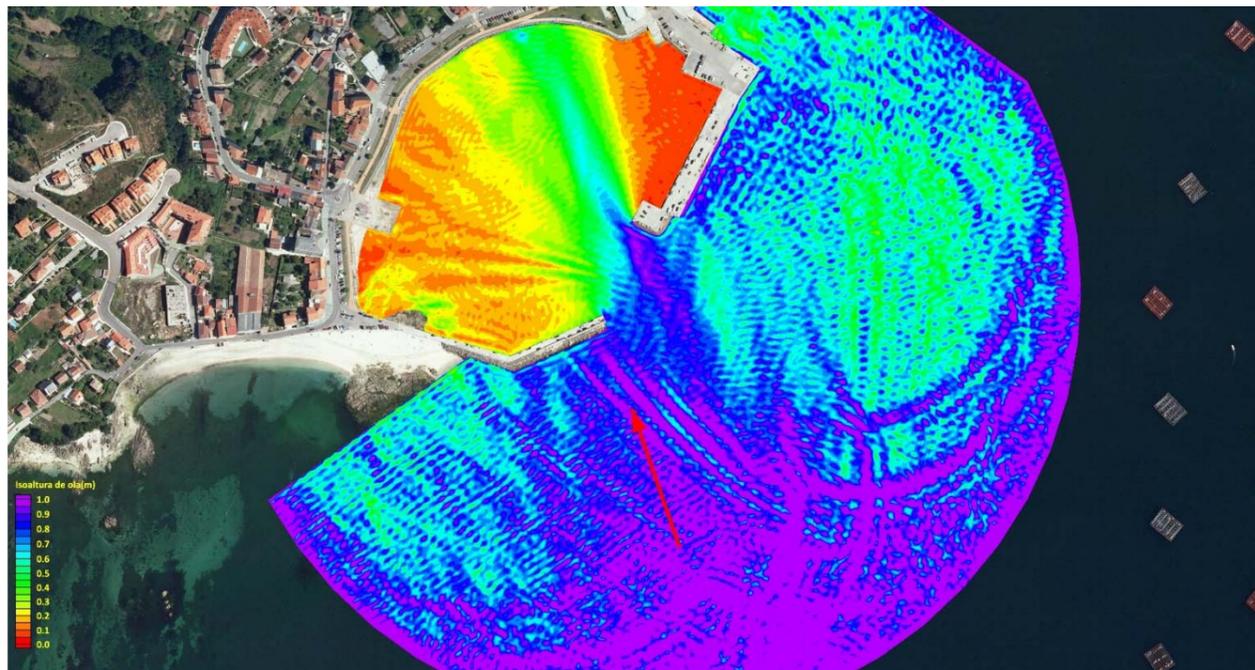


Figura 29. Dirección SSE

#### 7.1.3 DIRECCIÓN SSW

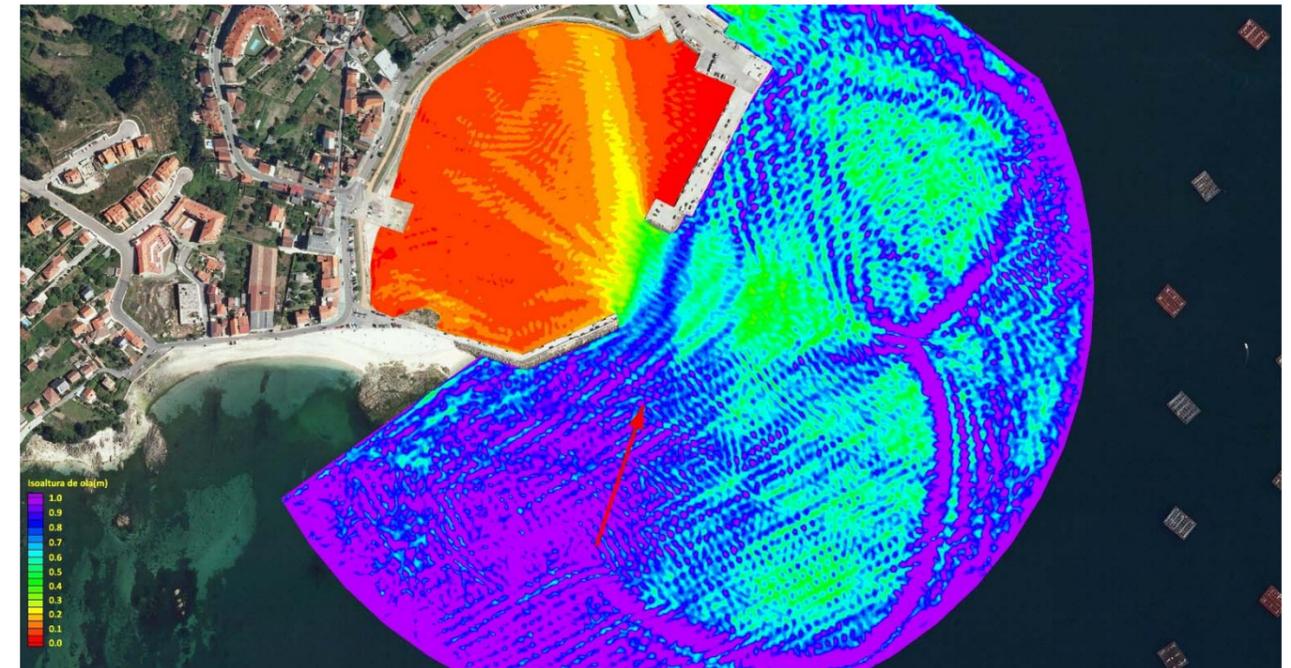


Figura 31. Dirección SSW

#### 7.1.2 DIRECCIÓN S

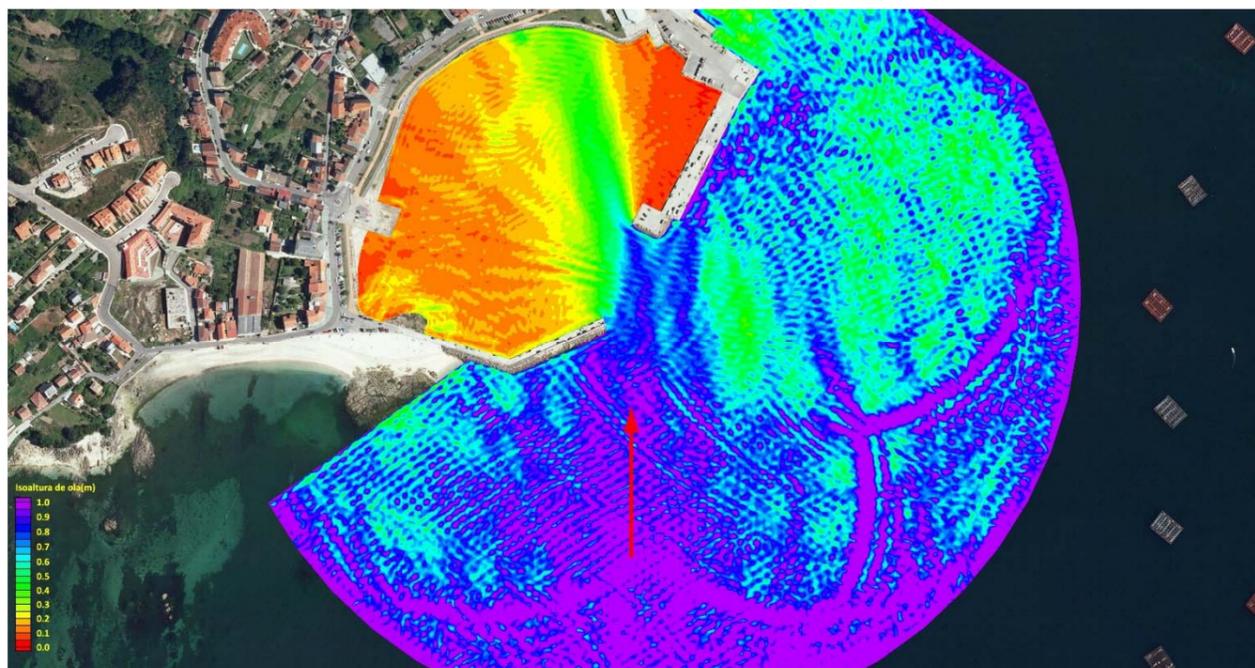


Figura 30. Dirección S

#### 7.1.4 DIRECCIÓN SW

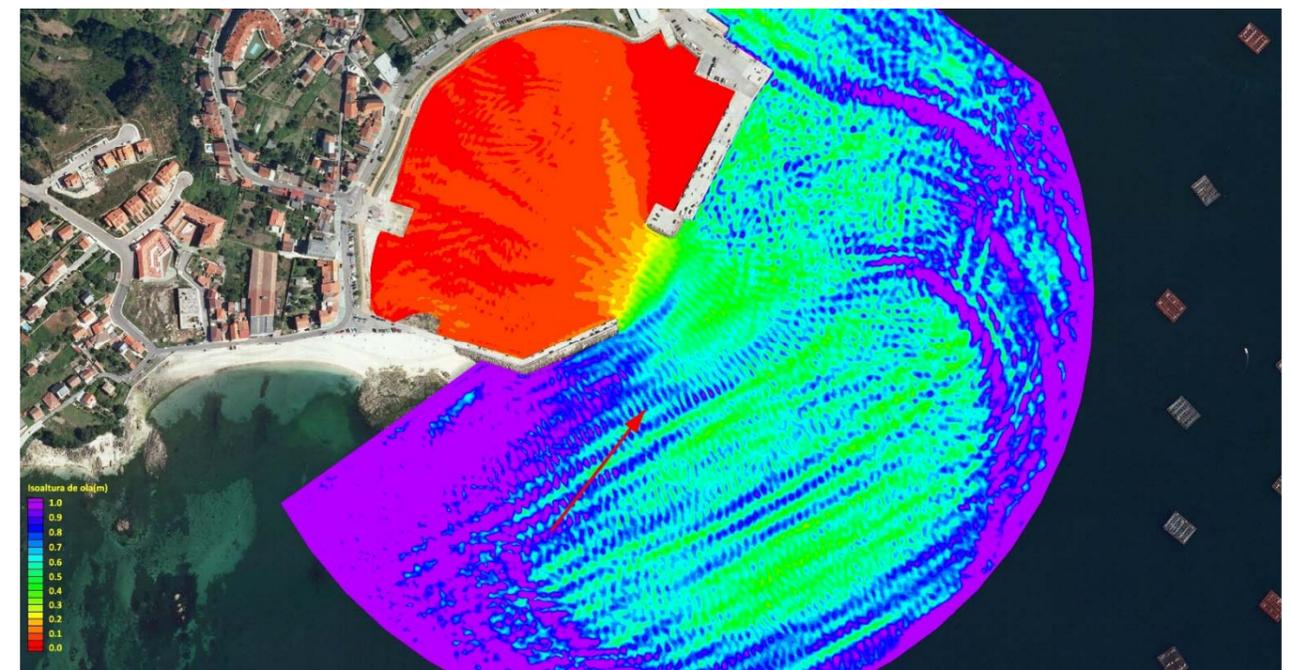


Figura 32. Dirección SW

7.2 ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M.

7.2.1 DIRECCIÓN SSE

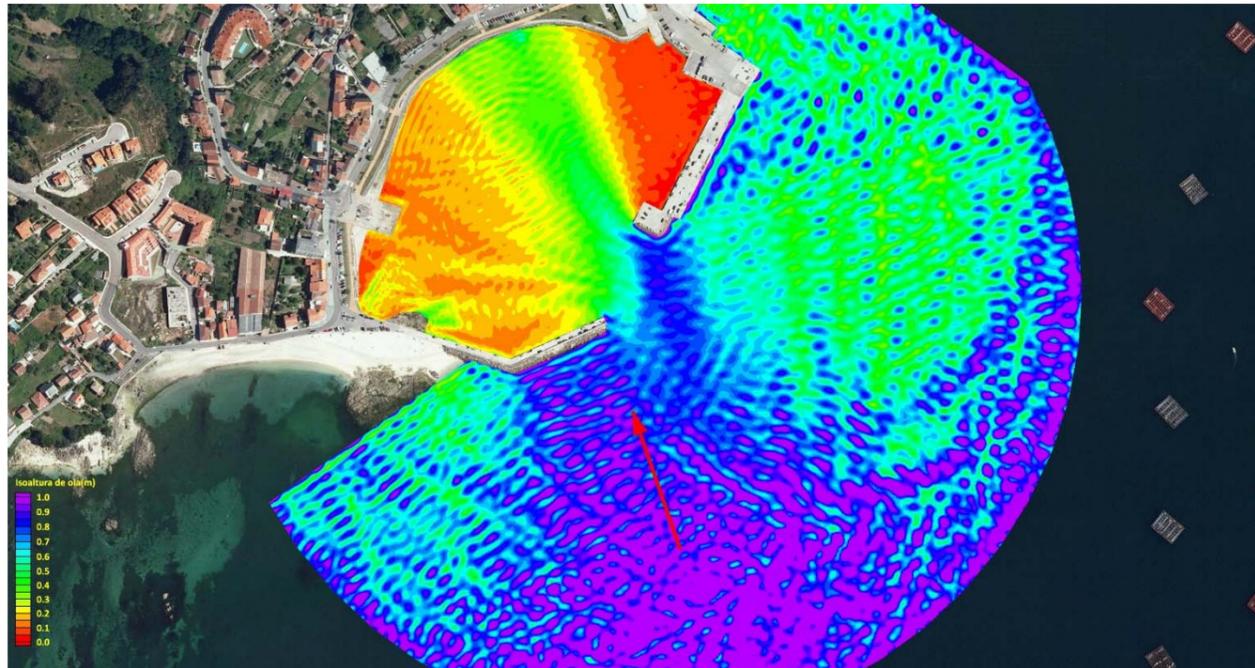


Figura 33. Dirección SSE

7.2.3 DIRECCIÓN SSW

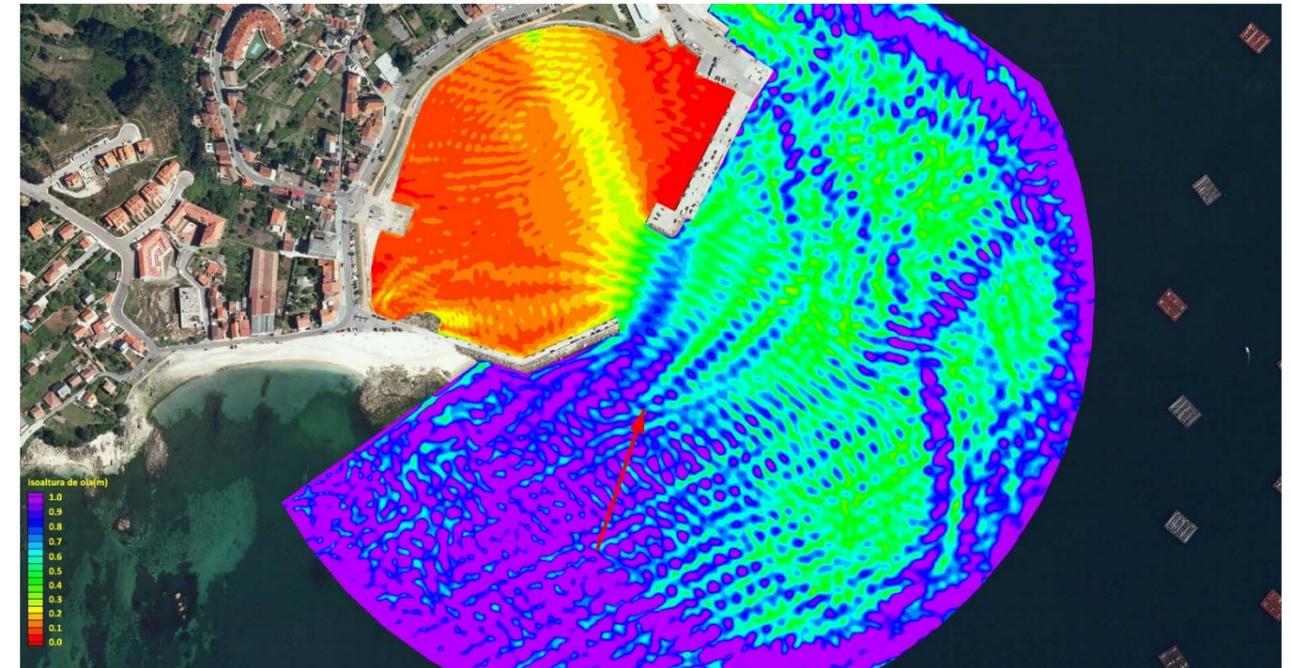


Figura 35. Dirección SSW

7.2.2 DIRECCIÓN S

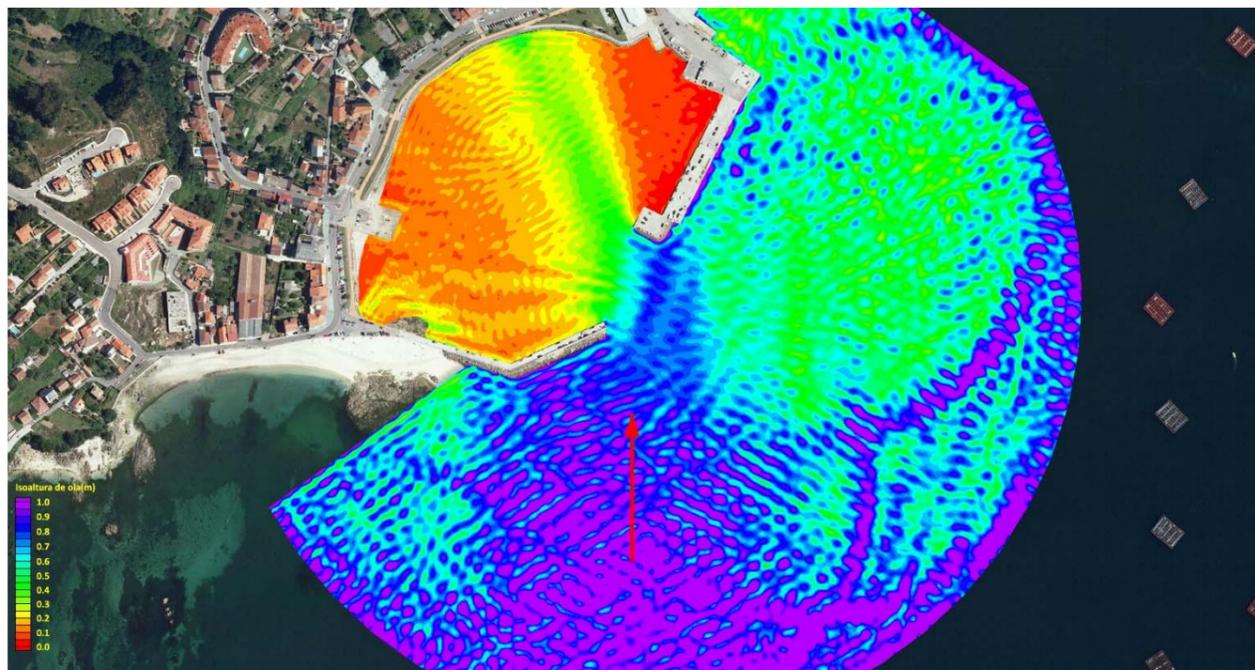


Figura 34. Dirección S

7.2.4 DIRECCIÓN SW

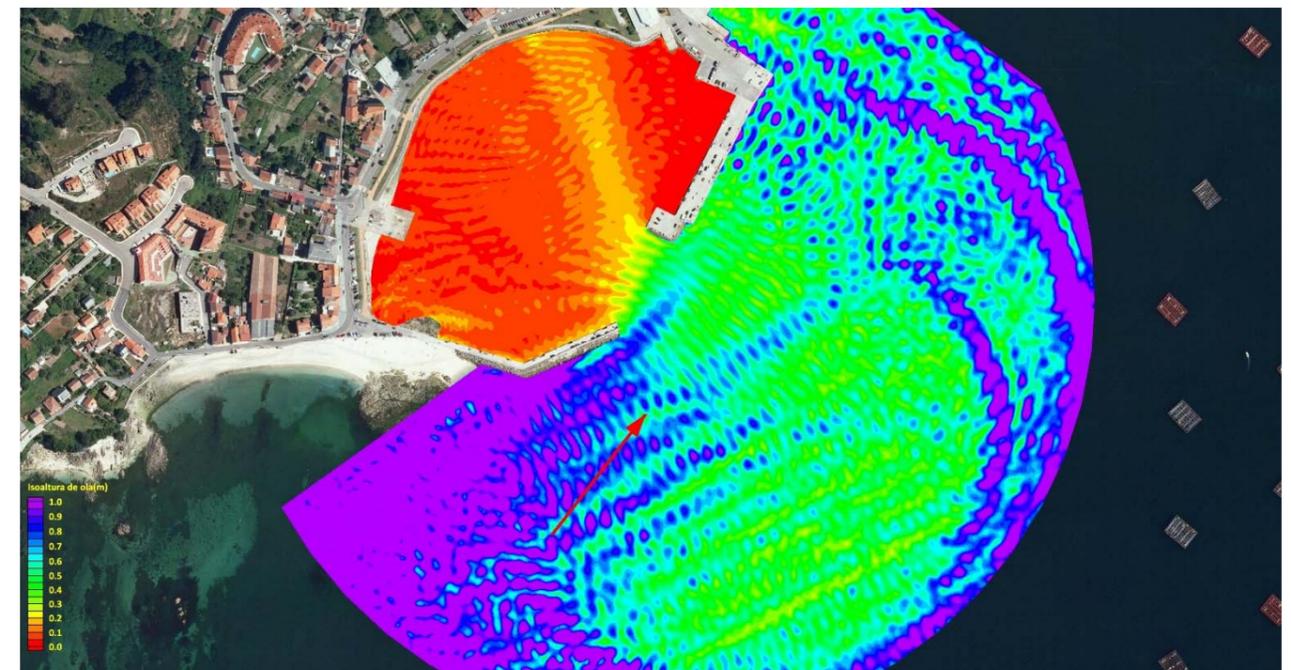


Figura 36. Dirección SW

7.3 ALTERNATIVA 01. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M.

7.3.1 DIRECCIÓN SSE

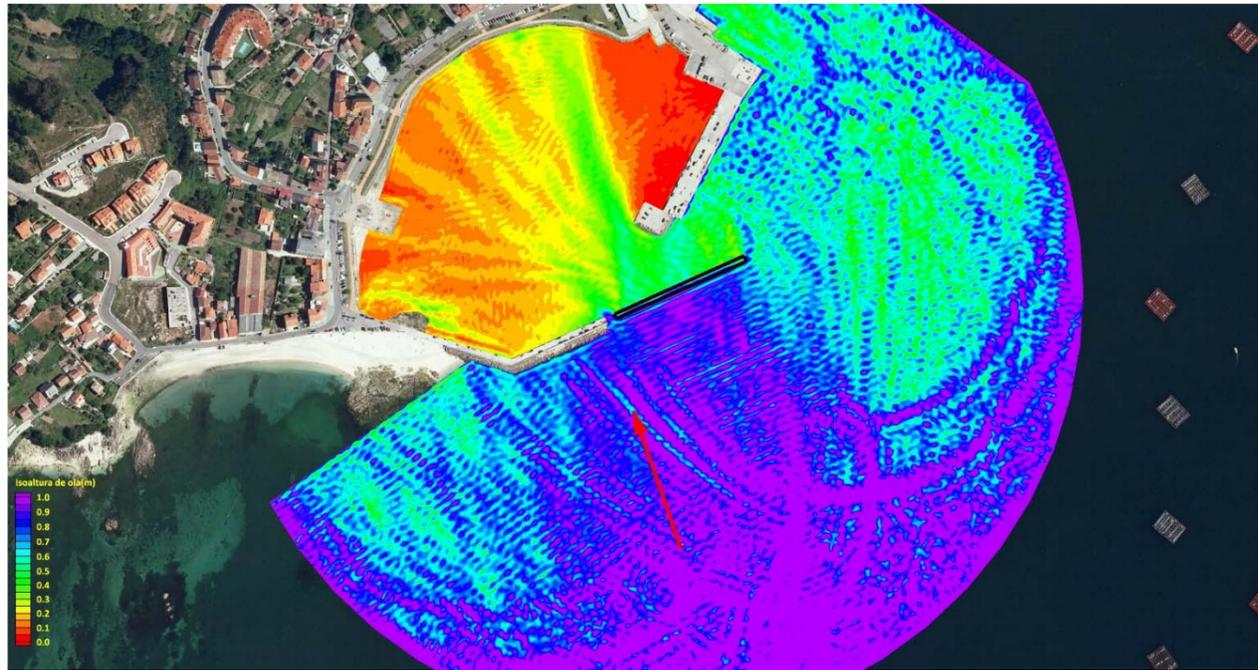


Figura 37. Dirección SSE

7.3.3 DIRECCIÓN SSW

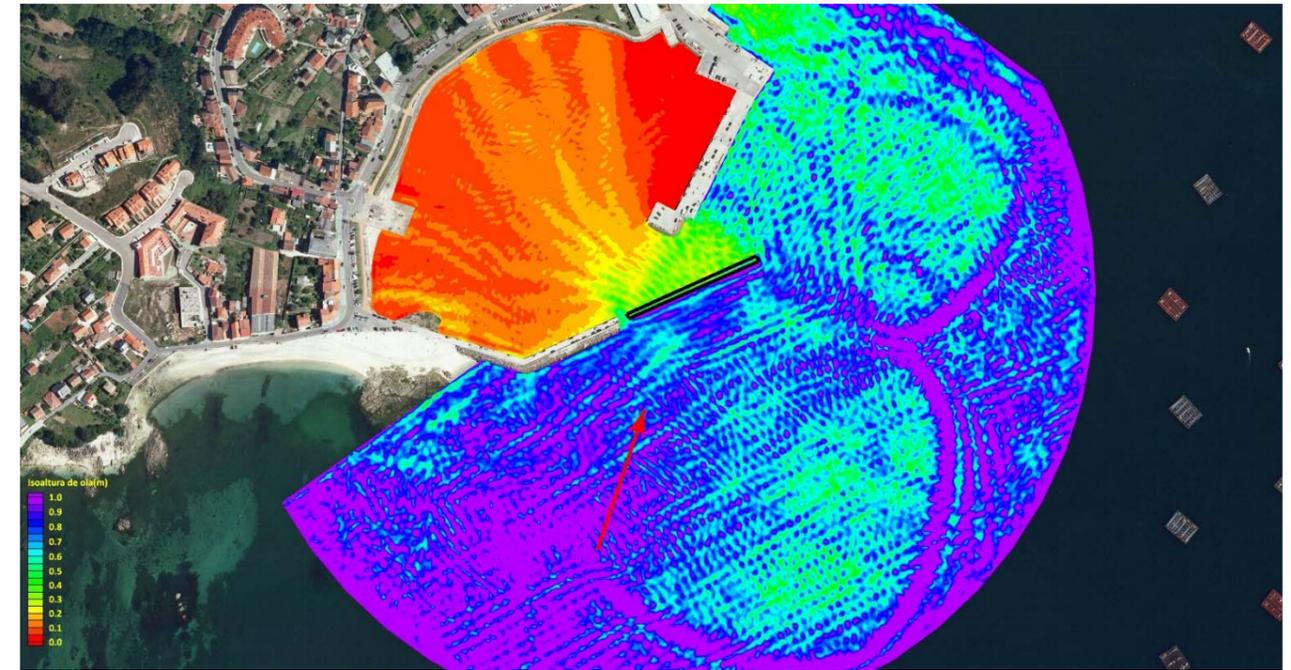


Figura 39. Dirección SSW

7.3.2 DIRECCIÓN S

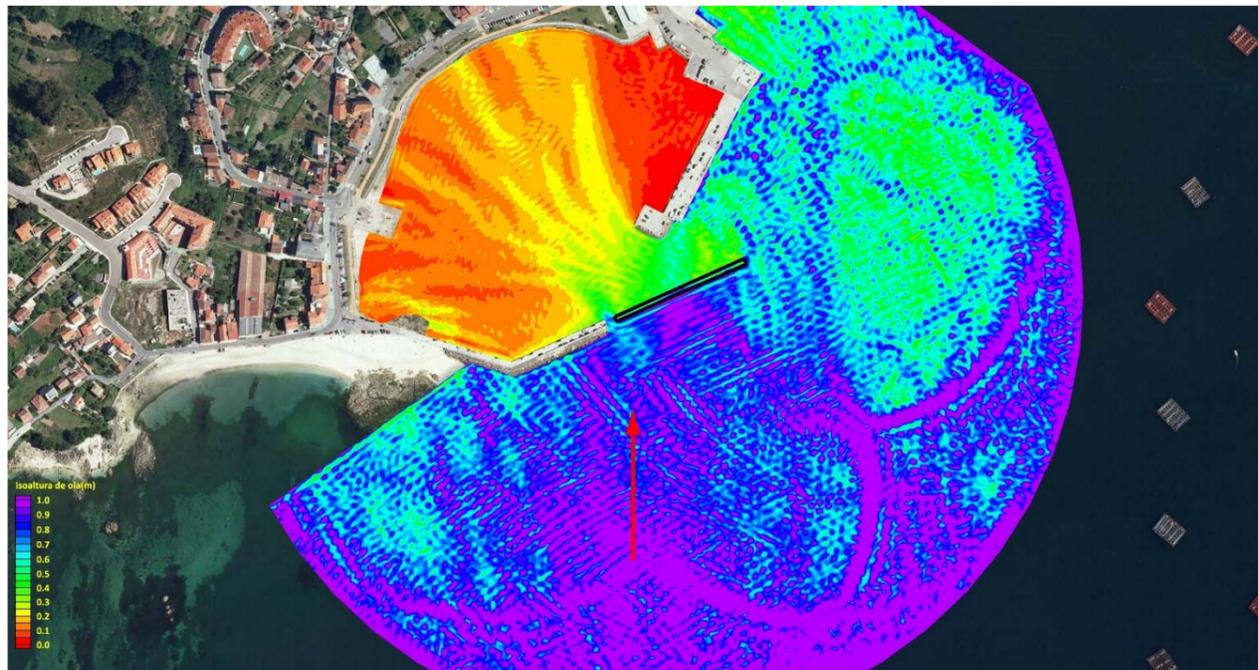


Figura 38. Dirección S

7.3.4 DIRECCIÓN SW

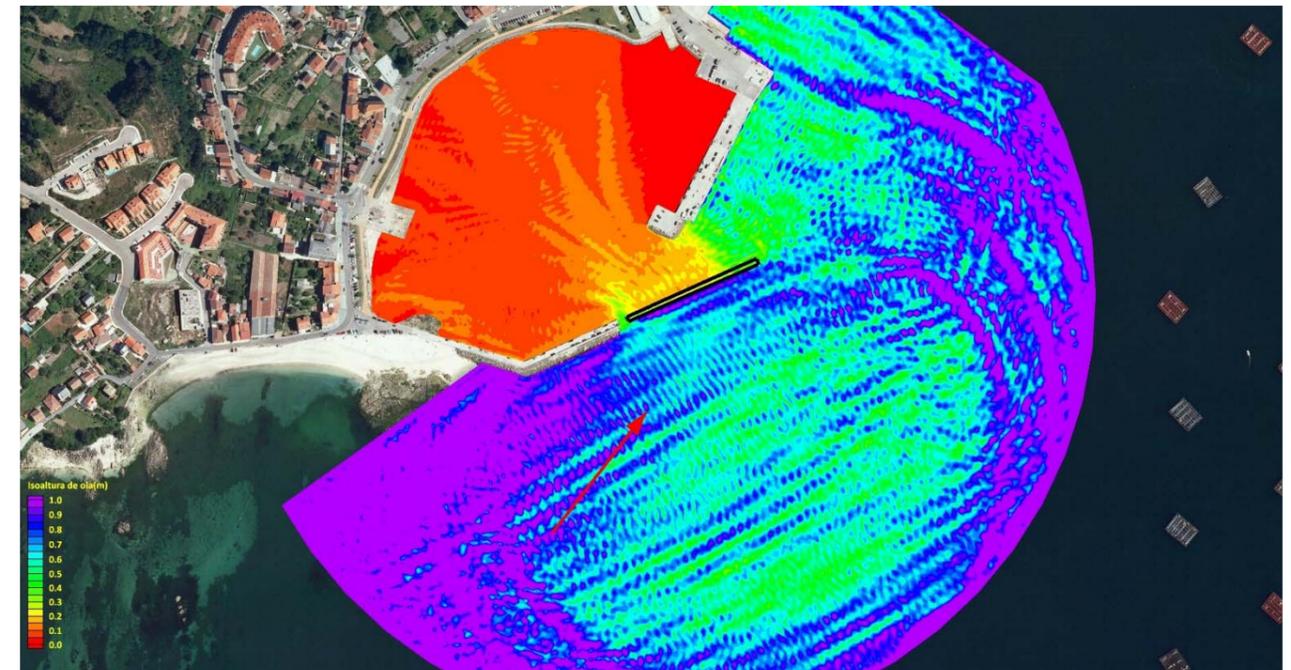


Figura 40. Dirección SW

7.4 ALTERNATIVA 01. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M.

7.4.1 DIRECCIÓN SSE

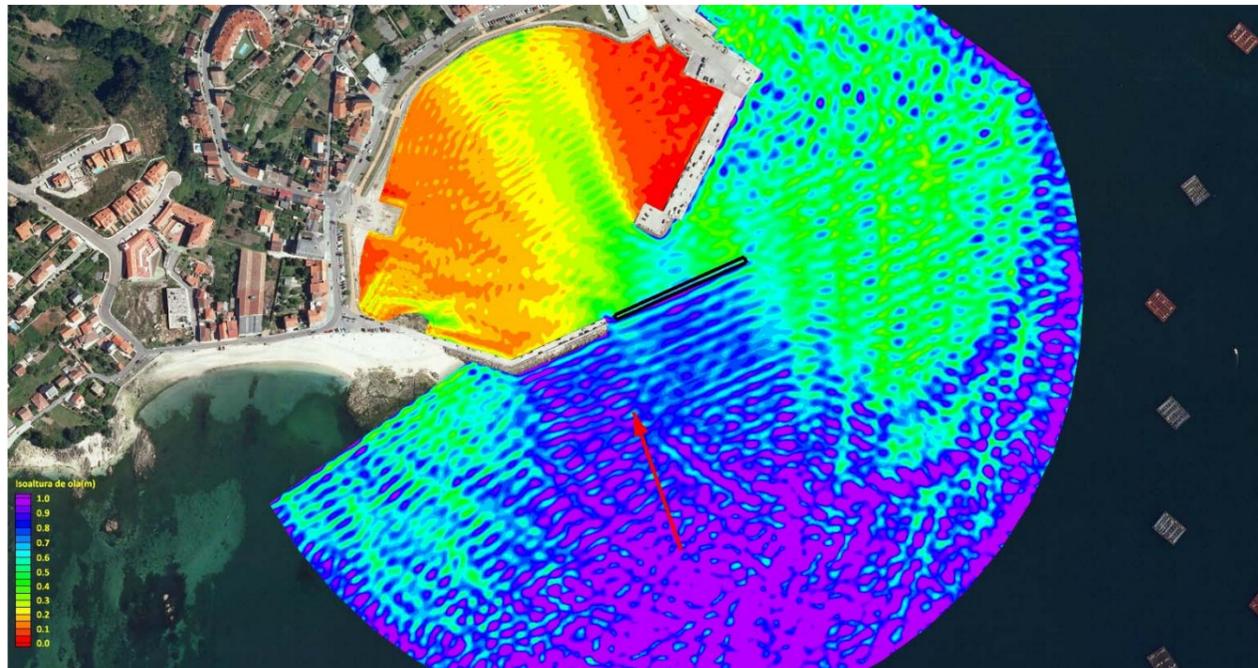


Figura 41. Dirección SSE

7.4.3 DIRECCIÓN SSW

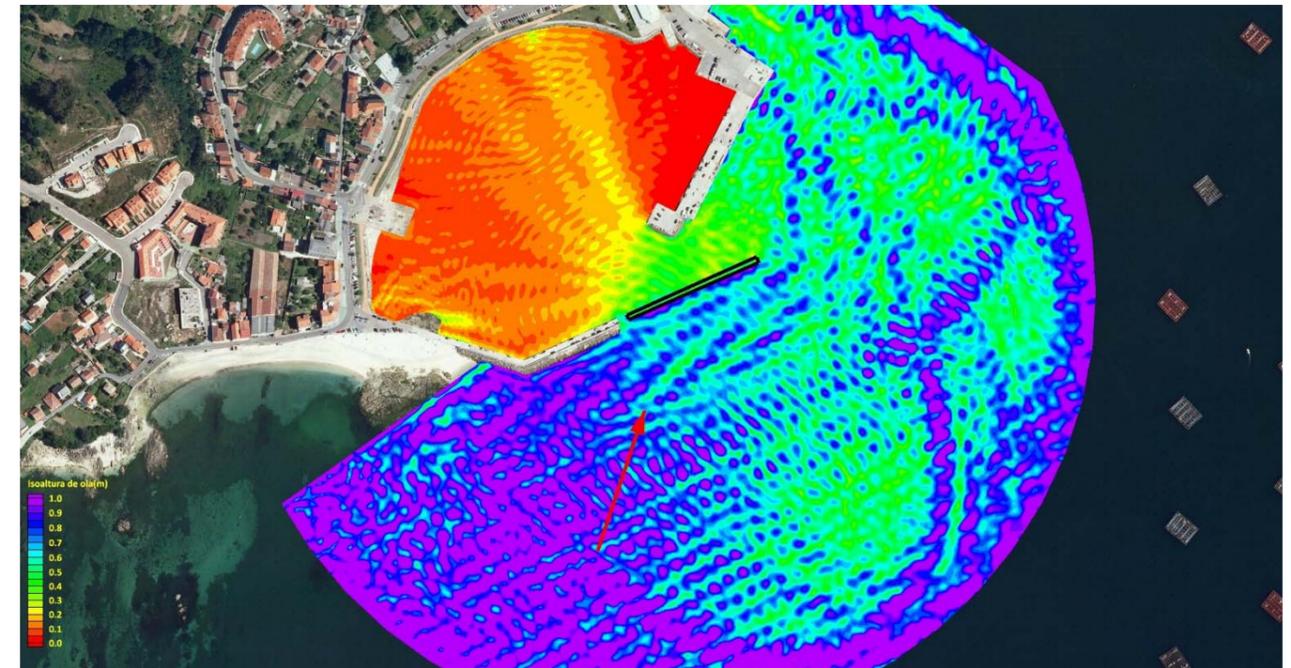


Figura 43. Dirección SSW

7.4.2 DIRECCIÓN S

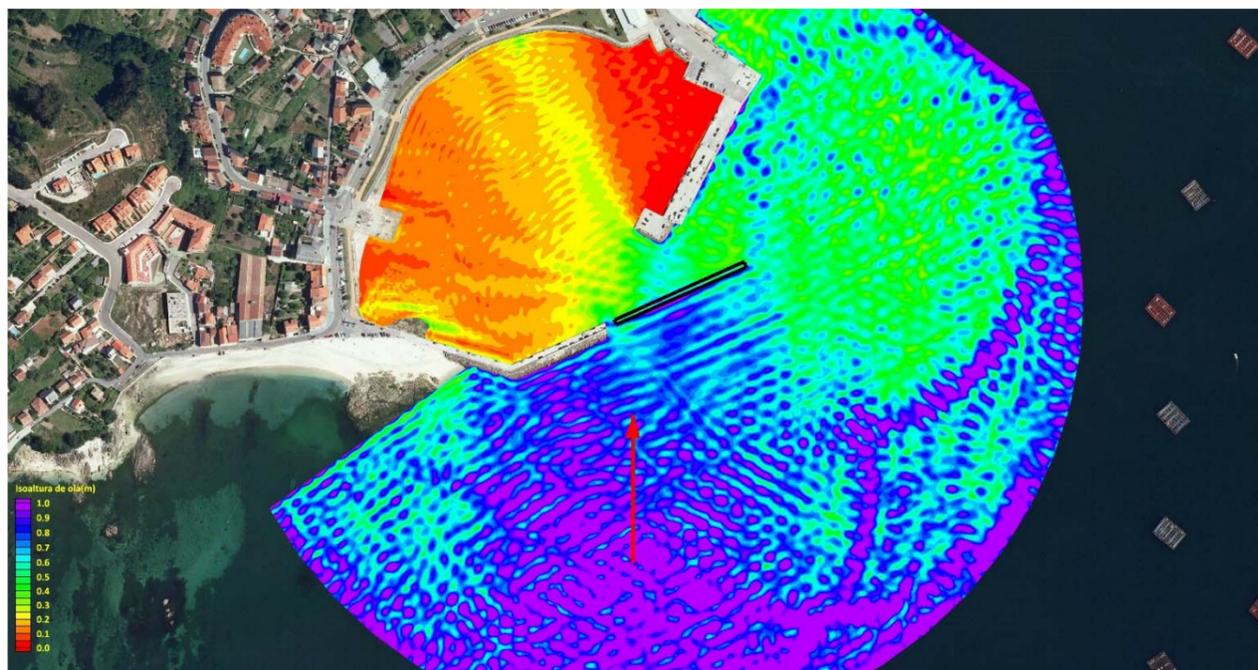


Figura 42. Dirección S

7.4.4 DIRECCIÓN SW

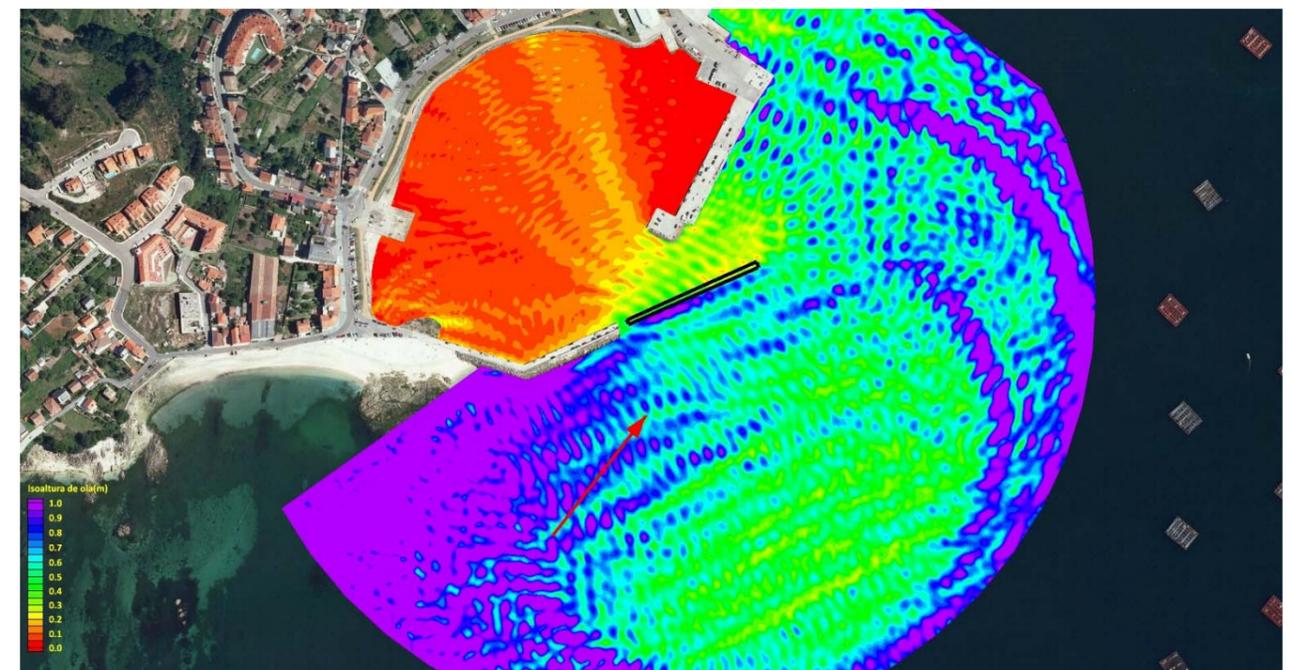


Figura 44. Dirección SW

**7.5 DIFERENCIA ALTERNATIVA 01-ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 3 SEG, NM=3 M.**

7.5.1 DIRECCIÓN SSE

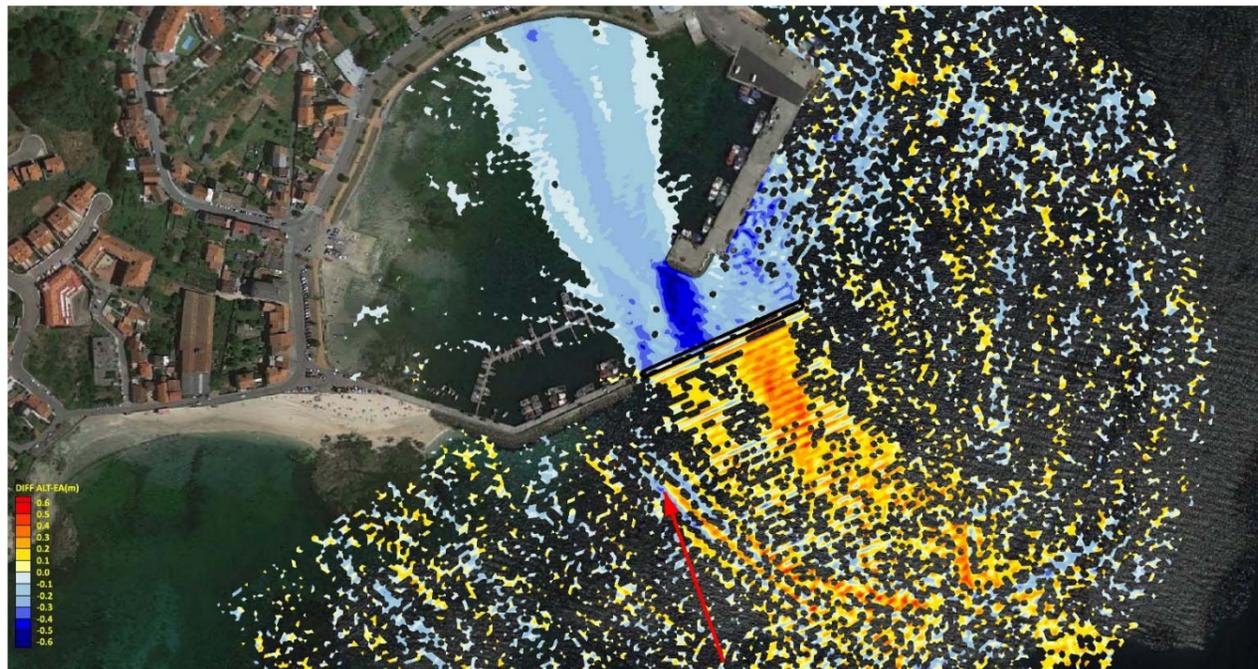


Figura 45. Dirección SSE

7.5.3 DIRECCIÓN SSW

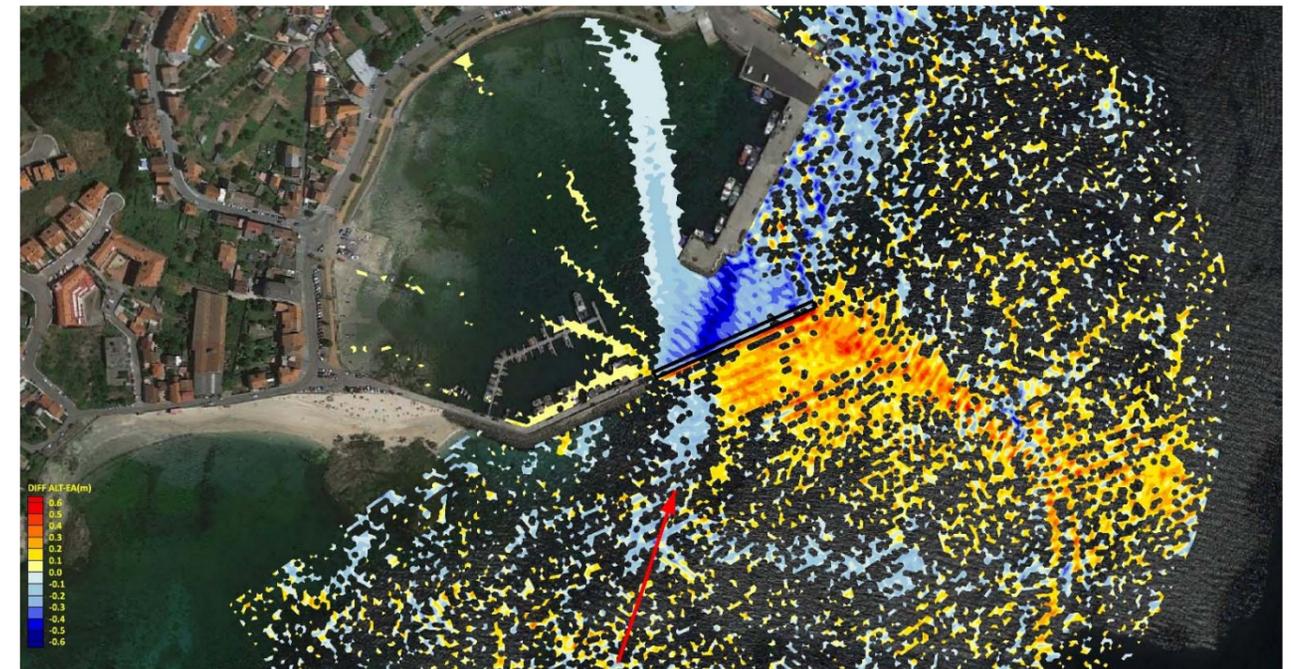


Figura 47. Dirección SSW

7.5.2 DIRECCIÓN S

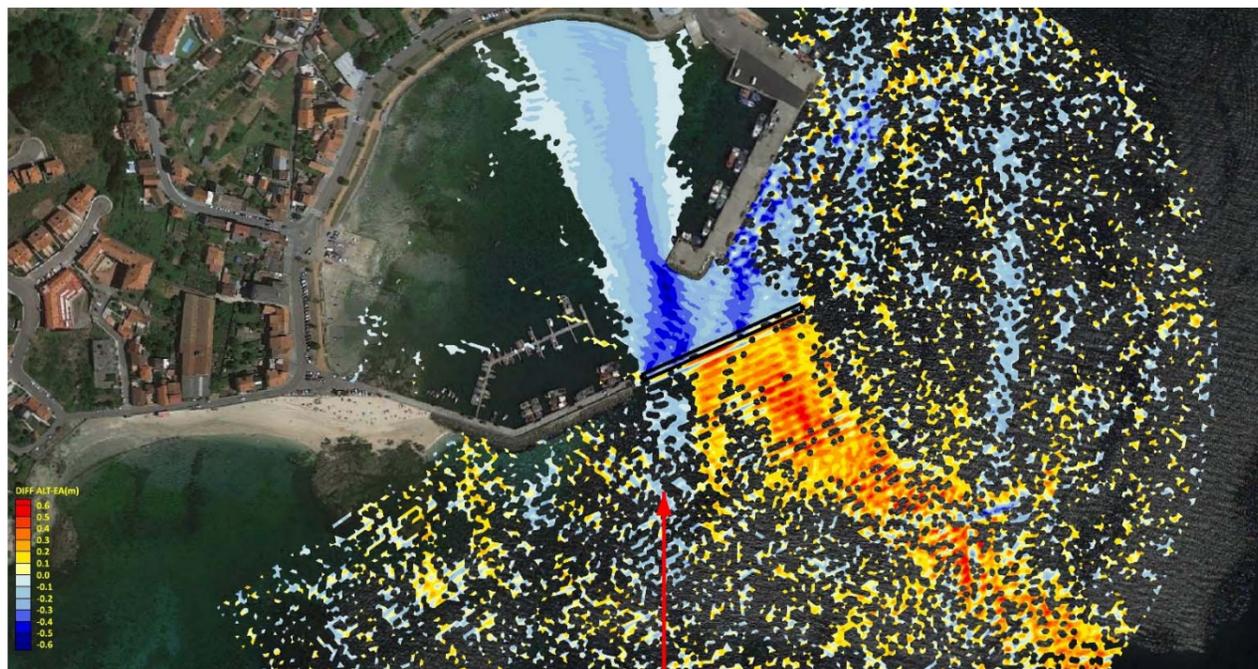


Figura 46. Dirección S

7.5.4 DIRECCIÓN SW

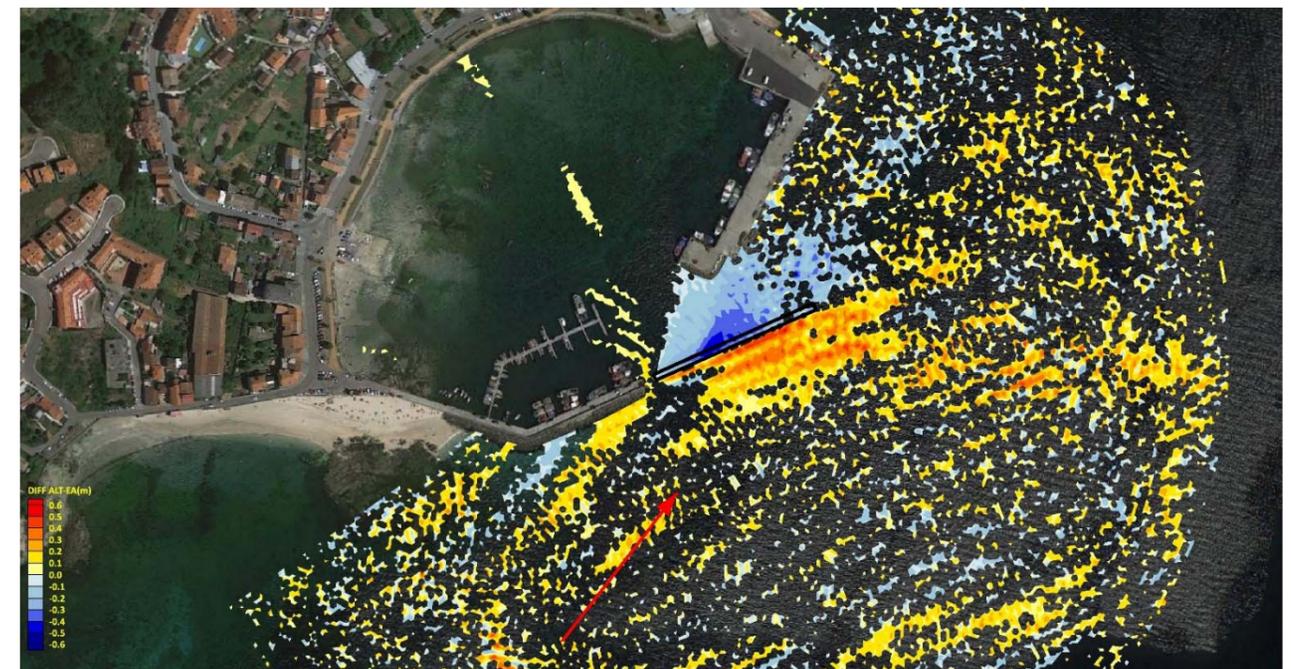


Figura 48. Dirección SW

7.6 DIFERENCIA ALTERNATIVA 01-ESTADO ACTUAL. HS= 0.8 M, TP= 4 SEG, NM=3 M.

7.6.1 DIRECCIÓN SSE

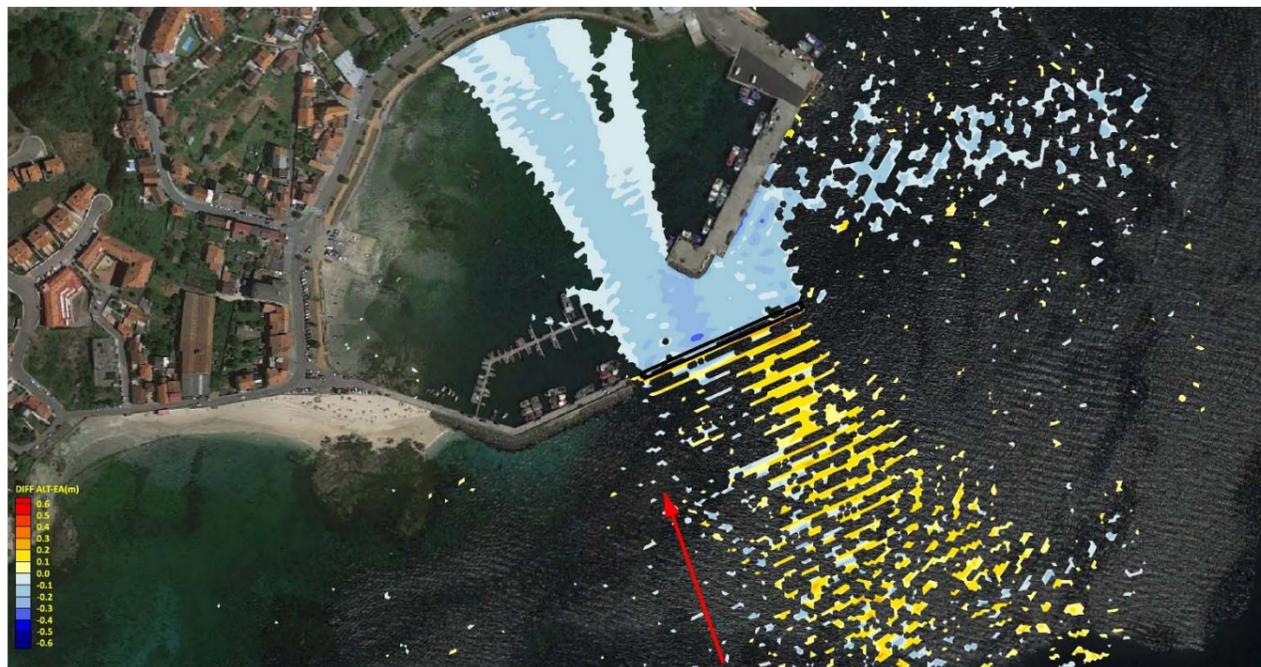


Figura 49. Dirección SSE

7.6.3 DIRECCIÓN SSW

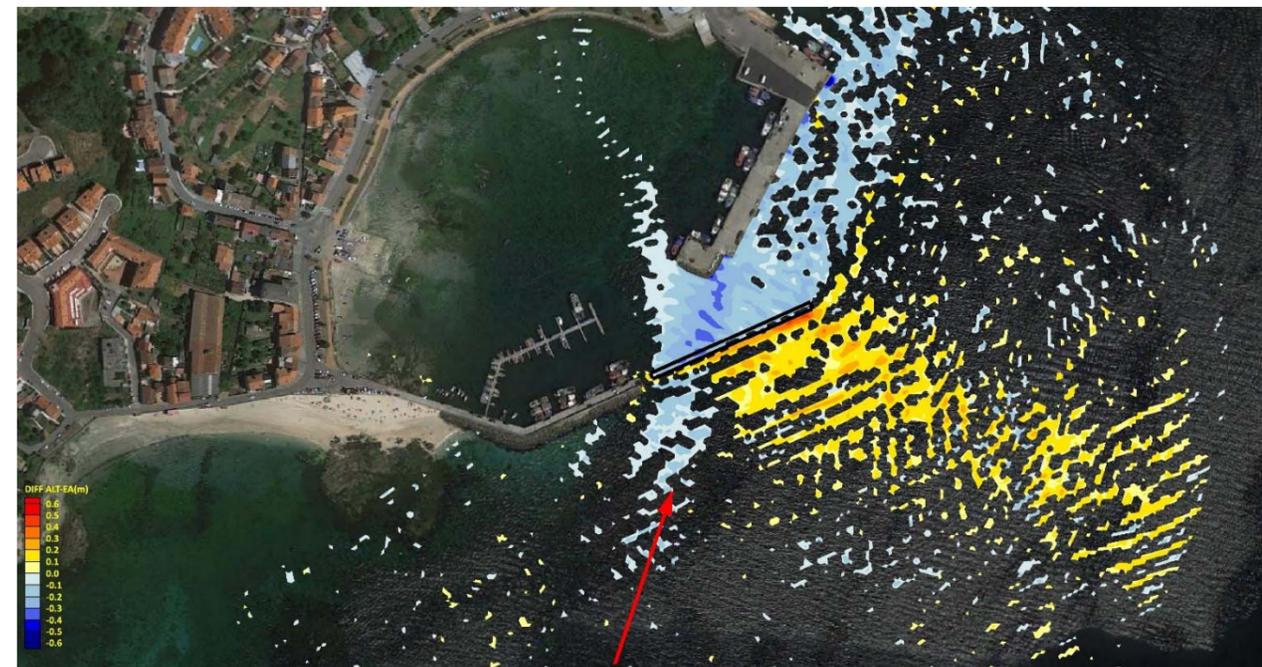


Figura 51. Dirección SSW

7.6.2 DIRECCIÓN S

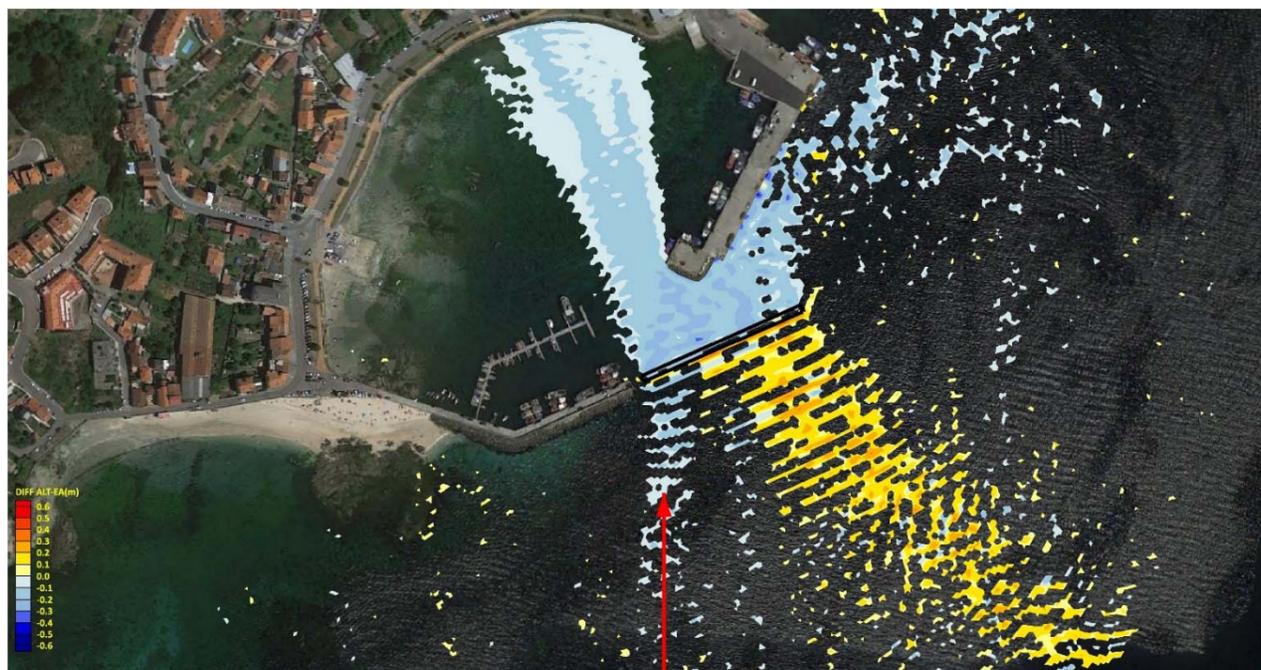


Figura 50. Dirección S

7.6.4 DIRECCIÓN SW

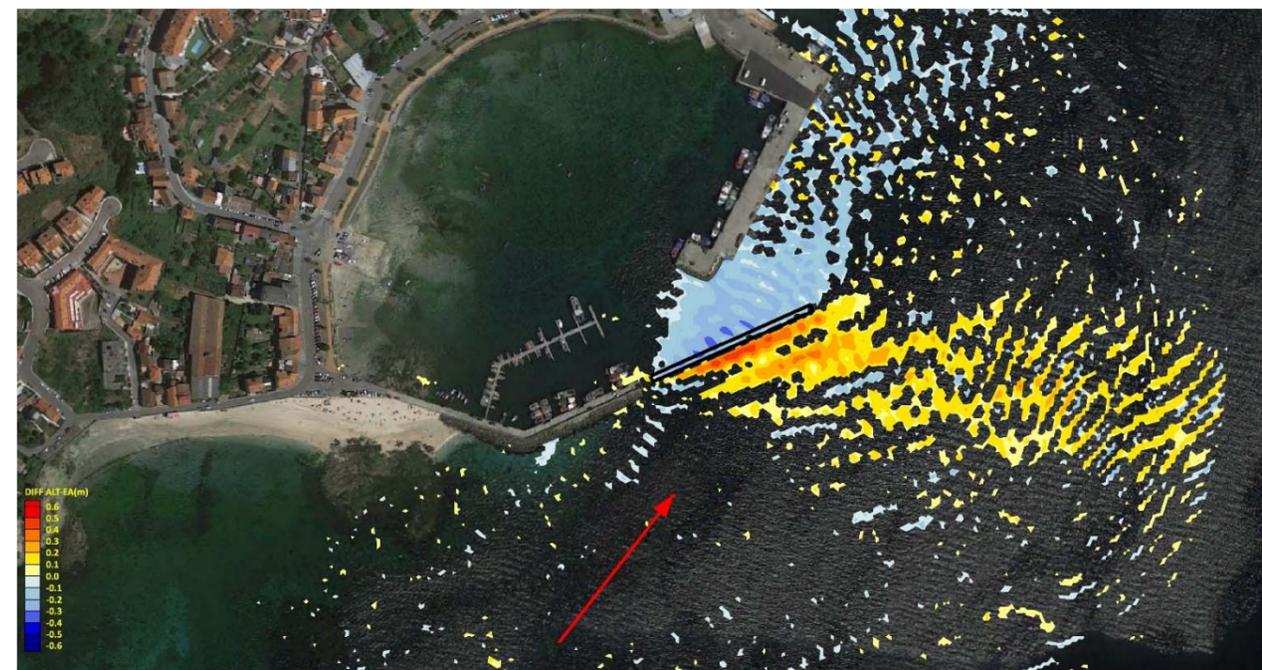


Figura 52. Dirección SW

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO N° 5: DIMENSIONADO ESTRUCTURAL**

**ANEJO Nº 05: DIMENSIONADO ESTRUCTURAL**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE:

1	INTRODUCCION .....	2
2	ESTUDIO DE LAS DINÁMICAS .....	2
2.1	INTRODUCCION. METODOLOGÍA .....	2
2.2	NIVEL DEL MAR:.....	2
2.3	VIENTO DE DISEÑO .....	2
2.4	OLEAJE DE DISEÑO.....	3
3	FUNCIONAMIENTO DE LAS CADENAS .....	3
3.1	ECUACION DE LA CATENARIA.....	3
3.2	CURVA TENSION DEFORMACION DE UNA LINEA DE FONDEO CON CADENA.....	5
3.3	FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE FONDEO CON CADENAS.....	6
4	DETERMINACION DE LAS ACCIONES DE DISEÑO.....	7
4.1	INTRODUCCION .....	7
4.2	FUERZA EJERCIDA POR EL EMPUJE DEL VIENTO SOBRE EL DIQUE .....	7
4.3	ACCIÓN DEL OLEAJE SOBRE EL DIQUE FLOTANTE.....	7
5	METODOLOGIA DE DISEÑO.....	8
5.1	HIPOTESIS DE PARTIDA .....	8
5.2	PROCESO DE CÁLCULO DE LINEA DE FONDEO.....	8
6	RESULTADOS.....	9
6.1	GEOMETRIA DEL SISTEMA.....	9
6.2	CÁLCULO LAS TENSIONES EN LOS SISTEMA DE ANCLAJE. LINEA MÁS PROFUNDA.....	9
6.3	GEOMETRÍA DE LAS OTRAS LINEAS DE FONDEO .....	13
7	IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO POR PARTE DE LA EMPRESA CONTRATISTA.....	13

## ANEJO Nº 05: DIMENSIONADO ESTRUCTURAL

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 INTRODUCCION

El presente documento constituye el diseño de las líneas de fondeo con cadenas.

El criterio fundamenta de diseño ha sido proyectar un fondeo con cadenas con suficiente peso y touchdown (longitud de cadena en contacto con el fondo) para que no se produzca snapping en el punto de fondeo (fuerza superior a la tensión de la catenaria).

Para ello, en el presente documento se estructura en los siguientes apartados:

- Apartado 1. Donde se hace una introducción explicando los objetivos y criterios de diseño.
- Apartado 2. En el que se resumen las dinámicas marinas actuantes.
- Apartado 3. En el que se explica el funcionamiento de las cadenas en catenaria.
- Apartado 4. En el que se determinan las acciones de diseño del caso que nos ocupa.
- Apartado 5. Donde se explica la metodología de diseño.
- Apartado 6. En el que se resumen los resultados para el dique flotante de Moaña.

### 2 ESTUDIO DE LAS DINÁMICAS.

#### 2.1 INTRODUCCION. METODOLOGÍA

El pantalán objeto de estudio se encuentra sometido los siguientes tipos de acciones:

1. Acción de la deformación sufrida por la marea.
2. Acción del viento sobre la estructura y empuje de las embarcaciones atracadas en el mismo.

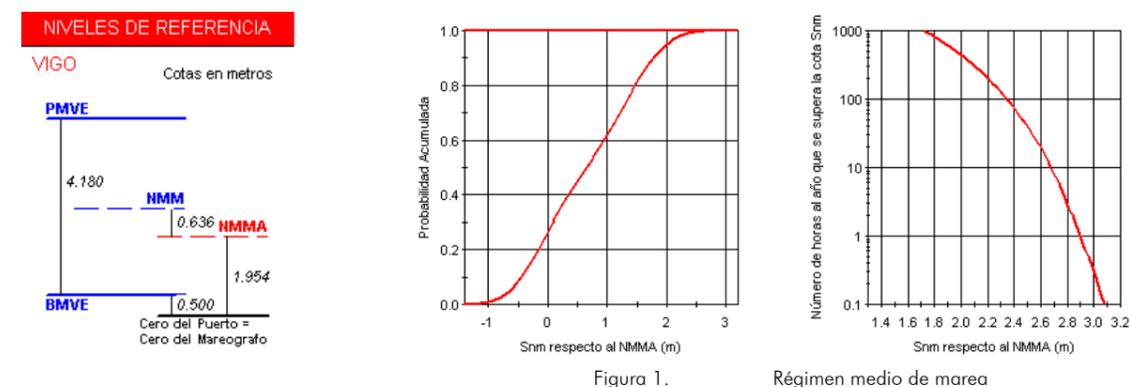
En este caso, no se plantea la posibilidad de utilizar el dique flotante como pantalán de atraque para embarcaciones, pero si se tendrá en cuenta el empuje del viento directamente sobre la estructura.

Para la determinación del empuje por la acción del viento se va a utilizar la metodología definida en la ROM 02-90 "Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias".

3. Acción de oleaje generado por el viento de forma local.

#### 2.2 NIVEL DEL MAR:

Para la determinación de la carrera de marea se ha tomado la información del ATLAS DE INUNDACIÓN desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC) a partir de la información de Puertos del Estado.



El nivel medio del mar en Vigo es de 2.09 m por encima de la bajamar máxima viva equinoccial, donde están referidas las cartas náuticas y 0.636 metros por encima del nivel medio del mar en Alicante, referencia de la cartografía. Una descripción más detallada del régimen del nivel del mar se puede ver en el Anejo 01 del clima marítimo.

#### 2.3 VIENTO DE DISEÑO

La acción del viento se determina de acuerdo con la norma ROM 02-90 "Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias" en lo relativo a la vida útil, riesgo máximo admisible de las obras y período de retorno a considerar; y con la norma ROM 04-95 "Acciones climáticas II: Viento" en lo referente al cálculo de la velocidad del viento asociada al período de retorno considerado.

De acuerdo con la tabla 2.2.1.1. de la norma ROM 02-90 la obra de objeto de estudio puede considerarse como obra de infraestructura general de nivel 1, por lo que la vida útil mínima admisible es de  $L_f=25$  años.

Asimismo, según la tabla 3.2.3.1.2 de la citada publicación, considerando que la posibilidad de pérdidas de vidas humanas es reducida, que la repercusión económica en caso de inutilización de la obra es de tipo medio y que la estructura es flexible el riesgo máximo admisible para la fase de servicio resulta ser  $E = 0,30$ .

El período de retorno asociado a una vida útil  $L_f=25$  años y a un riesgo admisible  $E = 0,30$  es:

$$E = [1 - 1/T]^{L_f}; \quad 0,30 = [1 - 1/T]^{25}; \quad T = 71 \text{ años}$$

La velocidad del viento de proyecto en condiciones climáticas extremas puede calcularse según el anejo I "Atlas de Viento en el Litoral Español" de la norma ROM 04-95 "Acciones climáticas II: Viento".

Según el citado anejo la velocidad máxima  $V$  del viento de proyecto para un período de retorno  $T$  y una dirección  $\alpha$  viene dada por la expresión:

$$V = (V_b \cdot K_T \cdot K_\alpha) \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_R$$

Donde:

- $V_b$  es la velocidad básica escalar correspondiente a un período de retorno de 50 años y a una altura de 10 metros, en categoría I de rugosidad superficial. Según el Atlas de Viento en el Litoral Español (Área IV) del citado anejo se tiene  $V_{b/50 \text{ años}} = 32 \text{ m/s}$ .

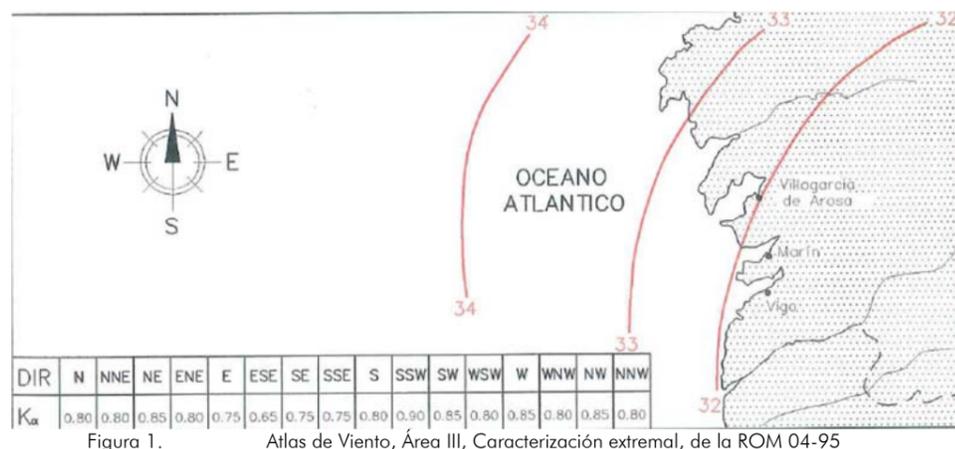


Figura 1. Atlas de Viento, Área III, Caracterización extremal, de la ROM 04-95

-  $K_T$  es un coeficiente que depende del período de retorno adoptado, igual a:

$$K_T = 0.75[(1 + 0.2 \cdot \ln(T))]^{1/2} = 1.02$$

-  $K_{\alpha}$  es un coeficiente direccional que se obtiene en la figura anterior teniendo en cuenta la dirección del viento.

De los vientos implicados, el valor de  $K_{\alpha}$  es de 0.80 para la dirección ENE asociado a situación de oleaje de viento, y de 0.80 para vientos de WSW para situación de oleaje de fondo. Ambos vientos alienados con la dirección de la ría.

-  $F_A$  es el factor de altura y rugosidad superficial, igual a 1,0 para categoría I de rugosidad superficial y altura  $z = 10m$ .

Se aplicará una reducción por altura, debido a que estas mediciones se realizan a 10 m de altura.

$$F_A = \left(\frac{H_A}{H_B}\right)^{0.1} = 0.85$$

-  $F_T$  es el factor de topografía, igual a 1,0 para superficie débilmente accidentada.

-  $F_R$  es el factor de ráfaga, igual a 1,38 para  $z = 10m$  y una duración de la ráfaga de 15 s (pequeñas embarcaciones y elementos flotantes de hasta 25 m de eslora).

Con todo ello la velocidad del viento de proyecto en condiciones climáticas extremas resulta:

$$V = 30.78m/s$$

### 2.4 OLAJE DE DISEÑO.

Para la determinación del oleaje de diseño se utilizarán las propagaciones realizadas en el Anejo número 4 del presente documento.

MÉTODO	$H_{s,20años}$	$H_{s,50años}$	$H_{s,100años}$	$H_{s,200años}$
Max anuales	0.67 m	0.74 m	0.80 m	0.85 m

Estadísticos régimen extremal de  $H_s$  por oleaje de viento en el punto de control

Se tendrá en cuenta un período pico máximo de oleaje de viento en la Ría de 5 s.

### 3 FUNCIONAMIENTO DE LAS CADENAS

El sistema de fondeo con cadenas es el más empleado para estructuras flotantes de forma tradicional. Se trata de una cadena de acero de determinada longitud, la cual se une al objeto flotante por un extremo y por el otro extremo se ancla en el fondo (de diferentes formas dependiendo del sustrato resistente).

En función de la relación entre la longitud de la cadena, su peso, la profundidad donde ubicada y la distancia a la que se ancla, la cadena puede:

- ✓ Tener parte en contacto con el fondo, lo cual se conoce con el anglicismo *touchdown*.
- ✓ Formar una catenaria perfecta (la tangente en el ángulo de anclaje es cero)
- ✓ Estar en tensión, formando cierto ángulo en el punto de anclaje.

Cuando un sistema fondeado con cadenas se le aplica una fuerza la catenaria se deforma, se levanta parte de la cadena en contacto con el fondo, y esto da lugar a un movimiento del sistema. La fuerza restauradora del movimiento es el propio peso de la cadena. Se puede decir que la tensión en la cadena, o las fuerzas que recibe la estructura flotante, se deben básicamente al peso de la cadena y/o sus propiedades elásticas.

#### 3.1 ECUACION DE LA CATENARIA

Si analizamos la línea de fondeo desde un punto de vista estático, se puede aplicar la ecuación de la catenaria, tal y como la describe Faltinsen<sup>1</sup> en su libro:

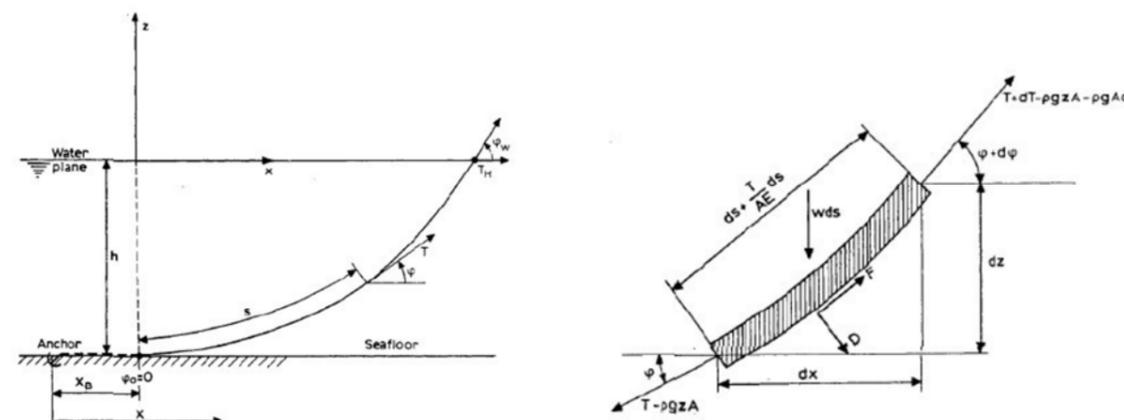


Figura 2. Equilibrio de fuerzas en una catenaria. Fuente: Faltinsen

$$dT - \rho g A dz = \left[ w \sin \Phi - F \left( 1 + \frac{T}{\Delta E} \right) \right] ds$$

$$T d\Phi - \rho g A z d\Phi = \left[ w \cos \Phi + D \left( 1 + \frac{T}{\Delta E} \right) \right] ds$$

Estas ecuaciones son no lineales y no es fácil encontrar una solución explícita. Sin embargo, para la mayoría de los casos se puede despreciar los términos  $D$  y  $F$ , efectos de las corrientes, así como la elasticidad de la cadena.  $\Delta E$ .

Pero introduciendo

$$T' = T - \rho g z A \tag{ec. 1}$$

Podemos escribir

<sup>1</sup> O.M.Faltinsen. Sea loads on ship and offshore structures.

$$dT' = w \sin \Phi ds \quad \text{ec. 2}$$

$$T' d\Phi = w \cos \Phi ds \quad \text{cc. 3}$$

Dividiendo ambas ecuaciones se obtiene que

$$\frac{dT'}{T'} = \frac{\sin \Phi}{\cos \Phi} d\Phi \quad \text{ec. 4}$$

$$T' = T_0 \frac{\cos \Phi_0}{\cos \Phi}$$

Integrando

$$s - s_0 = \frac{1}{w} \int_{\psi_0}^{\Phi} \frac{T'_0}{\cos \theta} \cdot \frac{\cos \Phi_0}{\cos \theta} d\theta = \frac{T'_0 \cos \Phi_0}{w} \cdot [\tan \Phi - \tan \Phi_0] \quad \text{ec. 5}$$

$$x - x_0 = \frac{1}{w} \int_{\psi_0}^{\Phi} \frac{T'_0 \cos \Phi_0}{\cos \theta} \cdot d\theta = \frac{T'_0 \cos \Phi_0}{w} \cdot \left( \log\left(\frac{1}{\cos \Phi} + \tan \Phi_0\right) - \log\left(\frac{1}{\cos \Phi_0} + \tan \Phi_0\right) \right) \quad \text{ec. 6}$$

Con  $dz = \sin \Phi ds$  tenemos que

$$z - z_0 = \frac{1}{w} \int_{\psi_0}^{\Phi} \frac{T'_0 \cos \Phi_0 \sin \theta}{(\cos \theta)^2} \cdot d\theta = \frac{T'_0 \cos \Phi_0}{w} \cdot \left[ \frac{1}{\cos \Phi} - \frac{1}{\cos \Phi_0} \right] \quad \text{ec. 7}$$

Si elegimos  $\Phi_0$  como punto de contacto entre el cable y el fondo marino, entonces  $\Phi_0 = 0$ , por lo que tenemos que

$$T'_0 = T' \cos \Phi \quad \text{ec. 8}$$

La componente horizontal de la tensión en el en la línea de flotación puede escribirse como:

$$T_H = T \cos \Phi_w \quad \text{ec. 9}$$

Igualando tenemos que:

$$T'_0 = T_H$$

Esto es también consistente con un equilibrio de fuerzas. Además, si elegimos como sistema de coordenadas  $x_0 = 0$  y  $z_0 = -h$  y tomamos  $s_0 = 0$ ; podemos eliminar el ángulo  $\Phi$  de la ecuación 5 y 7 y re-escribir la ecuación 6 como:

$$\frac{xw}{T_H} = \log \frac{1 + \sin \Phi}{\cos \Phi}$$

$$\sinh \frac{xw}{T_H} = \frac{1}{2} \left( \frac{1 + \sin \Phi}{\cos \Phi} - \frac{\cos \Phi}{1 + \sin \Phi} \right) = \tan \Phi$$

$$\cosh \frac{xw}{T_H} = \frac{1}{2} \left( \frac{1 + \sin \Phi}{\cos \Phi} + \frac{\cos \Phi}{1 + \sin \Phi} \right) = \frac{1}{\cos \Phi}$$

Podemos reescribir:

$$s = \frac{T_H}{w} \sinh \left( \frac{wx}{T_H} \right) \quad \text{ec. 10}$$

$$z + h = \frac{T_H}{w} \left( \cosh \left( \frac{wx}{T_H} \right) - 1 \right) \quad \text{ec. 11}$$

La tensión en el cable se obtiene combinando las ecuaciones 1, 7 y 8.

$$T - \rho g z A = \frac{T_H}{\cos \Phi} = T_H + w(z + h)$$

$$T = T_H + wh + (w + \rho g A)z \quad \text{ec. 12}$$

La componente vertical de la tensión resulta:

$$dT'_z = d(T' \sin \Phi) = dT' \sin \Phi + T' \cos \Phi d\Phi = w(\sin \Phi)^2 ds + w(\cos \Phi)^2 ds$$

Por tanto, tenemos que en el plano de flotación

$$T_z = ws \quad \text{ec. 13}$$

Para determinar la mínima longitud de cadena necesaria ( $l_s$ ) para cierta profundidad se pueden usar las ecuaciones 10 y 11.

$$l_s = s \sinh \left( \frac{x}{a} \right) \quad \text{ec. 14}$$

$$h = a \left[ \cosh \left( \frac{x}{a} \right) - 1 \right] \quad \text{ec. 15}$$

donde:

$$a = \frac{T_H}{w} \quad \text{ec. 16}$$

Combinando las ecuaciones 14 y 15 vemos que:

$$l_s^2 = h^2 + 2ha \quad \text{ec. 17}$$

De la ecuación 12, podemos definir la máxima tensión en el cable como:

$$T_{max} = T_h + wh \quad \text{ec. 18}$$

Y combinando esta ecuación con 15 y 17 tenemos que:

$$l_{min} = h \left( 2 \frac{T_{max}}{wh} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ec. 19}$$

Además, si deseamos definir la distancia del dique bajo la acción del viento, corrientes y oleaje, necesitamos conocer la fuerza horizontal  $F_h$  en función de la distancia horizontal  $X$  entre el anclaje y el punto de conexión al dique. Así se puede escribir la distancia horizontal como:

$$X = l - l_s + x \quad \text{ec. 20}$$

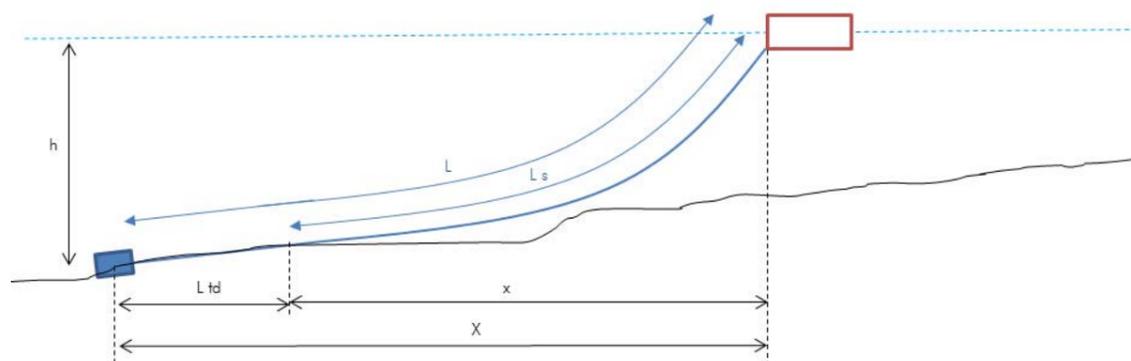


Figura 3. Esquema de línea de fondeo con cadena y simbología empleada

### 3.2 CURVA TENSION DEFORMACION DE UNA LINEA DE FONDEO CON CADENA.

Partiendo de una situación inicial A (ver figura 4), con una tensión inicial asociada ( $F_3$  y  $F_4$ ), por efecto de las fuerzas externas (viento, corrientes y oleaje) sobre la estructura se va a producir un movimiento horizontal y vertical.

La relación entre el desplazamiento y la fuerza aplicada se conoce como **rigidez**, y en el caso de una línea de fondeo formada por cadenas es **no lineal** tal y como se va a demostrar a continuación.

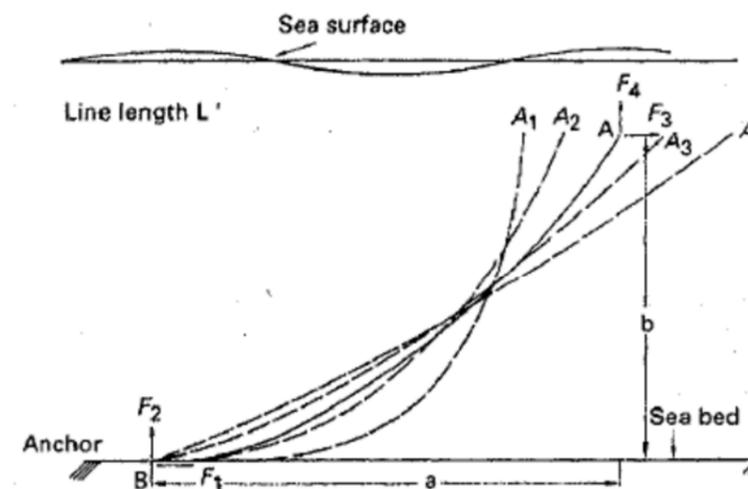


Figure 8.2 Catenary mooring line

Figura 4. Línea de fondeo con catenaria

Para ello basta con determinar la tensión en una línea de fondeo con una determinada longitud de cadena ( $L_{cad}$ ) a una profundidad ( $h$ ) desde una situación inicial, asociada a la cadena completamente destensada donde la longitud de cadena tocando el fondo es igual a la longitud de cadena menos la profundidad, hasta la posición de catenaria perfecta, donde la cadena es tangente al fondo en el punto de anclaje.

A continuación se puede observar una simulación para una longitud de cadena 60 metros de cadena a 14 metros de profundidad:

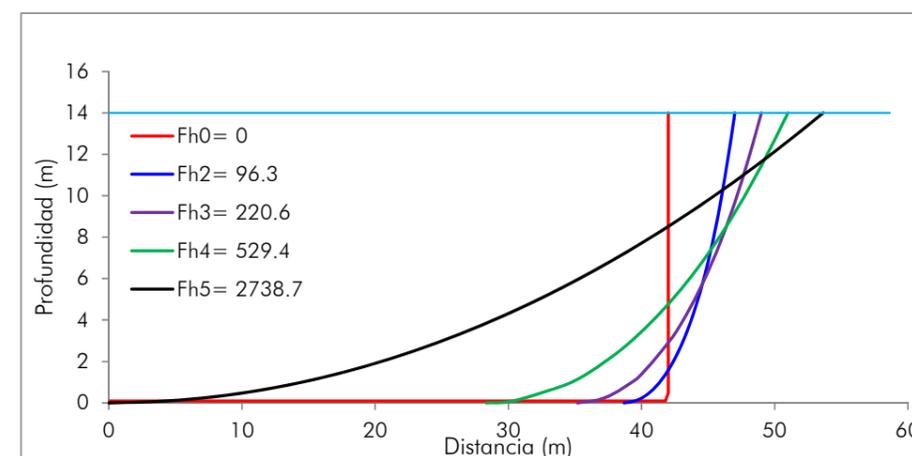


Figura 5. Ejemplo propuesto. Distintas deformaciones en función de la fuerza horizontal aplicada.

Teniendo en cuenta los desplazamientos obtenidos para cada escalón de carga se puede determinar la curva tensión deformación de la línea de fondeo, que para el ejemplo sería:

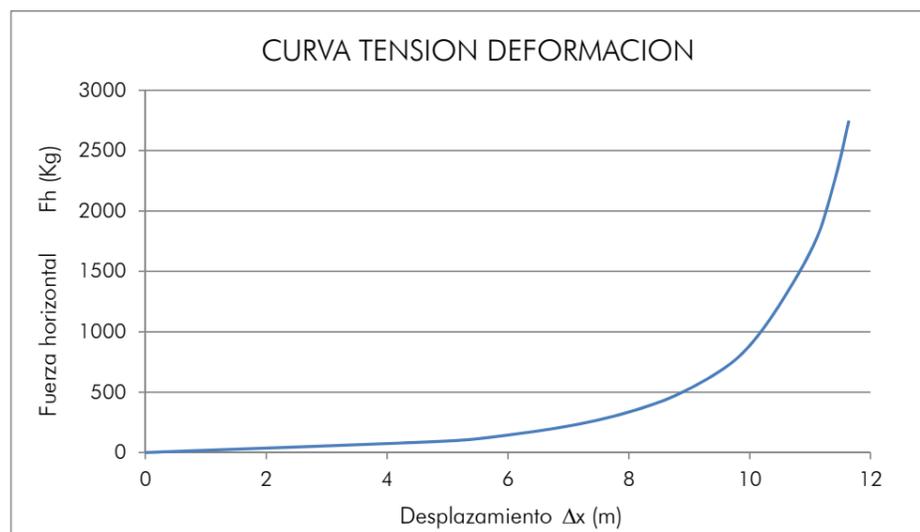


Figura 6. Ejemplo propuesto. Curva tensión deformación obtenida para desplazamiento horizontal.

En esta curva se puede observar como la rigidez de la línea de fondeo con cadenas varía, comportándose muy flexible al inicio (cuando esta poco tensa) y rígida cuando se acerca a la catenaria. Los valores de rigidez varían desde 20 Kg/m al inicio hasta valores superiores a 2000 Kg/m antes de llegar a producirse la catenaria completa.

A partir de la catenaria, la rigidez aumenta mucho, incluso hasta infinito dado que la fuerza necesaria para poder llegar a poner la catenaria como una línea estrictamente recta tiende a infinito, lo que puede inducir la rotura de la cadena por resistencia de materiales.

Todo esto también se produce en la dirección vertical. Es decir, el sistema tiene una tensión inicial a una determinada profundidad (por ejemplo marea baja) que aumenta al tiempo que aumenta la profundidad.

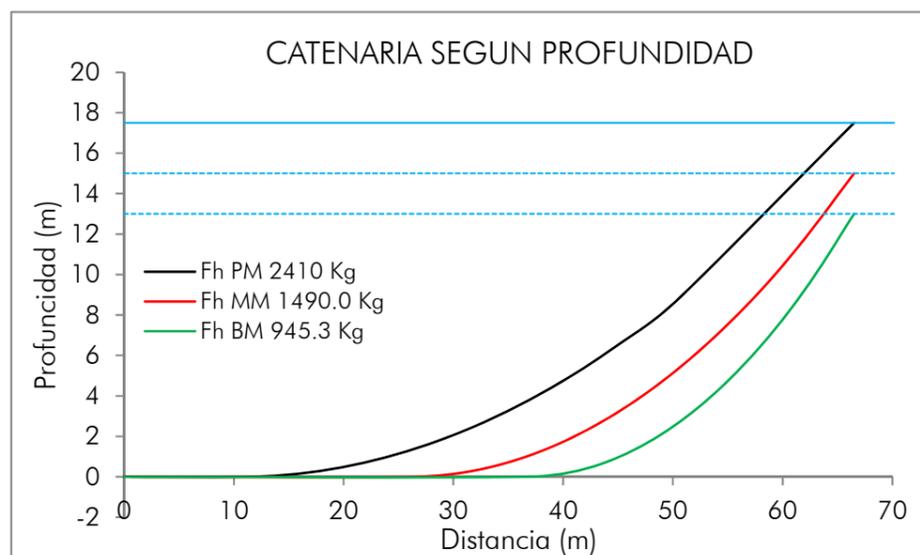


Figura 7. Ejemplo propuesto. Curva tensión deformación obtenida para desplazamiento vertical.

### 3.3 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE FONDEO CON CADENAS.

Un dique flotante se anclado por ambos lados con cadenas, en situación de reposo está en equilibrio de tal forma que la fuerza o tensión que ejercen las cadenas es la misma. Por esta razón, cuando sometemos al dique a la acción de una

fuerza externa, una de las líneas de fondeo se tensa y la otra se destensa, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

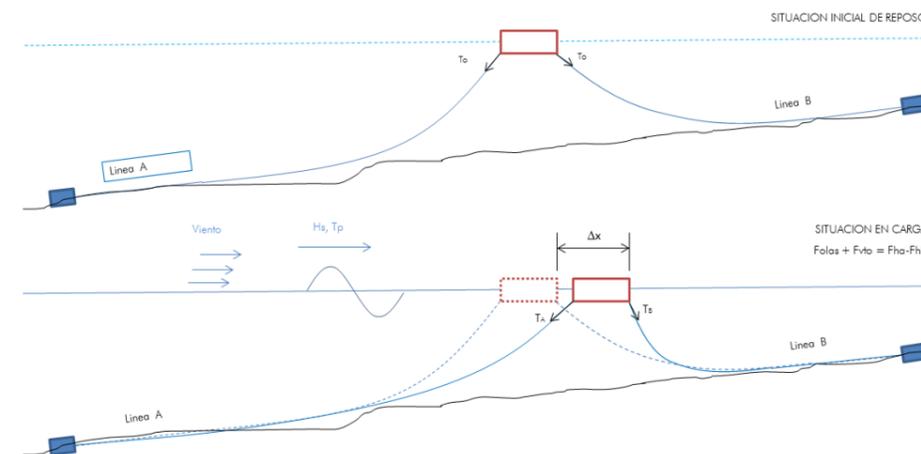


Figura 8. Esquema del comportamiento de las líneas de fondeo ante fuerzas exteriores.

Si analizamos este efecto físico dentro de la curva tensión deformación, se puede observar cómo, para un movimiento impuesto consecuencia de la acción de las fuerzas externas sobre el dique, la variación de tensión en línea de la zona de barloamar, que incrementa su tensión, es superior a la reducción de la tensión en la línea de sotamar. Dicho de otra forma, la cadena de barloamar se tensa que lo que se destensa la cadena de sotamar. No obstante, es importante destacar, que este efecto se debe a que la curva tensión deformación no se lineal, por ello, esta diferencia entre las tensiones de barloamar y sotamar es función también de la tensión inicial.

Continuando con el ejemplo anterior, podemos observar en la siguiente figura que, para un movimiento de 3 metros en horizontal del dique, la cadena del lado de barloamar aumenta su tensión en 1325 Kg, mientras que la cadena del lado de sotamar disminuye únicamente 240 metros.

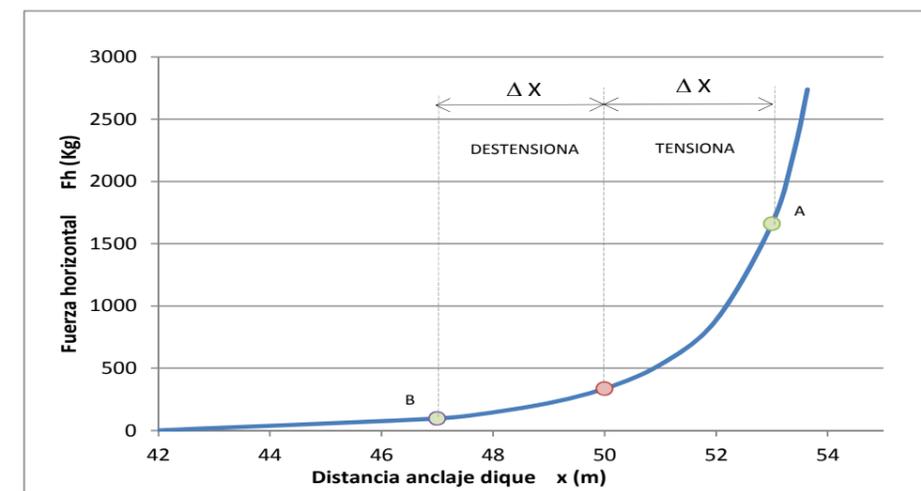


Figura 9. Ejemplo propuesto. Curva tensión deformación obtenida para desplazamiento vertical.

## 4 DETERMINACION DE LAS ACCIONES DE DISEÑO.

### 4.1 INTRODUCCION

Para determinar las tensiones a la que están sometidas los elementos de unión entre el dique flotante y los lastres del fondo que actúan como cimentación, es necesario conocer las dinámicas a la que está sometida la estructura rompeolas. Conocidas las cargas a la que está sometida la estructura, el segundo paso consiste en determinar las fuerzas a la que está sometido el rompeolas por la acción estas cargas. A esta fuerza resultante le hemos denominado acciones de diseño y son las acciones o fuerzas que en última instancia deben resistir las cadenas y los anclajes.

Las acciones de diseño a la que se ve sometida la estructura objeto de estudio se pueden clasificar en dos:

- El empuje debido a la acción del viento sobre el francobordo de dique flotante.
- El oleaje incidente, el cual al encontrarse en su paso a una estructura flotante, produce una fuerza hidrostática resultado de la diferencia de niveles, y un impacto que da lugar a una fuerza dinámica.

### 4.2 FUERZA EJERCIDA POR EL EMPUJE DEL VIENTO SOBRE EL DIQUE

La fuerza ejercida por el viento sobre una superficie responde a la fórmula:

$$F = D \cdot 0.5 \cdot C \cdot \gamma \cdot S \cdot V^2$$

Siendo:

- F Fuerza ejercida por el viento sobre la estructura
- D Coeficiente por "efecto máscara" (disminuye la acción del viento porque la superficie está protegida por otra situada a barlovento). Se suele adoptar un valor = 1/3, para el viento del WSW al estar protegido por el dique de abrigo del puerto.
- C Coeficiente aerodinámico. Valores: (0,8-1).
- $\gamma$  Densidad del aire (1,23 Kg/m<sup>3</sup>)
- V Velocidad del viento.
- S Superficie perpendicular a la dirección del viento sobre la que incide ésta.

La velocidad del viento ha sido determinada en el apartado 3.3 del presente estudio.

VIENTO	
Velocidad (m/s)	30.78

Con estas velocidades de viento, y teniendo en cuenta la superficie o área lateral expuesta de los módulos de dique, se obtiene un empuje total pésimo de:

Dirección	MÓDULO DE DIQUE
Fuerza total por línea (Kg)	349.6
Fuerza lineal (Kg/ml)	34.96

### 4.3 ACCIÓN DEL OLAJE SOBRE EL DIQUE FLOTANTE.

Un rompeolas flotante es una estructura compleja desde el punto de vista de la hidrodinámica. En la actualidad no existen soluciones analíticas satisfactorias para determinar el movimiento y la transmisión del oleaje en este tipo de estructuras. Los modelos numéricos se basan en la hipótesis de pequeñas ondas y pequeños oleajes.

Por ello se utilizará el programa CGHYDRO, que obtiene los coeficientes hidrodinámicos, es decir, los tres multiplicadores de las fuerzas hidrodinámicas sobre una estructura flotante en función del período del oleaje, el ancho de la sección y el francobordo.

Las fuerzas hidrodinámicas en una estructura anteriormente mencionadas dependen de la frecuencia del oleaje y sus efectos pueden ser divididos en tres partes:

- Fuerzas proporcionales a la aceleración de la estructura: Concentración hidrodinámica añadida.
- Fuerzas proporcionales a la velocidad de la estructura: Amortiguación hidrodinámica añadida.
- Fuerzas proporcionales a la altura de ola incidente: Fuerza de excitación.

El programa computa los coeficientes hidrodinámicos para cualquier tipo de sección transversal y condiciones de contorno. La siguiente figura ilustra los dos casos típicos: cuando las condiciones del fondo son tenidas en cuenta y cuando son tenidas en cuenta aguas profundas.

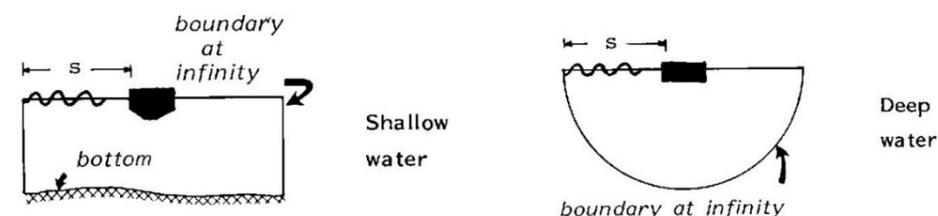


Figura 10.Regiones consideradas en la solución

Para cada frecuencia de oleaje, con el fin de mantener la precisión, el programa reajusta el contorno de infinito en una distancia relativa a la estructura especificada por el ratio s/longitud de onda. Se genera una malla automática para el caso de una sección de dique rectangular.

La salida del programa contiene:

- Fichero de resultados con información acerca de la geometría de la región y la dimensión de los elementos.
- Tablas con los coeficientes  $\alpha_{i\phi}$ ,  $\beta_{i\phi}$  y  $\phi_i$  para cada frecuencia de ola.
- Tablas con los coeficientes hidrodinámicos normalizados  $\beta_i$ ,  $\xi_i$ ,  $\delta_i$  para cada frecuencia de ola.
- Gráfico de la región y subdivisión en coeficientes hidrodinámicos.
- Gráfico de los coeficientes hidrodinámicos contra la frecuencia de oleaje.

La principal dinámica que actúa sobre un dique flotante es el oleaje de corto período, generado localmente por el viento. Conociendo las características del espectro de oleaje incidente, es posible calcular los esfuerzos a los que está sometida una estructura flotante, y la respuesta dinámica que provoca.

Para realizar el análisis dinámico de un dique flotante se utiliza en programa CgFLOAT. Este modelo de elementos finitos calcula la respuesta de un dique flotante ante un oleaje incidente dado, tanto en el dominio de la frecuencia como en el del tiempo.

En el presente proyecto se calcularán los esfuerzos actuantes sobre un dique flotante (momento de balanceo, cabeceo y torsión), así como los desplazamientos y los modos de vibración de un dique flotante tipo, aconsejado para la zona de estudio, partiendo de una serie de hipótesis iniciales que se adaptan a un modelo comercial que cumple con las condiciones exigidas: La simulación de Montecarlo realizada por el modelo CGFLOAT, permite obtener los momentos, esfuerzos y desplazamientos asociados a un oleaje de Hs y Tp determinado.

## 5 METODOLOGIA DE DISEÑO.

### 5.1 HIPOTESIS DE PARTIDA

Como acabamos de ver, el funcionamiento de un sistema de fondeo con cadenas depende fundamentalmente del peso y de la longitud de la misma, es decir, de la geometría del sistema de fondeo. Por otro lado, hemos visto que la distancia a la que se ancle o lo que es lo mismo la longitud de cadena en contacto con el fondo (touchdown), nos define la tensión inicial a la que está sometido el dique flotante. Dado que la curva tensión deformación no es lineal, la tensión inicial nos va a marcar la rigidez del sistema frente a los movimientos.

Para el diseño de las cadenas de fondeo del dique flotante de O Xufre, se ha optado por un proceso iterativo con el peso de la cadena que se explica a continuación, pero que parte de DOS HIPOTESIS INICIALES, la longitud de la cadena y la profundidad de diseño. Una vez hecho esto:

**PASO 1.** Se calcula la geometría de la cadena para el anclaje más profundo del lado de barlomar.

**PASO 2.** Diseñado este fondeo, el resto de fondeos (barlomar y sotamar) se diseñan para que el sistema esté en equilibrio, esto es, que tengan la misma tensión inicial, en el caso de media marea (situación más probable).

Para el diseño del fondeo más profundo de barlomar:

- Longitud de cadena: Según Earl. L.Hinz<sup>2</sup>, se aconseja para zonas expuestas a tormentas, emplear una longitud de cadena entre 4 y 8 veces la profundidad. Estas tormentas están asociadas a huracanes, por lo que para el diseño del dique de Xufre, se parte de la hipótesis de una longitud de cadena de 3.5 veces la profundidad.
- Respecto a la profundidad, se escoge como profundidad de diseño la del anclaje más profundo en situación de pleamar máxima.

No obstante, hay que tener en cuenta que con estas dos hipótesis se define, la longitud de cadena en contacto con el suelo, y consecuentemente la distancia del anclaje al dique. Esto se convierte en un proceso iterativo, de tal forma que, si la profundidad a la distancia calculada no es igual que la profundidad de la hipótesis de partida, se vuelve a recalcular con la nueva profundidad hasta que el sistema converja a una solución.

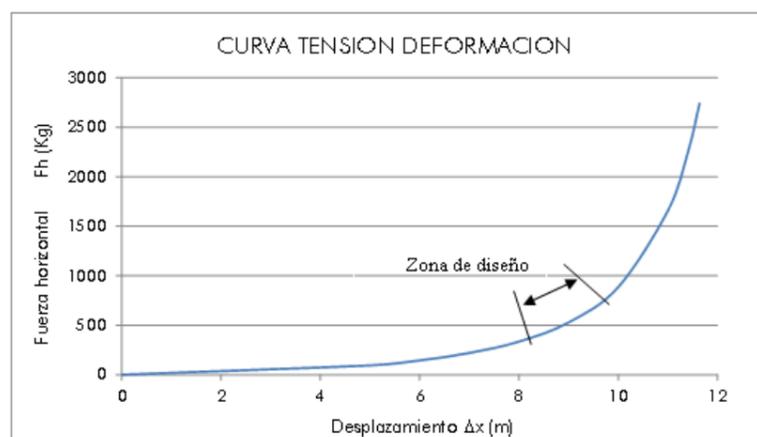


Figura 11. Zona de diseño de la curva de tensión deformación

### 5.2 PROCESO DE CÁLCULO DE LINEA DE FONDEO

Partiendo de la hipótesis de longitud de cadena y longitud de cadena en contacto con el suelo, se realiza un proceso iterativo con pesos de cadenas, tal y como se muestra en la siguiente figura y que se resume en:

1. HIPOTESIS DE PARTIDA: Longitud de cadena + PMVE.
2. ITERACION 1: Profundidad de muerto más profundo ( $h_i$ ).
3. ITERACION 2, Peso de cadena  $w_i$ .
4. Determinación de la curva tensión deformación y de la Longitud de cadena en contacto con el fondo (Touchdown), para peso  $w_i$  y profundidad  $h_i$ .

Respecto a la longitud de cadena en contacto con el fondo, se busca un valor que produzca, para la situación más desfavorable de pleamar máxima, una tensión inicial cercano a la zona de cambio en la curva tensión deformación, con el doble objetivo de buscar una rigidez alta y constante, y tener suficiente libertad desplazamiento para que la cadena no produzca la catenaria tensa (snapping).

5. ACCIÓN DEL VIENTO: Se aplica de forma estática la fuerza del viento de 355 Kg, según proyecto. Y se obtiene calcula la tensión de la cadena y la nueva posición.
6. APLICACIÓN DEL OLEAJE. Se aplica de forma dinámica la acción del oleaje de proyecto ( $H_s=1.45m$ ,  $T_o=4.5$  s. Para ello se emplea el programa numérico CG-FLOAT, con la rigidez extraída de la curva tensión deformación de la cadena.
7. DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA. Con los resultados de movimientos obtenidos se determina la tensión máxima sobre la cadena
8. COMPROBACION 1: Si la tensión máxima es mayor que la tensión que produce la catenaria (Snapping), se vuelve al punto 2. Si no se continua, obteniendo los resultados parciales de peso de cadena ( $w$ ), longitud de touchdown ( $L_{td}$ ), distancia anclaje-dique, Tensión inicial ( $T_o$ ) y Tensión máxima ( $T_{max}$ ).
9. COMPROBACION 2. La profundidad a la distancia anclaje dique calculada es igual que la de salida ( $h_i$ ). Si no es así volver al punto 1, si es así se obtienen los resultados finales de diseño.

Hasta aquí se ha diseñado la cadena para el anclaje más profundo del lado barlomar. Para determinar el resto de cadenas como criterio de diseño se empleara la misma longitud de cadena y se variará el touchdown hasta que la tensión en la cadena se la misma en todo el conjunto de módulos, para garantizar el equilibrio. Dado que esta tensión depende de la situación de la marea, se diseñará para la situación más probable de media marea.

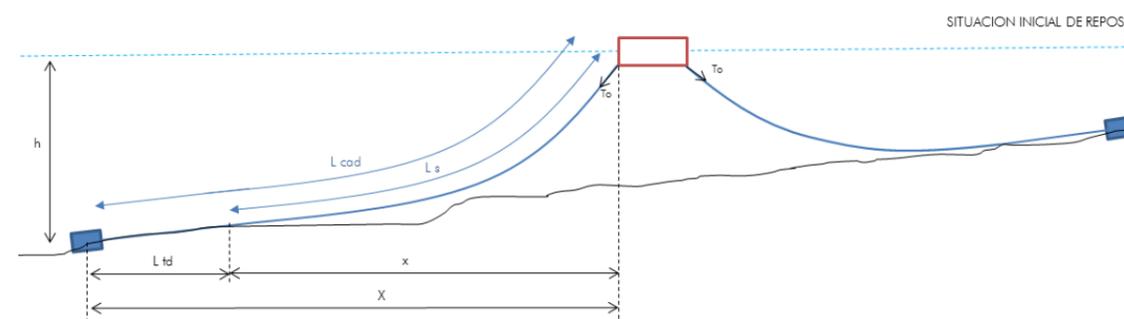


Figura 12. Esquema conceptual del sistema de fondeo de diseño

<sup>2</sup> Earl R. Hinz. The Complete book of anchoring and mooring. Cornell Maritime Press. 2<sup>nd</sup> ed. 2006. ISBN 978-0-87033-539-6

## 6 RESULTADOS

### 6.1 GEOMETRIA DEL SISTEMA.

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos realizados, teniendo en cuenta las hipótesis de partida.

1. Cálculo de la geometría de cadena y esfuerzos máximos para la línea de fondeo más profunda, en situación de pleamar máxima.
2. La longitud de cadena, el peso y la distancia del anclaje se dimensiona para evitar el *snapping*, es decir, que la catenaria no entre en tensión.
3. Para el resto de cadenas el criterio de diseño, es mantener el equilibrio de sistema, esto es con la misma longitud de cadena, se define la distancia al anclaje de tal forma que el sistema esté en equilibrio, esto es, que tengan la misma tensión inicial (en reposo) en situación de media marea (más probable).

Comentar que, para asegurar la misma tensión en el dique, se puede variar la longitud de la cadena y mantener la distancia al anclaje constante, es vez mantener la longitud de cadena y variar de la distancia del anclaje. Dado que los anclajes se han de replantear de todas maneras, se ha optado por mantener la longitud de cadena constante ya que de esta forma se mejora la puesta en obra.

## 6.2 CÁLCULO LAS TENSIONES EN LOS SISTEMA DE ANCLAJE. LINEA MÁS PROFUNDA

### 6.2.1 DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA LINEA DE FONDEO MÁS PROFUNDA

DATOS DE PARTIDA	Simb.	Valor	Ud.
Densidad acero	d ac	7.85	Kg/m <sup>3</sup>
Profundidad diseño	h PM	14.5	m
DIAMETRO CADENA	D	40	mm
Peso emergido cadena	w	37.56	Kg/m
Peso sumergido cadena	w'	32.66	Kg/m
	wh	473.51	Kg
Relacion long cadena-prof	coef L-h	3.45	
Longitud de la cadena	L cadena	50	m

CARACTERISTICAS DE LA CATENARIA (sin tocar suelo)			
Tension horizontal maxima	Th	2578.4	Kg
<b>Distancia horizontal</b>	<b>x(m)</b>	<b>47.15</b>	<b>m</b>
Tension vertical	Tz	1632.78	Kg
Tension	T	3051.91	Kg
Angulo en superficie	Alfa w	0.5645	rad
		32.34	º

Se establece un touchdown de diseño en pleamar de 20 m:

SITUACION DE PLEAMAR	TOUCHDOWN	40%	20
Profundidad	h PM	14.5	m
Peso cadena sumergido * calado	w'h	473.51	
Relacion long cadena-prof	coef L-h	3.45	
Longitud de la cadena	L cadena	50	
Touchdown de diseño	L td	20	m
<b>Distancia anclaje dique</b>	<b>X PM</b>	<b>45.08</b>	<b>m</b>
L catenaria en PMVE	L s PM	30.00	m
Distancia horizontal de la catenaria	x PM	25.08	m
Tension inicial asociada Ltd diseño	Fh PM	776.70	Kg

### 6.2.2 CURVA TENSION DEFORMACION DE LA LINEA DE FONDEO MÁS PROFUNDA

A continuación se presenta la curva tensión deformación de la línea de fondeo propuesta en los distintos niveles de marea

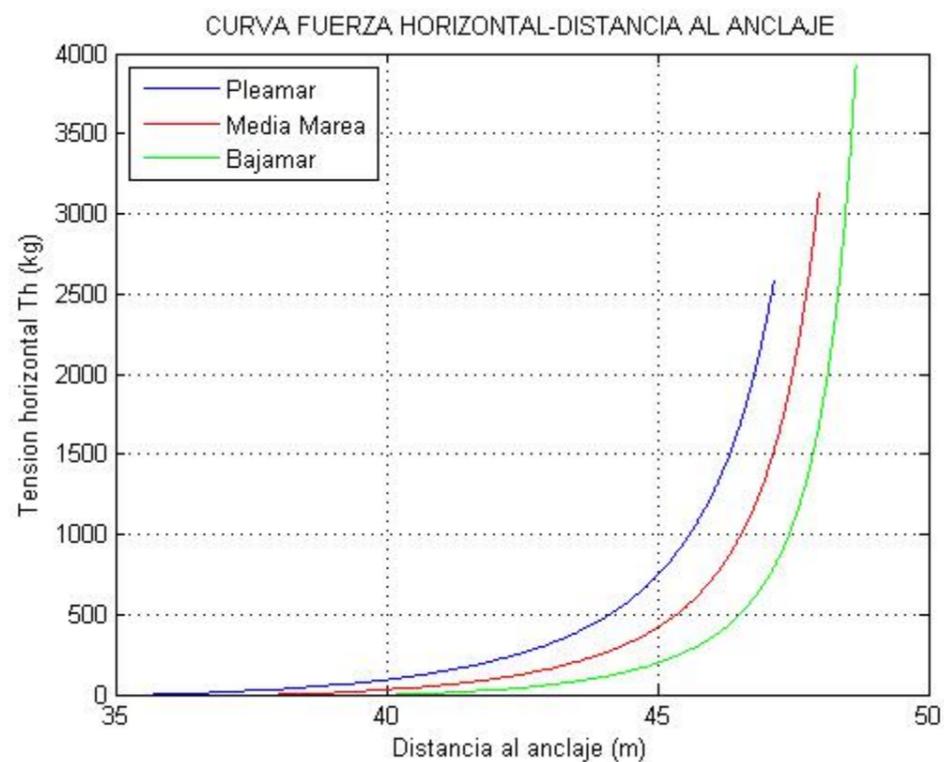


Figura 13. Curva de tensión deformación en distintos niveles de marea

### 6.2.3 TENSIÓN INICIAL. TENSIONES INDUCIDAS POR LA MAREA

Las tensiones inducidas por la marea se producirán cuando se produzca la situación de pleamar, dos veces al día.

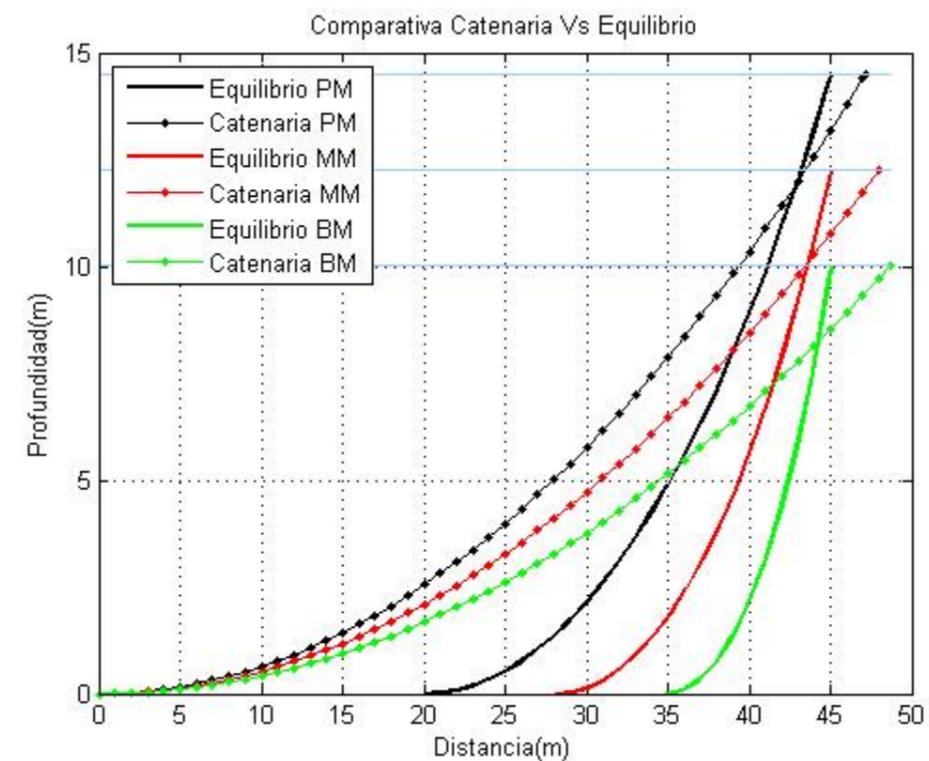


Figura 14. Forma de la cadena en reposo y catenaria en los distintos niveles de marea

En el caso de mareas vivas, la fuerza horizontal pasa de 206 Kg en bajamar a 776 Kg en pleamar. Esto es debido a que la carrera de marea es del orden de magnitud de la profundidad. Esto puede producir un aumento de los movimientos en bajamar máxima viva equinoccial.

### 6.2.4 TENSIONES INDUCIDAS POR EL VIENTO

El efecto de la corriente es de una fuerza resultante de 350 Kg, lo cual sumado a los 776 Kg nos dan una situación final de 1126 Kg. Esto supone una posición final del dique de 45.82 m lo que supone un movimiento debido a la acción del viento de 0.74 m.

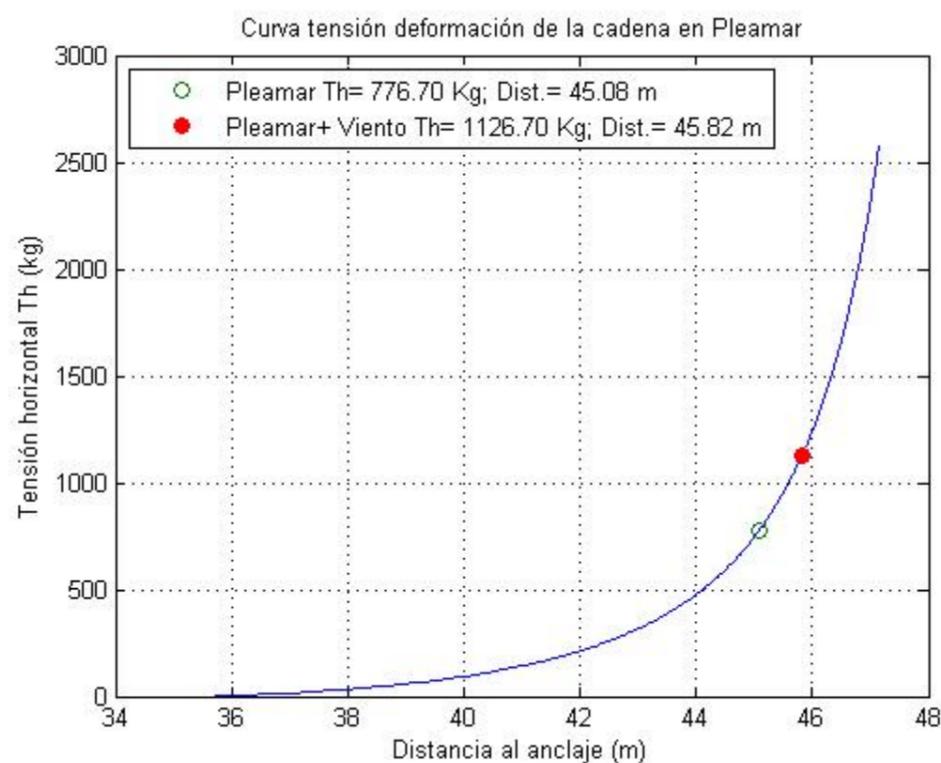


Figura 15. Curva tensión deformación para estado de carga pleamar, pleamar+ viento.

### 6.2.5 TENSIONES INDUCIDAS POR EL OLAJE

Para el cálculo de las tensiones inducidas por el oleaje, se utilizará el programa CGFLOAT:

#### CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE DE VIENTO GENERADO

Para el oleaje se ha generado un espectro JONSWAP:

$$S(f) = \alpha \cdot g^2 \cdot (2\pi)^{-4} \cdot f^{-5} \cdot \exp\left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_p}\right)^{-4}\right] \cdot \gamma \cdot \exp\left[\frac{-(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_m^2}\right]$$

con los siguientes parámetros:

$H_s = 1.00$  m

$T_p = 4.0$  s

$\gamma = 3.3$

$\sigma = 0.07$  si  $f \leq f_p$

$\sigma = 0.09$  si  $f > f_p$

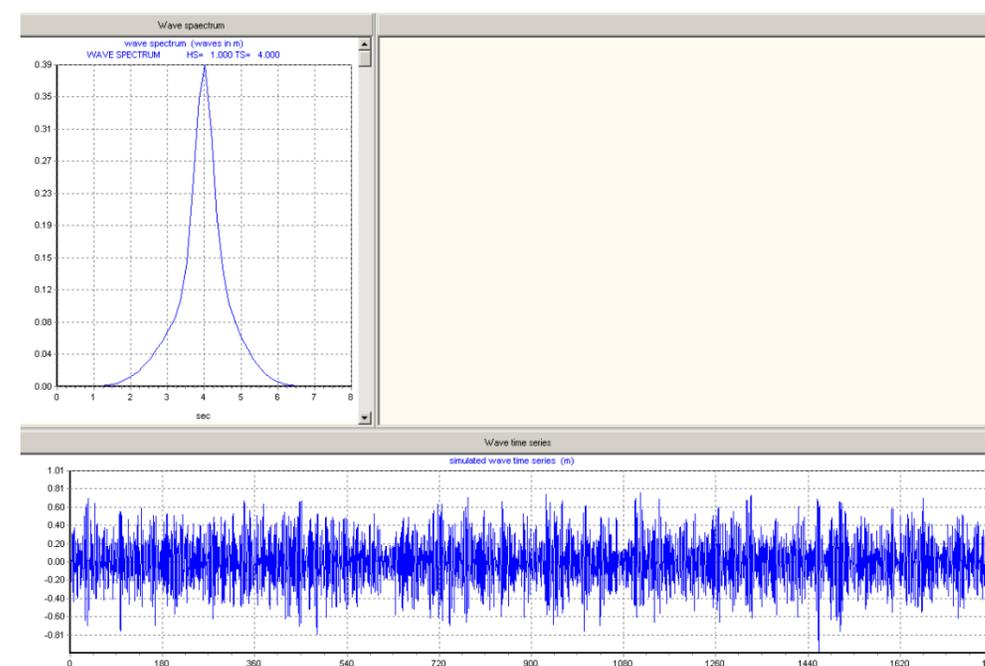


Figura 16. Espectro de oleaje y simulación de MonteCarlo

### CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Se han introducido las características geométricas del dique flotante de hormigón y de las cadenas.

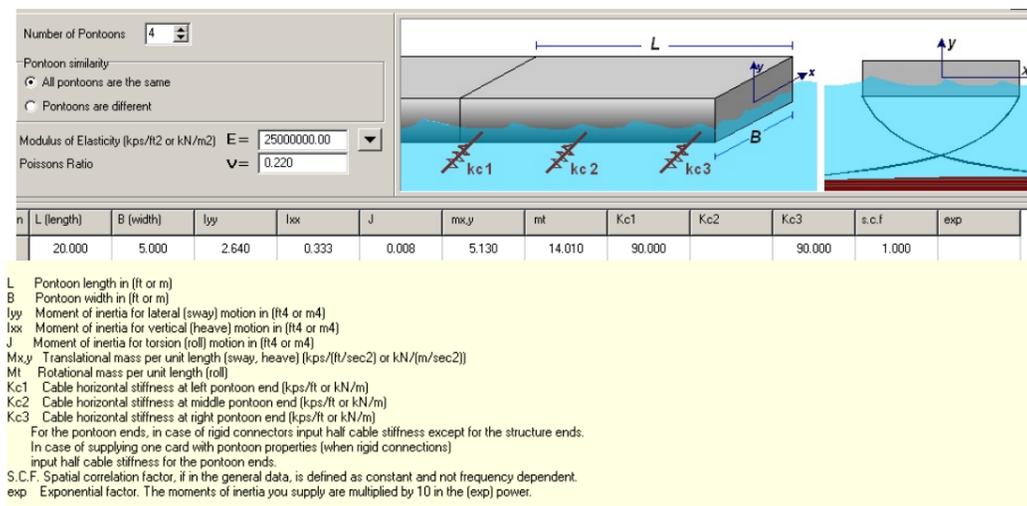


Figura 17. Características de los módulos de hormigón y las líneas de fondeo

Se han introducido las características de las uniones flexibles de neopreno.

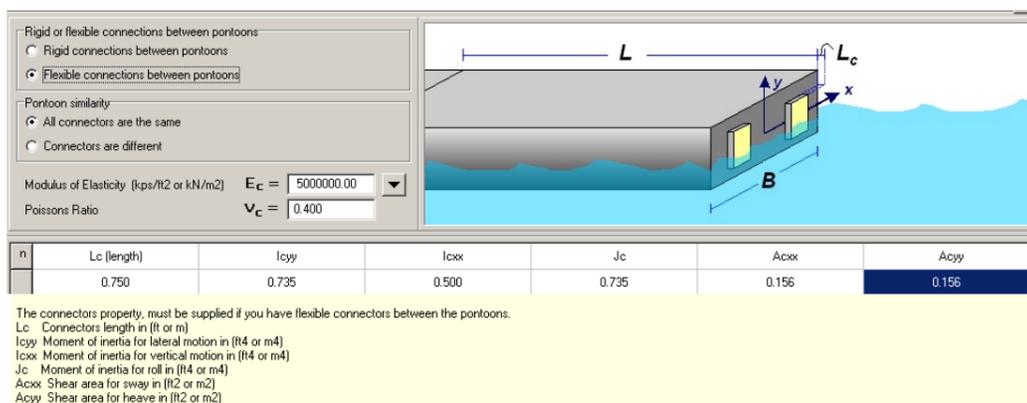
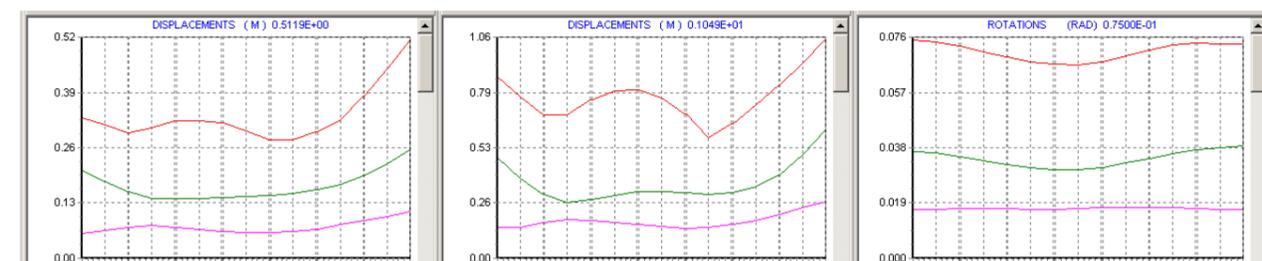


Figura 18. Características de las uniones de neopreno.

### MÁXIMOS MOVIMIENTOS INDUCIDOS

A continuación, se muestra una gráfica con los movimientos máximos inducidos para el caso de oleaje de viento de diseño en distintos puntos del dique:



El movimiento horizontal máximo es de 0.52 m y el movimiento vertical máximo es 1.00 m

Aplicando estos movimientos a la ecuación de la catenaria se obtiene la tensión total debida a la acción conjunta del viento y oleaje, que asciende a 2046 Kg, valor por debajo del máximo de la catenaria 3200 Kg, por lo que verificamos que no se produce snapping (tirón en la cadena por que entra en tensión).

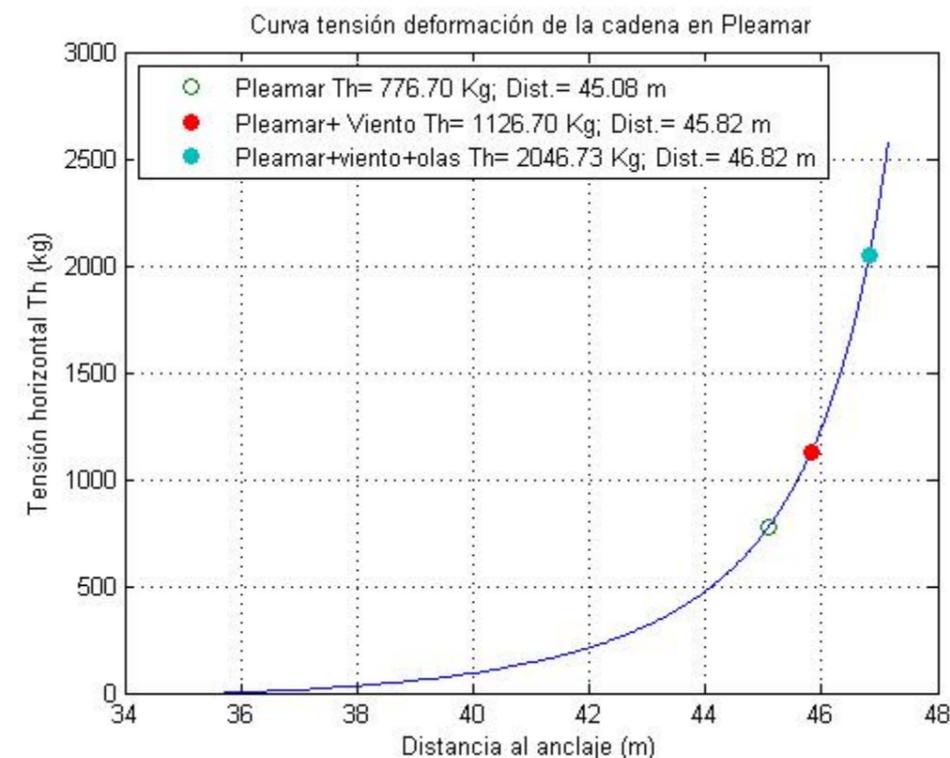


Figura 19. Curva tensión deformación para estado de carga pleamar, pleamar+ viento, pleamar+viento+oleaje

### 6.3 GEOMETRÍA DE LAS OTRAS LINEAS DE FONDEO

A continuación, se muestran los resultados de la geometría de las otras líneas de fondeo.

Los criterios de diseño han sido los siguientes:

- Se mantiene la longitud de cadena de la línea de fondeo, por facilidad constructiva.
- Se igualan las fuerzas de tiro en nivel medio en barlomar y sotamar.

La distancia de colocación de los muertos es la siguiente:

BARLOMAR			SOTAMAR		
Nombre	h (m)	Xm(m)	Nombre	h (m)	Xm(m)
B1	-7	46.69	S1	-4	48.11
B2	-8	46.17	S2	-4	48.11
B3	-8.5	45.90	S3	-4	48.11
B4	-9	45.63	S4	-5	47.66
B5	-9.5	45.36	S5	-5	47.66
B6	-10	45.08	S6	-5	47.66
B7	-10	45.08	S7	-5	47.66

De todas maneras, se recomienda realizar una nueva batimetría antes de comenzar la construcción para situarlos de forma definitiva.

### 7 IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO POR PARTE DE LA EMPRESA CONTRATISTA.

El sistema de fondeo tiene como objetivo servir de anclaje de las cadenas que mantienen en su posición los elementos flotantes.

Las cadenas han sido diseñadas para trabajar bajo diferentes hipótesis de cargas exteriores y diferentes geometrías en función de la posición de la marea. Por tanto, es imprescindible garantizar la geometría del tren de fondeo.

Dicha geometría no sólo se limita a la posición en planta sino también su posición en z, es decir su cota.

El lecho marino donde se apoyan los bloques de hormigón es definido por el estudio geotécnico como limoso arenoso con potencias que alcanzan la decena de metros y no existiendo parámetros geotécnicos del mismo hasta profundidades de más de 5 metros donde se ha detectado la presencia de intercalaciones arenosas.

Es en estas intercalaciones donde se han podido realizar algunos ensayos SPT con resultados de golpeo bastante bajos.

El posicionamiento de elementos pesados sobre substratos fangosos debe realizarse con cautela ya que existen precedentes de asentamientos de consideración de escolleras, bloques, etc. en lechos limosos o fangosos.

Como se indica en los párrafos precedentes, el correcto funcionamiento del sistema de fondeo depende de la correcta posición de los bloques de hormigón por lo que un posible hundimiento de los bloques provocaría una pérdida de la geometría de la catenaria de alguna o varias cadenas y por tanto la descompensación del sistema.

Por este motivo, y ante la incertidumbre sobre el comportamiento de los primeros metros del fango sobre el posicionamiento de los bloques se estima necesario que durante el primer año de obra se realice un seguimiento de la posición de dichos bloques con objeto de poder detectar a tiempo, en caso de producirse, posibles desplazamientos hasta una posición definitiva de los muertos que obliguen a un recrecido de las cadenas.

Este seguimiento y las actuaciones que se deriven del mismo se han incluido en el Pliego de Condiciones Técnicas del presente proyecto y ha sido valorado económicamente en el presupuesto.

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO N° 6: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

**ANEJO Nº 06: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

ÍNDICE:

1	COSTE DE MANO DE OBRA .....	2
1.1	INTRODUCCIÓN .....	2
1.2	RETRIBUCIONES A PERCIBIR POR LOS TRABAJADORES .....	2
1.3	SEGURIDAD SOCIAL .....	2
1.4	COSTE HORARIO .....	2
2	COSTE DE LOS MATERIALES .....	2
3	COSTE DE LA MAQUINARIA.....	2
4	COSTES INDIRECTOS.....	3

## ANEJO Nº 06: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### 1 COSTE DE MANO DE OBRA

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Para el cálculo del coste de la mano de obra se ha tenido en cuenta el Convenio Colectivo de Trabajo para el sector de la Construcción, Obras Públicas y Oficios auxiliares de la provincia, publicado en el Boletín Oficial de la Provincia y las actuales bases de cotización de la Seguridad Social y la legislación laboral vigente.

La determinación de los costes por hora trabajada se ha conseguido mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$\text{Coste hora trabajada} = (\text{Coste empresarial anual}) / (\text{horas trabajadas al año}).$$

En la que el coste empresarial anual representa el coste total anual para la Empresa de cada categoría laboral, incluyendo no sólo las retribuciones percibidas por el trabajador por todos los conceptos, sino también las cargas sociales que por cada trabajador tiene que abonar la empresa.

#### 1.2 RETRIBUCIONES A PERCIBIR POR LOS TRABAJADORES.

Las retribuciones a percibir por los trabajadores, establecidas en el Convenio Colectivo para las industrias del sector de la Construcción, Obras Públicas y Oficios Auxiliares de la provincia del año 2016, son las relacionadas en el cuadro que cuadro de retribuciones que se adjunta en el presente epígrafe.

El cómputo anual se obtiene considerando lo establecido en el Artículo 33 del Convenio; las gratificaciones extraordinarias de Julio y Navidad correspondientes a 30 días de Salario Base, una gratificación extraordinaria en Septiembre de cuantía igual a 15 días de Salario Base, una participación en beneficios del 6 % de los Salarios Base devengados en el año y un suplemento voluntario que se abonará por cada día de trabajo efectivamente trabajado.

#### 1.3 SEGURIDAD SOCIAL.

Según Real Decreto 2475/1985 de 27 de Diciembre del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y la Orden de 28 de Enero de 1986 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, por la que se desarrolla el Real Decreto anterior, los porcentajes de cotización serán:

	Empresa	Trabajador	TOTAL
Contingencias Comunes	23,60	4,70	28,30
Desempleo	5,50	1,55	7,05
Fondo de Garantía	0,20		0,20
Formación Profesional	0,60	0,10	0,70
Accidentes de trabajo	7,00		7,00
<b>TOTAL</b>	<b>36,90</b>	<b>6,00</b>	<b>43,25</b>

#### 1.4 COSTE HORARIO.

Determinadas en el apartado anterior las retribuciones a percibir por el trabajador y los porcentajes (así como su base de aplicación) de cotización a la Seguridad Social de la empresa, se está en disposición de calcular el coste empresarial anual de cada trabajador, el cual, dividido por el número de horas trabajadas al año, determina el coste por hora trabajada por cada tipo de categoría.

### 2 COSTE DE LOS MATERIALES

El coste de los materiales a pie de obra se calcula incrementando a los precios de adquisición en origen los costes de carga, transporte y descarga.

Para aquellos materiales que son susceptibles de sufrir merma, pérdida o rotura, inevitablemente en su manipulación, se ha considerado que la misma supone un incremento del coste a pie de obra situado entre el 1 y el 5%.

Realizada la prospección de mercado necesaria para determinar los costes de adquisición, el cálculo de sus costes de carga, manipulación y descarga, y el incremento que el coste debe sufrir, cuando sea necesario, por merma y otros conceptos, se ha obtenido una relación de costes de materiales a pie de obra que se relacionan al final del presente anejo.

### 3 COSTE DE LA MAQUINARIA

El estudio del coste de la maquinaria está basado en la publicación del SEOPAN, última edición, MANUAL DE COSTES DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN, 2005. Esta publicación se basa en el "Método de cálculo para la obtención del coste de maquinaria en obras de carreteras", que editó la D.G.C.C.V. del M.O.P. en el año 1976. La estructura del costo horario de cada maquinaria está formado por los cuatro sumandos siguientes:

- Amortización, conservación y seguros.
- Energía y engrases.
- Personal.
- Varios.

El primer sumando, a) corresponde al valor Cnm de la publicación del SEOPAN y es el coste de la hora media de funcionamiento.

Los consumos horarios de energía que necesita cada máquina en funcionamiento se han tomado de la publicación del SEOPAN.

TIPO DE MAQUINARIA	Consumo en litros de gasóleo por C.V. y Hora
<b>MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
Tamaños pequeños y medios	0,14
Tamaños grandes	0,17
<b>MAQUINARIA DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE</b>	
Tamaños pequeños y medios	0,10
Tamaños grandes	0,12
<b>MAQUINARIA DE EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN</b>	
Tamaños pequeños y medios	0,12
Tamaños grandes	0,15
<b>PLANTAS (Grava-Cemento, Hormigón y Aglomerado.)</b>	
Tamaños pequeños y medios	0,14
Tamaños grandes	0,14

Para las máquinas con motores eléctricos se ha estimado 1 KW. Por cada C.V.

Los costes de engrase se han estimado para cada máquina en función de sus características.

Respecto al tercer sumando: costo del personal, se han tomado los valores hallados en el Cuadro de Costos de Mano de Obra.

La partida de varios, que valora los elementos de desgaste de cada máquina, se ha estimado siguiendo las indicaciones de la publicación del SEOPAN.

#### 4 COSTES INDIRECTOS

Los costes indirectos son aquéllos que no son imputables directamente a unidades de obra concretas, sino al conjunto de la obra como, por ejemplo, instalaciones de oficina a pie de obra, comunicaciones, almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, etc. También hay que tener en cuenta los salarios del personal técnico, administrativo y de servicios, adscritos exclusivamente a la obra pero que no interviene directamente en su ejecución.

El porcentaje "K" de coste indirecto a aplicar en el cálculo del precio final de las unidades de obra, se compone de dos sumandos: K1 y K2. El primero es el porcentaje resultante de la relación entre la valoración de los costes indirectos y el coste directo total de la obra. El segundo es el porcentaje correspondiente a los imprevistos, fijado, según la Orden Ministerial de 18 de junio de 1968, en un 1% para obras terrestres.

El porcentaje K1, según la Orden Ministerial de 18 de junio de 1968, no debe tomar en ningún caso un valor mayor del 5%, por lo que, debido a que se trata de una obra terrestre y a la experiencia en obras similares, será el valor estimado a este índice para el presente Proyecto (5%).

Así, tomando  $K1 = 5\%$  y  $K2 = 1\%$ , obtenemos un porcentaje de costes indirectos del seis por ciento (6%) para todas las unidades de este Proyecto.

## ANEJO Nº 06: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### PRECIOS SIMPLES

## MANO DE OBRA

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
MANBUZ	300,000 h	Buzo	57,25	17.175,00
OF1PANT	408,250 h	Oficial instalador pantalanes	23,28	9.504,06
PEOESPPAN	132,000 h	Peon especialista pantalanes	17,08	2.254,56
TOTAL .....				28.933,62

## MANO DE OBRA

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	---------

## MATERIALES

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
BALIZB	2,000 Ud	Baliza de señalización	728,61	1.457,22
BH10TB	28,000 Ud	Bloque hormigón 10 Tn	1.025,00	28.700,00
CADAC40B	1.484,000 m	Cadena de acero de 40 mm	40,25	59.731,00
ESCSALB	1,000 Ud	Escalera de salvamento	628,17	628,17
GRILLTb	126,000 Ud	Grillete 25 Tn	24,28	3.059,28
MRFAQ205B	7,000 Ud	Módulo rompeolas flotante de 20x5 m	46.260,00	323.820,00
POSSALB	1,000 Ud	Poste de salvamento y contra incendio	358,32	358,32
UNRFAQ01RB	12,000 Ud	Unión entre módulos rompeolas	1.072,50	12.870,00
TOTAL .....				430.623,99

## MATERIALES

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	---------

## MAQUINARIA

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
BARAUX	52,500 h	Embarcación auxiliar	103,50	5.433,75
DRAGA	0,500 h	Draga con equipo de impulsión	72,60	36,30
MQ01004	146,524 h	Camión grúa hasta 10 T	57,49	8.423,66
PBBARCAZO	112,000 h	Barcaza	32,92	3.687,04
baraux	132,400 h	Embarcación auxiliar	90,00	11.916,00
TOTAL .....				29.496,75

## MAQUINARIA

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	---------

## ANEJO Nº 06: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO CANTIDAD UD RESUMEN PRECIO SUBTOTAL IMPORTE

### CAPÍTULO 01 MÓDULOS ROMPEOLAS

#### SUBCAPÍTULO 01.1 FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE MÓDULOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
MRFAQ205		Ud	<b>MÓDULO ROMPEOLAS FLOTANTE DE 20X5 M</b> ROMPEOLAS FLOTANTE DE HORMIGÓN, CON UNA LONGITUD DE 20 M, UN ANCHO DE 5.00 M Y UNA ALTURA DE 1.80 M, CONSTRUIDO EN HORMIGÓN HA-45/AC/12/IIIIC, INTERIOR DE EPS 15 KG/M <sup>3</sup> , REFORZADO CON FIBRAS SINTÉTICAS Y ARMADURA DE ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE B500S, CUMPLIENDO LOS REQUERIMIENTOS EXIGIDOS EN LA NORMA EHE, CAJAS DE UNIÓN ENTRE MÓDULOS REALIZADAS EN ACERO GALVANIZADO Y PINTURA EPOXI EN SU CARA EXTERIOR. INCLUSO CAPA INFERIOR DE HORMIGÓN. LOS MÓDULOS CONTRARÁN ENTRE 55 Y 65 CM DE FRANCOBORDO SIN CARGA. INCLUYE TUBERÍAS DE SERVICIOS DE Ø55 MM, CONDUCCIONES INTERIORES, GUÍAS DE FIJACIÓN Y ELEMENTOS DE IZADO, ASÍ COMO PINTURA DE SEÑALIZACIÓN LATERAL. INCLUSO TRANSPORTE DESDE FÁBRICA A PUERTO DE DESTINO.			
MRFAQ205B	1,000	Ud	Módulo rompeolas flotante de 20x5 m	46.260,00	46.260,00	
TRNSPTMOD	1,000		Transporte de módulo rompeolas	6.110,00	6.110,00	
%0300000	3,000	%	Medios auxiliares	52.370,00	1.571,10	
			Suma la partida .....		53.941,10	
			Costes indirectos .....	6,00%	3.236,47	
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>57.177,57</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y SIETE MIL CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

#### SUBCAPÍTULO 02.2 FONDEO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
FNDINSTMOD		Ud	<b>FONDEO E INSTALACIÓN MÓDULOS ROMPEOLAS FLOTANTES</b> FONDEO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS DE ROMPEOLAS FLOTANTES DE HORMIGÓN EN LUGAR INDICADO EN PLANOS O POR LA DIRECCIÓN DE OBRA.			
OF1PANT	16,000	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	372,48	
PEOESPPAN	16,000	h	Peon especialista pantalanes	17,08	273,28	
PBBARCAZO	16,000	h	Barcaza	32,92	526,72	
%0300000	3,000	%	Medios auxiliares	1.172,50	35,18	
			Suma la partida .....		1.207,66	
			Costes indirectos .....	6,00%	72,46	
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>1.280,12</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS OCHENTA EUROS con DOCE CÉNTIMOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO CANTIDAD UD RESUMEN PRECIO SUBTOTAL IMPORTE

### CAPÍTULO 02 UNIONES ENTRE MÓDULOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
UNRFAQ01R		Ud	<b>UNIÓN ENTRE MÓDULOS ROMPEOLAS</b> UNIÓN ENTRE MÓDULOS FORMADA POR UN NEOPRENO CILÍNDRICO UBICADO EN DOS CAJETINES EN LOS MÓDULOS ROMPEOLAS CON SU MISMA FORMA EN AMBAS ESQUINAS DE LA CARA QUE CONECTA LOS MÓDULOS, UNIDOS MEDIANTE TRES CABLES DE ACERO PASANTES CON REVESTIMIENTO PLÁSTICO PARA PROTEGERLO DE LAS ROZADURAS, QUE SE ANCLAN EN LOS CAJETINES DEL MÓDULO. TOTALMENTE COLOCADO. INCLUSO TUERCAS Y ARANDELAS DE ACERO NECESARIAS PARA SU INSTALACIÓN. JUEGO DE 2 UNIONES POR MÓDULO.			
UNRFAQ01RB	2,000	Ud	Unión entre módulos rompeolas	1.072,50	2.145,00	
baraux	2,000	h	Embarcación auxiliar	90,00	180,00	
OF1PANT	2,000	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	46,56	
MANBUZ	1,000	h	Buzo	57,25	57,25	
%0300000	3,000	%	Medios auxiliares	2.428,80	72,86	
			Suma la partida .....		2.501,67	
			Costes indirectos .....	6,00%	150,10	
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>		<b>2.651,77</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO CANTIDAD UD RESUMEN PRECIO SUBTOTAL IMPORTE

### CAPÍTULO 03 FONDEO ROMPEOLAS

#### SUBCAPÍTULO 03.1 MUERTOS DE HORMIGÓN

BH10T		Ud	<b>BLOQUE HORMIGÓN 10 Tn</b> BLOQUE DE HORMIGÓN DE 10 TON. DE PESO SECO PARA FONDEO DE ROMPEOLAS FLOTANTE A RAS DE FONDO. DE DIMENSIONES Y ARMADOS SEGÚN PLANOS.			
BH10TB	1,000	Ud	Bloque hormigón 10 Tn	1.025,00	1.025,00	
				Suma la partida .....	1.025,00	
				Costes indirectos .....	6,00%	61,50
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>1.086,50</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL OCHENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

#### SUBCAPÍTULO 03.2 CADENAS

CADAC40		m	<b>CADENA DE ACERO DE 40 MM</b> CADENA DE ACERO DE 40 MM, PARA FONDEO DE MÓDULOS ROMPEOLAS FLOTANTE. INCLUSO ELEMENTOS DE UNIÓN ENTRE TRAMOS DE CADENA. TOTALMENTE COLOCADA.			
CADAC40B	1,000	m	Cadena de acero de 40 mm	40,25	40,25	
BARAUX	0,035	h	Embarcación auxiliar	103,50	3,62	
MANBUZ	0,100	h	Buzo	57,25	5,73	
OF1PANT	0,035	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	0,81	
				Suma la partida .....	50,41	
				Costes indirectos .....	6,00%	3,02
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>53,43</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

GRILLT		Ud	<b>GRILLETE 25 TN</b> GRILLETE DE 25 TN EN ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE PARA SUJECCIÓN DE CADENA HIJA Y DE ANCLA A CADENA MADRE TIPO RECTO O TIPO LIRA. TOTALMENTE COLOCADO.			
GRILLTb	1,000	Ud	Grillete 25 Tn	24,28	24,28	
BARAUX	0,050	h	Embarcación auxiliar	103,50	5,18	
MANBUZ	0,150	h	Buzo	57,25	8,59	
OF1PANT	0,075	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	1,75	
%0300000	3,000	%	Medios auxiliares	39,80	1,19	
				Suma la partida .....	40,99	
				Costes indirectos .....	6,00%	2,46
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>43,45</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO CANTIDAD UD RESUMEN PRECIO SUBTOTAL IMPORTE

### SUBCAPÍTULO 03.3 COLOCACIÓN FONDEOS

CLYMNMUE		Ud	<b>COLOCACIÓN Y MONTAJE MUERTOS DE HORMIGÓN</b> COLOCACIÓN Y MONTAJE DE LOS MUERTOS DE HORMIGÓN DEL FONDEO DE LOS MÓDULOS ROMPEOLAS FLOTANTES.			
OF1PANT	2,000	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	46,56	
baraux	1,300	h	Embarcación auxiliar	90,00	117,00	
MANBUZ	1,625	h	Buzo	57,25	93,03	
MQ01004	1,233	h	Camión grúa hasta 10 T	57,49	70,89	
				Suma la partida .....	327,48	
				Costes indirectos .....	6,00%	19,65
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>347,13</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con TRECE CÉNTIMOS

DRAGTT		m <sup>3</sup>	<b>DRAGADO GENERAL EN TODO TIPO DE TERRENO</b> DRAGADO GENERAL EN TODO TIPO DE TERRENO EXCEPTO ROCA, CON TRANSPORTE DE LOS PRODUCTOS A VERTEDERO SITUADO EN UN RADIO DE 20 MILLAS O A LUGAR INDICADO POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.			
DRAGA	0,100	h	Draga con equipo de impulsión	72,60	7,26	
				Suma la partida .....	7,26	
				Costes indirectos .....	6,00%	0,44
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>7,70</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

CLYMNCAD		Ud	<b>COLOCACIÓN Y MONTAJE CADENAS DE ACERO</b> COLOCACIÓN Y MONTAJE DE LAS CADENAS DE ACERO DEL FONDEO DE LOS MÓDULOS ROMPEOLAS FLOTANTES. INCLUSO "PATAS DE GALLO" NECESARIAS PARA COLOCAR ENTRE DOS CADENAS PARA TENSARLAS, REALIZADO CON UN TRAMO DE CADENA DE IGUAL DIÁMETRO A LA CADENA MADRE Y GRILLETES. TOTALMENTE COLOCADA. INCLUSO SEGUIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL FONDEO DURANTE EL TIEMPO DE GARNATÍA ESTABLECIDO (MÍNIMO 1 AÑO).			
OF1PANT	6,000	h	Oficial instalador pantalanes	23,28	139,68	
baraux	3,000	h	Embarcación auxiliar	90,00	270,00	
MANBUZ	3,500	h	Buzo	57,25	200,38	
MQ01004	4,000	h	Camión grúa hasta 10 T	57,49	229,96	
CADAC40B	3,000	m	Cadena de acero de 40 mm	40,25	120,75	
GRILLTb	2,000	Ud	Grillete 25 Tn	24,28	48,56	
%0300000	3,000	%	Medios auxiliares	1.009,30	30,28	
				Suma la partida .....	1.039,61	
				Costes indirectos .....	6,00%	62,38
				<b>TOTAL PARTIDA .....</b>	<b>1.101,99</b>	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO UN EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

### CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN

POSSAL	Ud	POSTE DE SALVAMENTO Y CONTRA INCENDIO			
		POSTE DE SALVAMENTO Y CONTRA INCENDIO, REALIZADO EN PVC, COLOR ROJO. INCLUYENDO EXTINTOR Y ARO SALVAVIDAS CON CABO DE NYLON DE DIÁMETRO 10MM Y LONGITUD 20M. TOTALMENTE COLOCADO.			
POSSALB	1,000 Ud	Poste de salvamento y contra incendio	358,32	358,32	
PEOESPPAN	4,000 h	Peon especialista pantalanes	17,08	68,32	
		Suma la partida .....			426,64
		Costes indirectos .....	6,00%		25,60
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>452,24</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

ESCSAL	Ud	ESCALERA DE SALVAMENTO			
		ESCALERA DE SALVAMENTO			
ESCSALB	1,000 Ud	Escalera de salvamento	628,17	628,17	
PEOESPPAN	4,000 h	Peon especialista pantalanes	17,08	68,32	
		Suma la partida .....			696,49
		Costes indirectos .....	6,00%		41,79
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>738,28</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

BALIZ	Ud	BALIZA DE SEÑALIZACIÓN			
		BALIZA DE SEÑALIZACIÓN BLANCA/ROJA/VERDE CON LUMINARIA ESTANCA SOBRE PEDESTAL DE ALEACIÓN DE ALUMINIO ANTICORROSIVO DE 2 M DE ALTURA EN PUNTA DE PANTALÁN. LOS ALCANCES (POTENCIAS DE ALUMBRADO) Y COLORES SERÁN DEFINIDOS POR CAPITANÍA MARÍTIMA A PETICIÓN DE LA PROPIEDAD TOTALMENTE MONTADA PROBADA Y FUNCIONANDO.			
BALIZB	1,000 Ud	Baliza de señalización	728,61	728,61	
OF1PANT	3,000 h	Oficial instalador pantalanes	23,28	69,84	
PEOESPPAN	6,000 h	Peon especialista pantalanes	17,08	102,48	
%0300000	3,000 %	Medios auxiliares	900,90	27,03	
		Suma la partida .....			927,96
		Costes indirectos .....	6,00%		55,68
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>983,64</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

PC: MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON. MOAÑA, PONTEVEDRA

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

BALIZ	Ud	BALIZA DE SEÑALIZACIÓN			
		BALIZA DE SEÑALIZACIÓN BLANCA/ROJA/VERDE CON LUMINARIA ESTANCA SOBRE PEDESTAL DE ALEACIÓN DE ALUMINIO ANTICORROSIVO DE 2 M DE ALTURA EN PUNTA DE PANTALÁN. LOS ALCANCES (POTENCIAS DE ALUMBRADO) Y COLORES SERÁN DEFINIDOS POR CAPITANÍA MARÍTIMA A PETICIÓN DE LA PROPIEDAD TOTALMENTE MONTADA PROBADA Y FUNCIONANDO.			
BALIZB	1,000 Ud	Baliza de señalización	728,61	728,61	
OF1PANT	3,000 h	Oficial instalador pantalanes	23,28	69,84	
PEOESPPAN	6,000 h	Peon especialista pantalanes	17,08	102,48	
%0300000	3,000 %	Medios auxiliares	900,90	27,03	
		Suma la partida .....			927,96
		Costes indirectos .....	6,00%		55,68
		<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>983,64</b>

Ascende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO Nº 7: PLAN DE OBRA**

**ANEJO Nº 07: PLAN DE OBRA**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

CAPÍTULO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	TOTALES
<b>01 MÓDULOS ROMPEOLAS</b>	<b>72.771,45 €</b>	<b>45.346,57 €</b>	<b>409.203,83 €</b>				
01.1 FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE MÓDULOS	72.771,45 €	72.771,45 €	72.771,45 €	72.771,45 €	72.771,45 €	36.385,73 €	400.242,99 €
01.2 FONDEO E INSTALACIÓN DE MÓDULOS						8.960,84 €	8.960,84 €
<b>02 UNIONES ENTRE MÓDULOS</b>						<b>15.910,62 €</b>	<b>15.910,62 €</b>
<b>03 FONDEO ROMPEOLAS</b>				<b>12.168,80 €</b>	<b>51.090,55 €</b>	<b>85.620,01 €</b>	<b>148.879,36 €</b>
03.1 MUERTOS DE HORMIGÓN				12.168,80 €	12.168,80 €	6.084,40 €	30.422,00 €
03.2 CADENAS					38.921,75 €	38.921,75 €	77.843,50 €
03.3 COLOCACIÓN FONDEOS						40.613,86 €	40.613,86 €
<b>04 SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN</b>						<b>3.157,80 €</b>	<b>3.157,80 €</b>
<b>05 SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>846,12 €</b>	<b>5.076,70 €</b>					
<b>06 CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>1.000,00 €</b>	<b>6.000,00 €</b>					
PEM MES	74.617,57 €	74.617,57 €	74.617,57 €	86.786,37 €	125.708,12 €	151.881,11 €	
PEM ORIGEN	74.617,57 €	149.235,14 €	223.852,71 €	310.639,08 €	436.347,20 €	588.228,31 €	588.228,31 €
PBL (IVA incluido) MES	107.441,84 €	107.441,84 €	107.441,84 €	124.963,69 €	181.007,12 €	218.693,61 €	
PBL (IVA incluido) ORIGEN	107.441,84 €	214.883,68 €	322.325,51 €	447.289,21 €	628.296,33 €	846.989,94 €	846.989,94 €
% realizado MES	12,7%	12,7%	12,7%	14,8%	21,4%	25,8%	
% realizado ORIGEN	12,7%	25,4%	38,1%	52,8%	74,2%	100,0%	100,0%

---

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**ANEJO N° 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## ANEJO Nº 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### ÍNDICE:

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA.

Anejo Nº 1: Justificación de Precios

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS.

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

- 4.1. Mediciones
- 4.2. Cuadro de Precios Nº 1
- 4.3. Cuadro de Precios Nº 2
- 4.4. Presupuesto por capítulos
- 4.5. Presupuesto de Ejecución Material

## ANEJO Nº 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

### DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

**ANEJO Nº 8: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN:  
MEJORA DEL ABRIGO POR DIQUE FLOTANTE EN EL PUERTO DE O CON.  
MOAÑA, PONTEVEDRA

**DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA****INDICE:**

1	OBJETO DE ESTE ESTUDIO .....	2
2	PRINCIPIOS BÁSICOS .....	2
3	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	2
4	PROGRAMA DE TRABAJOS .....	3
5	PRESUPUESTO .....	3
6	CÁLCULO DEL NÚMERO DE TRABAJADORES .....	3
7	CLIMA MARÍTIMO Y METEOROLOGÍA .....	3
8	CONDICIONANTES DE SEGURIDAD .....	3
9	RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN POR LAS CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA .....	4
9.1	CERRAMIENTO PROVISIONAL .....	4
9.2	INTERFERENCIAS CON LA POBLACIÓN .....	4
9.3	SERVICIOS AFECTADOS .....	4
10	EMERGENCIAS .....	4
11	TRABAJOS ABARCADOS .....	6
12	RIESGOS PROFESIONALES DE CARÁCTER GENERAL .....	6
13	RIESGOS ESPECIALES .....	7
14	RIESGOS PARTICULARES DE CADA FASE .....	7
14.1	ACTIVIDADES SUBACUÁTICAS CON BUZO: FONDEOS .....	7
14.2	COLOCACIÓN Y MONTAJE DE MÓDULOS Y MUERTOS DE HORMIGÓN .....	8
14.3	MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS .....	9
14.4	ELEVACIÓN Y CARGA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS .....	9
15	RIESGOS DE LA MAQUINARIA UTILIZADA .....	10
15.1	GÁNGUIL/ PONTONA .....	10
15.2	CAMIÓN TRANSPORTE .....	11
15.3	CAMIÓN GRÚA .....	12
15.4	GRÚA AUTOPROPULSADA .....	12
15.5	EMBARCACIÓN AUXILIAR .....	13
15.6	HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES .....	13
15.7	HERRAMIENTAS MANUALES .....	14
16	MEDIOS AUXILIARES .....	14
16.1	ESCALERAS DE MANO .....	14
16.2	ESLINGAS Y ESTROBOS .....	14
16.3	OTROS ELEMENTOS .....	15
16.4	CARGA Y DESCARGA DE MATERIALES .....	15
17	PROTECCIONES INDIVIDUALES .....	16
18	PROTECCIONES COLECTIVAS .....	16
19	TRABAJOS POSTERIORES .....	16
20	PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS .....	16

21	FORMACIÓN E INFORMACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD .....	17
22	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR .....	18
23	SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS .....	18
24	SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	18
24.1	COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD .....	18
24.2	OBLIGACIÓN DE LOS SUBCONTRATISTAS Y/O AUTÓNOMOS .....	18
24.3	DESIGNACIÓN DE RECURSOS PREVENTIVOS .....	18
25	ACCESOS A LA OBRA .....	19
26	COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES .....	19
27	DOCUMENTOS QUE COMPONEN ESTE ESTUDIO .....	19