



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR

Portos
de Galicia

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.
MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA
A CORUÑA.**



INGENIERO DIRECTOR DEL PROYECTO:
PEDRO URQUIJO GÓMEZ

INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO:
MANUEL CAMEÁNS RODRÍGUEZ
RAFAEL SUÁREZ REY

DICIEMBRE 2015

CONSULTOR:

Reconquista, 1 - 2º A
36201 VIGO (España)
Telf. 986 447 366
FAX 986 437 483

ÍNCAT
infraestructuras

ÍNDICE.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.
MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

Documento nº 1. **MEMORIA.**

- Anejo 1. Reportaje fotográfico.
- Anejo 2. Cartografía, topografía y batimetría.
- Anejo 3. Estudio del oleaje
- Anejo 4. Diseño del dique flotante.
- Anejo 5. Justificación de precios.
- Anejo 6. Programa de trabajos.
- Anejo 7. Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.
- Anejo 8. Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Documento nº 2. **PLANOS.**

- Plano 1. Situación y emplazamiento.
- Plano 2. Estado actual.
- Plano 3. Planta general.
- Plano 4. Planta de replanteo.
- Plano 5. Dique de abrigo flotante.

Documento nº 3. **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.**

Documento nº 4. **PRESUPUESTOS.**

- 1. Mediciones.
- 2. Cuadros de Precios.
 - 2.1. Cuadro de Precios nº 1.
 - 2.2. Cuadro de Precios nº 2.
- 3. Presupuesto por capítulos.
- 4. Presupuesto de ejecución material.
- 5. Presupuesto base de licitación.



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

MEMORIA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

ÍNDICE.

- 1 INTRODUCCIÓN.
- 2 OBJETO DEL PROYECTO.
- 3 ESTUDIOS PREVIOS.
 - 3.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.
 - 3.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.
 - 3.3 ESTUDIO DEL OLEAJE.
 - 3.3.1 OLEAJE DE FONDO.
 - 3.3.2 OLEAJE DE VIENTO.
 - 3.3.3 CONCLUSIONES.
- 4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.
- 5 GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.
- 6 PRESUPUESTO.
- 7 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.
- 8 PROGRAMA DE TRABAJOS.
- 9 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.
- 10 REVISIÓN DE PRECIOS.
- 11 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO.
- 12 OBRA COMPLETA.
- 13 CONCLUSIÓN.

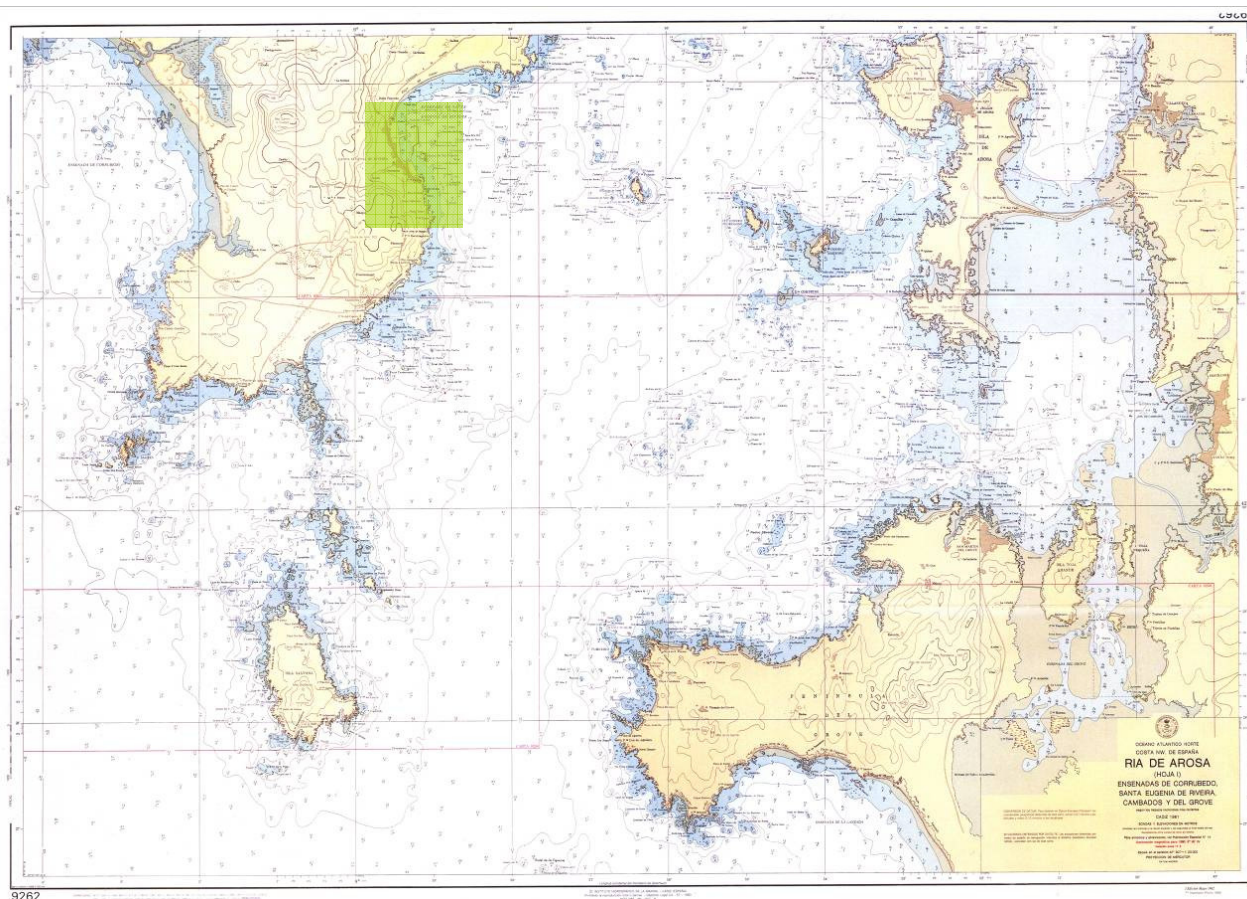
MEMORIA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

1 INTRODUCCIÓN.

El Puerto de Ribeira está situado en la Ensenada de Santa Eugenia de Ribeira, en la margen norte de la Ría de Arousa. Esta ría es un valle fluvial inundado, con una dinámica litoral compleja. A pesar de estar protegida de los oleajes oceánicos por los bajos de Aguiño al Norte, la isla de Sálvora y otros islotes en el centro y por la península de O Grove al Sur, el oleaje penetra en su interior, aunque de forma muy atenuada.



Encuadre del proyecto en la Ría de Arousa. Carta Náutica 9262 Ría de Arousa (Hoja I).

Por Real Decreto 3.124/1982 de 24 de julio sobre traspasos de funciones y servicios de la Administración del estado a la Comunidad Autónoma de Galicia en materia de Puertos, se transfiere el Puerto de Ribeira.

Dicha transferencia contiene la titularidad del puerto y de las instalaciones portuarias, sujetas o no a régimen de concesión. Por tanto, la Comunidad Autónoma, en virtud de su competencia exclusiva, podrá aprobar la realización de obras que dentro del puerto impliquen ganar terrenos al mar, que quedarán afectos a la Zona de servicio de Puerto.

En el extremo norte del puerto, adyacente a la Playa del Coroso, se ubica la dársena norte, protegida de los oleajes exteriores por el dique exterior del puerto y por el dique de dichas instalaciones.



Núcleo urbano y puerto de Ribeira.



Dársena norte y playa del Coroso.

Actualmente las instalaciones ubicadas en la dársena norte presentan problemas de agitación debido a oleajes generados localmente por vientos de componente E y SE, alcanzándose alturas de ola del orden de 1.30 metros.



Vista aérea de la dársena norte del puerto de Ribeira, playa de Ribeira y zona interior de la Ría de Arousa.

2 OBJETO DEL PROYECTO.

El presente proyecto tiene por objeto la definición de las obras necesarias para la mejora del abrigo de la dársena norte del puerto de Ribeira. Esta mejora del abrigo se realiza mediante la instalación de un dique flotante de hormigón armado.

3 ESTUDIOS PREVIOS.

3.1 CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

Para la realización del presente proyecto se ha preparado una base cartográfica que reúne información topográfica y batimétrica de la zona de interés. Los datos cartográficos, topográficos y batimétricos de distintas fuentes se han digitalizado e integrado en coordenadas U.T.M., obteniendo así una única base digital del entorno de la zona de proyecto necesaria para la realización diseño de las obras planteadas.

Se ha utilizado como sistema de coordenadas planimétrico la proyección Universal Transversa de Mercator (U.T.M.), huso 29 (UTM29). El sistema de referencia (datum) ETRS89, elipsoide GRS1980.

Cartografía utilizada

- Cartografía 1:5.000 de la Xunta de Galicia en formato digital en planos de situación.
- Carta náutica 9262 a escala 1:20.000 del Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Cartografía oficial actualizada de Portos de Galicia (versión 151123_Ribeira_R18-T)

Topografía utilizada

Levantamiento topográfico y batimétrico a escala 1:1.000 de la zona portuaria de Ribeira, realizada por Portos de Galicia en noviembre de 2015.

3.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

Dado el conocimiento que se posee de los terrenos de la zona y las características de las obras no es preceptivo incluir un estudio geotécnico detallado de los terrenos sobre los que se va a ejecutar la obra, ya que la Ley 30/2007, de 30 de Octubre, de Contratos del Sector Público, elimina tal obligatoriedad cuando dicho estudio resulta incompatible con la naturaleza de la obra.

3.3 ESTUDIO DEL OLAJE.

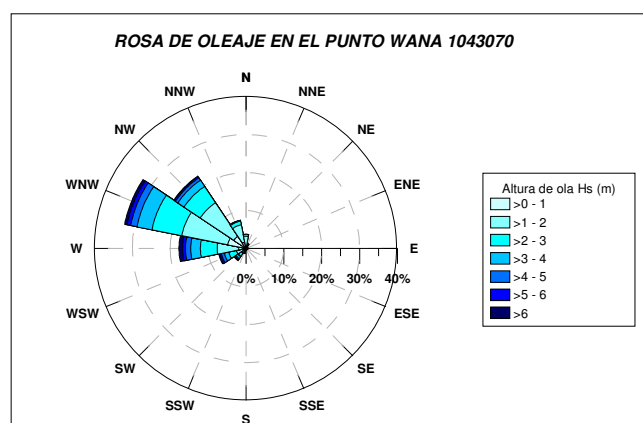
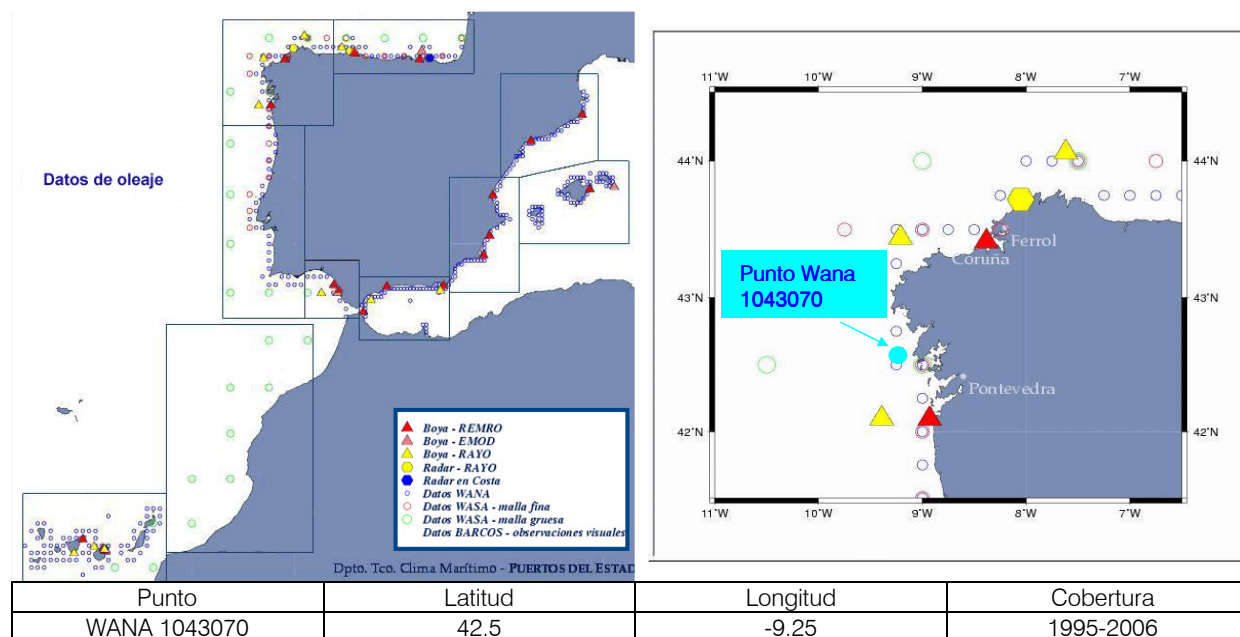
Para la redacción de este proyecto de construcción se ha realizado un estudio completo de clima marítimo en el que se ha caracterizado el oleaje en profundidades indefinidas (dirección, período y altura de ola), así como el régimen de vientos en el área de estudio, calculando mediante un estudio de propagación el campo vectorial de oleaje que proporciona la altura de ola y la dirección del frente de oleaje en cada punto.

3.3.1 OLAJE DE FONDO.

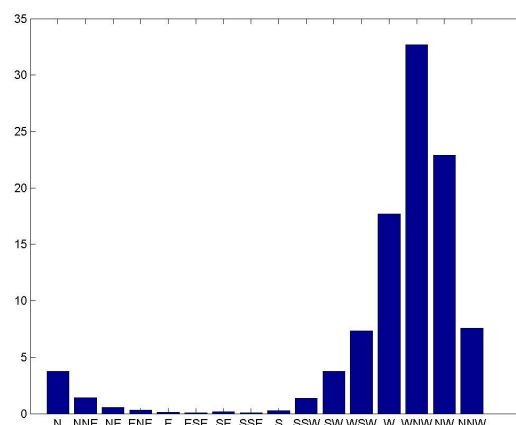
El clima marítimo en la costa de Santa Eugenia de Ribeira se puede caracterizar utilizando datos de modelos de generación de oleaje proporcionados por Puertos del Estado, que tratan de reconstruir el clima marítimo de los últimos 50 años en distintos puntos del Atlántico y del Mediterráneo (modelo WAN de generación del oleaje).

Estos puntos se dividen en WANA y WASA. En la costa Atlántica del litoral español los puntos WASA recoge información de distintos parámetros de los estados de mar desde el año 1970 hasta el año 1994(25 años), compuesto a partir de datos meteorológicos separados por intervalos de 3 horas. Los puntos WANA recogen información cada 6 horas desde el año 1995.

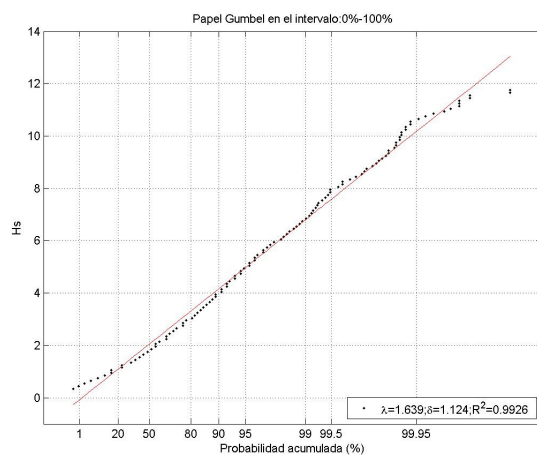
Para este estudio se han utilizado los datos registrados en el punto WANA 1043070, próximo a la zona de estudio y situado en profundidades indefinidas.



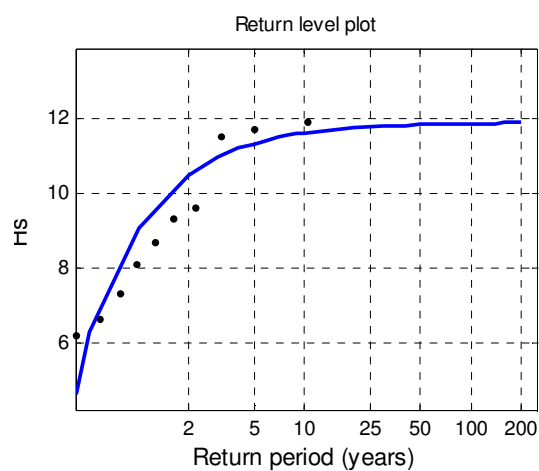
Rosa de oleaje.



Histograma de direcciones.



Régimen medio Escalar



Régimen extremal.

Tal y como se observa en la rosa de oleaje y en el histograma de direcciones, el oleaje de fondo profundidades indefinidas procede principalmente del WNW, NW y W.

A partir de los registros de oleaje en el punto WANA 1043070, que ha permitido la caracterización del oleaje en profundidades indefinidas, se obtienen las características del oleaje en los puntos interés, siguiendo el siguiente proceso:

- Propagación mediante un modelo numérico desde el punto WANA hasta el entorno del puerto, usando el programa de propagación espectral de la ecuación de la pendiente suave STWAVE.

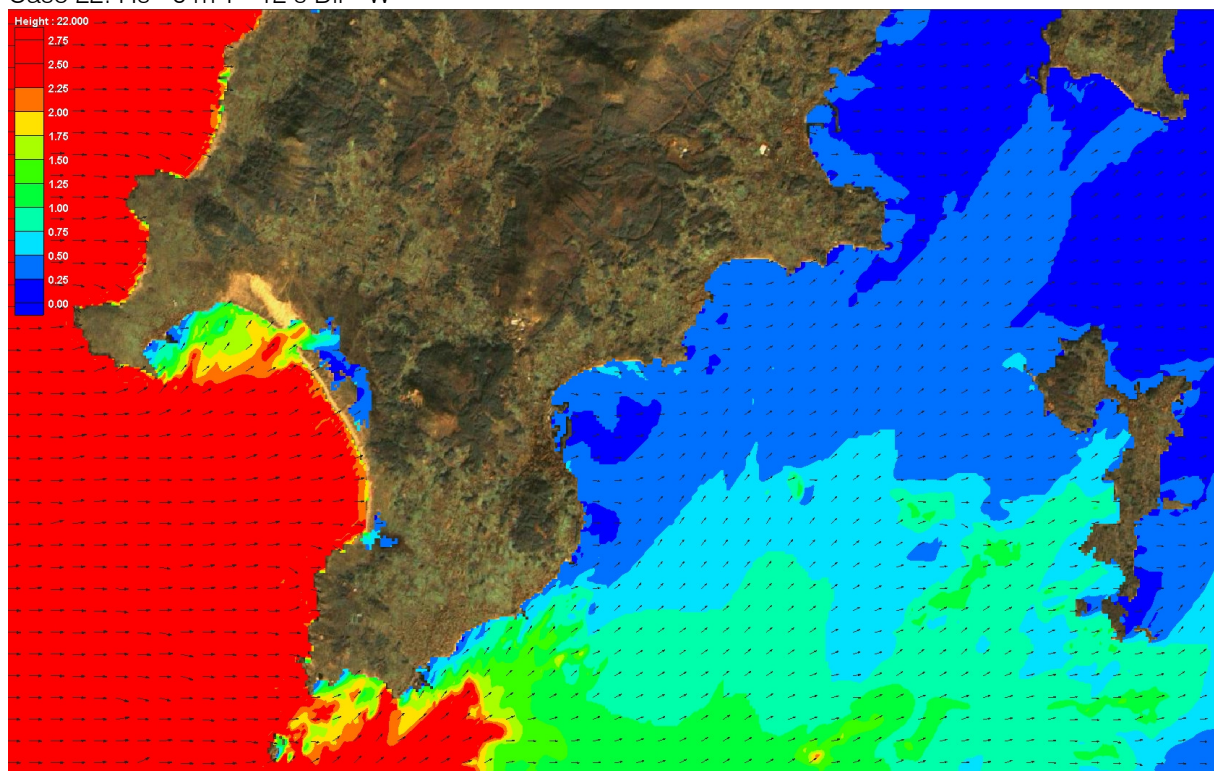
A la hora de propagar un estado de oleaje, hay que tener en cuenta que depende fundamentalmente de tres variables, que son: la altura de ola, el periodo y la dirección de oleaje. Por tanto, el propagar todos los oleajes para distintos periodos y según las distintas direcciones es un trabajo inmensamente arduo y laborioso.

Por ello se han propagado una total de 46 casos que incluyen distintos parámetros de altura de ola, dirección, periodo. Los casos propagados no han sido elegidos al azar, sino que tratan de representar de la mejor manera posible distintas situaciones energéticas, con los periodos susceptibles de producirse, todo ello para las direcciones más significativas. En la selección de estos casos ha sido necesario utilizar las rosas de oleaje, el histograma de probabilidad y los distintos diagramas Hs-Tp, Hs-Dir, así como los regímenes medio y extremal.

- Los resultados de las propagaciones se interpolan a la serie de datos del punto WANA para cada punto de interés, obteniéndose así una serie extendida que cubre todo el periodo 1995-2003. A partir de estas series se calculan los regímenes extremal y medio del punto de interés sin ninguna pérdida de información.

A modo de ejemplo se muestran la gráfica de altura de ola y vectores dirección de un estado de mar propagado.

Caso 22: Hs=6 m T=12 s Dir=W



Del análisis de los gráficos de planta de oleaje resultantes de las 46 propagaciones realizadas, desde profundidades indefinidas hasta el entorno del puerto de Ribeira (*Anejo Nº 4 Estudio del oleaje*) se deduce lo siguiente:

- Independientemente de la dirección del temporal en aguas exteriores, los frentes tienden a orientarse según el eje longitudinal de la Ría (SW – NE) para cualquier condición de altura de ola y periodo. Esto se debe a la difracción que se produce en los cabos que delimitan la bocana de entrada a la ría y en los límites de las numerosas islas que la protegen, en especial la Isla de Sálvora en la zona externa y la Isla de Arousa en la zona central.
- Las direcciones de oleaje de fondo que más penetran en el interior de la Ría son WSW y SW, debido a la disposición de ésta en dirección NE. Los oleajes procedentes del NNW y NW se reducen significativamente por el efecto de difracción ejercido por el Cabo Corrubedo y la Isla de Sálvora.
- En la Ensenada de Santa Eugenia de Ribeira, el oleaje se ve reducido debido al efecto de escudo frente al oleaje que ejerce la Punta Grades. La dársena norte del puerto de Ribeira se sitúa en la zona de sombra de éste saliente, por lo que el oleaje de fondo, sea cual sea su dirección, apenas afecta a las instalaciones, no superando nunca los 50 cm de altura de ola.

3.3.2 OLAJE DE VIENTO.

La determinación del oleaje local de viento generado en la Ría de Arousa se realiza a partir de los datos de viento incluidos en el Atlas de Viento de la *R.O.M. 0.4-95 Acciones Climáticas: Viento*, mediante el uso del modelo numérico de propagación de oleaje STWAVE, incluido dentro del SMS (Surface-water Modeling System) desarrollado por el Environmental Modeling Research Laboratory de la Brigham Young University.

Para la estimación del oleaje local de viento se toman como datos de partida los siguientes:

- La velocidad básica del viento de proyecto en condiciones extremas en la dirección analizada.
- La longitud de fetch en la dirección considerada correspondiente al punto para el que se realiza la previsión.
- Profundidad.

Las direcciones de interés en este estudio son las de ENE, E, ESE y SE debido a la orientación de la ensenada. En la siguiente tabla se muestran los datos de viento de entrada del modelo numérico:

Valores de $V_{b,T,\alpha}$ (m/s)						
	$K\alpha$	Período de retorno (años)				
		1	5	10	25	36.56
ENE	0.8	19.50	22.42	23.57	25.00	25.57
E	0.75	18.28	21.02	22.09	23.44	23.97
ESE	0.65	15.84	18.22	19.15	20.31	20.78
SE	0.75	18.28	21.02	22.09	23.44	23.97

Velocidad básica del viento en la zona de estudio en función del período de retorno (Anejo Nº 4 Estudio del oleaje).

Los parámetros del oleaje obtenidos en el punto de control, situado en las inmediaciones de la zona de estudio, se resumen a continuación:

Período de retorno	1 año		5 años		10 año		25 años		36.56 años	
Dirección del viento	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
ENE	0.1	2.9	0.1	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9
E	0.8	3.6	0.9	3.7	1.0	3.8	1.1	4.0	1.1	4.0
ESE	0.8	3.8	0.9	4.0	1.0	4.2	1.1	4.2	1.1	4.3
SE	0.9	4.0	1.1	4.3	1.2	4.3	1.3	4.5	1.3	4.5

Parámetros del oleaje de viento en la zona de estudio obtenidos mediante modelo numérico de propagación del oleaje (Anejo Nº 4 Estudio del oleaje).



Ubicación del punto de previsión del oleaje.

De los resultados gráficos y numéricos de la propagación del oleaje de viento hasta el punto de control se pueden extraer una serie de conclusiones:

- Los oleajes de viento que inciden en mayor medida sobre la dársena norte son los procedentes del SE y ESE, alcanzándose picos de oleaje en el punto de control de $H_s = 1.3$ y $T_p = 4.5$, con vientos de períodos de retorno 36.5 años provenientes del SE.
- Los períodos del oleaje generado localmente por el viento varían desde los 2.9 s hasta los 4.5 s, dependiendo del fetch asociado a cada dirección. Los vientos procedentes del SE generan los máximos períodos, mientras que los procedentes del ENE generan los mínimos períodos.
- El oleaje de viento procedente del ENE es el que menos incide sobre la Ensenada de Ribeira, no superando los 20 cm de ola para el punto de control.

3.3.3 CONCLUSIONES.

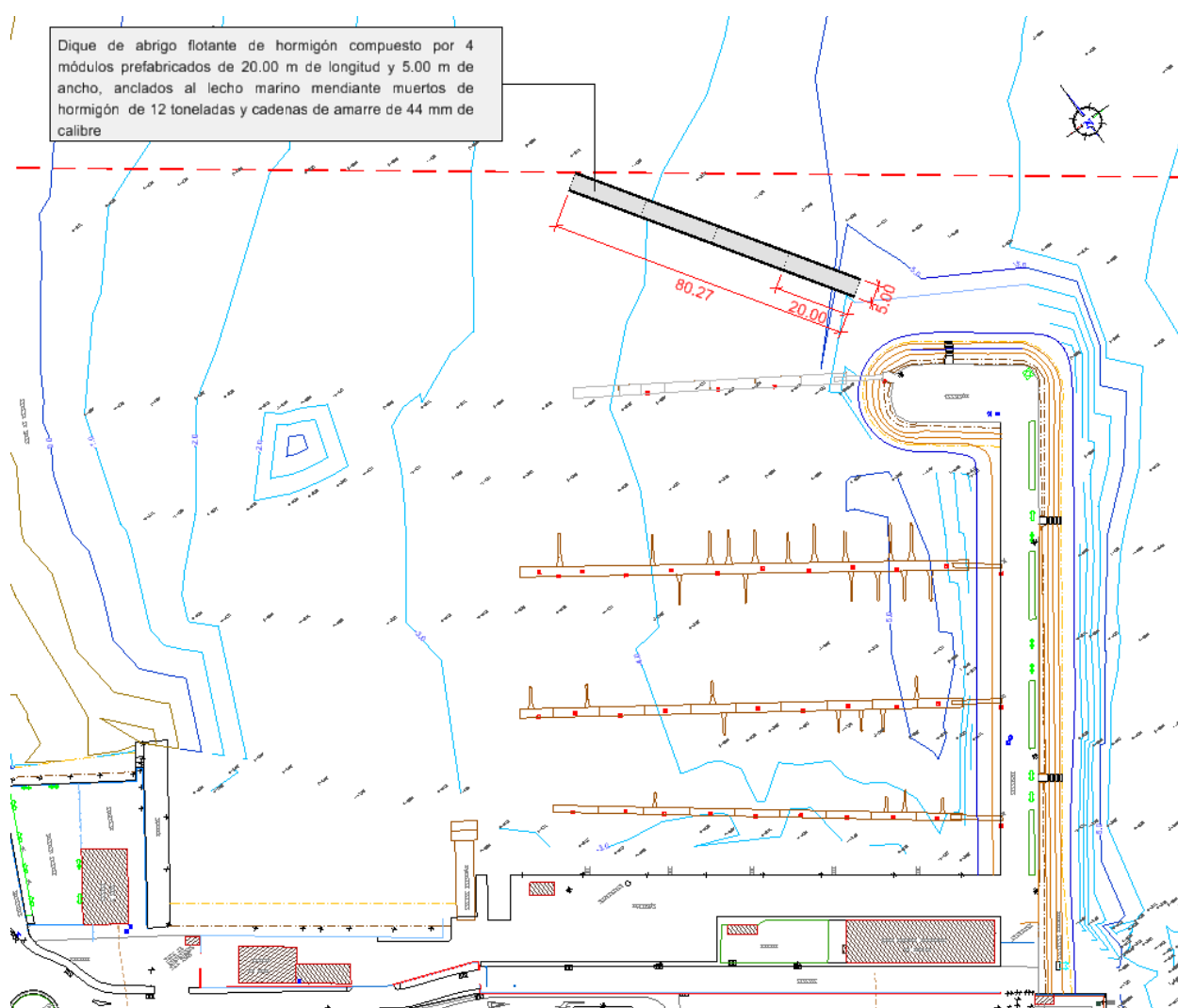
Después de haber analizado la agitación existente en las inmediaciones de la dársena norte del puerto de Ribeira (*Anejo Nº 3 Estudio del Oleaje*), considerando tanto el oleaje de fondo como el generado localmente por el viento, en condiciones normales y extremas de oleaje, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La dársena norte del puerto de Ribeira, debido a su configuración actual, recibe oleaje de fondo de pequeña magnitud, incluso en condiciones de temporal, que no suponen un riesgo para las embarcaciones.
- Los problemas de agitación existentes en la dársena norte se deben exclusivamente al oleaje generado localmente por el viento de componente E, con altura de ola máxima de 1.3 m y período de oleaje del orden de 4.5 s.

En estas condiciones, para alcanzar un abrigo eficiente de la dársena norte, se decide utilizar un dique flotante formado módulos de 5 m de ancho anclados mediante muertos de hormigón y cadenas de acero grado 2 para el amarre.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

Se proyecta la instalación de un dique flotante de orientación N33°W de 80 metros de longitud, formado por 4 módulos de 20 metros de largo y 5 metros de ancho, de modo que la dársena norte del puerto de Ribeira queden protegidas de los oleajes de viento de componente E.

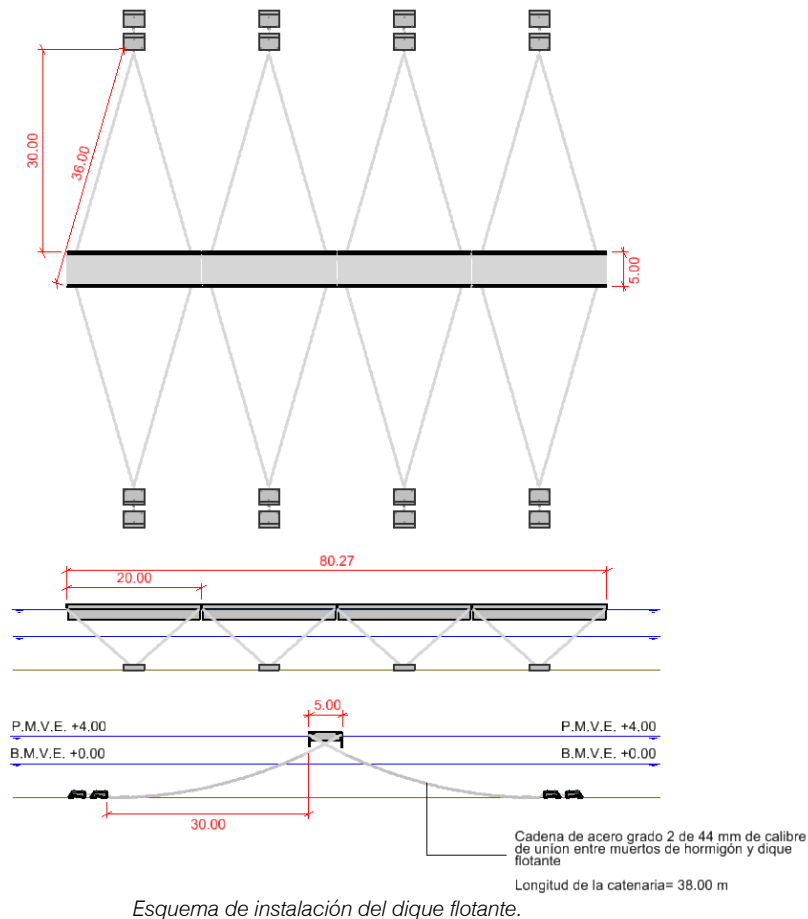


Planta general de la actuación.

Los módulos de 20 m de longitud y 5 m de ancho, tienen un puntal de 2.25 m (0.75 m de francobordo y 1.50 m de calado) y peso de 79.33 t, fabricados con estructura de hormigón armado HA-40/AC/12/IIIc+Qb. El interior del módulo está relleno de poliestireno expandido de densidad 15 Kg/m³, actuando de flotador. Los conectores entre módulos estarán constituidos por dos conjuntos de piezas cilíndricas de neopreno alojados en cajas de acero galvanizado embebidas en la estructura de hormigón armado del dique flotante.

Para el fondeo de los módulos se utilizarán muertos de hormigón que se unirán al pantalán a través de cadenas de acero grado 2.

La posición de los muertos y longitudes de las cadenas aparece perfectamente definida en los planos del presente proyecto.



Los muertos serán de 12 t de peso y estarán realizados con hormigón en masa de resistencia característica 30 N/mm², el tipo de exposición que ha de resistir este hormigón será IIIb y en su fabricación se empleará cemento resistente al agua de mar.

Los muertos contarán con tres soportes para el transporte de acero inoxidable de 20 mm de diámetro con una longitud de anclaje de al menos 50 cm en el interior del hormigón. En el interior de los muertos se dejará embebida una cadena de 44 mm de calibre de acero grado 2, que sobresaldrá ligeramente de los mismos para permitir el anclaje, mediante grilletes del mismo material, entre muertos y con la cadena de fondeo entre el muerto y el dique flotante.

La cadena de fondeo entre el dique flotante y los muertos de hormigón será de 44 mm de calibre de acero grado 2.

Los cálculos y especificaciones técnicas del dique flotante y de los elementos de fondeo se detallan en el *Anejo N°4 y Pliego de Prescripciones técnicas particulares* del presente proyecto. A continuación se resumen las principales características de los mismos.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE FLOTANTE Y DEL SISTEMA DE AMARREOleaje de diseño

Hs = 1.30 m

Tp = 4.50 s

Otros condicionantes de diseño

- Corriente 0.4 m/s
- Velocidad básica del viento de 32.5 m/s

Dimensiones

Longitud:	L =	20.00	m
Ancho:	B =	5.00	m
Puntal:	P =	2.25	m
Francobordo	F=	0.75	m
Calado	D=	1.50	m
Altura de quillas	k =	0.95	m

Esfuerzos sobre el dique flotante**FUERZAS TOTALES ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE**

			Por m.l.	Total dique	Por anclaje
Fuerza del viento (kN)	➤ (1)	Fwe (max)	0.83	16.67	8.33
Fuerza de la corriente (kN)	➤ (2)	Fd	0.12	2.46	1.23
Fuerza del oleaje (kN)	➤ (3)	Fmo (max)	1.06	21.24	10.62
Fuerza máxima total (kN)		F	2.02	40.37	20.18

(1) Aplicada sobre toda la superficie lateral exterior emergida del dique

(2) Aplicada sobre la superficie lateral exterior sumergida del dique

(3) Aplicada sobre toda la superficie lateral del dique

FUERZAS DINÁMICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE Y MOVIMIENTOS INDUCIDOSEsfuerzos en los módulos de dique flotante y conectores

- Máximo momento flector en guiñada (sway): 4.307 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en guiñada (sway): 200,4 kN
- Máximo momento flector en cabeceo (heave): 1.046 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en cabeceo (heave): 111.6 kN·m
- Máximo momento torsor en balanceo (roll): 197 kN·m

Sistema de fondeoMuertos de hormigón y cadenas

Cadena:	Acero grado 2 de 44 mm de calibre
Peso de la cadena:	41 kg/m
Longitud de la cadena:	38 m
Distancia a los muertos:	36 m
Peso de los muertos de hormigón:	12 Tn

5 PRESUPUESTO.

El presupuesto de ejecución material de las obras asciende a la cantidad de TRESCIENTOS CATORCE MIL TREINTA Y TRES EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS (314.033,30 €), desarrollado en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO	IMPORTE
1. DIQUE FLOTANTE	309 800.30 €
2. GESTIÓN DE RESIDUOS	1 033.00 €
3. SEGURIDAD Y SALUD	3 200.00 €
Presupuesto de Ejecución Material	314 033.30 €
13% de Gastos Generales	40 824.33 €
6% de Beneficio Industrial	18 842.00 €
Presupuesto Base de Licitación	373 699.63 €
I.V.A.: 21%	78 476.92 €
Presupuesto Base de Licitación (IVA Incluido)	452 176.55 €

El Presupuesto Base de Licitación de la obra asciende a la cantidad de RESCIENTOS SETENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS (373.699,63 €).

6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

De acuerdo con el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el presente proyecto de construcción se incluye un Estudio Básico de Seguridad Y Salud.

7 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

El Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición establece, en su artículo 4 "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición", la obligatoriedad de incluir en los proyectos de ejecución de obra un estudio de gestión de residuos de demolición y construcción. En el Anejo nº 7 a esta memoria se incluye dicho estudio.

8 PROGRAMA DE TRABAJOS.

Considerando los rendimientos normales en obras de similares características que las de las proyectadas, se estima suficiente para su ejecución un plazo de CUATRO (4) meses. En el anejo de Programa de Trabajos se detalla el cronograma de inversiones de la obra.

9 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.

Para establecer la clasificación requerida al Contratista, nos basamos en el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público y en el Real Decreto 1098/2001, de 12 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

De conformidad con el artículo 65.1 del vigente Texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado por el Real Decreto Legislativo 3/2011, del 14 de noviembre (BOE núm. 276 del 16/11/2011), en adelante TRLCSP, por tratar de una obra de importe inferior a 500.000 € no será requisito indispensable que el empresario haya obtenido previamente la correspondiente clasificación. En cualquier caso, y a los efectos

de acreditar la solvencia en relación con el artículo 74.2 del dicho Texto refundido, se propone que la clasificación del empresario sea la que se indica.

El análisis de la clasificación exigible al contratista se hará con la cuantía correspondiente al contrato cuando la duración de este sea igual o inferior a un año, y por referencia al valor medio anual del dicho contrato, cuando trate de contratos de duración superior, según el artículo 67 del TRLCSP, y sin considerar el impuesto sobre el valor añadido vigente como se indica en el Art.88 del mismo texto.

De esta forma y partiendo de las características de las obras contempladas en el presente proyecto, del presupuesto que se alcanza junto con el plazo de ejecución establecido se determina que la clasificación del contratista corresponde a lo siguiente:

GRUPO	SUBGRUPO	CATEGORÍA
Grupo f. Obras marítimas	Subgrupo 7. Obras marítimas sin cualificación específica	3

10 REVISIÓN DE PRECIOS.

No se propone fórmula de revisión de precios, ya que establece la no necesidad de aplicar fórmula de revisión de precios en contratos inferiores a 2 años, según “Disposición final Tercera da Ley 2/2015, de 30 de marzo, de desindexación de la economía española: análisis de sus novedades” y “Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas”

11 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO.

Documento nº 1. **MEMORIA.**

- Anejo 1. Reportaje fotográfico.
- Anejo 2. Cartografía, topografía y batimetría.
- Anejo 3. Estudio del oleaje
- Anejo 4. Diseño del dique flotante.
- Anejo 5. Justificación de precios.
- Anejo 6. Programa de trabajos.
- Anejo 7. Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.
- Anejo 8. Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Documento nº 2. **PLANOS.**

- Plano 1. Situación y emplazamiento.
- Plano 2. Estado actual.
- Plano 3. Planta general.
- Plano 4. Planta de replanteo.
- Plano 5. Dique de abrigo flotante.

Documento nº 3. **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.**

Documento nº 4. **PRESUPUESTOS.**

- 1. Mediciones.
- 2. Cuadros de Precios.
 - 2.1. Cuadro de Precios nº 1.
 - 2.2. Cuadro de Precios nº 2.
- 3. Presupuesto por capítulos.
- 4. Presupuesto de ejecución material.
- 5. Presupuesto base de licitación.

12 OBRA COMPLETA.

El presente Proyecto cumple los requisitos exigidos por Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público y lo señalado en el Real Decreto 817/2009, de 8 de mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007, por constituir una obra completa, susceptible de ser entregada al uso general o servicio público, sin perjuicios de ulteriores ampliaciones o mejoras en proyectos independientes.

13 CONCLUSIÓN.

Con lo expuesto en la presente memoria, así como en la documentación gráfica y en la restante documentación del Estudio, consideramos suficientemente definidas a este nivel las obras proyectadas, por lo que lo elevamos a la aprobación de la Superioridad si lo estimara conveniente.

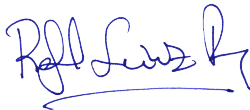
Santiago de Compostela, diciembre de 2015

Ingenieros de caminos,
canales y puertos autores del proyecto:

Ingeniero Jefe del Área
de Proyectos y Obras



Fdo.:
Manuel Cameáns Rodríguez



Fdo.:
Rafael Suárez Rey



Fdo.:
Pedro Urquijo Gómez



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

ANEJO 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEJO Nº 1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

ÍNDICE.

- Foto 1. Encuadre del proyecto en la Ría de Arousa. Carta Náutica 9262 Ría de Arousa (Hoja I).
- Foto 2. Fotografía aérea vertical del núcleo urbano y puerto de Ribeira.
- Foto 3. Vistas oblicuas de la Ensenada de Santa Uxía de Ribeira.
- Foto 4 . Fotografía aérea oblicua del puerto de Ribeira.
- Foto 5. Dársena norte del puerto de Ribeira.

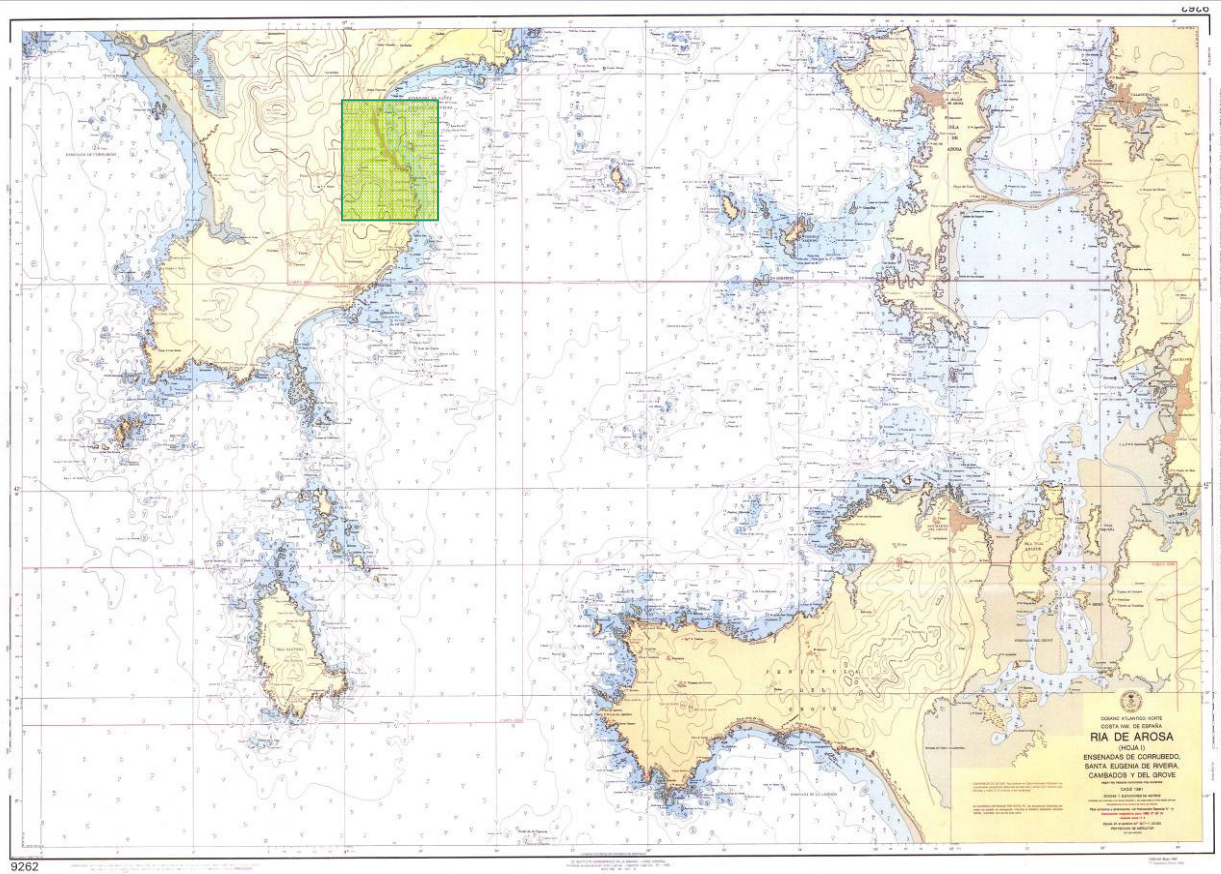


Foto 1. Encuadre del proyecto en la Ría de Arosa. Carta Náutica 9262 Ría de Arosa (Hoja I).



Foto 2. Fotografía aérea vertical del núcleo urbano y puerto de Ribeira.



Foto 3. Vistas oblicuas de la Ensenada de Santa Uxía de Ribeira.



Foto 4 . Fotografía aérea oblicua del puerto de Ribeira.



Foto 5. Dársena norte del puerto de Ribeira.



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

ANEJO 2: CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

ANEJO Nº 2. CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.
MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

ÍNDICE.

- 1 INTRODUCCIÓN.
- 2 CARTOGRAFÍA.
- 3 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.
- 4 MODELO DIGITAL DEL TERRENO PARA ESTUDIOS DE CLIMA MARÍTIMO.

ANEXO: PLANOS DE CARTOGRAFÍA OFICIAL ACTUALIZADA DE PORTOS DE GALICIA

ANEJO Nº 2. CARTOGRAFÍA, TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

1 INTRODUCCIÓN.

Para la realización del presente proyecto se ha preparado una base cartográfica que reúne información topográfica y batimétrica de la zona de interés. Los datos cartográficos, topográficos y batimétricos de distintas fuentes se han digitalizado e integrado en coordenadas U.T.M., obteniendo así una única base digital del entorno de la zona de proyecto necesaria para la realización diseño de las obras planteadas.

Se ha utilizado como sistema de coordenadas planimétrico la proyección Universal Transversa de Mercator (U.T.M.), huso 29(UTM29). El sistema de referencia (datum) ETRS89, elipsoide GRS1980.

2 CARTOGRAFÍA.

En la redacción del proyecto se ha utilizado la siguiente cartografía:

- Cartografía 1:5.000 de la Xunta de Galicia en formato digital en planos de situación.
- Carta náutica 9262 a escala 1:20.000 del Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Cartografía oficial actualizada de Portos de Galicia (versión 151123_Ribeira_R18-T)

Se adjunta planos de la cartografía oficial actualizada de Portos de Galicia a escala 1:2.000 de todo el puerto de Ribeira (Planta general y Planta de instalaciones).

3 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

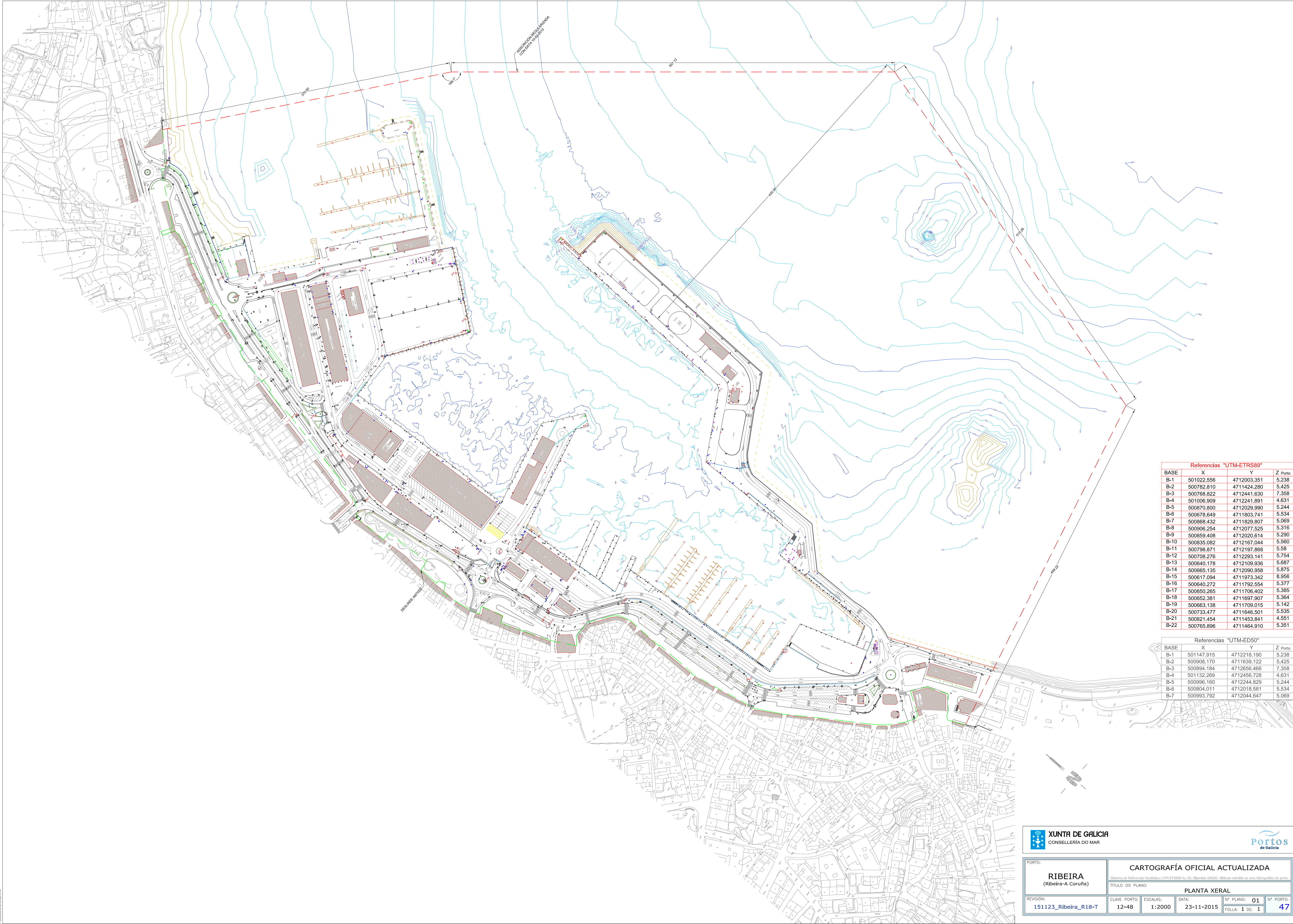
La cartografía oficial de Portos de Galicia incluye un levantamiento topográfico y batimétrico a escala 1:1.000 del puerto de Ribeira y de su entorno, que define con la suficiente precisión el terreno y los fondos submarinos.

4 MODELO DIGITAL DEL TERRENO PARA ESTUDIOS DE CLIMA MARÍTIMO.

Se ha realizado un MDT para estudios de clima marítimo, para el que se ha utilizado:

- Carta náutica 9262 de la Ría de Arousa del Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Línea de costa de la cartografía 1:5.000 de la Xunta de Galicia.
- Batimetría y topografía del puerto de Ribeira.
- Ortofoto de julio de 2014 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del Instituto Geográfico Nacional, con resolución 0.25 m/px.

ANEXO: PLANOS DE CARTOGRAFÍA OFICIAL ACTUALIZADA DE PORTOS DE GALICIA

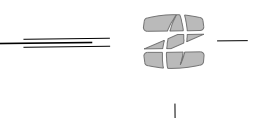
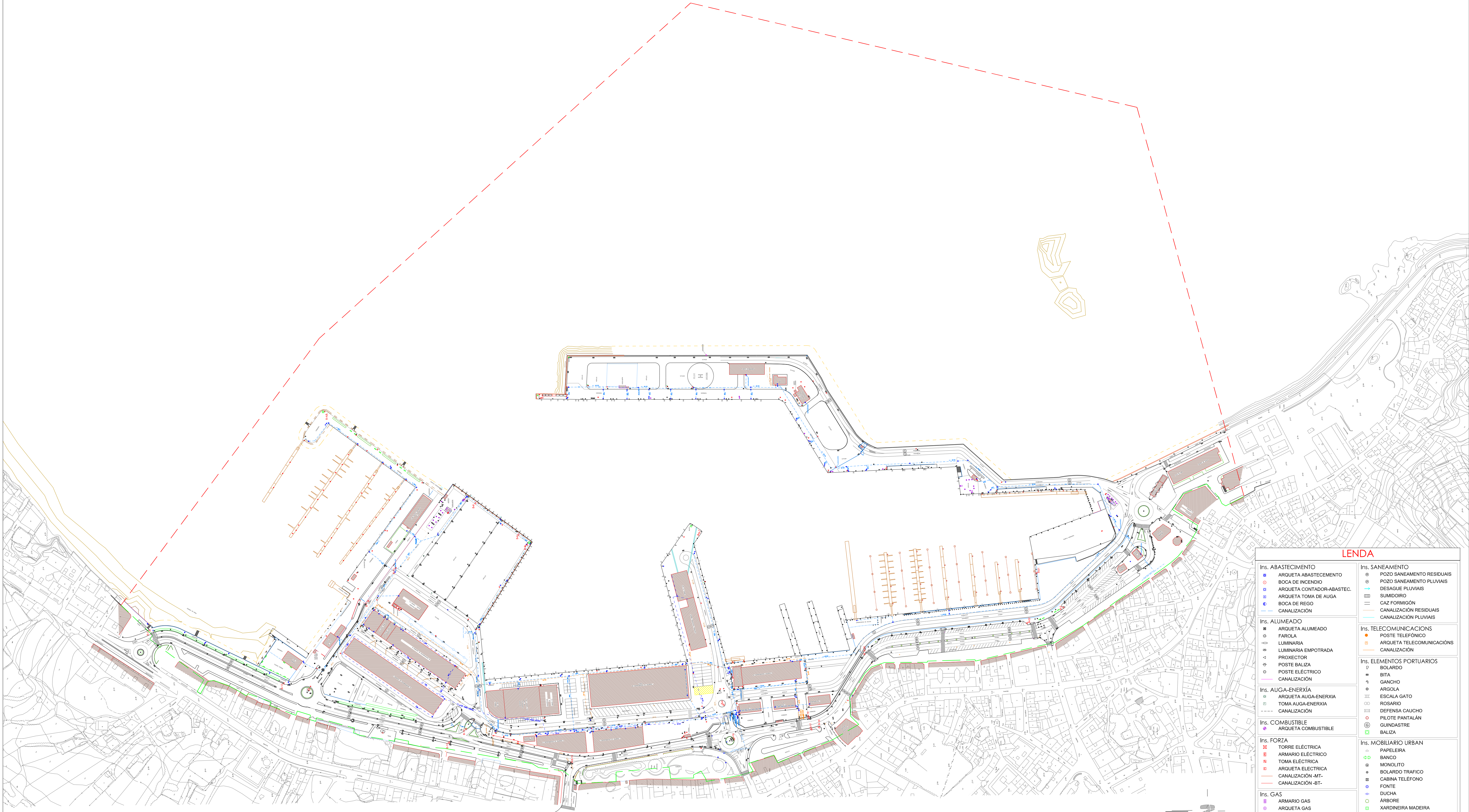


Referencias "UTM-ETRS89"			
BASE	X	Y	Z Porto
B-1	501022.556	4712003.351	5.238
B-2	500782.810	4711424.280	5.425
B-3	500768.822	4712441.630	7.358
B-4	501006.909	4712241.891	4.631
B-5	500870.800	4712029.990	5.244
B-6	500678.649	4711803.741	5.534
B-7	500868.432	4711829.807	5.069
B-8	500906.254	4712077.525	5.316
B-9	500859.408	4712020.614	5.290
B-10	500835.082	4712167.044	5.560
B-11	500798.871	4712197.868	5.58
B-12	500708.276	4712293.141	5.754
B-13	500640.178	4712109.936	5.687
B-14	500665.135	4712090.958	5.875
B-15	500617.094	4711973.342	8.956
B-16	500640.272	4711792.554	5.377
B-17	500650.265	4711706.402	5.385
B-18	500652.381	4711697.907	5.364
B-19	500663.138	4711709.015	5.142
B-20	500733.477	4711646.501	5.535
B-21	500821.454	4711453.841	4.551
B-22	500765.896	4711464.910	5.351

Referencias "UTM-ED50"			
BASE	X	Y	Z Porto
B-1	501147.915	4712218.190	5.238
B-2	500908.170	4711639.122	5.425
B-3	500894.184	4712656.466	7.358
B-4	501132.269	4712456.728	4.631
B-5	500996.160	4712244.829	5.244
B-6	500804.011	4712018.581	5.534
B-7	500993.792	4712044.647	5.069



PORTO:		CARTOGRAFÍA OFICIAL ACTUALIZADA			
RIBEIRA		Sistema de Referencia Xeodésica: UTM-ETRS89 hu 29, Elipsoida GRS80, Altitude referida ao cero Hidrográfico do porto.			
(Ribeira-A Coruña)		TÍTULO DO PLANO:			
		PLANTA XERAL			
REVISIÓN:	CLAVE PORTO:	ESCALAS:	DATA:	Nº PLANO:	Nº PORTO:
151123_Ribeira_R18-T	12-48	1:2000	23-11-2015	01	47
		FOLIA:	1 DE:	1	47



LEENDA			
Ins. ABASTECIMENTO	ARQUETA ABASTECIMENTO	Ins. SANEAMENTO	POZO SANEAMENTO RESIDUAIS
	BOCA DE INCENDIO		POZO SANEAMENTO PLUVIAIS
	ARQUETA CONTADOR-ABASTEC.		DESAGUE PLUVIAIS
	ARQUETA TOMA DE AUGA		SUMIDOREIRO
	BOCA DE REGO		CAZ FORMIGÓN
Ins. ALUMÉADO	CANALIZACIÓN		CANALIZACIÓN RESIDUAIS
			CANALIZACIÓN PLUVIAIS
Ins. AUGA-ENERXIA	ARQUETA ALUMÉADO	Ins. TELECOMUNICACIÓNS	POSTE TELEFÓNICO
	FAROLA		ARQUETA TELECOMUNICACIÓNS
	LUMINARIA		CANALIZACIÓN
	LUMINARIA EMPOTRADA	Ins. ELEMENTOS PORTUARIOS	BOLARDO
	PROXECTOR		BITA
Ins. COMBUSTIBLE	POSTE BALIZA		GANCHOS
	POSTE ELÉCTRICO		ARGOLA
	CANALIZACIÓN		ESCALA GATO
Ins. FORZA	ARQUETA AUGA-ENERXIA		ROSARIO
	TOMA AUGA-ENERXIA		DEFENSA CAUCHO
	CANALIZACIÓN		PILOTE PANTALÁN
	CANALIZACIÓN -MT-		GUINDASTRE
	CANALIZACIÓN -BT-		BALIZA
Ins. GAS	ARQUETA COMBUSTIBLE	Ins. MOBILIARIO URBAN	PAPELEIRA
	TORRE ELÉCTRICA		BANCO
	ARMARIO ELÉCTRICO		MONOLITO
	TOMA ELÉCTRICA		BOLARDO TRAFICO
	ARQUETA ELÉCTRICA		CABINA TELEFONO
Ins. INDETERMINADA	CANALIZACIÓN		FONTE
	CANALIZACIÓN		DUCHA
	CANALIZACIÓN		ARBORE
Ins. INDETERMINADA	ARQUETA GAS		XARDINEIRA MADEIRA
	CANALIZACIÓN		FLOREIRO
Ins. INDETERMINADA	ARQUETA INDETERMINADA	Ins. SEGURIDADE	EXTINTOR
	ARQUETA INDETERMINADA		EXTINTOR



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR



Portos
de Galicia

PORTO:

RIBEIRA
(Ribeira-A Coruña)

REVISIÓN:

151123_Ribeira_R18-T

CARTOGRAFÍA OFICIAL ACTUALIZADA

Sistema de Referencia Xeodéica: UTM-ETRS89 hu 29, Elipsoida GRS80, Altit. ref. ao cero Hidrográfico do porto.

TÍTULO DO PLANO:

PLANTA DE INSTALACIÓNS

CLAVE PORTO:

12-48

ESCALAS:

1:2000

DATA:

23-11-2015

Nº PLANO:

02

Nº PORTO:

47

FOLLA:

1 DE 1



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

ANEJO Nº 3. ESTUDIO DE OLEAJE.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN.
 - 1.1 OBJETIVO DE ESTE ANEJO.
 - 1.2 ÁMBITO DE ESTUDIO.
 - 1.3 MORFOLOGÍA DE LA ENSENADA DE SANTA EUGENIA DE RIBEIRA.
- 2 METODOLOGÍA.
- 3 DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE RETORNO.
 - 3.1 VIDA ÚTIL.
 - 3.2 RIESGO ADMISIBLE.
 - 3.3 PERIODO DE RETORNO.
- 4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DE LAS AGUAS.
- 5 CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.
 - 5.1 DATOS UTILIZADOS.
 - 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS OLEAJES PRINCIPALES.
 - 5.2.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE.
 - 5.2.2 RÉGIMEN MEDIO DEL OLEAJE.
 - 5.2.3 RÉGIMEN EXTREMAL DEL OLEAJE.
- 6 ESTUDIO DEL OLEAJE EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO.
 - 6.1 METODOLOGÍA.
 - 6.2 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DE FONDO HASTA LA COSTA.
 - 6.2.1 CONDICIONES DE LA PROPAGACIÓN.
 - 6.2.2 CASOS PROPAGADOS.
 - 6.2.3 RESULTADOS
 - 6.2.4 OLEAJE EN LOS PUNTOS DE CONTROL.
- 7 ESTUDIO DEL OLEAJE LOCAL DE VIENTO.
 - 7.1 CONDICIONES DE PROPAGACIÓN
 - 7.2 CASOS PROPAGADOS.
 - 7.3 RESULTADOS.
 - 7.3.1 GRAFICOS DE ALTURA DE OLA.
 - 7.3.2 RESULTADOS NUMÉRICOS EN LOS PUNTOS DE CONTROL.
- 8 CONCLUSIONES.

ANEJO Nº 3. ESTUDIO DE OLEAJE.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.

RIBEIRA, A CORUÑA.

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 OBJETIVO DE ESTE ANEJO.

El objetivo de este anejo es analizar la agitación existente en las inmediaciones de la dársena norte del Puerto de Ribeira, considerando tanto el oleaje de fondo como el generado localmente por el viento, en condiciones normales y extremales de oleaje.

A partir de los datos de oleaje se caracteriza el clima marítimo de la zona, que vendrá definido por los regímenes medios y extremales, así como por las características de la marea y la rosa de oleaje, tanto en profundidades indefinidas como en las proximidades de las instalaciones proyectadas.

Con estos datos es posible el dimensionamiento de los sistemas de atenuación necesarios para garantizar el funcionamiento adecuado de las instalaciones, de tal forma que no se comprometan las condiciones de amarre y confort en las embarcaciones, ni la integridad estructural de las obras.

1.2 ÁMBITO DE ESTUDIO.

El área estudio se encuentra en Santa Eugenia de Ribeira (A Coruña), villa marinera que posee la tercera flota pesquera de Galicia y el principal puerto de España en flota de bajura.



Imagen Landsat 7ETM de la Ría de Arousa.

La importancia de su puerto se remonta varios siglos atrás cuando en el siglo XVIII se inició la exportación de sardinas al Norte de España y Sur de Francia. De aquel período queda hoy en día numerosas salazones, alguna de ellas convertidas en restaurantes de lujo.

El Puerto de Ribeira está situado en la Ensenada de Santa Eugenia de Ribeira, en el margen norte de la Ría de Arousa, adyacente al puerto pesquero. La Ría de Arousa (la más grande de las Rías Bajas gallegas) es un valle fluvial inundado, con una dinámica litoral compleja. A pesar de estar protegida de los oleajes oceánicos por los bajos de Aguiño al Norte, la isla de Sálvora y otros islotes en el centro y por la península del Grove al Sur, el oleaje penetra en su interior, aunque de forma muy atenuada.



Imagen del puerto de Ribeira y de su entorno.

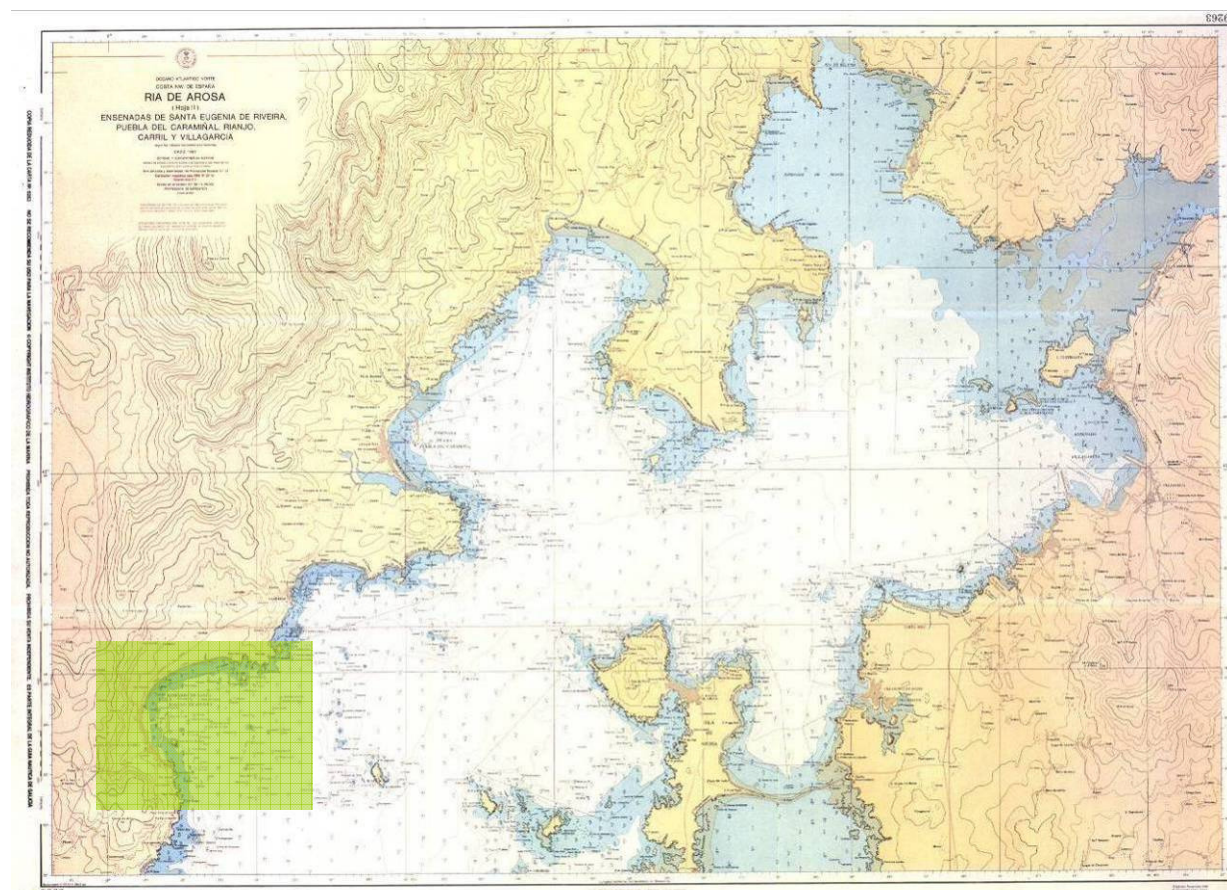
La gran extensión y anchura de la Ría respecto al caudal del Río Ulla y otros menores que desembocan en ella, junto con la penetración del oleaje exterior y el generado por el viento en su interior, hacen que en la práctica las corrientes de marea tengan poca influencia sobre la dinámica sedimentaria en la mayor parte de la Ría, a excepción de las zonas concretas en las que existe una desembocadura de un río, como en el entorno de Carril y la isla de Cortegada o en áreas de muy poca profundidad como en las marismas de la Ensenada de O Grove.

En la margen norte de la Ría, las corrientes de marea tienen valores inferiores a 0.20 m/s, lo que significa que la dinámica sedimentaria está gobernada fundamentalmente por el oleaje. Por esta razón, en el fondo de las ensenadas que conforman esta margen norte, se han formado playas encajadas que se encuentran en situación de equilibrio dinámico. Las zonas más profundas, sin embargo, están dominadas por los movimientos de las mareas.

1.3 MORFOLOGÍA DE LA ENSENADA DE SANTA EUGENIA DE RIBEIRA.

La ensenada de Santa Eugenia de Ribeira está orientada al sureste y por tanto recibe oleaje oceánico atenuado por la refracción y las múltiples difracciones que se producen a la entrada de la ría. Se encuentra flanqueada al Norte por la Punta Grades y al Sur por la Punta Touro.

En la entrada de la ensenada, el calado ronda los 20 m, disminuyendo progresivamente al aproximarse a costa, donde las batimétricas se disponen paralelamente a ésta. El Puerto de Ribeira se sitúa en la zona meridional de la ensenada, adyacente a la Playa del Coroso.



Carta náutica 9263 de la Ría de Arousa



Puerto de Ribeira.



Playa del Coroso

2 METODOLOGÍA.

La metodología seguida para la obtención de los parámetros del oleaje en la zona de estudio es la siguiente:

1. Determinación los períodos de retorno asociados al cálculo de los distintos elementos que constituyen las obras de abrigo.
2. Determinación del nivel máximo de las aguas.
3. Preparación de un modelo digital del terreno (MDT) a partir de la batimetría disponible sobre el que se puedan ejecutar las simulaciones de propagación de oleaje.
4. Análisis estadísticos del oleaje en profundidades indefinidas, a partir de los datos de los modelos de generación de oleaje (modelo WAM) en el punto WANA 1043070
5. Propagación de múltiples casos característicos de oleaje de fondo desde profundidades indefinidas hasta la zona de estudio.
6. Determinación del oleaje local de viento en la zona de análisis a través de propagación del oleaje de viento para las direcciones significativas, mediante el uso de modelos numéricos.
7. Obtención de parámetros representativos del oleaje de fondo y de viento en los puntos de control necesarios para el dimensionamiento de las obras de abrigo.

3 DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE RETORNO.

3.1 VIDA ÚTIL.

Atendiendo a las recomendaciones para obras marítimas, *R.O.M. 0.2-90 ACCIONES EN EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS*, la determinación de la vida útil se realizará ajustándose al tiempo en que se prevé en servicio la estructura.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)

TIPO DE OBRA O INSTALACION	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:

Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:

Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:

Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.

Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:

Obras e instalaciones de interés general.

Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.

(Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:

Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional.

Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Analizando nuestro caso lo englobamos en infraestructura de carácter general, nivel 1 lo que resulta una vida útil de 25 años.

3.2 RIESGO ADMISIBLE.

La R.O.M. 0.2-90 ACCIONES EN EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS, propone que: “el riesgo admisible p se fije para cada estructura o elemento estructural en función de sus características físicas y económicas, las repercusiones económicas directas e indirectas en caso de inutilización parcial o total, y la estimación de pérdidas humanas en caso de destrucción o rotura, para cada fase significativa del proyecto o hipótesis de trabajo”.

En el caso de las obras de abrigo objeto de este estudio, por tratarse de una obra flexible se adopta el criterio de riesgo de iniciación de averías, y teniendo en cuenta que la repercusión económica en caso de inutilización de la obra es baja y que la posibilidad de que se produzcan pérdidas humanas en el caso de rotura es reducida, el riesgo máximo admisible a adoptar será $E = 0.5$.

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice: $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.
Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.
Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías. En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.

LEYENDA:

- POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS
 - Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.
 - Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.
- REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA

$$\text{Indice } r = \frac{\text{Coste de pérdidas directas e indirectas}}{\text{Inversión}}$$

- BAJA: $r \leq 5$
- MEDIA: $5 < r \leq 20$
- ALTA: $r > 20$

3.3 PERIODO DE RETORNO.

Se conoce como periodo de retorno, o tiempo de recurrencia, al tiempo medio, τ , entre excedencias sucesivas del valor z_τ ($Z > z_\tau$).

En términos estadísticos, el periodo de retorno coincide con el número medio de pruebas entre excedencias sucesivas. El número de pruebas T entre excedencias es una variable aleatoria de distribución geométrica.

La relación que resulta entre el periodo de retorno, el riesgo admisible y la vida útil aplicando el análisis de riesgo es la siguiente:

$$\rho = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Donde:

ρ es el riesgo admisible

N es la vida útil

T es el periodo de retorno

Sustituyendo en esta expresión los valores obtenidos en los apartados anteriores, obtenemos que para el dimensionamiento de las obras de abrigo tenemos un periodo de retorno de $T = 36.56$ años.

4 DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DE LAS AGUAS.

Los niveles máximos y mínimos de las aguas libres exteriores en las zonas costeras son debidos fundamentalmente a la combinación de mareas astronómicas, mareas meteorológicas, ondas largas, resacas costeras, y régimen hidráulico de las corrientes fluviales en rías, estuarios y puertos fluviales.

A falta de datos estadísticos suficientes o fiables, y dada la inusual simultaneidad de todos los efectos causantes de variaciones en el nivel de las aguas exteriores, podrán adoptarse como niveles característicos los consignados por la R.O.M. 02-90 en la tabla 3.4.2.1.1. Estos niveles responden a la actuación conjunta de mareas astronómicas y meteorológicas en mareas con marea astronómica; marea meteorológica en mares sin marea astronómica apreciable; marea astronómica y régimen hidráulico de las corrientes fluviales en zonas con marea astronómica sometidas a corrientes fluviales; y únicamente régimen hidráulico de corrientes fluviales en zonas fluviales no afectadas por mares o temporales.

El caso de Ribeira se trata de una situación de mar con marea astronómica. Se tomará como valor de la carrera de marea el correspondiente a los puertos pertenecientes a la zona III atendiendo a la zonificación costera de la R.O.M.

Los niveles referidos al cero hidrográfico de la carta son los siguientes (tomando los datos del Puerto de La Vilagarcía):

$H = 4.00$ m

$NM = 2.05$

$PMVE = 4.05$ m

$BMVE = -0.05$ m

Para obtener el nivel característico de las aguas en condiciones extremas es necesario tener en cuenta una variación de ± 0.5 m debido a la marea meteorológica, resultando así:

$N_{\text{máx}} = 4.00 + 0.50 = 4.50$ m

$N_{\text{mín}} = 0.05 - 0.5 = -0.45$ m

TABLA 3.4.2.1.1. NIVELES CARACTERÍSTICOS DE LAS AGUAS LIBRES EXTERIORES EN LAS ZONAS COSTERAS ESPAÑOLAS

		Mar con marea astronómica	Mar sin marea astronómica significativa	Zonas con marea astronómica sometidas a corrientes fluviales	Corriente fluvial no afectada por mareas
En condiciones normales de operación	Nivel máximo	PMVE	NM + 0,3 m	PMVE y NMI	MNI
	Nivel mínimo	BMVE	NM - 0,3 m	BMVE y NME	NME
En condiciones extremas	Nivel máximo	PMVE + 0,5 m	NM + 0,8 m	PMVE y NMaxA	NMaxA
	Nivel mínimo	BMVE - 0,5 m	NM - 0,8 m	BMVE y NMinE	NMinE

LEYENDA:

PMVE: Pleamar máxima viva equinoccial.

BMVE: Bajamar mínima viva equinoccial.

NM: Nivel Medio del Nivel del Mar referido al cero hidrográfico de las cartas.

$$NM = \frac{PMVE + BMVE}{2}$$

CARRERA DE MAREA (Astronómica): $h = PMVE - BMVE$

MNI: Media de los niveles máximos anuales en corrientes fluviales.

NME: Nivel Medio de Estiaje en corrientes fluviales.

NMaxA: Nivel Máximo de Avenida correspondiente al periodo de retorno asociado al máximo riesgo admisible.

NMinE: Nivel Mínimo de Estiaje correspondiente al periodo de retorno asociado al máximo riesgo admisible.

A falta de datos más precisos podrán adoptarse los siguientes NM y Carreras de Marea aproximados:

Fachada Marítima	Puerto	NM (en m)	Carrera de marea (en m)	Fachada Marítima	Puerto	NM (en m)	Carrera de marea (en m)
Norte	Pasajes	2,30	4,60	Galicia	Burela	2,15	4,50
	Bilbao	2,25	4,60		Ferrol	2,10	4,50
	Castro Urdiales	2,25	5,30		La Coruña	2,05	4,50
	Santander	2,30	5,40		Malpica	2,05	4,00
	San Vicente de la Barquera	2,30	5,20		Vilagarcía	2,05	4,00
	Gijón	2,30	4,60		Marín	1,90	4,00
	Avilés	2,20	4,60		Vigo	1,95	4,00
	Luarca	2,40	4,70				

5 CARACTERIZACIÓN DEL OLAJE EN PROFUNDIDADES INDEFINIDAS.

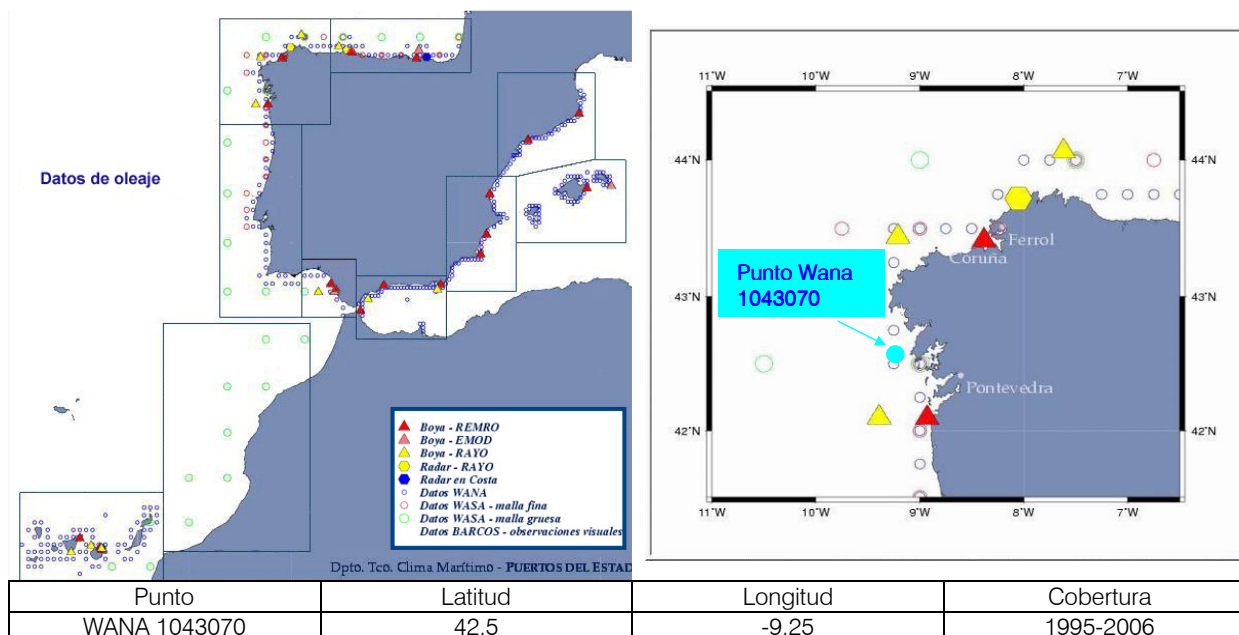
5.1 DATOS UTILIZADOS.

Para la obtención de la información necesaria se han utilizado distintas referencias, con el fin de definir distintos aspectos del clima marítimo en la zona de estudio (régimenes extremales y medios del oleaje de fondo y rosa de oleaje) de la mejor manera posible. El origen de los distintos datos y su campo de aplicación dentro de este estudio es:

- *Datos de modelos de generación de oleaje:* Proporcionados por el departamento de Clima Marítimo de Puertos del Estado. Tratan de reconstruir el clima marítimo de los últimos 50 años usando el modelo WAM de generación de oleaje y la información meteorológica existente, en distintos puntos del Atlántico y del Mediterráneo. Estos puntos se dividen en WANA y WASA. En la costa Atlántica del litoral español los puntos WASA recoge información de distintos parámetros de los estados de mar desde el año 1970 hasta el año 1994(25 años), compuesto a partir de datos meteorológicos separados por intervalos de 3 horas. Los puntos WANA recogen información cada 6 horas desde el año 1995.

Para este estudio se han utilizado los datos registrados en el punto WANA 1043070, próximo a la zona de estudio y situado en profundidades indefinidas.

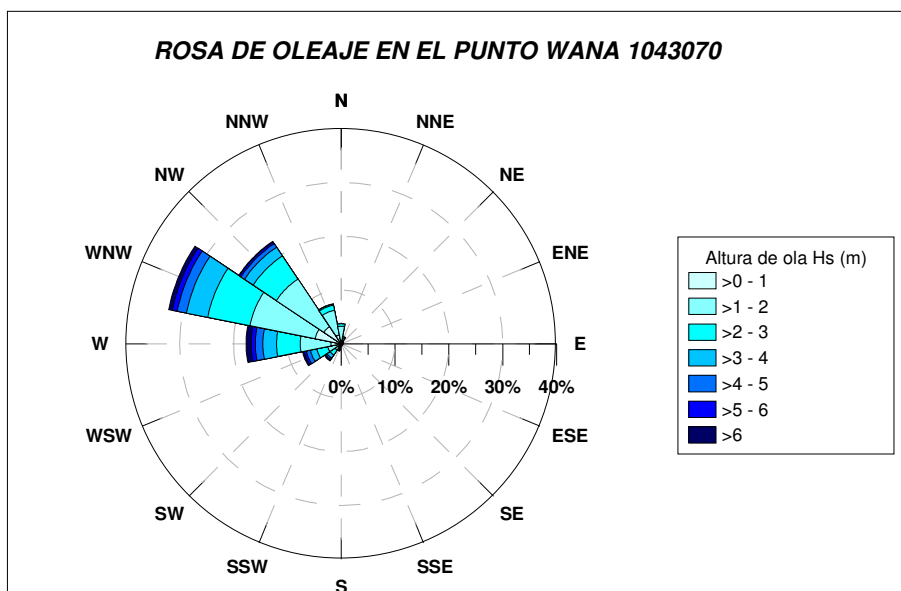
- *La ROM 0.4-95, Acciones climáticas II: Viento:* Proporciona para cada zona en la que se divide la costa española los datos necesarios para obtener el viento de proyecto tanto en condiciones extremas como en las condiciones normales de operación.



5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS OLEAJES PRINCIPALES.

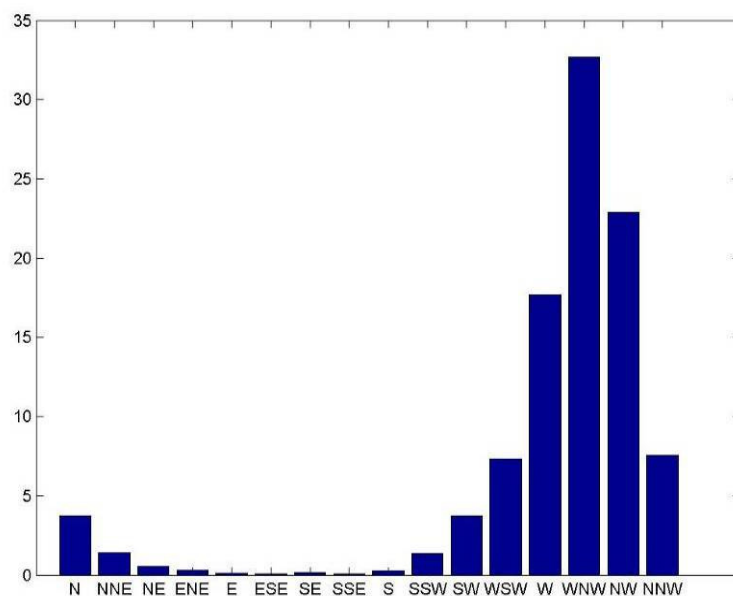
5.2.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE.

Con los datos brutos del punto WANA 1043070 se han obtenido la rosa de oleajes, las distribuciones de altura de ola-período de pico y altura de ola-dirección. En ellas se puede observar que los oleajes dominantes proceden principalmente del cuarto cuadrante, siendo los más energéticos los que provienen del WNW, NW y W.

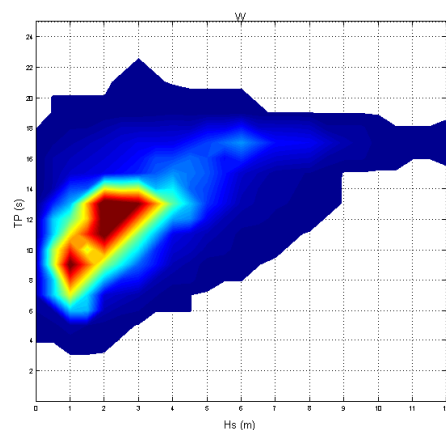
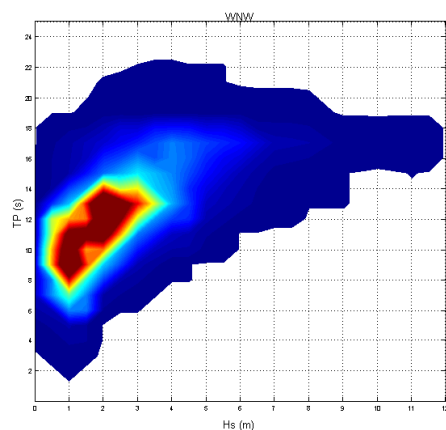
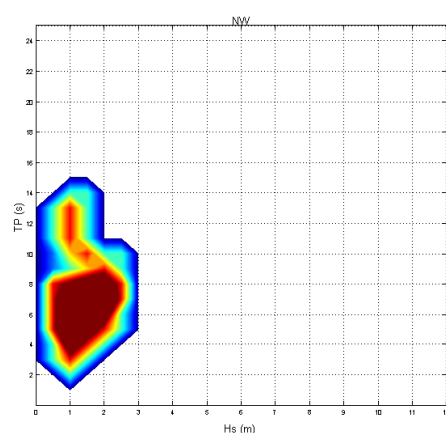
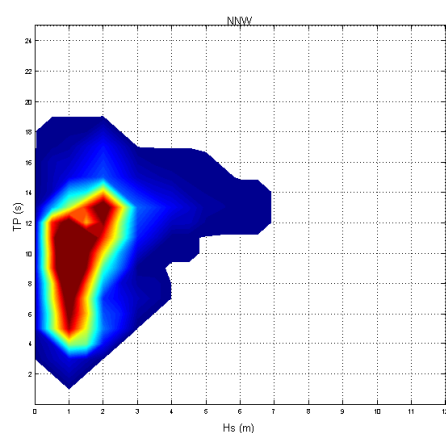


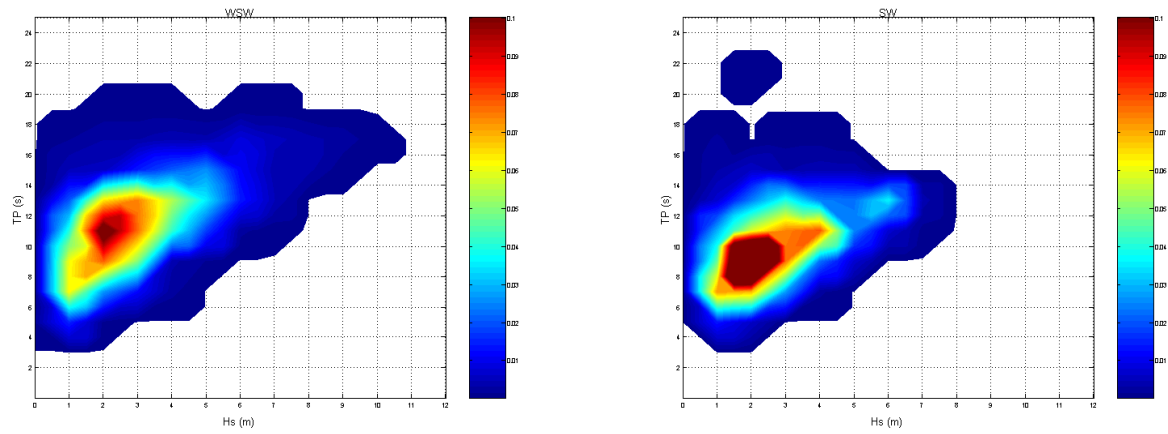
Esta tendencia también se observa en el siguiente histograma, en el que se representa la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los oleajes, en función de la dirección de procedencia. Se verifica que los oleajes procedentes del WNW son los más frecuentes, seguidos de los procedentes del NW y W.

A la hora de seleccionar los casos a propagar, se han considerado como oleajes significativos aquellos que posean una probabilidad de ocurrencia superior al 5%, es decir, los oleajes del WNW, NW, W, NNW, WSW. También se estudiará el oleaje procedente del SW debido a que coincide con la orientación de la Ría de Arousa y por tanto, es el que incide directamente sobre ésta.

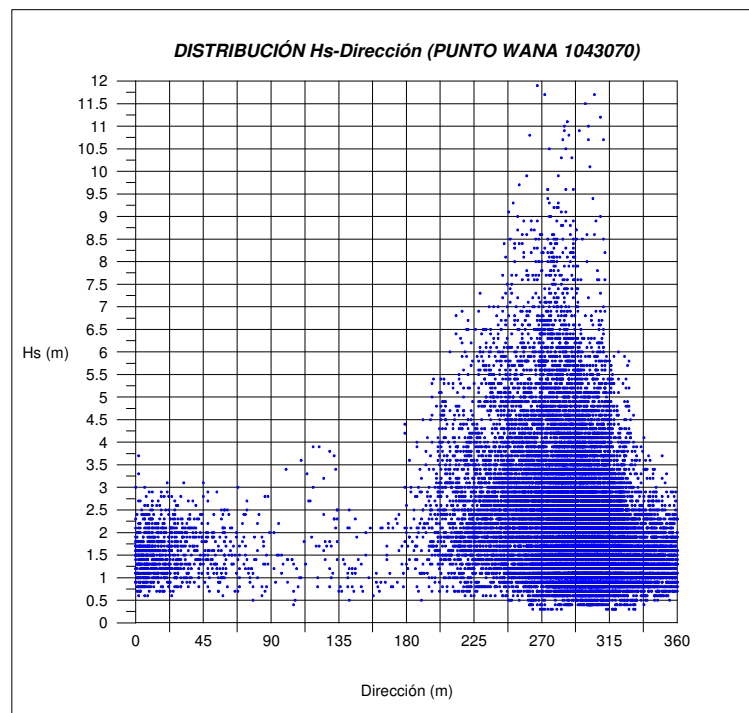


Por otro lado, se han representado las distribuciones direccionales Altura de ola-Período de pico, para las direcciones mencionadas: NNW, NW, WNW, W, WSW y SW, así como el diagrama Hs-Dirección.





Distribuciones direccionales H_s - T_p



5.2.2 RÉGIMEN MEDIO DEL OLAJE.

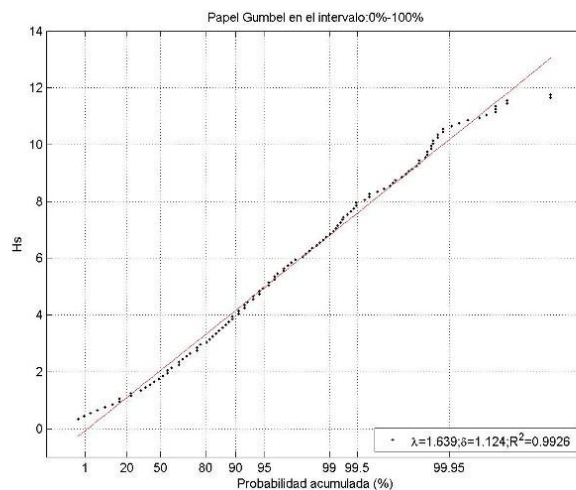
El régimen medio de cualquier parámetro del oleaje relaciona diversos niveles del mismo con la probabilidad de que dichos niveles no sean superados en un período de tiempo igual a un año medio.

Para la obtención de la función de distribución del régimen medio del oleaje se ha utilizado los datos del punto WANA 1043070. La probabilidad de no-excedencia de una determinada altura de ola se obtiene como el cociente entre el número de observaciones que hay por debajo de ella y el total de observaciones registradas.

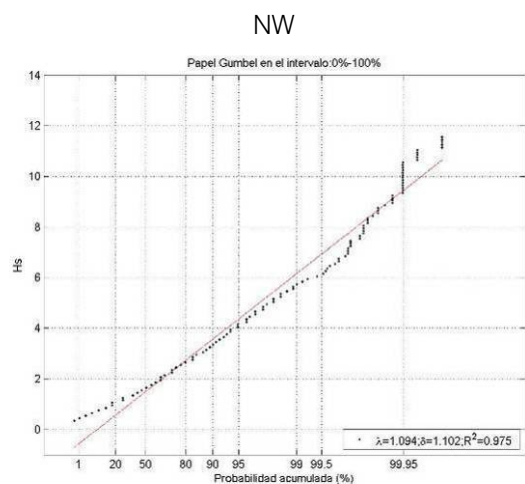
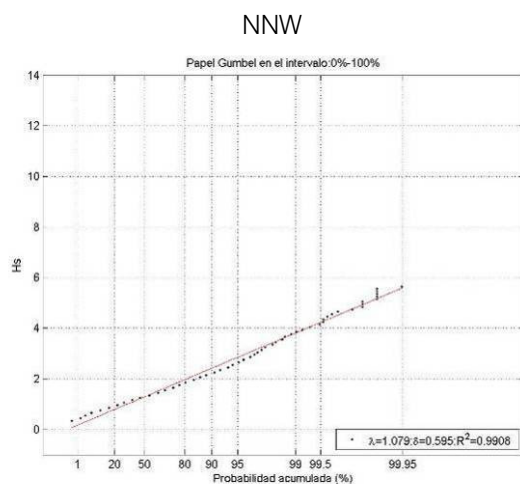
Para el ajuste de la muestra se ha probado con las funciones de distribución más extendidas para la representación de regímenes medios y extremales del oleaje: Distribución Gumbel, Weibull, Frechet, Lognormal.

El mayor coeficiente de correlación, R, se ha obtenido para el caso de función de distribución Gumbel, $F(H_s) = \text{EXP}(-\text{EXP}((\lambda - H_s)/\delta))$, siendo en este caso los parámetros de ajuste λ y δ , los que se muestran en las gráficas del régimen medio escalar y los regímenes direccionales (en las cuatro direcciones significativas) para el punto de estudio se muestran a continuación:

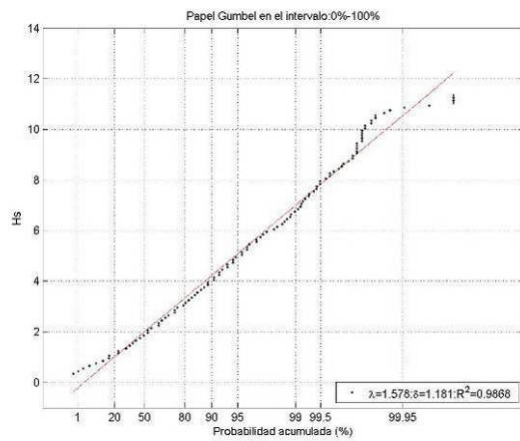
- ☐ Régimen medio escalar.



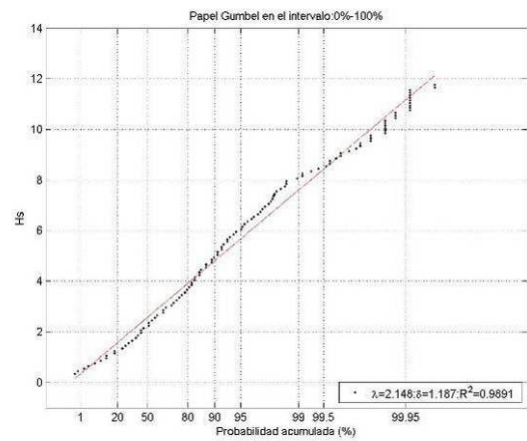
- ☐ Régimen medio direccional.



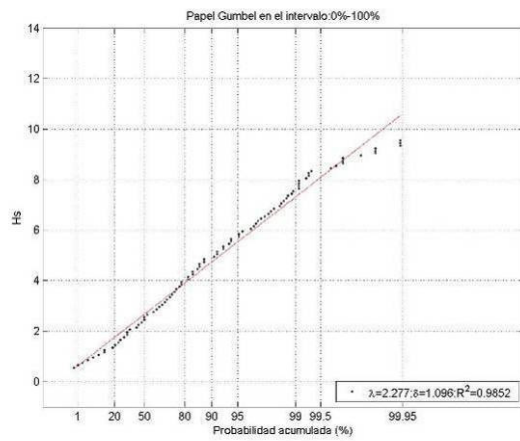
WNW



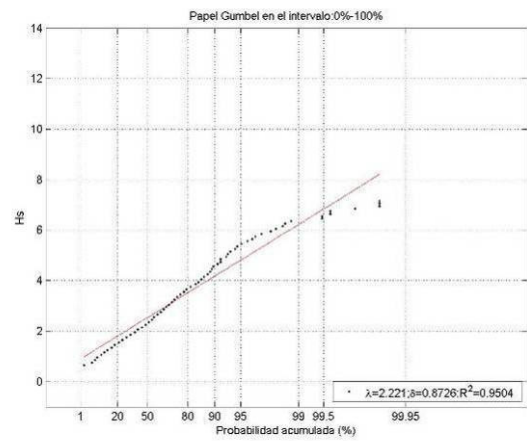
W



WSW



SW



5.2.3 RÉGIMEN EXTREMAL DEL OLEAJE.

A partir de los datos brutos proporcionados por el punto WANA 1043070 se ha obtenido una muestra extremal de la altura de ola significativa durante los N años que tiene el registro (en este caso 9 años). A esta muestra extremal se le aplica la estadística de extremos ordenados, en la que se ordena la muestra en sentido creciente asignando a cada altura de ola el número de orden “i” correspondiente, y una probabilidad acumulada $F = i/(N+1)$. Posteriormente se determina cual de las funciones de distribución normalmente utilizadas para la representación de regímenes extrémos del oleaje, se ajusta mejor a nuestra muestra.

MODELO GEV₀ :

Variable medida:Hs

Numero de datos:10

OPTIMIZACION DE LA FUNCION:

Valor maximizado de la funcion l:-20.3318

Estimadores:

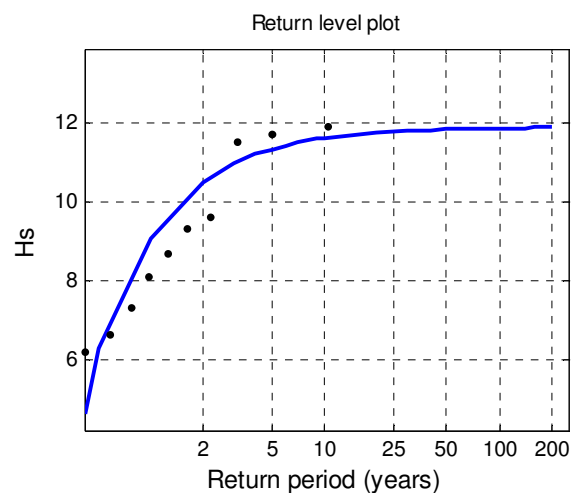
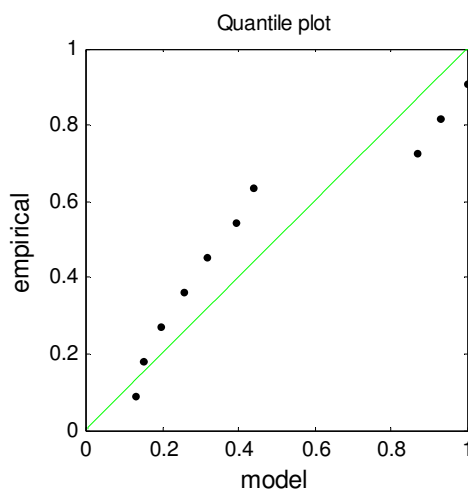
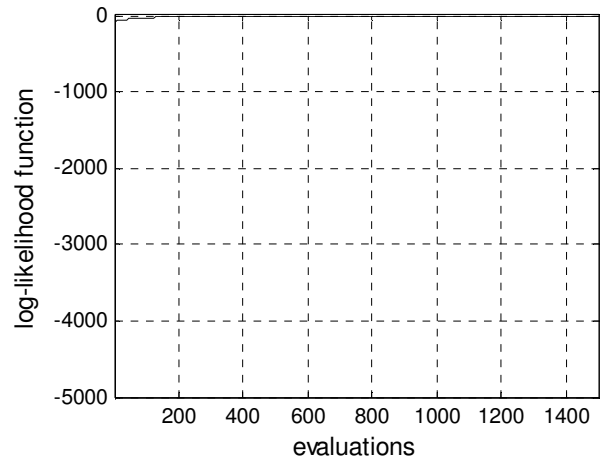
$\psi=2.8100$

$\xi=-1.0000$

$\mu=9.0900$

Distribucion optima de ajuste:

WEIBULL DE MAXIMOS



Régimen extremal en el punto WANA 1043070

La distribución que mejor se ajusta a los datos es la función de distribución de Weibull de tres parámetros, tal y como se observa en la figura, en la que se representa gráficamente de la función de distribución acumulada del régimen extremal escalar en el punto WANA, mostrando la altura de ola asociada a varios períodos de retorno.

La figura denominada “Quantile plot” representa el grado de ajuste de los datos reales a lo calculado por el modelo, siendo la recta central el caso en el que los datos obtenidos con el modelo son exactamente iguales a los reales.

La figura denominada “log-likelihood function” mide el intervalo de tiempo que necesita el modelo para estabilizarse y comportarse como una función logarítmica, en términos de número de iteraciones realizadas.

En este caso, se observa que los datos reales se ajustan adecuadamente a lo datos calculados por el modelo, y éste se estabiliza rápidamente en las primeras iteraciones, con lo que el régimen obtenido es perfectamente fiable.

6 ESTUDIO DEL OLEAJE EN LAS INMEDIACIONES DEL PUERTO.

6.1 METODOLOGÍA.

La situación óptima para el análisis de la agitación en las inmediaciones de la dársena norte del puerto de Ribeira, implicaría disponer de datos instrumentales e información de puntos de previsión de modelos de generación del oleaje (WANA/WASA) en la zona de estudio, durante un período temporal lo suficientemente grande que permita la obtención de los regímenes extremal y medio del oleaje.

Dado que esta información sólo se posee en determinados puntos a lo largo del litoral, el proceso que se sigue para la obtención de los parámetros del oleaje en la zona de interés a partir de los datos disponibles se basa en técnicas de propagación del oleaje.

A partir del punto WANA 1043070, que ha permitido la caracterización el oleaje en profundidades indefinidas, obtendremos las características del oleaje en los puntos interés, siguiendo las siguientes fases:

- Propagación mediante un modelo numérico desde el punto WANA hasta el entorno del puerto, usando el programa de propagación espectral de la ecuación de la pendiente suave STWAVE.

A la hora de propagar un estado de oleaje, hay que tener en cuenta que depende fundamentalmente de tres variables, que son: la altura de ola, el periodo y la dirección de oleaje. Por tanto, el propagar todos los oleajes para distintos periodos y según las distintas direcciones es un trabajo inmensamente arduo y laborioso.

Por ello se han propagado una total de 46 casos que incluyen distintos parámetros de altura de ola, dirección, periodo. Los casos propagados no han sido elegidos al azar, sino que tratan de representar de la mejor manera posible distintas situaciones energéticas, con los periodos susceptibles de producirse, todo ello para las direcciones más significativas. En la selección de estos casos ha sido necesario utilizar las rosas de oleaje, el histograma de probabilidad y los distintos diagramas Hs-Tp, Hs-Dir, así como los regímenes medio y extremal.

- Los resultados de las propagaciones se interpolan a la serie de datos del punto WANA para cada punto de interés, obteniéndose así una serie extendida que cubre todo el periodo 1995-2003. A partir de estas series se calculan los regímenes extremal y medio del punto de interés sin ninguna pérdida de información.

6.2 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DE FONDO HASTA LA COSTA.

6.2.1 CONDICIONES DE LA PROPAGACIÓN.

Para la propagación del oleaje desde el punto WANA hasta la costa se ha utilizado el programa STWAVE de propagación espectral del oleaje, que tiene en cuenta fenómenos de refracción, asomeramiento, difracción y términos fuente y sumidero (viento, rotura superficial, etc.).

STWAVE es un modelo de diferencias finitas formulado en una malla cartesiana, basada en una aproximación parabólica de la ecuación mild slope. STWAVE 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.

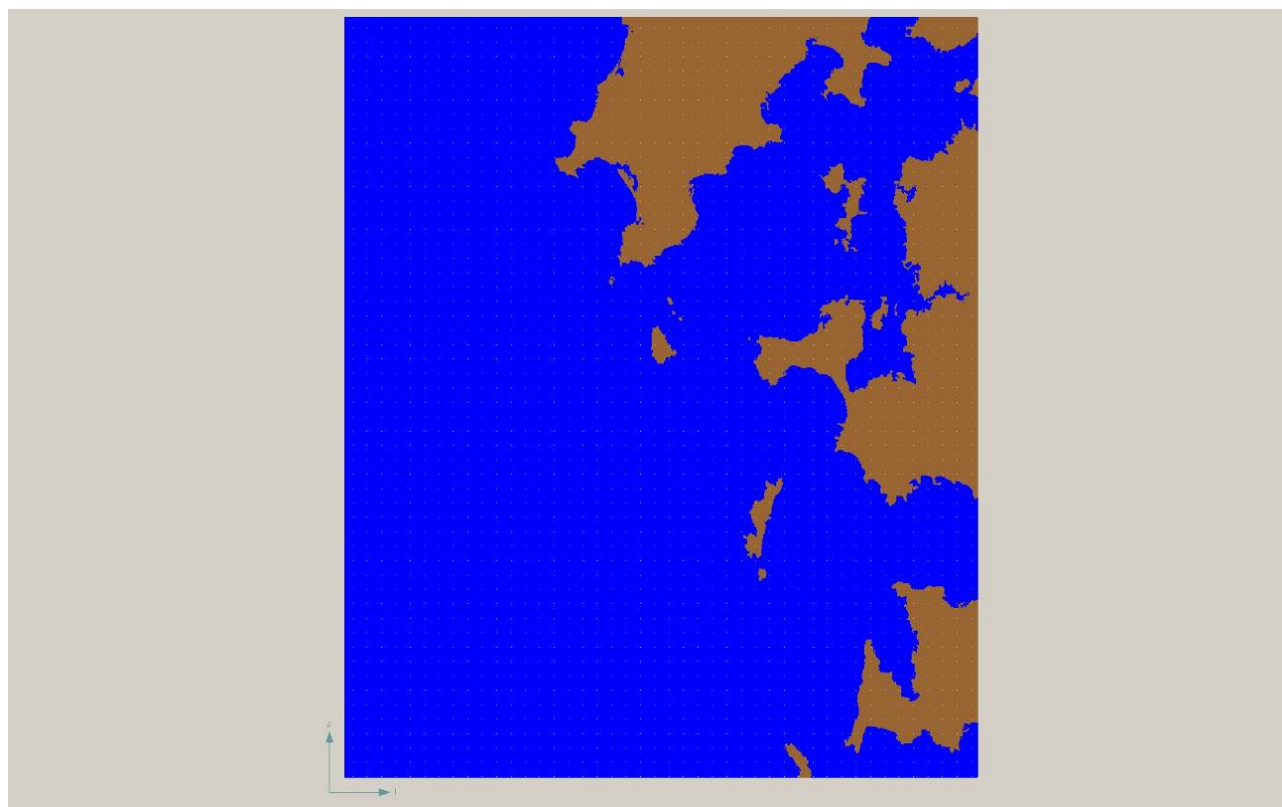
Con este modelo se puede obtener unos campos en 2D de alturas de ola, periodos y direcciones para cada caso de oleaje incidente, que se pueden observar en los gráficos entregados, y unos resultados tabulados para una serie de puntos de control, que serán los que nos servirán para valorar el oleaje en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

Las características de la malla utilizada son:

Tamaño de la malla: 50 x 50 m
Orientación: W-E

Nº de filas: 940
Nº de columnas: 784

Origen: X = 479572.581
Y = 4675862.801



Malla cartesiana utilizada por STWAVE

6.2.2 CASOS PROPAGADOS.

Los casos propagados desde el punto WANA 1043070 se sintetizan en el siguiente cuadro:

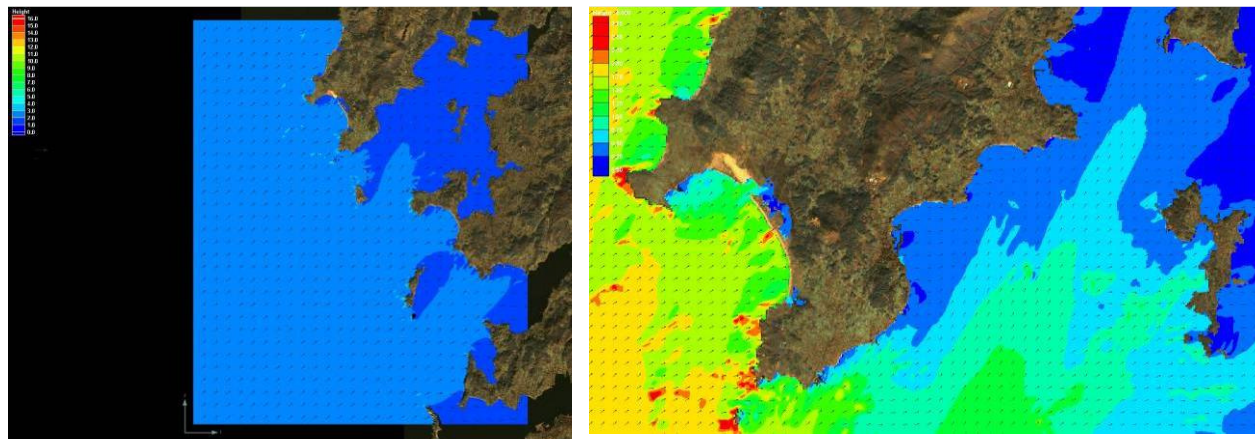
Caso	Dirección	Hs(m)	Tp (s)	Marea (m)	Caso	Dirección	Hs(m)	Tp (s)	Marea (m)
1	SW	1	4	3.5	24	W	11	18	3.5
2	SW	1	10	3.5	25	WNW	1	3	3.5
3	SW	1	18	3.5	26	WNW	1	11	3.5
4	SW	2	4	3.5	27	WNW	1	18	3.5
5	SW	2	10	3.5	28	WNW	3	11	3.5
6	SW	2	18	3.5	29	WNW	3	18	3.5
7	SW	6	14	3.5	30	WNW	6	11	3.5
8	WSW	0.5	4	3.5	31	WNW	6	18	3.5
9	WSW	0.5	12	3.5	32	WNW	11	18	3.5
10	WSW	0.5	18	3.5	33	NW	0.5	4	3.5
11	WSW	2	4	3.5	34	NW	0.5	8	3.5
12	WSW	2	12	3.5	35	NW	0.5	12	3.5
13	WSW	2	18	3.5	36	NW	2	4	3.5
14	WSW	6	12	3.5	37	NW	2	8	3.5
15	WSW	6	18	3.5	38	NW	2	12	3.5
16	WSW	10	18	3.5	39	NW	3	8	3.5
17	W	1	4	3.5	40	NNW	1	3	3.5
18	W	1	12	3.5	41	NNW	1	10	3.5
19	W	1	18	3.5	42	NNW	1	16	3.5
20	W	3	12	3.5	43	NNW	2	3	3.5
21	W	3	18	3.5	44	NNW	2	10	3.5
22	W	6	12	3.5	45	NNW	2	16	3.5
23	W	6	18	3.5	46	NNW	6	14	3.5

El nivel de marea escogido para todos los casos es 3.5 m, lo que representa un estado representativo del estado de marea para la mayor parte del año.

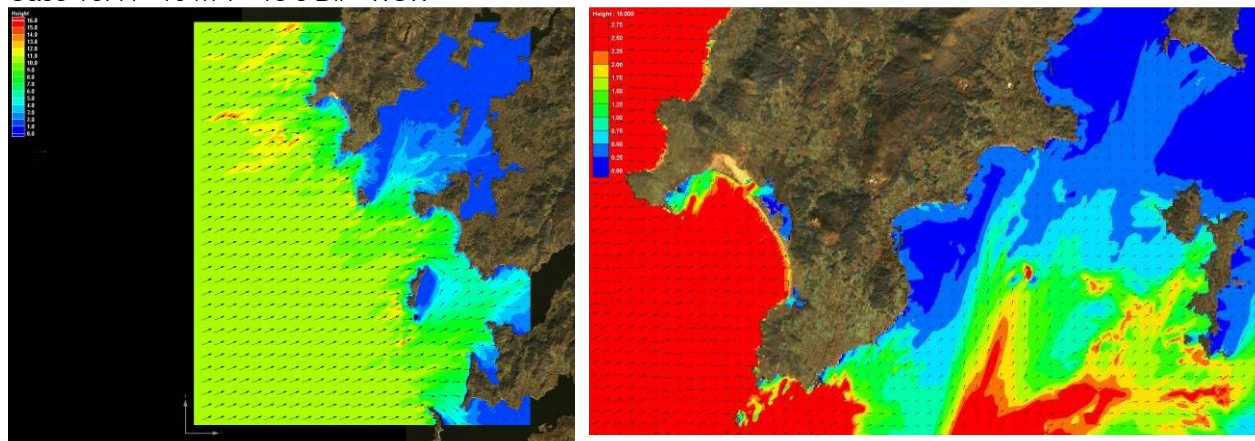
6.2.3 RESULTADOS

De las 46 propagaciones realizadas se muestran a continuación los resultados gráficos de 6 casos representativos de diferentes tipos de oleaje, con distinta dirección, altura de ola y período.

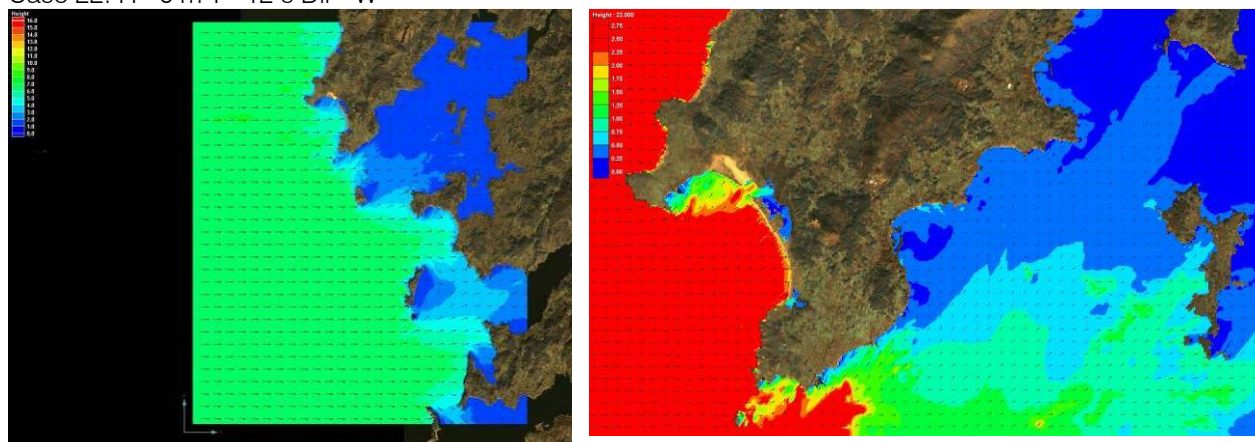
Caso 5: $H=2$ m $T=10$ s Dir=SW

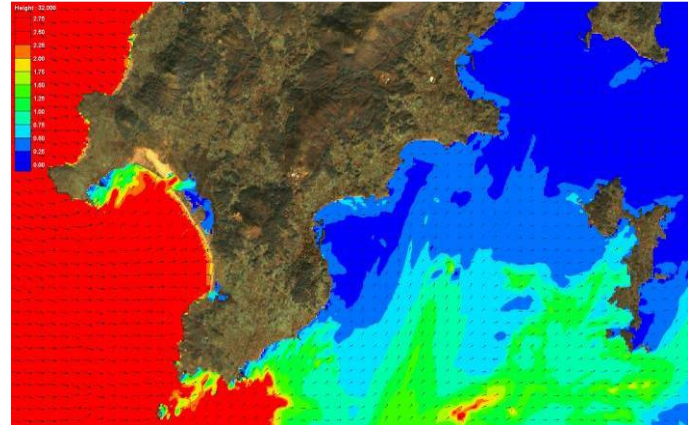
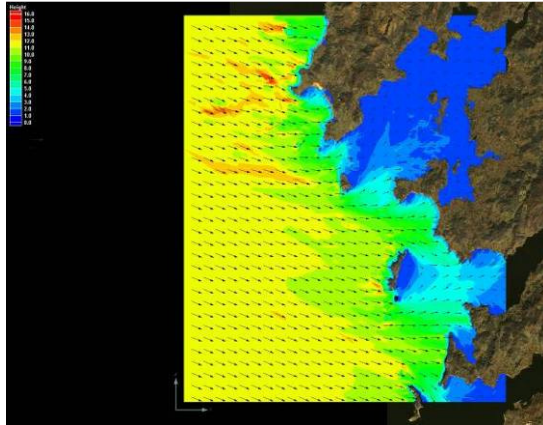
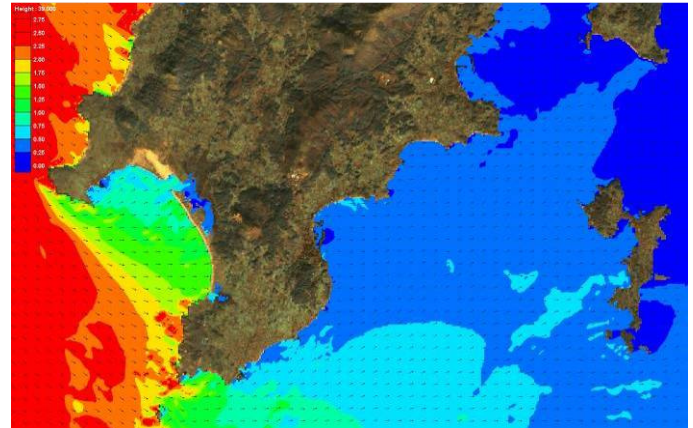
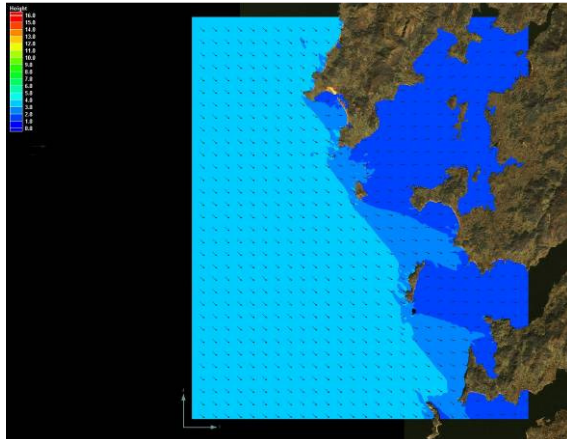
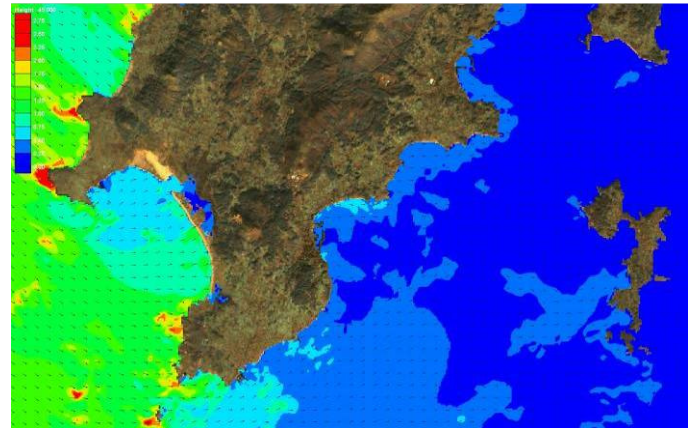
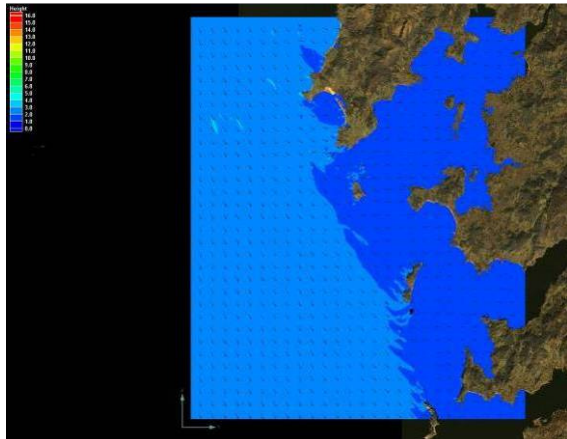


Caso 16: $H=10$ m $T=18$ s Dir=WSW



Caso 22: $H=6$ m $T=12$ s Dir=W



Caso 32: $H=11$ m $T=18$ s $Dir=WNW$ Caso 39: $H=3$ m $T=8$ s $Dir=NW$ Caso 45: $H=2$ m $T=16$ s $Dir=NNW$ 

Del análisis de los gráficos de planta de oleaje resultantes de las 46 propagaciones realizadas, se deduce lo siguiente:

- ☐ Independientemente de la dirección del temporal en aguas exteriores, los frentes tienden a orientarse según el eje longitudinal de la Ría (SW – NE) para cualquier condición de altura de ola y periodo. Esto se debe a la difracción que se produce en los cabos que delimitan la bocana de entrada a la ría y en los límites de las numerosas islas que la protegen, en especial la Isla de Sálvora en la zona externa y la Isla de Arousa en la zona central.
- ☐ Las direcciones de oleaje de fondo que más penetran en el interior de la Ría son WSW y SW, debido a la disposición de ésta en dirección NE. Los oleajes procedentes del NNW y NW se reducen significativamente por el efecto de difracción ejercido por el Cabo Corrubedo y la Isla de Sálvora.

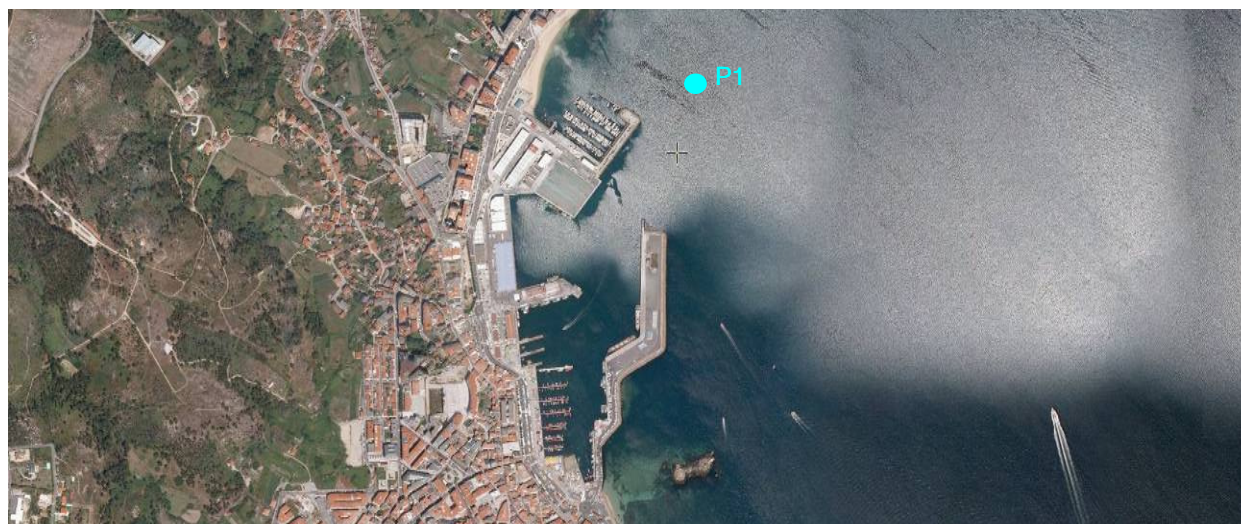
- En la Ensenada de Santa Eugenia de Ribeira, el oleaje se ve reducido debido al efecto de escudo frente al oleaje que ejerce la Punta Grades. La dársena norte del puerto de Ribeira se sitúa en la zona de sombra de éste saliente, por lo que el oleaje de fondo, sea cual sea su dirección, apenas afecta a las instalaciones, no superando nunca los 50 cm de altura de ola.

6.2.4 OLEAJE EN EL PUNTO DE CONTROL.

En el modelo numérico se han establecido un punto de control, en el que se obtiene los resultados de las propagaciones realizadas. Dicho punto se sitúa en las cercanías de la dársena norte del puerto de Ribeira.

Los resultados numéricos se interpolan a la serie de datos del punto WANA 1043070 obteniéndose así una serie extendida que cubre todo el periodo 1995-2003 en los citados puntos.

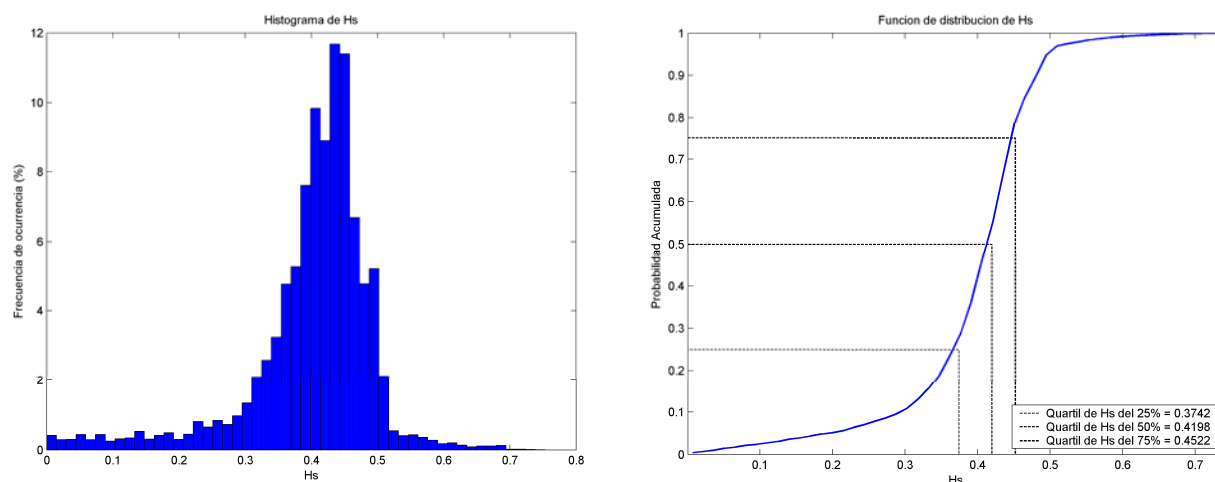
A partir de esta serie se pueden obtener los regímenes extremal y medio en dichas localizaciones sin ninguna pérdida de información.



Ubicación del punto de control.

6.2.4.1 DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL OLEAJE.

Con la serie completa del punto WANA en el punto P1 se han obtenido histograma escalar y la función de distribución escalar de H_s .



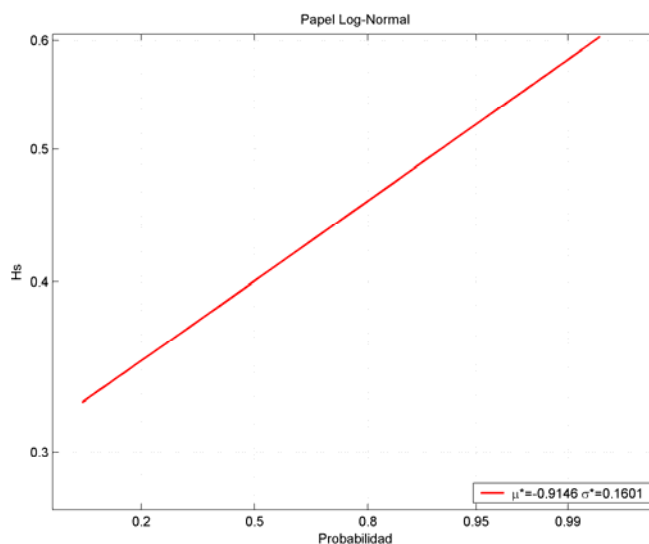
Histograma escalar de H_s en P1.

6.2.4.2 RÉGIMEN MEDIO Y EXTREMAL DEL OLEAJE.

Aplicando la misma metodología que la utilizada para la obtención del régimen extremal y medio en profundidades indefinidas, se obtienen las funciones de distribución en el punto de control P1.

RÉGIMEN MEDIO ESCALAR.

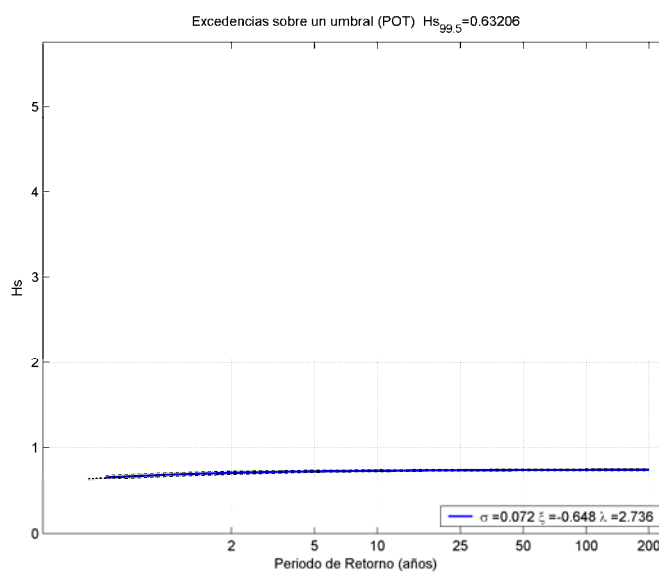
El mayor coeficiente de correlación, R , se ha obtenido para el caso de función de distribución Log-normal para e punto de control P1, cuyos parámetros de ajuste μ y σ se muestran en la gráfica:



Régimen medio escalar en el punto P1

RÉGIMEN EXTREMAL ESCALAR.

En la siguiente figura se representa el régimen extremal escalar de la altura ola, obtenido a partir de la metodología explicada en el apartado 5.2.3 indicándose en la gráfica los parámetros de ajuste. El valor del parámetro de forma indica que los datos se ajustan a una distribución de Fréchet en ambos puntos de control.



Régimen extremal escalar en el punto P1

Del análisis de las estadísticas obtenidas en los puntos de control se extraen una serie de conclusiones:

- Independientemente de la dirección del oleaje en profundidades indefinidas, el oleaje de fondo en el entorno de la zona de estudio incide en la dirección del eje central de la Ría de Arousa, debido a la interacción que sufre con los contornos en su propagación hacia la Ensenada.
- Se produce una gran atenuación del oleaje de fondo respecto al oleaje registrado en profundidades indefinidas debido al asomeramiento y la pérdida de energía de oleaje por difracción, refracción y rotura con los cabos, bajos, islotes e islas exteriores. En las inmediaciones de la dársena norte del puerto de Ribeira los valores de H_s no superan el metro de altura para períodos de retorno muy elevados, siendo los valores medios del orden de 0.4 m de altura.

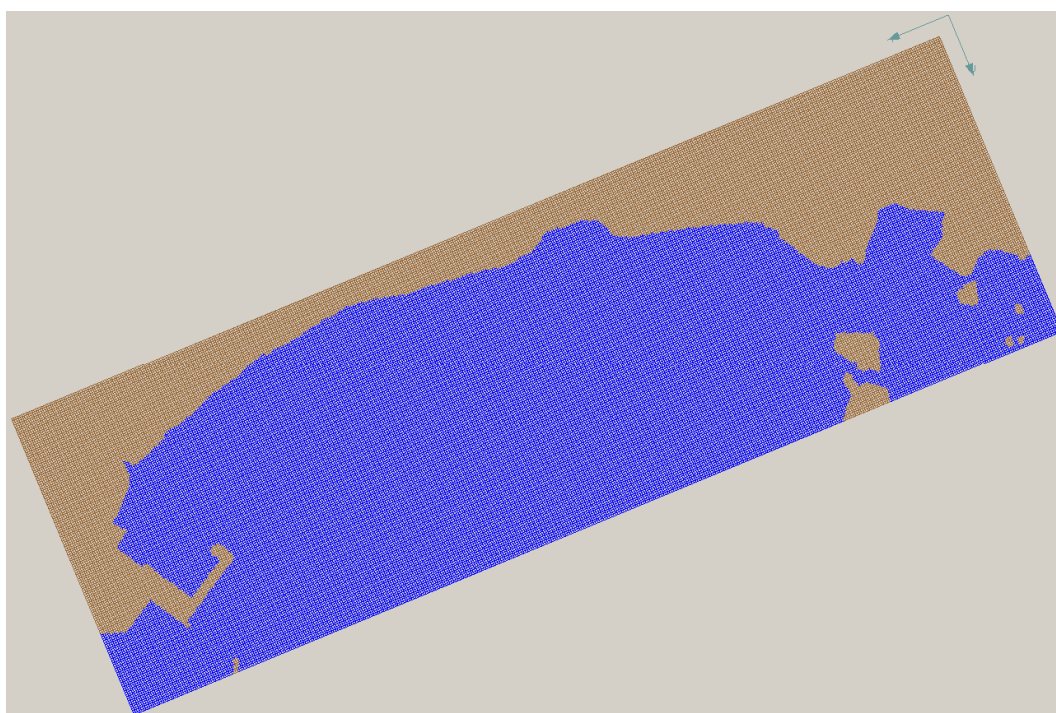
7 ESTUDIO DEL OLEAJE LOCAL DE VIENTO.

7.1 CONDICIONES DE PROPAGACIÓN

Para modelar los oleajes de vientos extremos en la zona interna de la Ría de Arousa, también se ha utilizado el programa STWAVE empleando tres mallas cartesianas distintas, dependiendo de la dirección del viento estudiada. La primera de ellas, permite simular los vientos procedentes del ENE, la segunda permite simular los vientos del E; y finalmente la tercera permite analizar los vientos procedentes del ESE y SE.

Las características de la malla 1 son:

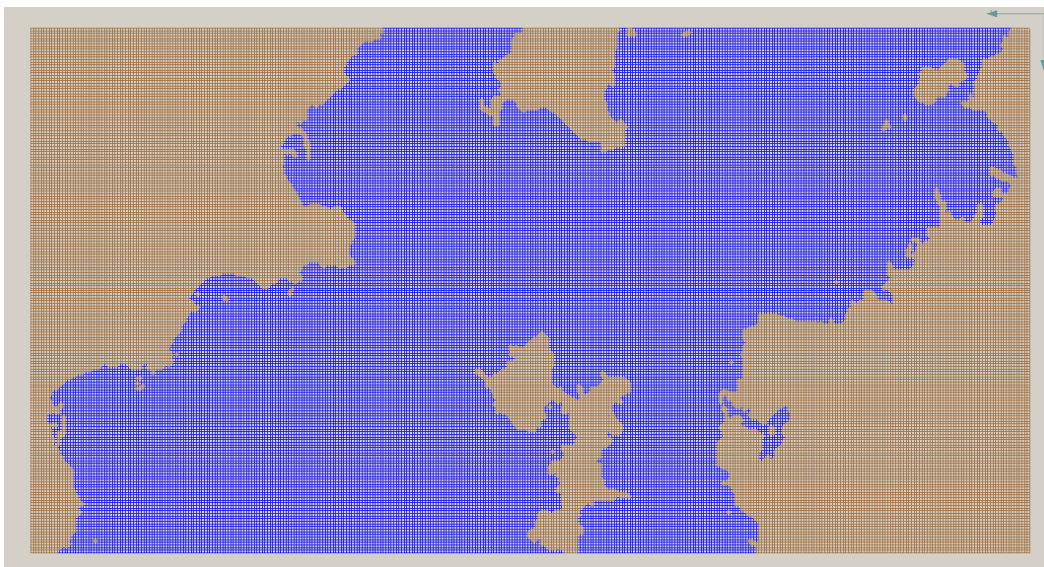
- ☐ Tamaño de la malla: 5 x 5 m
- ☐ Orientación: ENE-WSW
- ☐ N ° de filas: 148
- ☐ N ° de columnas: 464
- ☐ Origen: X = 502774.413
Y = 4713667.51



Malla cartésiana utilizada para el estudio del oleaje de vientos procedentes del ENE.

Las características de la malla 2 son:

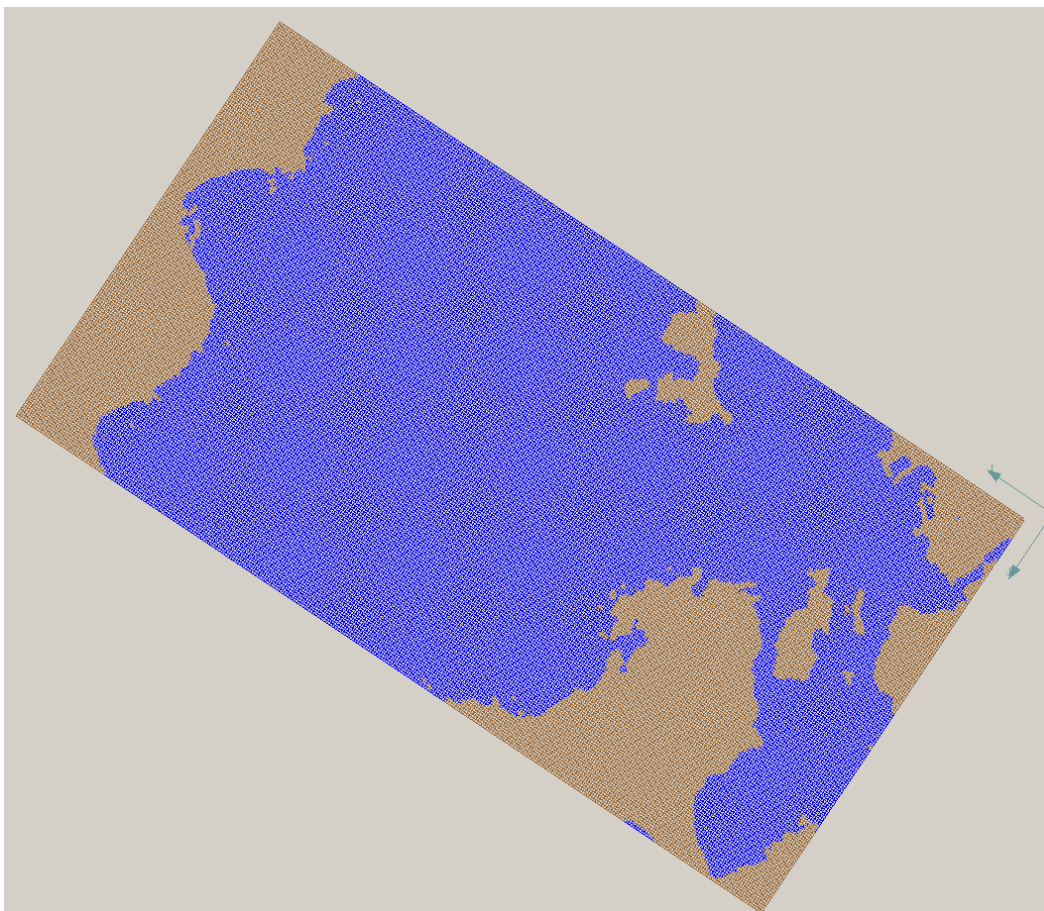
- ☐ Tamaño de la malla: 50 x 50 m
- ☐ Orientación: E-W
- ☐ N ° de filas: 200
- ☐ N ° de columnas: 380
- ☐ Origen: X = 519531.848
Y = 4719637.885



Malla cartesiana utilizada para el estudio del oleaje de vientos procedentes del E.

Las características de la malla 3 son:

- ☐ Tamaño de la malla: 50 x 50 m
- ☐ Orientación: ESE-WNW
- ☐ N ° de filas: 180
- ☐ N ° de columnas: 340
- ☐ Origen: X = 516864.699
Y = 4706539.379

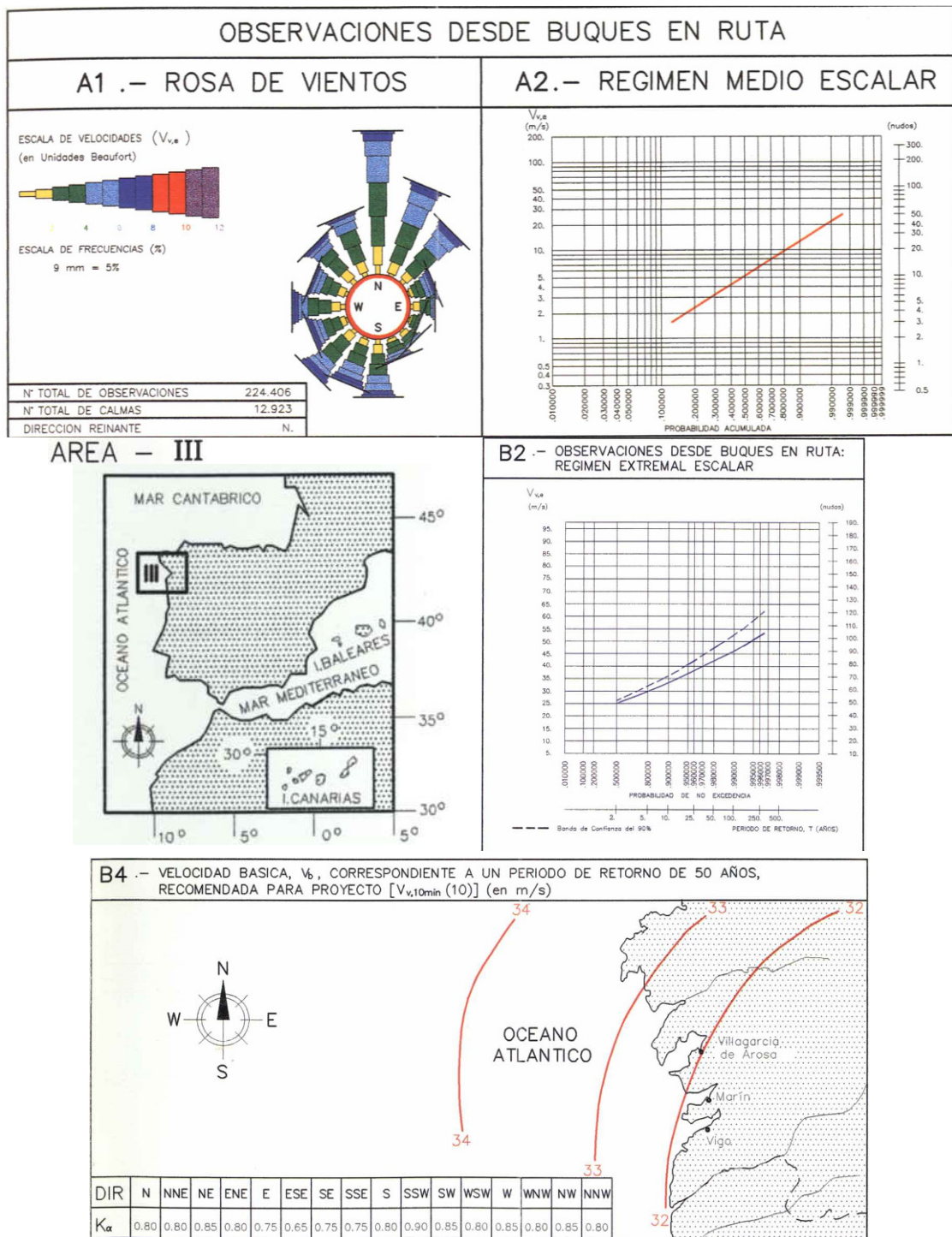


Malla cartesiana utilizada para el estudio del oleaje de vientos procedentes del ESE y del SE.

7.2 CASOS PROPAGADOS.

Para realizar el estudio del oleaje local de viento generado en la Ría de Arousa, es necesario disponer de registros de viento fiables y de duración tal que permitan predecir de mejor manera posible la agitación en la zona de estudio.

Existen diversas fuentes de datos que pueden ser utilizadas en la estimación del oleaje generado localmente por el viento. La fuente más utilizada es el Atlas de Viento de la R.O.M, en el que se muestra la Rosa de los vientos de la zona y los regimenes medio y extremal del viento, tanto escalar como direccional, así como la persistencia de éste.



Los casos simulados corresponden a vientos asociados a diferentes períodos de retorno hasta un valor de 36.5 años, período de retorno utilizado para el dimensionamiento de las obras de abrigo, siguiendo las recomendaciones de la R.O.M. 0.2-90. De todas las direcciones reflejadas, únicamente se han estudiado aquellas que son relevantes para el caso que nos ocupa, estudiando un total de cuatro direcciones.

Para un estado de viento, se define como velocidad básica del viento a la velocidad media del viento en un intervalo de 10 minutos, medida a 10 metros de altura sobre la superficie en mar abierto. A partir del cuadro B4 de caracterización extremal del Atlas de viento de la ROM-0.4-95, se obtiene la velocidad básica asociada a un período de retorno de 50 años, así como los coeficientes de direccionalidad (K_α).

Solamente se han considerado las direcciones viento que pueden generar oleaje tipo sea (oleaje de viento), que penetre directamente en la dársena interior de la dársena norte del puerto de Ribeira.

$$V_{b,50} = 32.5 \text{ m/s}$$

$$V_{b,50,\alpha} = K_\alpha \cdot V_{b,50}$$

Para obtener la velocidad del viento asociada a un período de retorno de 36.56 años a partir de la asociada al período de retorno de 50 años, es necesario aplicar un coeficiente K_T .

$$V_{b,T,\alpha} = K_\alpha \cdot K_T \cdot V_{b,50}$$

$$K_T = 0.75 \cdot \sqrt{(1 + 0.2 \cdot \ln(T))}$$

Aplicando el coeficiente de direccionalidad K_α y el coeficiente de período de retorno K_T , se obtiene la velocidad del viento para las distintas direcciones significativas en función del período de retorno para el Puerto de Ribeira.

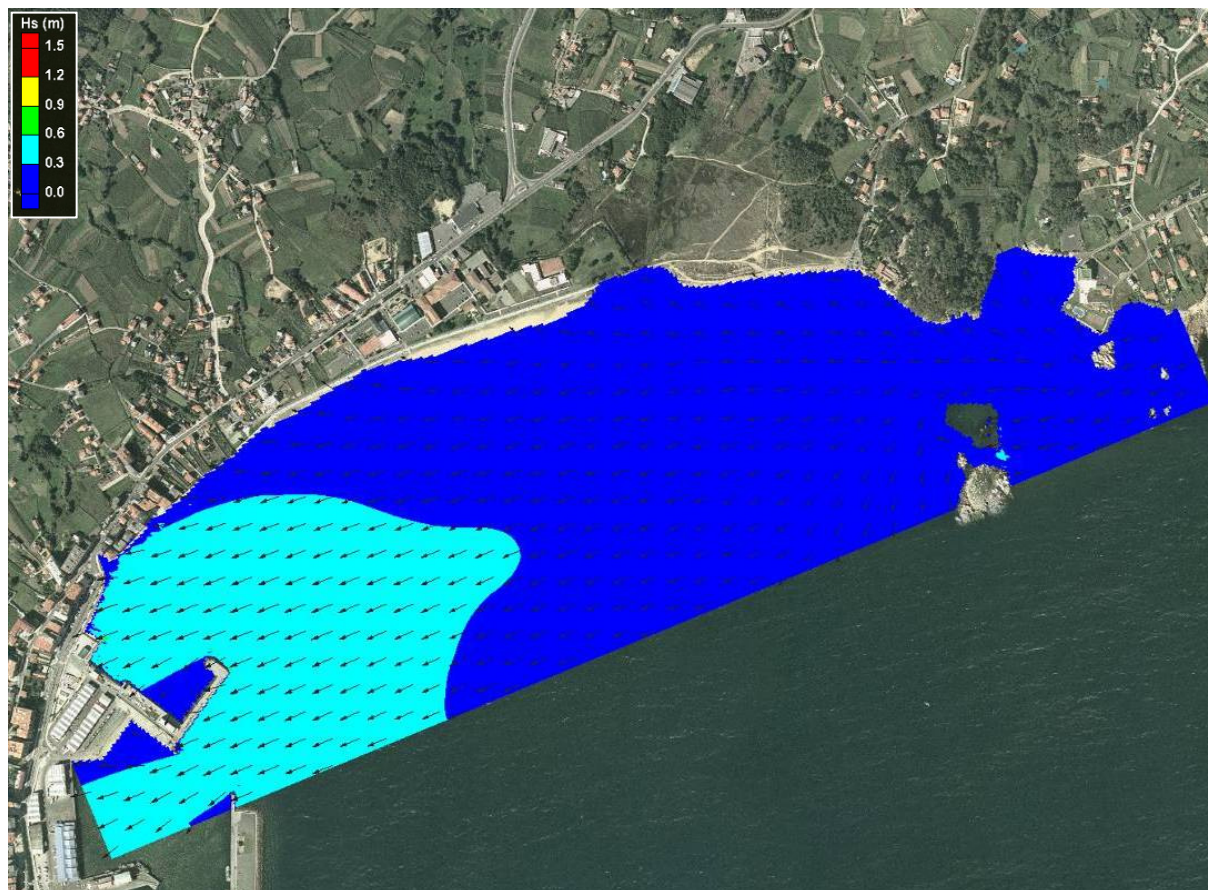
Valores de $V_{b,T,\alpha}$ (m/s)						
		Período de retorno (años)				
	K_α	1	5	10	25	36.56
ENE	0.8	19.50	22.42	23.57	25.00	25.57
E	0.75	18.28	21.02	22.09	23.44	23.97
ESE	0.65	15.84	18.22	19.15	20.31	20.78
SE	0.75	18.28	21.02	22.09	23.44	23.97

7.3 RESULTADOS.

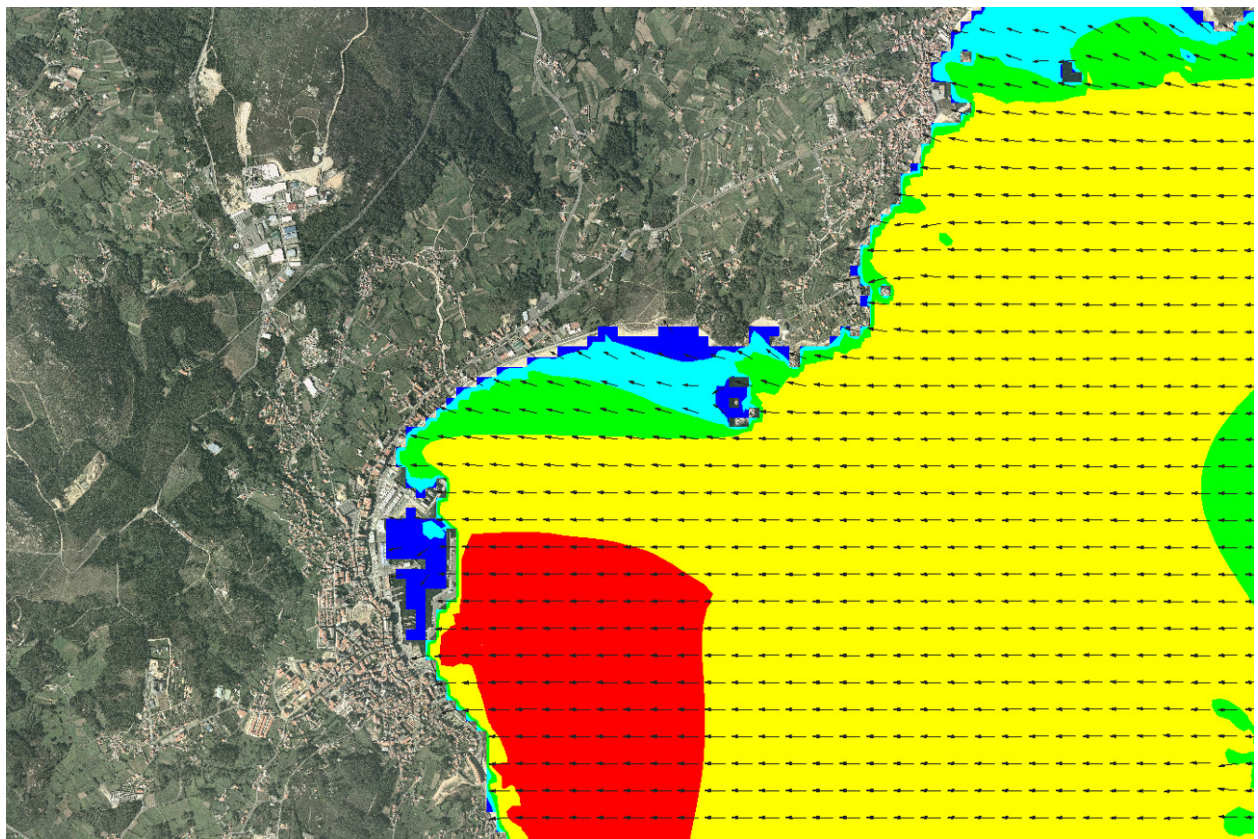
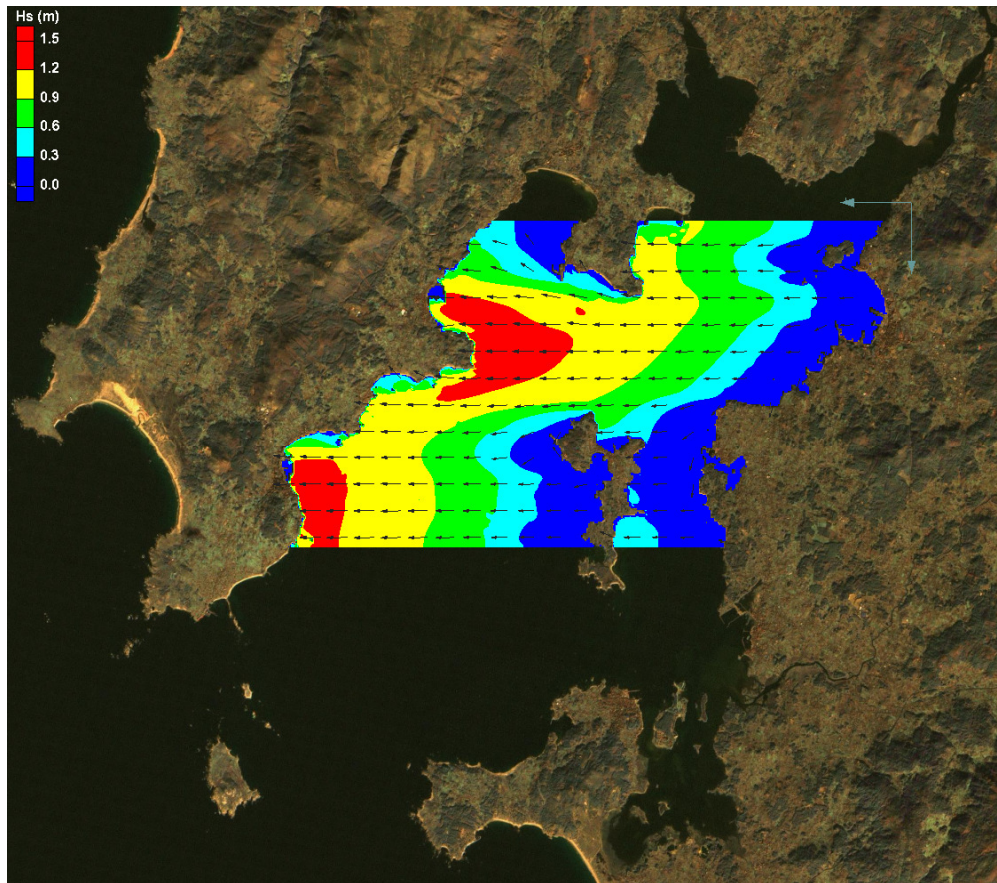
7.3.1 GRAFICOS DE ALTURA DE OLA.

De todas las simulaciones realizadas se muestran a continuación los gráficos de altura de ola obtenidos para cada dirección, para un período de retorno de 36.5 años, el cual es el que se utilizará para el diseño del abrigo del puerto.

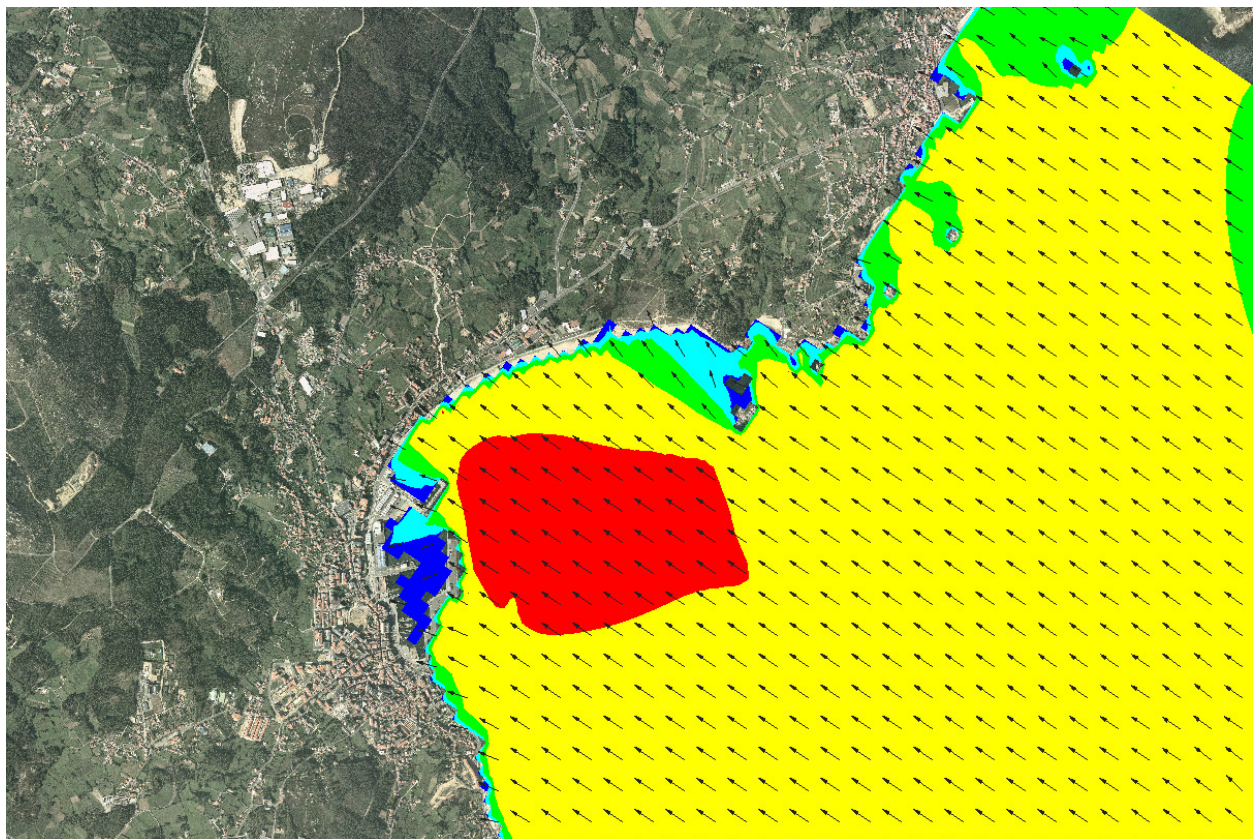
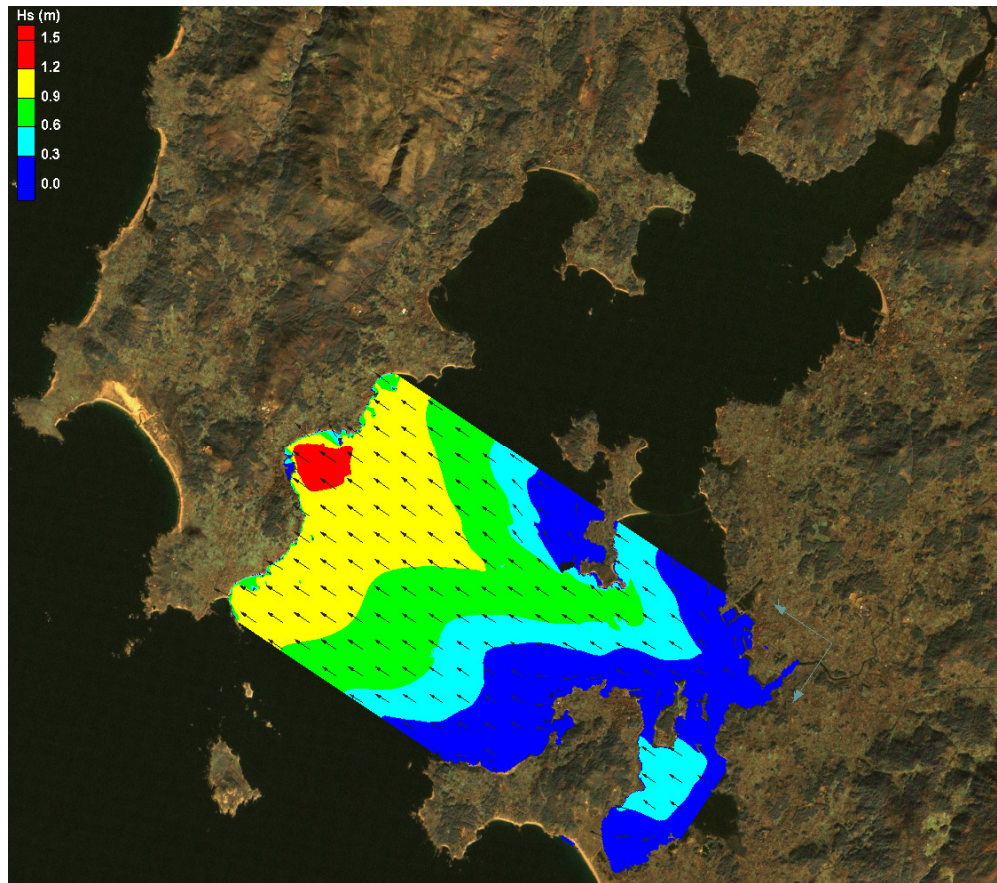
VIENTO PROCEDENTE DEL ENE. $V = 25.57$ m/s. TR 36.56 AÑOS.



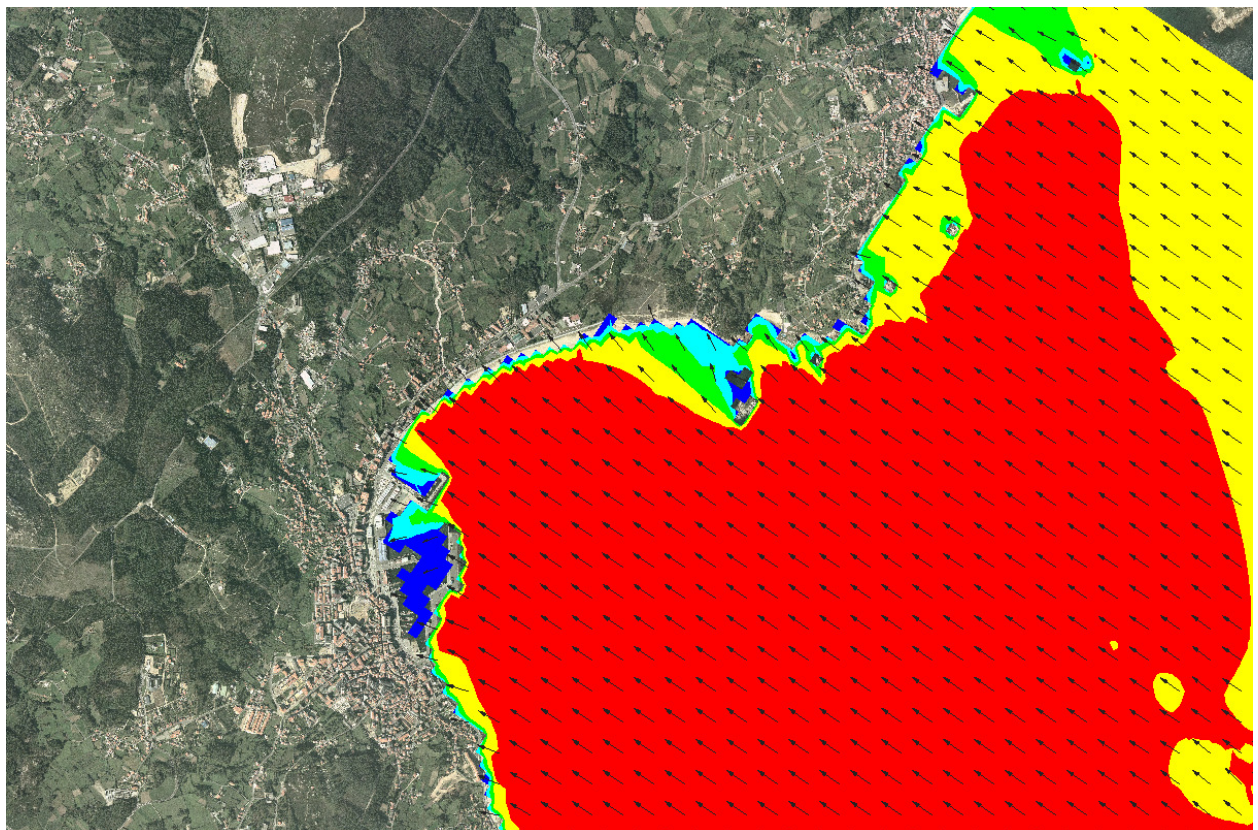
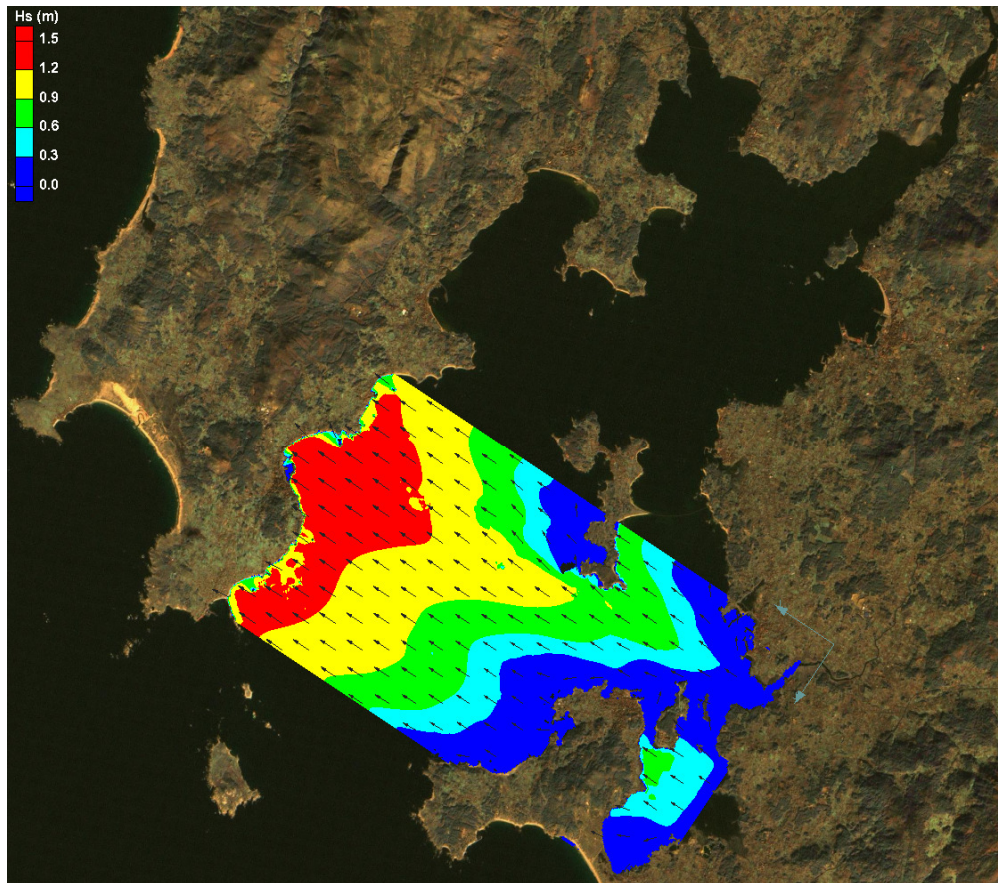
VIENTO PROCEDENTE DEL E. $V = 23.97$ m/s. TR 36.56 AÑOS.



VIENTO PROCEDENTE DEL ESE. $V = 20.78$ m/s. TR 36.56 AÑOS.



VIENTO PROCEDENTE DEL SE. $V = 23.97$ m/s. TR 36.56 AÑOS.



7.3.2 RESULTADOS NUMÉRICOS EN LOS PUNTOS DE CONTROL.

En el modelo numérico se han establecido un punto de control, en el que se obtiene los resultados de las propagaciones realizadas. Dicho punto se sitúa en las cercanías de la dársena norte del puerto de Ribeira.



Ubicación del punto de control.

Período de retorno	1 año		5 años		10 año		25 años		36.56 años	
Dirección del viento	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
ENE	0.1	2.9	0.1	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9
E	0.8	3.6	0.9	3.7	1.0	3.8	1.1	4.0	1.1	4.0
ESE	0.8	3.8	0.9	4.0	1.0	4.2	1.1	4.2	1.1	4.3
SE	0.9	4.0	1.1	4.3	1.2	4.3	1.3	4.5	1.3	4.5

De los resultados gráficos y numéricos de la propagación del oleaje de viento hasta el punto de control se pueden extraer una serie de conclusiones:

- ☐ Los oleajes de viento que inciden en mayor medida sobre la dársena norte del puerto son los procedentes del SE y ESE, alcanzándose picos de oleaje en el punto de control de $H_s = 1.3$ y $T_p = 4.5$, con vientos de períodos de retorno 36.5 años provenientes del SE.
- ☐ Los períodos del oleaje generado localmente por el viento varían desde los 2.9 s hasta los 4.5 s, dependiendo del fetch asociado a cada dirección. Los vientos procedentes del SE generan los máximos períodos, mientras que los procedentes del ENE generan los mínimos períodos.
- ☐ El oleaje de viento procedente del ENE es el que menos incide sobre la Ensenada de Ribeira, no superando los 20 cm de ola para el punto de control.

8 CONCLUSIONES.

De los resultados gráficos y numéricos de la propagación del oleaje de fondo y de viento se pueden extraer una serie de conclusiones generales:

- Independientemente de la dirección del temporal en aguas exteriores, los frentes tienden a orientarse según el eje longitudinal de la Ría (SW – NE) para cualquier condición de altura de ola y periodo. Esto se debe a la difracción que se produce en los cabos que delimitan la bocana de entrada a la ría y en los límites de las numerosas islas que la protegen, en especial la Isla de Sálvora en la zona externa y la Isla de Arousa en la zona central.
- Las direcciones de oleaje de fondo que más penetran en el interior de la Ría son WSW y SW, debido a la disposición de ésta en dirección NE. Los oleajes procedentes del NNW y NW se reducen significativamente por el efecto de difracción ejercido por el Cabo Corrubedo y la Isla de Sálvora.
- En la Ensenada de Santa Eugenia de Ribeira, el oleaje de fondo se ve reducido debido al efecto de escudo frente al oleaje que ejerce la Punta Grades. La dársena norte del puerto de Ribeira se sitúa en la zona de sombra de éste saliente, por lo que el oleaje de fondo, sea cual sea su dirección, apenas afecta a las instalaciones, no superando nunca los 60 cm de altura de ola.
- Los oleajes de viento que inciden en mayor medida sobre la dársena norte del puerto son los procedentes del SE y ESE, alcanzándose picos de oleaje en el punto de control de $H_s = 1.30$ y $T_p = 4.5$, con vientos de períodos de retorno 36.5 años provenientes del SE.
- Los períodos del oleaje generado localmente por el viento varían desde los 2.9 s hasta los 4.5 s, dependiendo del fetch asociado a cada dirección. Los vientos procedentes del SE generan los máximos períodos, mientras que los procedentes del ENE generan los mínimos períodos.
- El oleaje de viento procedente del ENE es el que menos incide sobre la Ensenada de Ribeira, no superando los 20 cm de ola para el punto de control.
- El oleaje que genera mayor agitación en las inmediaciones de la dársena norte del puerto es el oleaje de viento proveniente del SE. Las características de este oleaje serán las utilizadas en el diseño de las obras de abrigo.



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MAR



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

ANEJO 4: DISEÑO DEL DIQUE FLOTANTE

ANEJO Nº 4. DIQUE FLOTANTE.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.
MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN.
- 2 PARÁMETROS DE CÁLCULO.
 - 2.1 VIDA ÚTIL.
 - 2.2 RIESGO ADMISIBLE.
 - 2.3 PERIODO DE RETORNO.
- 3 CARGAS DE DISEÑO Y NIVELES DEL MAR.
- 4 REQUISITOS DE ATENUACIÓN DEL OLEAJE.
- 5 SELECCIÓN DEL DIQUE FLOTANTE.
- 6 ANÁLISIS DE LA ATENUACIÓN DEL OLEAJE.
- 7 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE ATENUACIÓN.
- 8 FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD Y ESCORA.
- 9 ACCIONES SOBRE EL DIQUE FLOTANTE.
 - 9.1 MARCO TEÓRICO SOBRE EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS FLOTANTES FONDEADAS.
 - 9.2 METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS.
 - 9.3 METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE FUERZAS DINÁMICAS.

MODELO ESTRUCTURAL

 - 9.4 RESULTADOS.
- 10 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO MEDIANTE CADENAS Y MUERTOS.
 - 10.1 METODOLOGÍA APLICADA.
 - 10.2 RESULTADOS.
- 11 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE FLOTANTE.

ANEXO I. ANÁLISIS DE LA ATENUACIÓN DEL OLEAJE

ANEXO II. FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD Y ESCORA

ANEXO III. FUERZAS ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

ANEXO IV. FUERZAS DINÁMICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE Y MOVIMIENTOS

ANEXO V. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO MEDIANTE CADENAS Y MUERTOS

ANEJO Nº 4. DIQUE FLOTANTE.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.

RIBEIRA, A CORUÑA.

1 INTRODUCCIÓN.

Los diques flotantes pueden ser adecuados para sitios como estuarios, embalses, lagos y ríos, donde existe oleaje generado por el viento local de corto periodo. La ola de diseño limitante para que funcionen adecuadamente es del orden de 1,5 m de altura con periodos máximos de 4 ó 5 s. Los diques flotantes no se pueden instalar en lugares expuestos a oleajes de con periodos elevados, debido tanto a los elevados esfuerzos inducidos por el oleaje de gran longitud de onda como a su ineffectividad para atenuar este tipo de oleaje.

El diseño de diques flotante comprende las siguientes etapas de análisis, que pueden ser diferentes en función del sistema de anclaje utilizado:

ETAPAS EN EL DISEÑO DE DIQUES FLOTANTE	
1. Definición de las acciones de diseño (Oleaje, viento y corrientes)	
2. Definición de los requisitos de atenuación del oleaje.	
3. Selección del tipo de dique flotante basado en el oleaje de diseño y el coeficiente de transmisión requerido.	
4. Análisis de flotabilidad, estabilidad y escora.	
5. Cálculo del coeficiente de transmisión	
6. Verificación del cumplimiento de los requisitos de atenuación.	
DIQUES FLOTANTES FONDEADOS	DIQUES FLOTANTES PILOTADOS
7. Evaluación de los movimientos de primer orden (FOM) en el dique flotante y determinación de la respuesta estructural	7. Determinación de las fuerzas cuasi estáticas debidas al oleaje, viento y corrientes..
8. Diseño del sistema de fondeo (cadenas o anclajes elásticos) considerando los FOM como desplazamientos impuestos junto con las fuerzas producidas por la deriva del oleaje, el viento y la corriente (Método cuasi – estático definido en BS 6349-6:1989)	8. Diseño del sistema de pilotaje basado en las fuerzas transmitidas por el dique flotante.

2 PARÁMETROS DE CÁLCULO.

Las recomendaciones para obras marítimas, *R.O.M. 0.2-90 ACCIONES EN EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS*, establecen que para cuantificar las acciones necesarias para el dimensionamiento de las obras de abrigo, cuando dichas acciones proceden datos estadísticos (como es el caso del oleaje), es necesario determinar el valor de la acción de cálculo a partir de un cierto período de retorno, T.

2.1 VIDA ÚTIL.

Atendiendo a las recomendaciones para obras marítimas, *R.O.M. 0.2-90 ACCIONES EN EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS*, la determinación de la vida útil se realizará ajustándose al tiempo en que se prevé en servicio la estructura.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)

TIPO DE OBRA O INSTALACION	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:

Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:

Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:

Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.

Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:

Obras e instalaciones de interés general.

Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.

(Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:

Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional.

Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.

(Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Analizando nuestro caso lo englobamos en infraestructura de carácter general, nivel 1 lo que resulta una vida útil de 25 años.

2.2 RIESGO ADMISIBLE.

La R.O.M. 0.2-90 ACCIONES EN EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS, propone que: "el riesgo admisible p se fije para cada estructura o elemento estructural en función de sus características físicas y económicas, las repercusiones económicas directas e indirectas en caso de inutilización parcial o total, y la estimación de pérdidas humanas en caso de destrucción o rotura, para cada fase significativa del proyecto o hipótesis de trabajo".

En el caso de un dique flotante, por tratarse de una obra flexible se adopta el criterio de *riesgo de iniciación de averías*, y teniendo en cuenta que la repercusión económica en caso de inutilización de la obra es *baja* y que la posibilidad de que se produzcan pérdidas humanas en el caso de rotura es *reducida*, el riesgo máximo admisible a adoptar será $E = 0.5$.

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS

a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15

b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL

		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice r : $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05

Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.
Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.
Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías. En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.

LEYENDA:

■ POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS

- Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.
- Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños.

■ REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA

$$\text{Indice } r = \frac{\text{Coste de pérdidas directas e indirectas}}{\text{Inversión}}$$

- BAJA: $r \leq 5$
- MEDIA: $5 < r \leq 20$
- ALTA: $r > 20$

2.3 PERIODO DE RETORNO.

Se conoce como periodo de retorno, o tiempo de recurrencia, al tiempo medio, τ , entre excedencias sucesivas del valor z_τ ($Z > z_\tau$).

En términos estadísticos, el periodo de retorno coincide con el número medio de pruebas entre excedencias sucesivas. El número de pruebas T entre excedencias es una variable aleatoria de distribución geométrica. La relación que resulta entre el periodo de retorno, el riesgo admisible y la vida útil aplicando el análisis de riesgo es la siguiente:

$$\rho = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Donde: ρ es el riesgo admisible
N es la vida útil
T es el periodo de retorno

Sustituyendo en esta expresión los valores obtenidos en los apartados anteriores, obtenemos que para el dimensionamiento del dique de abrigo tenemos un periodo de retorno de T = 36.57 años.

3 CARGAS DE DISEÑO Y NIVELES DEL MAR.

Las cargas de diseño y niveles del mar a utilizar en el proyecto son:

VIENTO

De acuerdo con las Recomendaciones para Obras Marítimas y el British Standard Code of Practice for Maritime Structures – Part 6: Inshore moorings and floating structures (BS 6349-6: 1989), la velocidad del viento a utilizar es:

Viento

Velocidad Básica del viento (m/s)	Vw,10min =	32.50
Factor de ráfaga	Fr,1min =	1.31
Velocidad del viento de diseño (m/s)	Vw,1min =	42.58
Coefficiente arrastre viento	C =	1.00

OLEAJE

Según el estudio del oleaje realizado en el Anejo nº3 del presente proyecto, el oleaje de diseño para diferentes periodos de retorno y direcciones es el siguiente:

Período de retorno	1 año		5 años		10 año		25 años		36.56 años	
Dirección del viento	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
ENE	0.1	2.9	0.1	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9	0.2	2.9
E	0.8	3.6	0.9	3.7	1.0	3.8	1.1	4.0	1.1	4.0
ESE	0.8	3.8	0.9	4.0	1.0	4.2	1.1	4.2	1.1	4.3
SE	0.9	4.0	1.1	4.3	1.2	4.3	1.3	4.5	1.3	4.5

CORRIENTES

Se considera una velocidad de corriente de 0.4 m/s para el caso más desfavorable.

NIVELES DEL MAR

Según se ha determinado en Anejo nº3 del presente proyecto, los niveles del mar en el Puerto de Ribeira, referidos a la bajamar máxima equinoccial son:

Bajamar máxima viva equinoccial (BMVE):	0.00 m
Carreta de marea:	4.00 m
Pleamar máxima viva equinoccial (PMVE):	4.00 m

Para obtener el nivel característico de las aguas en condiciones extremas es necesario tener en cuenta una variación de ± 0.5 m debido ala marea meteorológica, resultando así:

$$N_{\text{máx}} = 4.00 + 0.50 = 4.50 \text{ m}$$

$$N_{\text{mín}} = 0.000 - 0.5 = - 0.50 \text{ m}$$

4 REQUISITOS DE ATENUACIÓN DEL OLEAJE.

La norma Australian Standard (AS) 3962 "Guidelines for the design of marinas" del año 2001 define los límites de agitación interior puertos para pequeñas embarcaciones. Estos límites se muestran en la tabla siguiente, y son consecuentes con los propuestos por PIANC en publicaciones anteriores y serán utilizados a modo indicativo como objetivos de agitación interior a conseguir en el proyecto.

CRITERIA FOR A 'GOOD' WAVE CLIMATE IN SMALL CRAFT HARBOURS

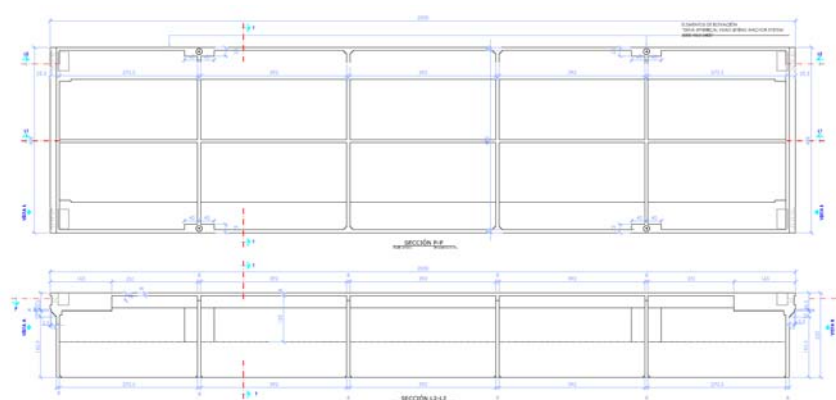
Direction and peak period of design harbour wave	Significant wave height (H_s)	
	Wave event exceeded once in 50 years	Wave event exceeded once a year
Head seas less than 2 s	Conditions not likely to occur during this event	Less than 0.3 m wave height
Head seas greater than 2 s	Less than 0.6 m wave height	Less than 0.3 m wave height
Oblique seas greater than 2s	Less than 0.4 m	Less than 0.3 m wave height
Beam seas less than 2 s	Conditions not likely to occur during this event	Less than 0.3 m wave height
Beams seas greater than 2 s	Less than 0.25 m wave height	Less than 0.15 m wave height

NOTE: For criteria for an 'excellent' wave climate multiply wave height by 0.75, and for a 'moderate' wave climate multiply wave height by 1.25. For vessels of less than 20 m in length, the most severe wave climate should satisfy moderate conditions. For vessels larger than 20 m in length, the wave climate may be more severe.

Source: Adapted from MERCER, A.G., ISAACSON, M. and MULCAHY, M.W. *Design wave climate in small craft harbours*. 18th Conference on Coastal Engineering, Capetown. 1982.

5 SELECCIÓN DEL DIQUE FLOTANTE.

Para oleajes con un periodo de diseño de 4.50 segundos, se selecciona un dique flotante de las siguientes características geométricas.



Dimensiones generales

Longitud:	L =	20.00	m
Ancho:	B =	5.00	m
Puntal:	P =	2.25	m
Altura de quillas	k =	0.95	m

El sistema de fondeo elegido para el dique flotante proyectado, será mediante muertos de hormigón y cadenas, para el amarre del dique a dichos muertos. El dimensionamiento de estos elementos se realizará en posteriores apartados del presente anejo.

6 ANÁLISIS DE LA ATENUACIÓN DEL OLAJE.

El rendimiento de los diques flotantes se define por su capacidad para atenuar el oleaje que pasa a través de ellos, y que depende en gran medida de la cantidad de energía de reflexión (E_r), de la transmisión de energía (E_t) y de la energía disipada (E_d). En las últimas décadas se han desarrollado para estas condiciones algunos modelos sobre la transmisión de la energía del oleaje basados en la teoría lineal del oleaje.

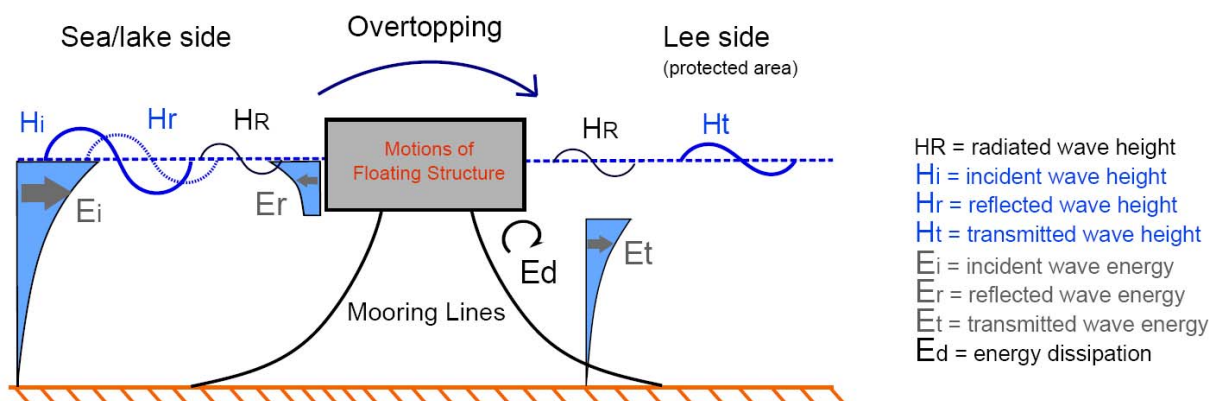


Fig. 1. Floating breakwaters performance scheme.

Recientemente, Ruol et al. [2013a] ha desarrollado un factor de modificación de la fórmula de Macagno con el fin de aproximar el coeficiente de transmisión de del oleaje a las condiciones reales de anclaje, tanto mediante cadenas, cables o pilotes. La fórmula de Ruol es una función del periodo relativo, χ , definido como el cociente del periodo de pico del oleaje entre el periodo natural de cabeceo (T_p/T_h).

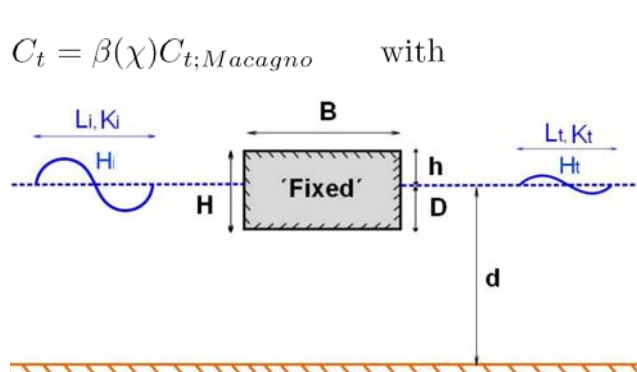


Fig. 2. Geometry of FB in Ruol's formula

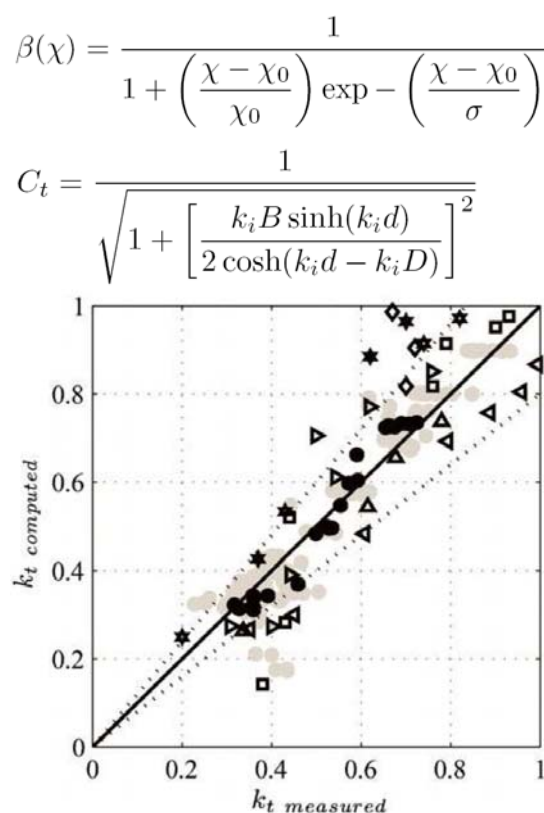
where:

β modification factor based on curve fitting

$$\frac{T_p}{T_h} \approx \chi = \frac{T_p}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{D + 0.35B}}$$

$$\chi_0 = 0.7919, \text{ with 95\% confidence interval } 0.7801, 0.8037$$

$$\sigma = 0.1922, \text{ with 95\% confidence interval } 0.1741, 0.2103$$



El cálculo del coeficiente de transmisión del dique flotante será realizado utilizando esta formulación.

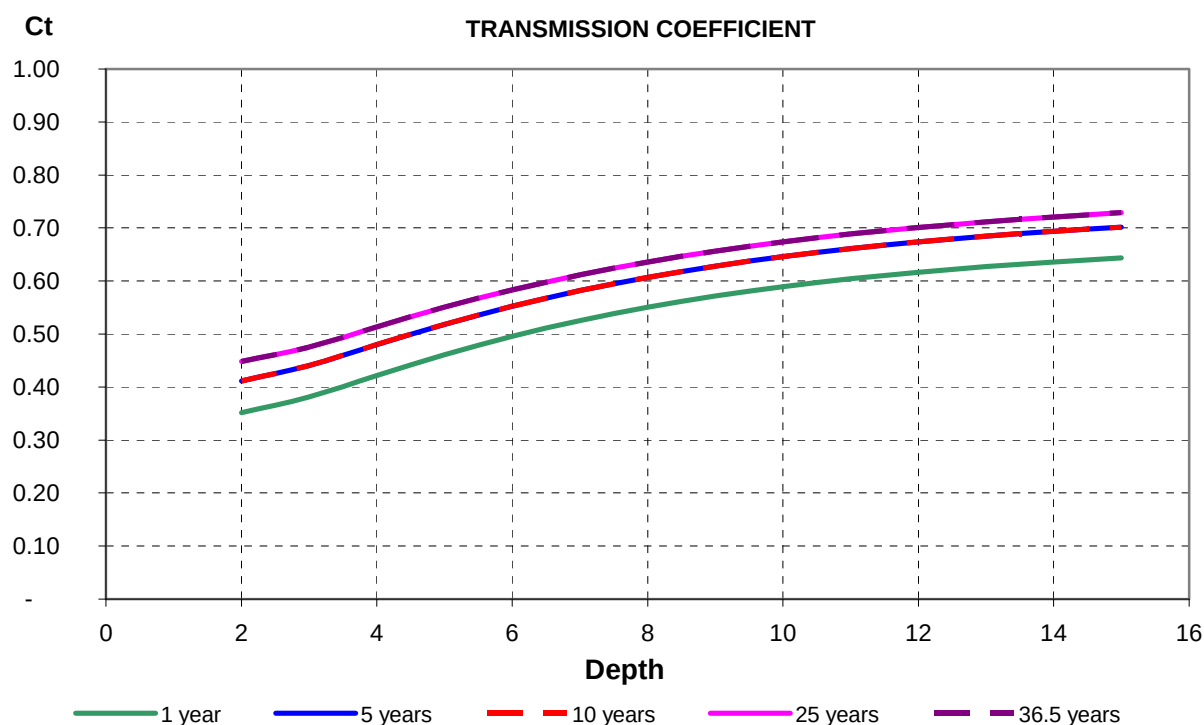
7 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE ATENUACIÓN.

Una vez calculado el coeficiente de transmisión del oleaje para el dique flotante, puede comprobarse que la altura de ola significativa transmitida cumple con los requerimientos de agitación interior establecidos.

DESIGN WAVES

Return period (years)		1	5	10	25	36.5
Significant height:	Hs =	0.94	1.11	1.18	1.26	1.29
Peak period:	Tp =	4.00	4.30	4.30	4.50	4.50

TRANSMISSION COEFFICIENT FOR DESIGN WAVES



TRANSMITTED WAVES

Return period (years)	Hs (m)	Tp (s)	d (m)	Kt	Ht (m)
1	0.94	4.00	9.50	0.57	0.54
5	1.11	4.30	9.50	0.63	0.70
10	1.18	4.30	9.50	0.63	0.74
25	1.26	4.50	9.50	0.66	0.83
36.6	1.29	4.50	9.50	0.66	0.85

8 FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD Y ESCORA.

Al igual que para cualquier embarcación o cuerpo flotante, es necesario comprobar para el dique flotante tanto su flotabilidad como su estabilidad transversal y la escora que puede alcanzar bajo las condiciones de carga más desfavorable.

La metodología a utilizar para el análisis de la flotabilidad, estabilidad y escora del pantalán es la definida en Australian Standard AS 3692-2001 "Guidelines for the design of marinas". Esta metodología se ha implementado en una hoja de cálculo, que se incluye en el presente documento como apéndice.

Además de la geometría del módulo flotante con sus correspondientes masas, se utilizarán dos tipos de cargas para el análisis:

- Carga uniformemente repartida en toda la superficie del módulo: 450 kg/m²
- Carga uniformemente repartida en la mitad de la superficie del módulo: 225 kg/m²

En el apéndice a este anejo se desarrolla el cálculo con la metodología y los datos iniciales propuestos, obteniéndose los siguientes resultados:

Pontoon weight:	79.33	t	
Freeboard unloaded:	0.51	m	
Max load:	450	kg/m ²	(Applied to the full deck)
Freeboard with max. load:	0.06	m	
Load for testing tilt:	225	kg/m ²	(Applied to a half of the deck width)
Stability unloaded	STABLE		
Stability fully loaded	STABLE		
Stability with half deck load:	STABLE		
Tilt angle:	4.92	°	TILT < 5° --- ADMISSIBLE ---
Minimum freeboard with half deck load:	0.07	m	

9 ACCIONES SOBRE EL DIQUE FLOTANTE.

9.1 MARCO TEÓRICO SOBRE EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS FLOTANTES FONDEADAS.

De acuerdo con el British Standard BS 6349-6:1989, la tensión en la línea de amarre debe calcularse teniendo en cuenta tanto las fuerzas de equilibrio en la estructura flotante fondeada, y los movimientos de la estructura flotante. Los tres métodos principales de la evaluación de las tensiones de línea son, "análisis de dominio de la frecuencia", "análisis cuasi-estático" y "análisis de dominio de tiempo". Esencialmente, sólo difieren en el método por el cual se permiten los movimientos de la embarcación o de la estructura flotante en el análisis.

Análisis cuasi-estático. El análisis cuasi-estático es método más común de análisis, y es normalmente suficiente para el diseño de la mayoría de los amarres. El análisis se puede realizar utilizando cálculos por ordenador o cálculos analíticos. Sin embargo, en este último caso por lo general es necesario simplificar la acción de los amarres, de manera que en cada línea la restricción sea en dirección longitudinal o en transversal, pero en ambas.

El análisis es utilizado para amarres en los que los movimientos de segundo orden debidos a ondas largas no son significativos. Las características de la mayoría de los amarres (cadenas, cables, sistemas elásticos) no afectan a los movimientos de primer orden. **Los movimientos máximos de primer orden son evaluados de forma independiente del sistema de amarre y luego se añaden a los movimientos del dique flotante debido a presiones continuas de viento, las corrientes y la deriva por efecto del oleaje.** Los métodos de evaluación de los movimientos de primer orden y presiones continuas se exponen a continuación.

Análisis en el dominio de la frecuencia. Este método se utiliza cuando los movimientos de primer y segundo orden de la embarcación o estructura son significativos. La respuesta a los oleajes regulares o irregulares, combinado con fuerzas estáticas debido al viento, corrientes y las olas se puede establecer asumiendo que las características de la carga y de deflexión de los amarres es lineal para el rango de movimientos

previstos. El método se basa en el análisis de la respuesta de frecuencia estándar para un sistema con múltiples grados de libertad. Las fuerzas del oleaje generalmente se calculan utilizando la teoría de difracción. El método sólo debe utilizarse si las características de la carga y de deflexión del sistema de amarre se puede linealizar para el rango de movimientos previstos y las fuerzas estáticas se están considerando. El método requiere el uso de software de simulación compleja.

Análisis en el dominio del tiempo. Este método se utiliza cuando los movimientos de primer y segundo orden de la embarcación o estructura son significativos y las características de la carga y de deflexión de los amarres son altamente no lineales para la gama de movimientos previstos. El método de solución se basa en técnicas de integración estándar. Las fuerzas del oleaje generalmente se calculan utilizando la teoría de difracción. Es un método que consume tiempo de análisis y sólo se puede realizar con software de simulación compleja.

Análisis en el dominio de la frecuencia y análisis en el dominio del tiempo se utilizan cuando los movimientos de primer y segundo orden de la estructura son significativos. Ambos requieren un software de simulación especializado y capacidad de computación de alto.

Se desarrollará un análisis cuasi-estático para el amarre del dique flotante en el presente proyecto porque los movimientos de segundo orden debido a las ondas largas se pueden despreciar.

9.2 METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE FUERZAS ESTÁTICAS.

9.2.1 FUERZAS INDUCIDAS POR EL VIENTO.

Se utiliza la metodología del British Standard Code of Practice for Maritime Structures – Part 6: Inshore moorings and floating structures (BS 6349-6: 1989), que es totalmente congruente con la formulación de las Recomendaciones para Obras Marítimas de Puertos de Estado.

La velocidad del viento de diseño V_w se tomará como la velocidad media de duración 1 min, la cual es la adecuada para usar con oleajes máximos (categoría D). Como generalmente la velocidad básica del viento es definida a partir de la medida durante 10 minutos, se utilizarán los coeficientes de ajuste para otras duraciones propuestos por la ROM 0.4-95, que se indican a continuación:

$$\begin{aligned} F_{R,3s}(10) &= 1.44 \\ F_{R,5s}(10) &= 1.42 \\ F_{R,15s}(10) &= 1.38 \\ F_{R,1min}(10) &= 1.31 \\ F_{R,5min}(10) &= 1.21 \\ F_{R,10min}(10) &= 1 \end{aligned}$$

La presión del viento q (en kN/m^2) puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$q = 0.613 \times 10^{-3} \times V_w^2$$

donde V_w es la velocidad del viento de diseño en m/s .

La fuerza del viento sobre la estructura se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$F_w = q \cdot A \cdot C$$

donde:

A es el área efectiva expuesta al viento en m^2

C es el coeficiente de forma de la estructura (se asume el valor 1.0 para pantalanes)

9.2.2 FUERZAS INDUCIDAS POR LA CORRIENTE.

Se utiliza la metodología del British Standard Code of Practice for Maritime Structures – Part 6: Inshore moorings and floating structures (BS 6349-6: 1989), que es totalmente congruente con la formulación de las Recomendaciones para Obras Marítimas de Puertos de Estado.

$$F_D = \frac{1}{2} (C_D \rho V^2 A_n)$$

Donde

F_D	fuerza de arrastre estática (en kN)
C_D	coeficiente de arrastre (se asume el valor 1.0 para pantalanes)
ρ	densidad del agua (en t/m ³)
V	velocidad de la corriente (en m/s)
A_n	area normal al flujo (en m ²)

9.2.3 FUERZAS INDUCIDAS POR EL OLEAJE.

Las fuerzas primarias inducidas por el oleaje en una embarcación o estructura son del tipo oscilatorio y tienen, en general, las mismas características de frecuencia que las propias del oleaje. Por lo general, se definen como fuerzas "de primer orden", que son proporcionales a la amplitud de la onda. Estas fuerzas se pueden evitar en una estructura flotante, proporcionando un sistema de amarre suave, por ejemplo, una cadena, cable o amarre elástico, de tal manera que la estructura se mueve libremente. Las características de amarres con este tipo de sistemas de amarre son tales que no afectarán a los movimientos de primer orden y por esta razón, las fuerzas de primer orden no se tienen en cuenta para el análisis del sistema de amarre y los movimientos inducidos por ellos se consideran en el análisis cuasi-estático del sistema de amarre.

Además de las fuerzas oscilatorias, hay fuerzas de deriva que varían lentamente que actúan sobre la embarcación o estructura y se deben principalmente a los términos de segundo orden no lineales en el campo de presión asociada a las olas. Estas fuerzas de deriva son proporcionales al cuadrado de la amplitud de onda y tienen una frecuencia mucho menor que las fuerzas de primer orden. La magnitud de las fuerzas es pequeña en comparación con las fuerzas de primer orden. Hay un valor medio resultante, comúnmente llamado la fuerza media de deriva. Esta fuerza media de deriva es similar a la onda "set-up" observado cuando una onda se refleja en una pared fija o en la línea de costa.

La fuerza media de deriva que actúa sobre una embarcación o estructura debe ser considerada como una fuerza constante que actúa en combinación con las fuerzas de equilibrio debido al viento y a la corriente. Para lugares donde la altura de ola sea inferior a 2 m, para hacer una simple estimación de la fuerza media de la deriva, es suficiente aplicar la formulación que se indica a continuación.

La fuerza media de deriva para un oleaje irregular, F_{WD} (en kN), viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{WD} = 2gL\rho \int_0^\infty S\eta(f)R^2(f).df$$

Donde

ρ	es la densidad del agua (en t/m ³);
g	es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s ²);
L	es la longitud de la embarcación o de la estructura normal al oleaje;
$S_\eta(f)$	es la función de distribución espectral uno-dimensional de la elevación del mar, para la frecuencia del oleaje f ;
$R^2(f)$	es el coeficiente de la fuerza de arrastre para un oleaje de frecuencia f ;

Se puede hacer una sencilla estimación conservadora de la fuerza media de deriva, sin tener que recurrir a la modelización de una estructura, suponiendo que todas las ondas se reflejan totalmente fuera de la

estructura, es decir, el valor de R_2 (f) es de 0,5. La fuerza de deriva media para un oleaje irregular viene dada entonces por la ecuación:

$$F_{WD} = \frac{\rho g L H_s^2}{16}$$

donde H_s es la altura de ola significativa (en m).

9.3 METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ANÁLISIS DE FUERZAS DINÁMICAS.

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.

CgFLOAT simula cargas nodales derivadas de un espectro direccional, y es aplicable a diques flotantes con múltiples geometrías, conectores flexibles o rígidos, sistemas de anclaje rígidos o flexibles y fluctuaciones en el oleaje incidente. Con este modelo se calculan los desplazamientos para las diferentes formas modales que adopta la estructura articulada, obteniendo a partir de ellos los esfuerzos actuantes (momentos, cortantes y torsores para guiñada - sway, cabeceo - heave y balanceo - roll).

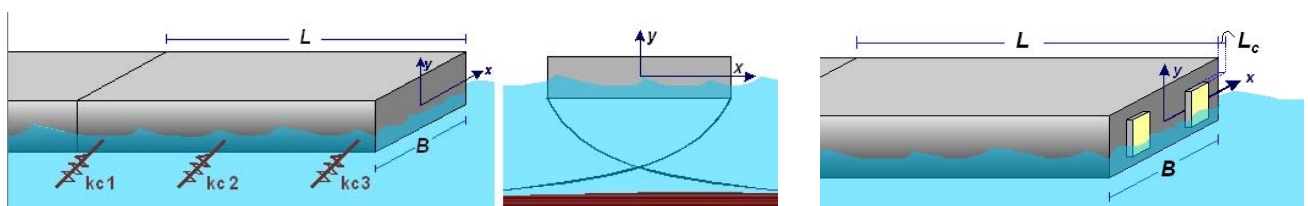
En el presente estudio se calculan los esfuerzos actuantes (momento de balanceo, cabeceo y torsión) sobre el dique flotante proyectado, así como sus desplazamientos y los modos de vibración, teniendo en cuenta las siguientes características del mismo:

- Dique flotante: Formado por 4 bloques monolíticos de hormigón armado, de 20 m de longitud, 5 m de anchura, 2.25 m de puntal y un peso de 79.33 t, según la geometría indicada en el *Documento nº2. Planos* del presente proyecto.
- Interior del módulo relleno de poliestireno expandido de densidad 15 Kg/m³, actuando de flotador.
- Unión entre módulos mediante conectores de tipo flexible (neopreno).
- Anclaje al lecho marino mediante muertos de hormigón y cadenas de amarre entre el dique flotante y los muertos de hormigón.

MODELO ESTRUCTURAL

El programa calcula la respuesta de los diques flotantes de directriz recta. En esos casos, despreciando el pequeño acoplamiento entre la guiñada y el balanceo (sway y roll en la terminología del programa) debido a la masa y la amortiguación hidrodinámica, se puede considerar la respuesta desacoplada en las tres direcciones del movimiento, guiñada - sway, cabeceo - heave y balanceo - roll.

Para la modelización estructural se utilizan elementos finitos tipo viga de longitud igual a medio módulo flotante, mientras que para los anclajes laterales se utilizan elementos que simulan muelles lineales. Se utiliza una masa coherente y una matriz flotabilidad, basada en un campo de desplazamientos con elementos polinómicos de tercer grado. Los conectores flexibles se introducen en las matrices de rigidez del sistema basándose en un campo de curvatura de desplazamiento constante, debido a su menor longitud.



Modelización de la estructura articulada flotante con cgFLOAT

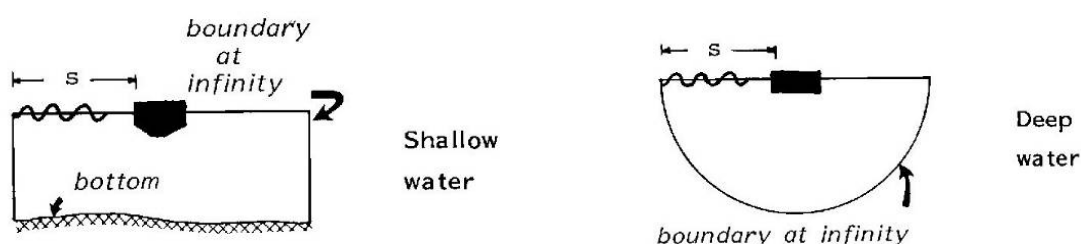
9.3.1 FUERZAS HIDRODINÁMICAS.

Las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre una estructura dependen directamente de las características del oleaje incidente (T_p y H_s) 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 CGHYDRO, un componente de cgFLOAT, obtiene los coeficientes hidrodinámicos, es decir, los tres multiplicadores de las fuerzas hidrodinámicas anteriormente mencionadas sobre una estructura flotante en función del período del oleaje, el ancho de la sección y el francobordo.

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 la profundidad se puede considerar indefinida.



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 $s/\text{longitud de onda}$. Para el caso de una sección de dique rectangular, se genera una malla automática.

Del programa se obtienen las siguientes salidas.

- Fichero de resultados con información acerca de la geometría de la región y la dimensión de los elementos.
- Tablas con los coeficientes a_{ij} , b_{ij} , y f_i , para cada frecuencia de ola.
- Tablas con los coeficientes hidrodinámicos normalizados β_i , ξ_i , δ_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.

Los coeficientes hidrodinámicos obtenidos dependen directamente de la relación entre el ancho de la estructura y el calado.

Hydrodynamic coefficients [§ 3. p. 7-34]										
Total number of supplied hydrodynamic coefficients (interpolation between) =7										
Number of middle period (used for eigenvalue and time series analysis) 4										
Cross section width (ft or m) B= 5.00 B/T= 3.333										
Cross section draft (ft or m) T= 1.50										
Generate Values										
	T sec	BvS	BvH	BvR	ZvS	ZvH	ZvR	CiS	CiH	CiR
1	2.1	1.057	2.784	1.255	0.184	0.017	0.001	15.682	7.421	2.678
2	2.6	1.152	2.672	1.254	0.251	0.051	0.000	19.227	13.158	0.128
3	3.2	1.334	2.575	1.251	0.264	0.107	0.001	21.012	18.538	2.869
4	4.0	1.650	2.551	1.252	0.204	0.199	0.003	20.298	25.245	5.546
5	4.5	1.778	2.604	1.255	0.148	0.254	0.003	17.875	28.815	6.120
6	5.3	1.806	2.722	1.258	0.092	0.307	0.003	14.127	32.385	5.865
7	6.3	1.742	2.923	1.261	0.049	0.353	0.002	9.970	35.955	4.845

9.3.2 CORRELACIÓN ESPACIAL DE CARGAS NODALES

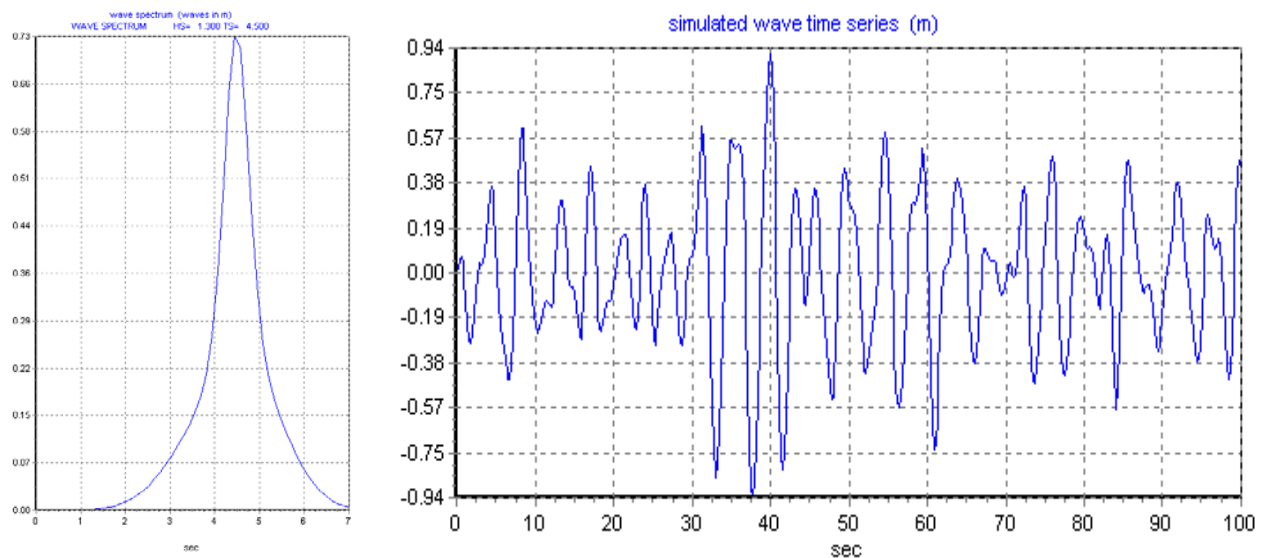
Para tratar oleaje de corto periodo, el programa puede aplicar dos métodos diferentes para tener en cuenta la correlación espacial de la carga de onda. El primero es el S.C.F., método que consiste en la ponderación de las cargas nodales por un factor que tiene en cuenta el hecho de que la onda de presión no está completamente correlacionada entre los puntos nodales. Se supone que los nodos están lo suficientemente separados para que las cargas nodales no están correlacionadas. (Las mediciones en Hood Channel y en los puentes flotantes de Evergreen muestran que después de una distancia de 0.6λ la fuerza de las olas puede ser considerada sin correlación.

9.3.3 SIMULACIÓN DE MONTECARLO DE ESTADOS DE MAR ALEATORIOS.

La forma de considerar en la modelización del comportamiento del dique flotante los estados de mar aleatorios consiste en tomar un espectro de oleaje donde existen un número infinito de estados del mar, en los que cada uno de ellos produciría una situación de carga diferente en la estructura. Para poder estimar un valor de la respuesta esperada, el programa cgFLOAT utiliza una simulación de Monte Carlo a partir de la respuesta estructural para N conjuntos de cargas nodales procedentes de la misma onda del espectro.

La media y la desviación estándar de los valores de la muestra se toman como valor esperado de respuesta siempre que el N sea suficientemente grande. Para determinar un valor adecuado para N, se realizan ejecuciones con distintos valores de N y a partir de la variación de resultados en función de N, se puede escoger un valor adecuado del parámetro. La experiencia indica valores de N entre 8 y 16 son adecuados.

En el caso de estudio, se ha simulado un espectro de oleaje de tipo Jonswap, con una altura de ola significativa de 1.3 m y un período de pico de 4.5 s.



Espectro de oleaje tipo Jonswap ($H_s = 1.3$ m y $T_p = 4.5$ s) y estado de mar simulado en cgFLOAT.

9.3.4 ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

El programa cgFLOAT realiza el análisis del movimiento de las estructuras flotantes tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia.

Para el análisis en el dominio de la frecuencia se calcula en primer lugar la respuesta a ondas armónicas de frecuencia única (ω) suponiendo que la estructura oscila en un estado estacionario con una frecuencia ω . La frecuencia de respuesta a la onda de amplitud unitaria se evalúa para diferentes periodos y diferentes conjuntos de ángulos de fase aleatorios. Se calculan los valores medios máximos y las desviaciones estándar entre los conjuntos de valores aleatorios y los valores máximos a lo largo de la estructura se trazan para cada período de onda. Para obtener la respuesta debida a un espectro de oleaje, el campo de oleaje se construye por la superposición de cierto número de armónicos con amplitud la raíz cuadrada del área espectral correspondiente.

Para el análisis en el dominio del tiempo se adopta el método de superposición modal, siendo esta una solución más sencilla ya que las formas modales más elevadas no participan en la respuesta. Se asumen los coeficientes hidrodinámicos constantes S.C.F. y la matriz de correlación de carga calculado para el pico del espectro de frecuencias. El método de Jacobi generalizado se utiliza para la solución de valores propios.

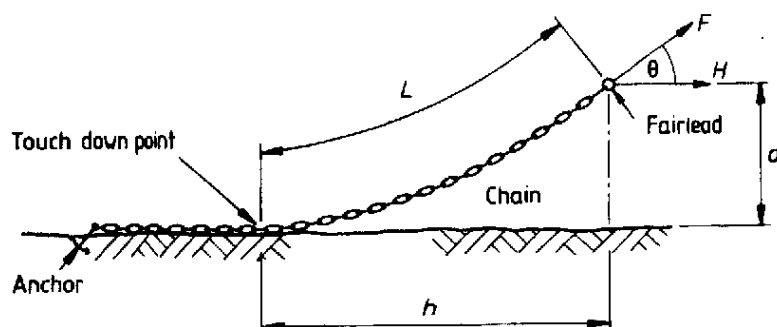
Ambos métodos son de aplicación cuando los movimientos de primer orden son significativos, como es el caso de los diques flotantes. El análisis en el dominio del tiempo se utiliza cuando el sistema de anclaje es altamente no lineal. Considerando que el comportamiento del sistema de fondeo se puede aproximar a un modelo no lineal, el análisis de aplicación será en el dominio del tiempo.

9.3.5 REPRESENTACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS FONDEOS MEDIANTE CADENAS.

En el modelo CGFloat es necesario introducir los parámetros elásticos de las líneas de anclaje para poder realizar la simulación del comportamiento del dique flotante frente a la acción del oleaje.

Para determinar la constante elástica equivalente de la línea de anclaje formada con cadena se procede del siguiente modo:

Se representan los valores de h/d (distancia horizontal entre profundidad) y $F/(qd)$ (fuerza en la cadena entre profundidad y entre peso sumergido de la cadena por metro lineal)

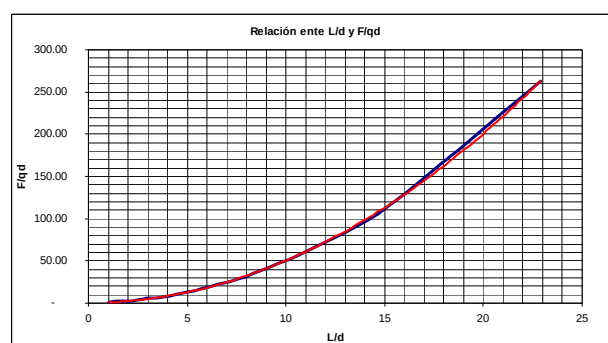


Definition sketch of chain catenary

- θ is the angle of chain to horizontal, at fairlead;
- L is the length of chain from fairlead to touch down point;
- d is the water depth;
- h is the horizontal distance from fairlead to chain touch down point on seabed;
- q is the submerged unit mass of chain;
- F is the chain tension at fairlead;
- H is the horizontal component of chain tension.

Φ	L/d	h/d	$(L-h)/d$	F/qd	H/qd
90	1	-	1.0000	1.00	-
60	1.73	1.32	0.4151	2.00	1.00
55	1.92	1.55	0.3684	2.35	1.35
50	2.14	1.82	0.3258	2.80	1.80
45	2.41	2.13	0.2864	3.41	2.41
40	2.75	2.50	0.2495	4.27	3.27
35	3.17	2.96	0.2146	5.53	4.53
30	3.73	3.55	0.1813	7.46	6.46
25	4.51	4.36	0.1493	10.67	9.67
20	5.67	5.55	0.1183	16.58	15.58
15	7.6	7.51	0.0889	29.35	28.35
12.5	9.13	9.06	0.0732	42.20	41.20
10	11.43	11.37	0.0584	65.80	64.80
7.5	15.26	15.21	0.0437	117.00	116.00
5	22.9	22.87	0.0291	263.00	262.00

Valores geométricos y dinámicos adimensionales de las catenarias



Relación de los esfuerzos de anclaje con parámetros geométricos de la catenaria

Aproximando la relación $L/d - F/qd$ a una función de segundo orden resulta (coeficiente de correlación igual a 1):

$$\frac{F}{qd} = 0.5005 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^2 + 0.041 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + 0.1125$$

De esta expresión se deducen los esfuerzos locales de amarre que deberá soportar la cadena y el dique flotante, en función del peso de la cadena y de parámetros geométricos de la catenaria.

Realizando la derivada de ese parámetro adimensional con respecto a h/d:

$$\frac{\partial \left(\frac{F}{qd} \right)}{\partial \left(\frac{h}{d} \right)} = 1.001 \cdot \left(\frac{h}{d} \right) + 0.041$$

y suponiendo una profundidad d constante:

$$\frac{\partial F}{\partial h} = q \cdot \left(1.001 \cdot \left(\frac{h}{d} \right) + 0.041 \right)$$

resultarán los valores de la constante de muelle de las líneas de fondeo.

$$K_{cadena} = \frac{\partial F}{\partial h} = q \cdot \left(1.001 \cdot \left(\frac{h}{d} \right) + 0.041 \right)$$

Para una misma profundidad, los movimientos y tensiones en el dique serán menores cuanto mayor sea la constante de muelle de la cadena. El efecto contrario ocurre sobre la tensión en la cadena y en el muerto. Por ello, al introducir pesos muertos sobre la cadena, se aumenta la constante de muelle, reduciendo movimientos y tensiones sobre el dique flotante, pero aumentando la exigencia sobre la cadena y el muerto.

Así, para las cadenas comerciales resultan unos valores de K:

CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA SIN CONTRETE GRADO 2						Valor de K (kN) en función de h/d			
Diámetro cadena	Largo interior (mm)	Ancho interior (mm)	Peso por metro (kg)	Carga de rotura (kN)	Carga de prueba (kN)	2.50	2.75	3.00	3.25
16	64	25.60	5.20	132.30	66.20	0.13	0.14	0.16	0.17
18	72	28.80	6.50	157.78	78.89	0.16	0.18	0.19	0.21
20	80	32.00	8.20	204.80	102.40	0.20	0.22	0.24	0.26
22	88	35.20	10.00	250.90	125.40	0.25	0.27	0.30	0.32
24	96	38.40	12.50	298.90	149.90	0.31	0.34	0.37	0.40
26	104	41.60	14.00	350.80	175.40	0.35	0.38	0.42	0.45
28	112	44.80	16.50	406.70	203.80	0.41	0.45	0.49	0.53
30	120	48.00	19.00	467.50	234.20	0.47	0.52	0.57	0.61
32	128	51.20	21.50	531.20	265.60	0.54	0.59	0.64	0.69
34	136	54.40	24.00	599.80	299.90	0.60	0.66	0.72	0.78
36	144	57.60	26.00	672.30	336.10	0.65	0.71	0.78	0.84
38	152	60.80	29.50	748.70	374.40	0.74	0.81	0.88	0.95
40	160	64.00	33.00	829.10	414.50	0.82	0.90	0.99	1.07
42	168	67.20	37.00	915.30	457.70	0.92	1.01	1.10	1.20
44	176	70.40	41.00	999.60	502.70	1.02	1.12	1.22	1.32
46	184	73.60	45.00	1 097.60	548.80	1.12	1.23	1.34	1.45
48	192	76.80	49.50	1 195.60	597.80	1.24	1.36	1.48	1.60
50	200	80.00	53.50	1 239.60	648.80	1.33	1.47	1.60	1.73

9.3.6 CÁLCULO DE MOMENTOS, ESFUERZOS Y DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA.

En el Anexo IV del presente anejo se incluye los listados del cálculo del programa cgFLOAT, en el que se incluyen los parámetros de entrada del modelo y se obtienen los esfuerzos a los que está sometido el dique flotante, así como los desplazamientos obtenidos.

9.4 RESULTADOS.

En el apéndice a este anejo se desarrolla el cálculo de fuerzas con la metodología y los datos iniciales propuestos, obteniéndose los siguientes resultados:

FUERZAS TOTALES ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

				Por m.l.	Total dique	Por anclaje
Fuerza del viento (kN)	✓	(1)	Fwe (max)	0.83	16.67	8.33
Fuerza de la corriente (kN)	✓	(2)	Fd	0.12	2.46	1.23
Fuerza del oleaje (kN)	✓	(3)	Fmo (max)	1.06	21.24	10.62
Fuerza máxima total (kN)			F	2.02	40.37	20.18

(1) Aplicada sobre toda la superficie lateral exterior emergida del dique

(2) Aplicada sobre la superficie lateral exterior sumergida del dique

(3) Aplicada sobre toda la superficie lateral del dique

FUERZAS DINÁMICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE Y MOVIMIENTOS INDUCIDOS

Esfuerzos en los módulos de dique flotante y conectores

- Máximo momento flector en guiñada (sway): 4.307 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en guiñada (sway): 200,4 kN
- Máximo momento flector en cabeceo (heave): 1.046 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en cabeceo (heave): 111.6 kN·m
- Máximo momento torsor en balanceo (roll): 197 kN·m

Desplazamientos

- Máximo desplazamiento de guiñada (sway): 4.167 m
- Máximo desplazamiento de cabeceo (heave): 1.783 m
- Máximo giro de balanceo (roll): 0.37 rad

10 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO MEDIANTE CADENAS Y MUERTOS.

10.1 METODOLOGÍA APLICADA.

Se dimensionará un sistema de fondeo mediante cadenas y muertos imponiendo las siguientes condiciones, sancionadas tanto por la práctica como recomendadas en todas las publicaciones especializadas (P. ej. British Standard Institute – Code of Practice for Maritime Structures, 1989 ó MOPU – Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayuda a la Navegación)

1. Se dispone una geometría de cadena que forme en cualquier situación meteorológica una catenaria con tangente horizontal en el fondo marino.
2. La longitud de cadena será aproximadamente 3 veces la profundidad a fin de evitar tensiones excesivas sobre la cadena y para garantizar en cualquier caso el desarrollo de la catenaria de tangente horizontal en la distancia comprendida entre el flotador y el muerto.

Para dimensionar la cadena se utilizará un análisis quasi – estático (BS 6349: Part 6: 1989), que es invariablemente válido para la mayoría de los fondeos. Este método se aplica en los casos en los que los movimientos de segundo orden debidos a ondas largas no son relevantes, tal como ocurre en el caso de agitación por oleaje de viento de corto periodo. Los máximos movimientos de primer orden se estiman independientemente del sistema de fondeo y se añaden a los movimientos de la estructura debidos a las cargas consideradas como estáticas inducidas por el viento o la corriente.

El coeficiente de seguridad frente a rotura por tracción a utilizar en las cadenas no está definido en ninguna normativa de obligado cumplimiento, existiendo cierta variabilidad entre las recomendaciones más reconocidas.

BS 6349: Part 6: 1989

- Condiciones normales de operación: $F_s = 3$
- Condiciones extremas: $F_s = 2$

Normas Técnicas sobre Obras e Instalaciones de Ayuda a la Navegación MOPU

- En cualquier condición: $F_s = 5$

Se adoptará en el presente proyecto un coeficiente intermedio entre estas dos recomendaciones, que además coincide con el valor más frecuente en las normas de IALA ($F_s=4$).

Para el dimensionamiento del sistema de fondeo mediante cadenas y muertos se procederá del siguiente modo:

- A) Elección del tipo de cadena en función de la fuerza que ha de soportar cada línea de fondeo, de la durabilidad de la misma por efecto de la corrosión y de su longitud.

En primer lugar, se determina el calibre de la cadena necesaria para soportar las fuerzas a las que va a estar sometida, mayoradas con el factor de seguridad anteriormente citado.

El calibre de la cadena obtenido ha de ser incrementado para tener en cuenta el efecto de la corrosión, de modo que se asegure una durabilidad adecuada de la misma.

Por otro lado, la elección de una cadena de mayor calibre a la estrictamente necesaria por resistencia, permite disminuir la longitud de la misma, ya que al ser más pesada la longitud de la catenaria descrita por la cadena de fondeo entre el punto de tangencia con el fondo y el punto de anclaje al dique flotante es menor.

Una vez seleccionado el calibre de la cadena necesaria, se seguirán los siguientes pasos para la determinación de la longitud necesaria de cadena:

1. Se tantea la distancia y la fuerza horizontal para el nivel máximo de las aguas ($N_{max}= 4.50$ m) con el ángulo de salida deseado de la cadena en el punto de anclaje con el dique flotante. La fuerza de horizontal obtenida ha de ser mayor que la suma de fuerzas actuantes sobre el dique.
 2. En principio se adopta la distancia horizontal obtenida para la situación del nivel máximo de las aguas.
 3. Para la situación del nivel máximo de las aguas y con las condiciones extremas de las acciones climatológicas previstas (acción del oleaje, del viento y de la corriente) se comprueba si para la distancia horizontal adoptada para las condiciones de N_{max} , la tensión horizontal es superior a las acciones de diseño para un ángulo de entrada razonable.
 4. Adicionalmente se comprueban las tensiones horizontales para las situaciones de BMVE y del nivel medio del mar.
- B) Los muertos se dimensionarán teniendo la condición impuesta a la catenaria de que en ningún caso ésta actúe como una fuerza vertical ascendente en el punto de anclaje al muerto. En estas condiciones, el muerto sólo debe resistir una fuerza horizontal H .

El muerto cumple si: $W_{sum} \cdot \tan \phi > H$

En el Anexo V del presente anejo se incluye los cálculos realizados para el dimensionamiento del sistema de fondeo mediante cadenas y muertos.

10.2 RESULTADOS.

Cadena:	Acero grado 2 de 44 mm de calibre
Peso de la cadena:	41 kg/m
Longitud de la cadena:	38 m
Distancia a los muertos:	36 m
Peso de los muertos de hormigón:	12 Tn

11 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL DIQUE FLOTANTE.

Oleaje de diseño

$H_s = 1.30$ m

$T_p = 4.50$ s

Otros condicionantes de diseño

- Corriente 0.4 m/s
- Velocidad básica del viento de 32.5 m/s

Dimensiones

Longitud:	L =	20.00	m
Ancho:	B =	5.00	m
Puntal:	P =	2.25	m
Francobordo	F=	0.75	m
Calado	D=	1.50	m
Altura de quillas	k =	0.95	m

Esfuerzos sobre el dique flotante

FUERZAS TOTALES ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

			Por m.l.	Total dique	Por anclaje	
Fuerza del viento (kN)	➤	(1)	Fwe (max)	0.83	16.67	8.33
Fuerza de la corriente (kN)	➤	(2)	Fd	0.12	2.46	1.23
Fuerza del oleaje (kN)	➤	(3)	Fmo (max)	1.06	21.24	10.62
Fuerza máxima total (kN)			F	2.02	40.37	20.18

(1) Aplicada sobre toda la superficie lateral exterior emergida del dique

(2) Aplicada sobre la superficie lateral exterior sumergida del dique

(3) Aplicada sobre toda la superficie lateral del dique

FUERZAS DINÁMICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE Y MOVIMIENTOS INDUCIDOS

Esfuerzos en los módulos de dique flotante y conectores

- Máximo momento flector en guiñada (sway): 4.307 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en guiñada (sway): 200,4 kN
- Máximo momento flector en cabeceo (heave): 1.046 kN·m
- Máximo esfuerzo cortante en cabeceo (heave): 111.6 kN·m
- Máximo momento torsor en balanceo (roll): 197 kN·m

Sistema de fondeo

Muertos de hormigón y cadenas

Cadena:	Acero grado 2 de 44 mm de calibre	
Peso de la cadena:	41	kg/m
Longitud de la cadena:	38	m
Distancia a los muertos:	36	m
Peso de los muertos de hormigón:	12	Tn

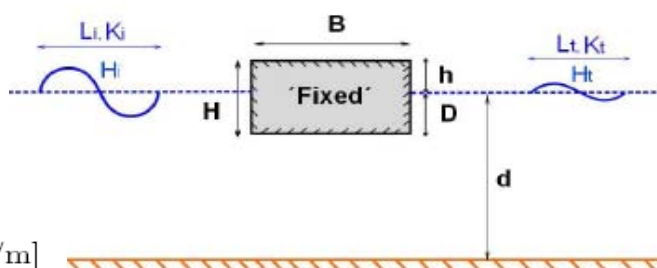
ANEXO I. ANÁLISIS DE LA ATENUACIÓN DEL OLEAJE

WAVE TRANSMISSION COEFFICIENT OF A FLOATING BREAKWATER

Among the theories of wave transmission for partial barriers, the most appropriate to the case of floating breakwaters is that of Ruol et al. (2012), which takes into account that the structure is not fixed and therefore there are movements in it. This formula is calibrated for both Π type floating breakwaters and for simple parallelepiped pontoons and is valid for anchors with cables, chains or piles.

Macagno (1954)

$$C_t = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\frac{k_i B \sinh(k_i d)}{2 \cosh(k_i d - k_i D)} \right]^2}}$$



In which:

k_i = incident wave number [rad/m]

Ruol et al. (2012)

$$C_t = \beta(\chi) C_{t;Macagno} \quad \text{with} \quad \beta(\chi) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\chi - \chi_0}{\chi_0} \right) \exp - \left(\frac{\chi - \chi_0}{\sigma} \right)}$$

In which:

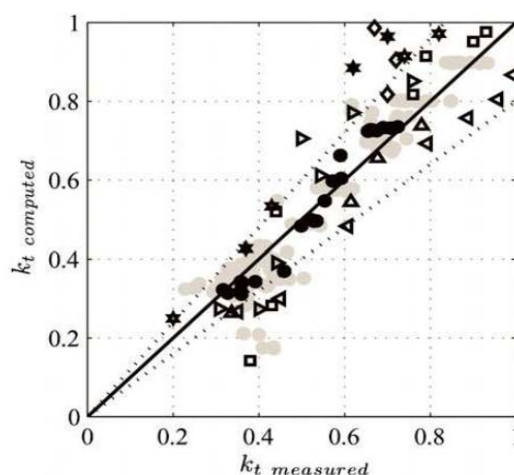
β = modification factor based on curve fitting

χ_0 = 0.7919, with 95% confidence interval 0.7801, 0.8037

σ = 0.1922, with 95% confidence interval 0.1741, 0.2103

$$\frac{T_p}{T_h} \approx \chi = \frac{T_p}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{D + 0.35B}}$$

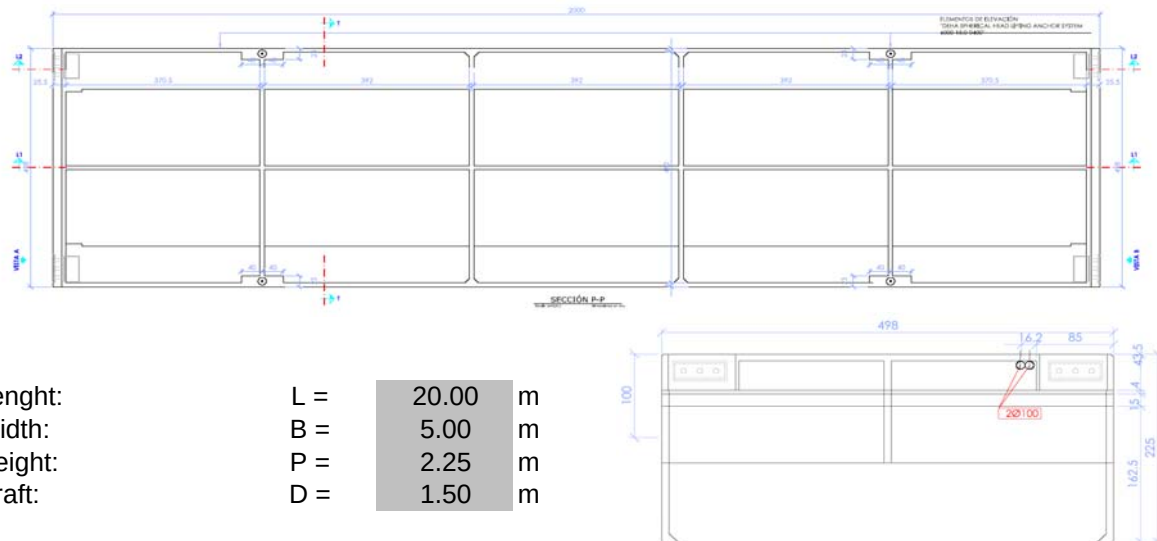
$$T_h = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{D + 0.35B}}}$$



Symbol	Dataset	Type of anchorage	Pontoon type	Waves
shaded circle	Ruol et al., 2013a	cables	pi-type	irregular
solid circle	Martinelli et al., 2008	cables	pi-type	irregular
square	Gesraha, 2006	cables	pi-type	regular
diamond	Koutandos et al., 2005	piles	pontoon	regular
open asterisk	Cox et al., 2007	piles	pontoon	regular
solid asterisk	Cox et al., 2007	piles	pontoon	irregular
left triangle	Peña et al., 2011 (Model A)	chains	pi-type	regular
upward triangle	Peña et al., 2011 (Model B)	cables	pi-type	regular
right triangle	Peña et al., 2011 (Model C)	cables	pi-type	regular

CALCULATION OF THE TRANSMISSION COEFICIENT

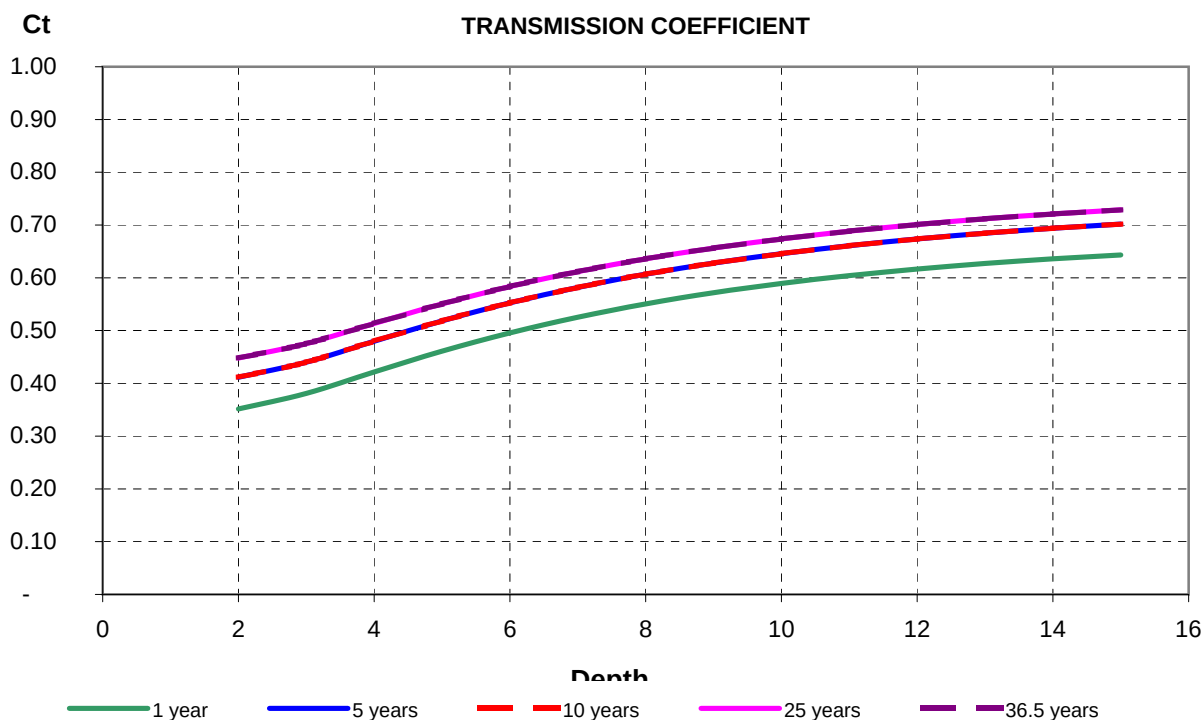
FLOATING BREAKWATER GEOMETRY



DESIGN WAVES

Return period (years)	1	5	10	25	36.5
Significant height: Hs =	0.94	1.11	1.18	1.26	1.29
Peak period: Tp =	4.00	4.30	4.30	4.50	4.50

TRANSMISSION COEFFICIENT FOR DESIGN WAVES

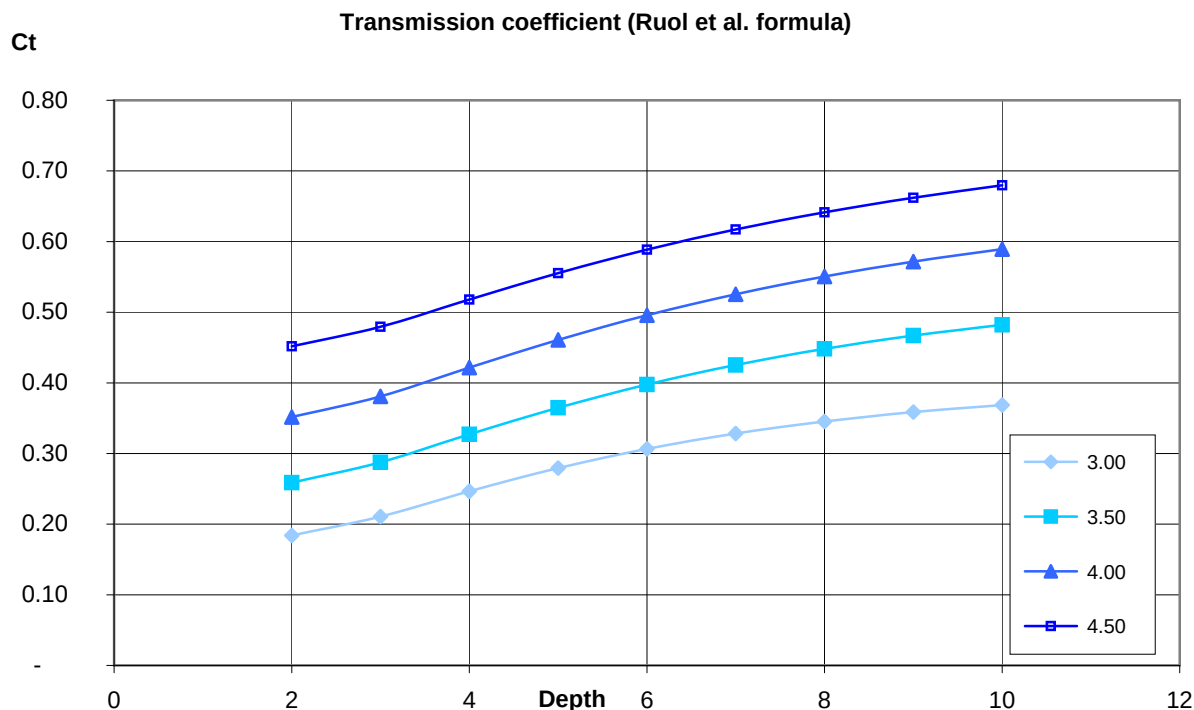


TRANSMITTED WAVES

Return period (years)	Hs (m)	Tp (s)	d (m)	Kt	Ht (m)
1	0.94	4.00	9.50	0.57	0.54
5	1.11	4.30	9.50	0.63	0.70
10	1.18	4.30	9.50	0.63	0.74
25	1.26	4.50	9.50	0.66	0.83
36.6	1.29	4.50	9.50	0.66	0.85

WAVE TRANSMISSION COEFFICIENT AS A FUNCTION OF PEAK PERIOD AND DEPTH

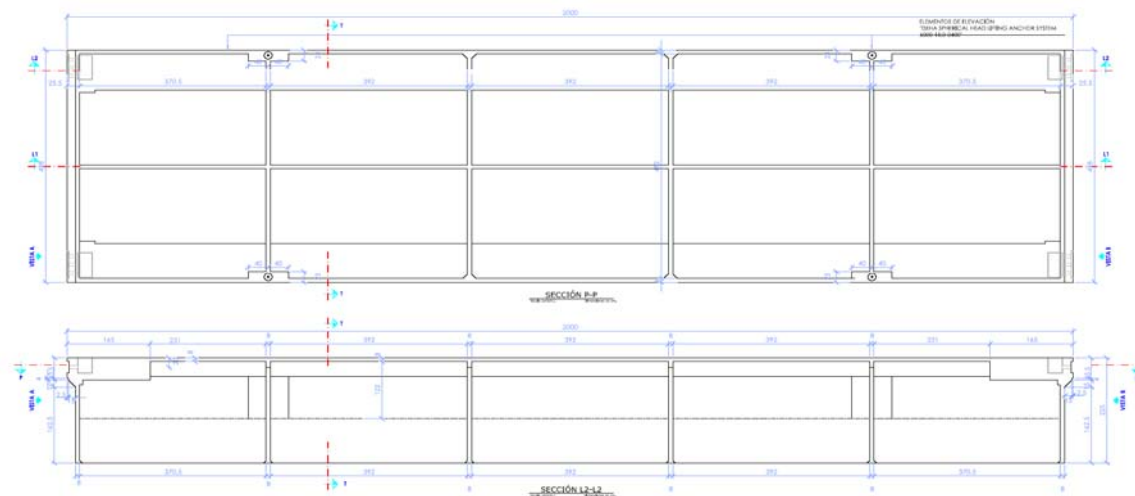
d	Tp 3.00		Tp 3.50		Tp 4.00		Tp 4.50	
	K	Ct	K	Ct	K	Ct	K	Ct
2	0.85	0.18	0.72	0.26	0.63	0.35	0.56	0.45
3	0.70	0.21	0.60	0.29	0.52	0.38	0.46	0.48
4	0.62	0.25	0.52	0.33	0.45	0.42	0.40	0.52
5	0.57	0.28	0.47	0.36	0.41	0.46	0.36	0.56
6	0.54	0.31	0.44	0.40	0.38	0.50	0.33	0.59
7	0.51	0.33	0.42	0.43	0.35	0.53	0.31	0.62
8	0.50	0.35	0.40	0.45	0.33	0.55	0.29	0.64
9	0.48	0.36	0.38	0.47	0.32	0.57	0.28	0.66
10	0.47	0.37	0.37	0.48	0.31	0.59	0.27	0.68
11	0.47	0.38	0.36	0.49	0.30	0.60	0.26	0.69
12	0.46	0.38	0.36	0.50	0.29	0.62	0.25	0.71
13	0.46	0.39	0.35	0.51	0.29	0.63	0.24	0.72
14	0.46	0.39	0.35	0.52	0.28	0.64	0.24	0.73
15	0.45	0.39	0.34	0.53	0.28	0.64	0.23	0.74



ANEXO II. FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD Y ESCORA

BUOYANCY, STABILITY AND TILT OF FLOATING BREAKWATERS

DIMENSIONS AND WEIGHT

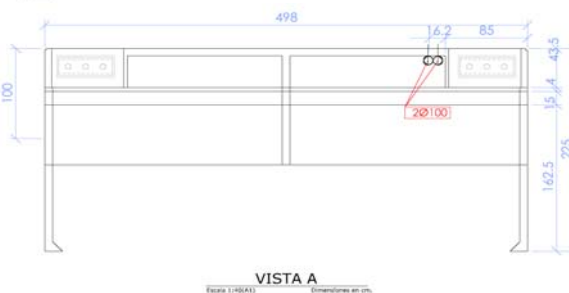


General dimensions

Lenght:	L =	20.000	m
Width:	B =	5.000	m
Total height:	P =	2.250	m
Keels height:	k =	0.950	m

Pontoon configuration:

Upper slab thickness:	e1 =	0.080	m
Lateral walls thickness	e2 =	0.080	m
Longitudinal beams			
Width:	bw =	0.850	m
Height:	bh =	0.400	m
Inner diaphragms:			
No. Diaphragms:	Nd =	5	un.
Thickness:	e3 =	0.080	m
Height:	dh =	1.220	m
Modulus heads			
Head setback:	Hs =	0.175	m
Inner height:	Ih =	0.625	m
Outer height:	Oh =	0.238	m
Central nerve			
Height:	Nh =	1.220	m
Thikness:	Nt =	0.080	m
Lifting reinforcements			
No. Reinforcements		4	un.
Lenght:		0.800	m
Thikness:		0.150	m
Height:		1.220	m



Areas, volumes and weight

Typical section area	1.240	m ²
Typical section lenght	19.490	m
Typical section volume	24.168	m ³
Diaphragms volume	2.362	m ³
Heads volume	1.951	m ³
Central nerve volume	1.902	m ³
Lifting reinforcements volume	0.586	m ³
Total reinforced concrete volume	30.968	m³
Reinforced concrete density	2.500	t/m ³
Expanded polystyrene volume	110.33	m ³
Expanded polystyrene density	15.00	kg/m ³
Reinforced concrete weight	77.421	t
Expanded polystyrene weight	1.65	t
Accessories weight	0.25	t
Total weight	79.33	t

BUOYANCY, STABILITY AND TILT

LOADS

Water density	Wd =	1.023	t/m ³	
Maximum vertical load	Qv =	450	kg/m ²	(Applied to the full deck)
Load for testing tilt	Qt =	225	kg/m ²	(Applied to a half of the deck width)

BUOYANCY

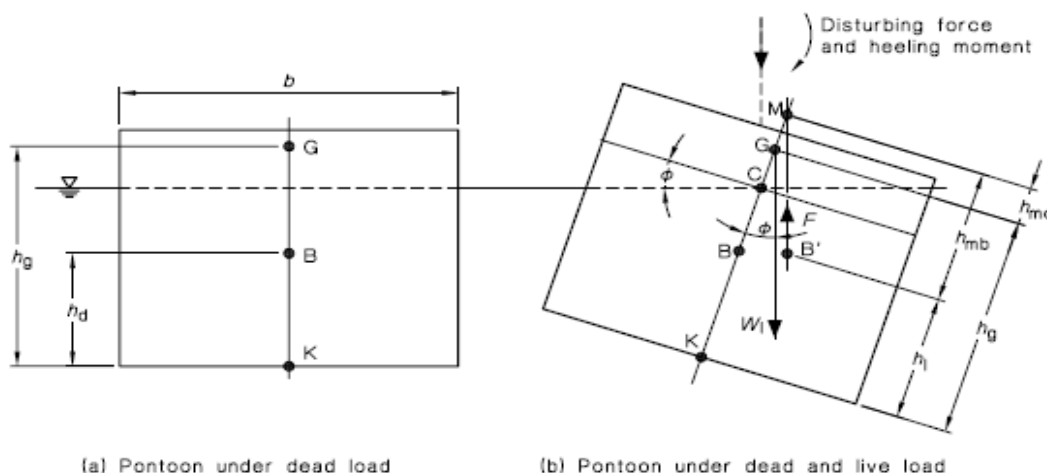
	Unloaded	Fully loaded	Half deck load ^(*)
Total load (ton)	79.33	124.33	101.83
Flotation area (m ²)	98.25	98.25	98.25
Displaced volume (m ³)	77.54	121.53	99.54
Draft (m)	1.74	2.19	1.96
Freeboard (m)	0.51	0.06	0.29

(*) Approximation without considering tilt. See "Tilt" section

STABILITY

Stability parameters

A partially submerged body is stable if the metacentre is above the center of gravity. Thus, if the "metacentric height" defined as the distance between the center of gravity and the metacentre is positive, the stability is guaranteed.



LEGEND:

G = Centre of gravity of pontoon
B = Centre of buoyancy of pontoon at rest
M = Metacentre
B' = Centre of buoyancy of displaced pontoon
K = Keel
W₁ = Total dead and live weight
F = Flotation of buoyant force
C = Centroid of water plane area

Center of gravity height (m):
Center of buoyancy height (m)
Flotation inertia (m⁴)
Displacement volume (m³)
Metacentric height above center of buoyancy (m)

$$I = lb^3/12$$

$$h_{mb} = \frac{I}{V_1}$$

	Unloaded	Fully loaded	Half deck load
hg =	1.83	1.37	1.63
hb =	1.34	1.57	1.46
I =	208.33	208.33	208.33
Vd =	81.15	126.38	92.46
hmb =	2.57	1.65	2.25

Metacentre height above keels:

$$h_{mc} = h_{mb} + \frac{h_1}{2} - h_g$$

	unloaded	fully loaded	half deck load
hmc (m) =	1.61	1.38	1.60
hmc > 0	hmc > 0	hmc > 0	hmc > 0
STABLE	STABLE	STABLE	STABLE

TILT

Tilt angle for a superficial load applied to a half of the pontoon deck can be calculated from the equilibrium of moments:

$$\tan \phi = \frac{M}{W_1 h_{mc}}$$

where M is the destabilizing moment due to the load: $M = 14.06 \text{ t} \cdot \text{m}$

$$\phi = 4.92^\circ \quad \text{TILT} < 5^\circ \text{ --- ADMISSIBLE ---}$$

And the minimum freeboard will be: $h_f = h - (h_1 + 0.5 b \tan \phi)$

where

h_f = freeboard, in metres

h = depth of pontoon, in metres

h_1 = draught, in metres

B = width of pontoon, in metres

ϕ = angle of tilt, in degrees

$$h_f = 0.07 \text{ m} \quad \text{Minimum freeboard} > 0. \text{ Pontoon not submerged}$$

SUMMARY

Pontoon weight:	79.33	t	
Freeboard unloaded:	0.51	m	
Max load:	450	kg/m ²	(Applied to the full deck)
Freeboard with max. load:	0.06	m	
Load for testing tilt:	225	kg/m ²	(Applied to a half of the deck width)
Stability unloaded	STABLE		
Stability fully loaded	STABLE		
Stability with half deck load:	STABLE		
Tilt angle:	4.92	°	TILT < 5° --- ADMISSIBLE ---
Minimum freeboard with half deck load:	0.07	m	

ANEXO III. FUERZAS ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

FUERZAS ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

FUERZAS INDUCIDAS POR EL VIENTO

Fuerzas de viento (Tomado de British Standard BS 6349-6:1989. Code of practice for Maritime structures - Part 6, 1989)

La fuerza ejercida por el viento sobre la estructura está definida por:

$$F_w = q \cdot A \cdot C$$

donde

q: es la presión unitaria del viento
A: es el área efectiva expuesta al viento en m² (incluyendo las embarcaciones atracadas)
C: es el coeficiente de forma de la estructura (se asume el valor 1.0 para pantalanes)

Presión del viento

Presión del viento, q (en kN/m²) puede ser tomada como:

$$q = 0.613 \times 10^{-3} \times V_w^2$$

donde V_w es la velocidad del viento de diseño m/s

Velocidad del viento de diseño

La velocidad del viento de diseño será la de la ráfaga de 3 segundos:

$$V_w = V_{gust,1min} = 1.31 \cdot V_{w,10min}$$

donde V_{w,10 min} es la velocidad básica del viento

FUERZAS INDUCIDAS POR LA CORRIENTE

Presión estática (Tomado de British Standard BS 6349-6:1989. Code of practice for Maritime structures - Part 6, 1989)

$$F_D = \frac{1}{2} (C_D \rho V^2 A_n)$$

F _D	es la fuerza estática de arrastre (kN)
C _D	es el coeficiente de arrastre
ρ	es la densidad del agua (en t/m ³)
V	es la velocidad de la corriente incidente (en m/s)
A _n	es el área normal al flujo de la corriente (en m ²)

FUERZAS INDUCIDAS POR EL OLAJE

Fuerzas de deriva

(Tomado de British Standard BS 6349-6:1989. Code of practice for Maritime structures - Part 6, 1989)

La fuerza media de deriva del olaje, F_{WD} (en kN), para un oleaje irregular viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{WD} = 2gL\rho \int_0^\infty S_\eta(f) R^2(f) df$$

donde

ρ es la densidad del agua (en t/m³);
g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s²);
L es la longitud de la embarcación o de la estructura normal al oleaje;
S_η(f) es la función de distribución espectral uno-dimensional de la elevación del mar, para la frecuencia del oleaje f;
R²(f) es el coeficiente de la fuerza de arrastre para un oleaje de frecuencia f;

Se puede hacer una sencilla estimación conservadora de la fuerza media de deriva, sin tener que recurrir a la modelización de una estructura, suponiendo que todas las ondas se reflejan totalmente fuera de la estructura, es decir, el valor de R²(f) es de 0,5. La fuerza de deriva media para un oleaje irregular viene dada entonces por la ecuación:

$$F_{WD} = \frac{\rho g L H_s^2}{16}$$

donde H_s es la altura de ola significativa (en m).

CÁLCULO DE FUERZAS ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

DATOS DE PARTIDA

Generales

Densidad del agua (kg/m ³)	$\rho_w =$	1 025.00
Aceleración de la gravedad (m/s ²)	$g =$	9.81

Dimensiones del dique flotante

Eslora (m)	$E =$	20.00
Manga (m)	$M =$	5.00
Puntal (m)	$P =$	2.25
Calado (m)	$d =$	1.50
Francobordo (m)	$F_b =$	0.75
Peso (t)	$W =$	79.33

Viento

Velocidad Básica del viento (m/s)	$V_{w,10min} =$	32.50
Factor de ráfaga	$Fr,1min =$	1.31
Velocidad del viento de diseño (m/s)	$V_{w,1min} =$	42.58
Coefficiente arrastre viento	$C =$	1.00

Corriente

Velocidad máxima de la corriente (m/s)	$V =$	0.40
Coefficiente arrastre corriente	$C_d =$	1.00

Oleaje

Angulo de incidencia del oleaje (°)	$\beta =$	-
Altura de ola sinificante	$H_s =$	1.30
Periodo de pico	$T_p =$	4.50

CÁLCULO DE FUERZAS INDUCIDAS POR EL VIENTO

Fuerza viento por metro lineal (kN)	$F_{we} =$	0.83
-------------------------------------	------------	------

CÁLCULO DE FUERZAS INDUCIDAS POR LA CORRIENTE

Fuerza corriente por metro lineal (kN)	$F_d =$	0.12
--	---------	------

CÁLCULO DE FUERZAS DE DERIVA INDUCIDAS POR EL OLEAJE

Fuerza oleaje por metro lineal (kN)	$F_{wd} =$	1.06
-------------------------------------	------------	------

FUERZAS TOTALES ESTÁTICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE

			Por m.l.	Total dique	Por anclaje
Fuerza del viento (kN)	(1)	Fwe (max)	0.83	16.67	8.33
Fuerza de la corriente (kN)	(2)	Fd	0.12	2.46	1.23
Fuerza del oleaje (kN)	(3)	Fmo (max)	1.06	21.24	10.62
Fuerza máxima total (kN)		F	2.02	40.37	20.18

- (1) Aplicada sobre toda la superficie lateral exterior emergida del dique
(2) Aplicada sobre la superficie lateral exterior sumergida del dique
(3) Aplicada sobre toda la superficie lateral del dique

ANEXO IV. FUERZAS DINÁMICAS SOBRE EL DIQUE FLOTANTE Y MOVIMIENTOS

```

*****
*
PROGRAM FLOAT by C.GEORGIADIS                                copyright RUNET www.runet.no
*****
*

FB5_T4p5_Hs1p3_4p [17/03/2016 20:36:12]
*****
*

NUMBER OF PONTOONS ..... 4

FLAG FOR DIRECTION ..... 0      0 SWAY + HEAVE + ROLL
                                   1 SWAY
                                   2 HEAVE
                                   3 ROLL
                                   4 SWAY + HEAVE

FLAG FOR SAME PONTOONS..... 0    0 SAME
                                   1 DIFFERENT

FLAG FOR RIGID CONNECTORS... 1    0 RIGID
                                   1 FLEXIBLE

FLAG FOR SAME CONNECTORS..... 0    0 SAME
                                   1 DIFFERENT

FLAG FOR RUN MODE ..... 4      0 EIGENVALUE SOLUTION
                                   1 EIGENVALUE + FREQUENCY RESPONSE
                                   2 FREQUENCY RESPONSE
                                   3 EIGENVALUE + TIME SERIES
                                   4 ALL THE ABOVE

FLAG FOR UNITS..... 1          0 FEET-KIPS
                                   1 METERS-KNEWTONS

FLAG FOR TIME SERIES INPUT... 1    0 SIMULATED FROM SPECTRUM
                                   AT EQUAL FREQUENCY INTERVALS
                                   1 SIMULATED FROM SPECTRUM AT
                                   EQUAL SPECTRA AREAS
                                   2 INPUT TIME SERIES
                                   3 READ FROM TAPE 11

FLAG FOR S.C.F. .... 3          0 INPUT VALUES
                                   1 LINEAR PRESSURE DECREASE
                                   2 QUADRATIC PRESSURE DECREASE
                                   3 MORE ACCURATE

FLAG FOR LOAD CORRELATION... 1    0 UNCORRELATED
                                   1 EXPONENT CORRELATION

FLAG FOR BOAT WAKE ANALYSIS  0    0 REGULAR ANALYSIS
                                   1 BOAT WAKE ANALYSIS
                                   2 BOAT WAKE ANALYSIS

FLAG FOR WAVE SPECTRUM      2    0 SPECTRUM INPUTED
                                   1 BRETSNEIDER
                                   2 JONSWAP

FREQUENCIES FOR HYDR COEFF.. 7
MIDDLE FREQUENCY FOR HYDR C.. 4

PLOT MODE SHAPES ..... 8
OUTPUT FREQUENCIES..... 8
MAXIMUM ITERATIONS FOR EIG.. 30
TOLERANCE IN COMPUT EIGEN... 0.100E-05

NUMBER OF FREQUENCIES IN
FREQUENCY RESPONSE ..... 32
LOADING PATTERN ..... 0      0 EVERY NODE

```

1 IN THE MIDDLE OF PONTOONS

NUMBER OF RANDOM SHIFTS 8
 NUMBER OF FREQUENCIES IN
 WAVE SPECTRUM 32

RANDOM SHIFT REGION $2\pi/(R)$ $R=$ 1.00000
 EXPONENT FACTOR FOR LOAD CORRELATION DECAY ALPHA = 4.47000
 BETA = 1.91000

WATER SPECIFIC WEIGHT 10.00000

NUMBER OF CONNECTORS..... 3
 NUMBER OF NODAL POINTS..... 12

P O N T O O N P R O P E R T I E S

#	LENGTH	WIDTH	Iyy	Ixx	J	Mxx,yy
---	--------	-------	-----	-----	---	--------

*

1	0.2000E+02	0.5000E+01	0.3804E+01	0.5070E+00	0.3000E-02	0.7645E+01
0.3506E+02						
2	0.2000E+02	0.5000E+01	0.3804E+01	0.5070E+00	0.3000E-02	0.7645E+01
0.3506E+02						
3	0.2000E+02	0.5000E+01	0.3804E+01	0.5070E+00	0.3000E-02	0.7645E+01
0.3506E+02						
4	0.2000E+02	0.5000E+01	0.3804E+01	0.5070E+00	0.3000E-02	0.7645E+01
0.3506E+02						

#	CABLE 1	CABLE 2	CABLE 3	S.C.F.
---	---------	---------	---------	--------

*

1	0.1200E+01	0.0000E+00	0.1200E+01	1.0000
2	0.1200E+01	0.0000E+00	0.1200E+01	1.0000
3	0.1200E+01	0.0000E+00	0.1200E+01	1.0000
4	0.1200E+01	0.0000E+00	0.1200E+01	1.0000

MODULUS OF ELASTICITY .41000E+08
 POISSONS RATIO 0.20000
 SHEAR MODULUS .17083E+08

C O N N E C T O R P R O P E R T I E S

CONN NUMB	LENGTH	Icyy	Icxx	Jc	Acxx
-----------	--------	------	------	----	------

Acy

1	0.1000E+00	0.2098E+01	0.7000E-02	0.2098E+01	0.4330E+00
0.4330E+00					
2	0.1000E+00	0.2098E+01	0.7000E-02	0.2098E+01	0.4330E+00
0.4330E+00					
3	0.1000E+00	0.2098E+01	0.7000E-02	0.2098E+01	0.4330E+00
0.4330E+00					

MODULUS OF ELASTICITY .35000E+05
 POISSONS RATIO 0.48000

SHEAR MODULUS

.11824E+05

H Y D R O D Y N A M I C C O E F F I C I E N T S

	MASS	DAMPING	FORCE/WAVE
PERIOD	2.10 SEC		

SWAY	1.057	0.184	15.682
HEAVE	2.784	0.017	7.421
ROLL	1.255	0.001	2.678
PERIOD	2.60 SEC		

SWAY	1.152	0.251	19.227
HEAVE	2.672	0.051	13.158
ROLL	1.254	0.000	0.128
PERIOD	3.20 SEC		

SWAY	1.334	0.264	21.012
HEAVE	2.575	0.107	18.538
ROLL	1.251	0.001	2.869
PERIOD	4.00 SEC		

SWAY	1.650	0.204	20.298
HEAVE	2.551	0.199	25.245
ROLL	1.252	0.003	5.546
PERIOD	4.50 SEC		

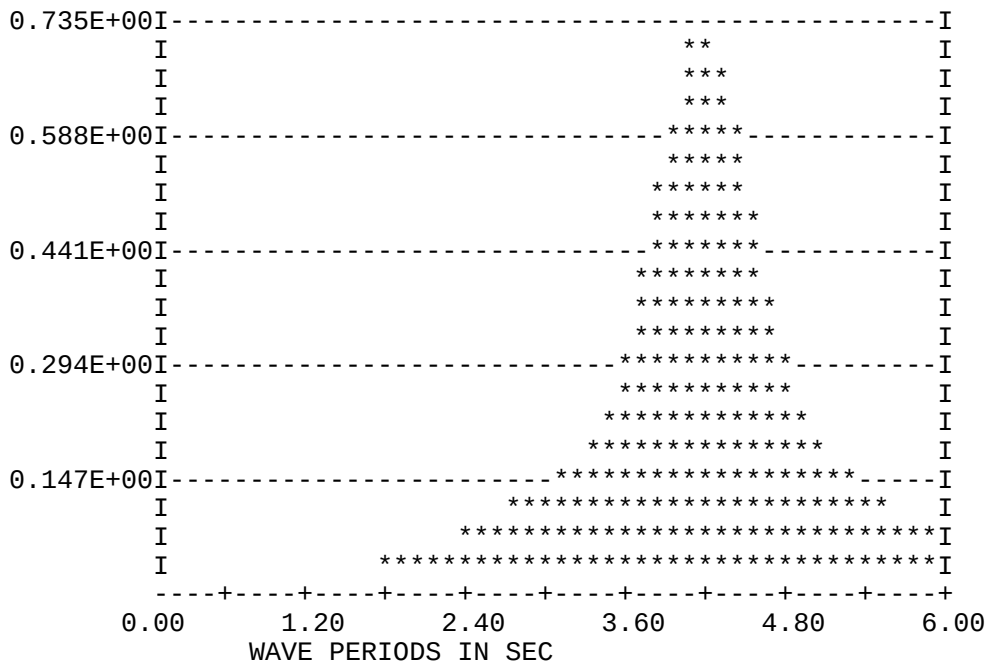
SWAY	1.778	0.148	17.875
HEAVE	2.604	0.254	28.815
ROLL	1.255	0.003	6.120
PERIOD	5.30 SEC		

SWAY	1.806	0.092	14.127
HEAVE	2.722	0.307	32.385
ROLL	1.258	0.003	5.865
PERIOD	6.30 SEC		

SWAY	1.742	0.049	9.970
HEAVE	2.923	0.353	35.955
ROLL	1.261	0.002	4.845

VALUES USED FOR EIGEN. SOLUTION

***** WAVE SPECTRUM *****
 HS= 1.300 TS= 4.500



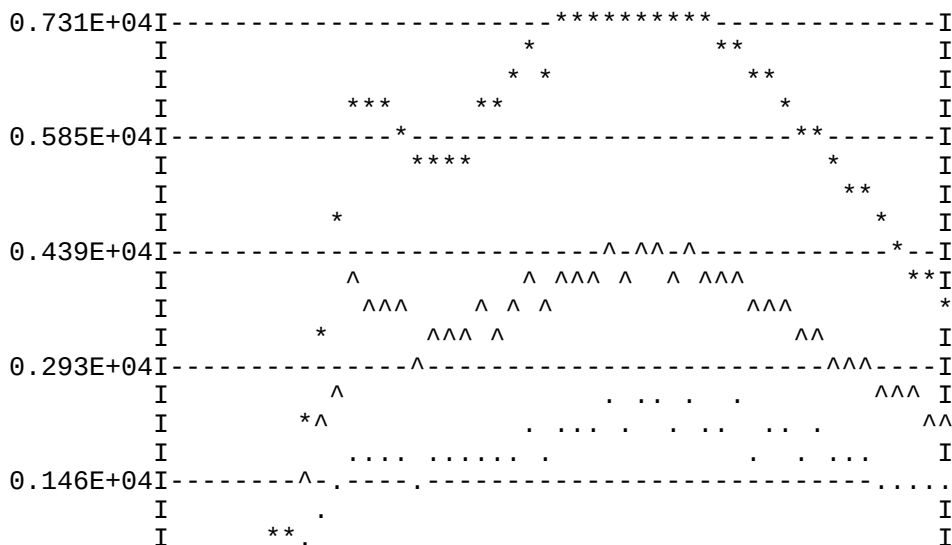
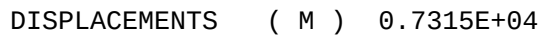
TIME SERIES ANALYSIS

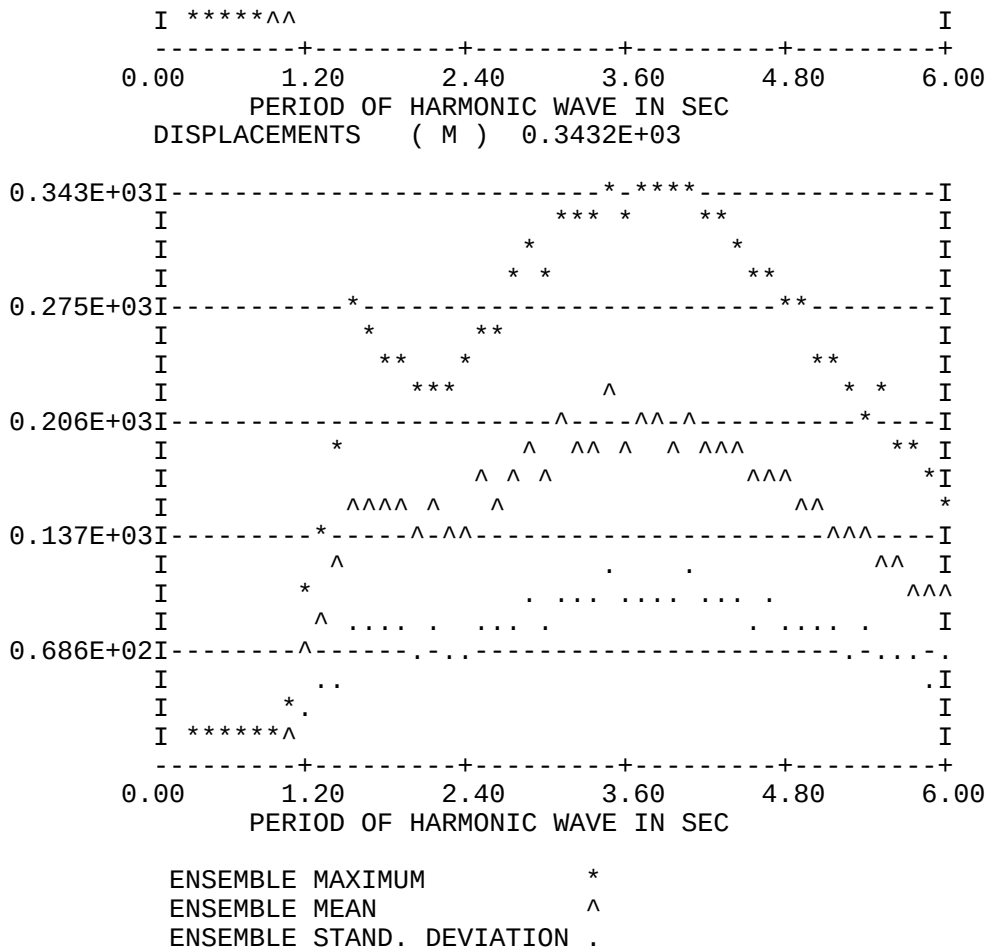
TIME INTERVAL IN SECONDS... 0.200
 TOTAL TIME IN SECONDS..... 100.00
 SHIFT TIME IN SECONDS..... 10.00
 THETA FOR WILSON INTEGR..... 1.40
 PARTICIPATING MODES SWAY 8
 PARTICIPATING MODES HEAVE 8
 PARTICIPATING MODES ROLL 8
 BLOCK LENGTH 2651
 NUMBER OF BLOCKS 1

STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.293
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.271
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.327
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.293
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.330
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.270
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.380
 STD DEV FROM SIMULATED TIME SERIES= 0.349

***** RESPONSE TO HARMONIC WAVES *****

DISPLACEMENTS (M) 0.1470E+01

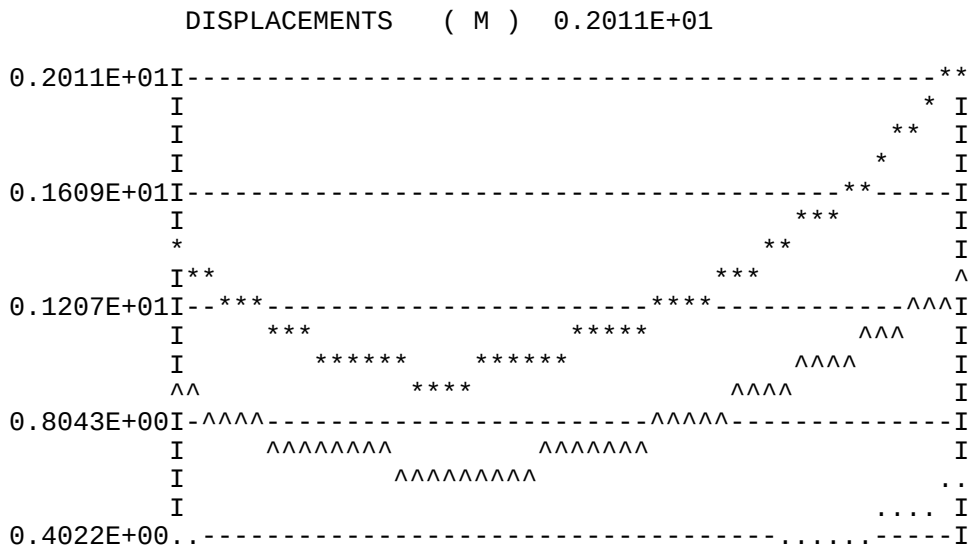




* SWAY MOTION *

***** FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS *****

RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50



ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

```

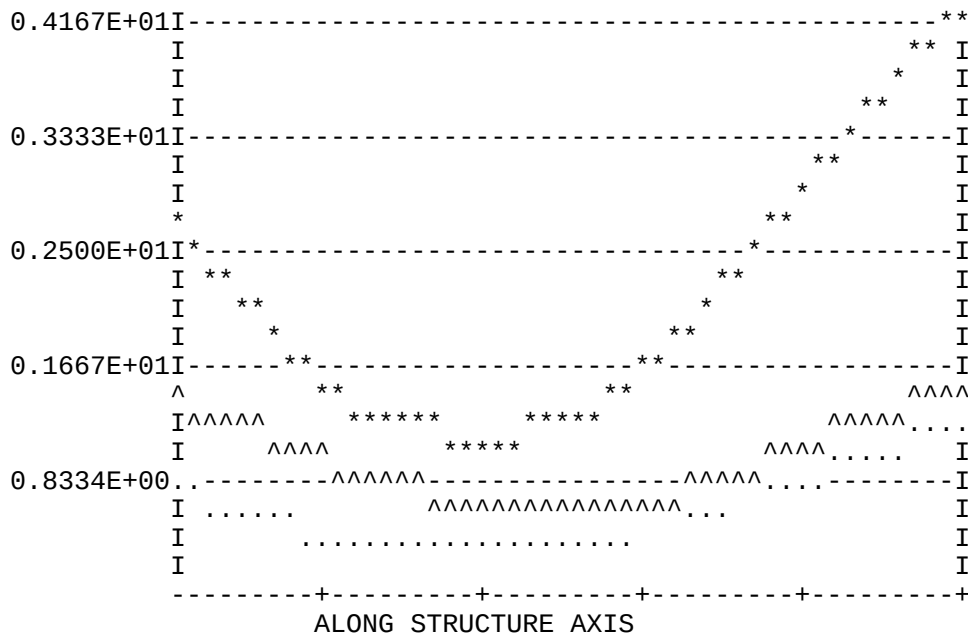
*****
*                                     *
*   SWAY MOTION                       *
*                                     *
*****

```

***** TIME DOMAIN ANALYSIS *****

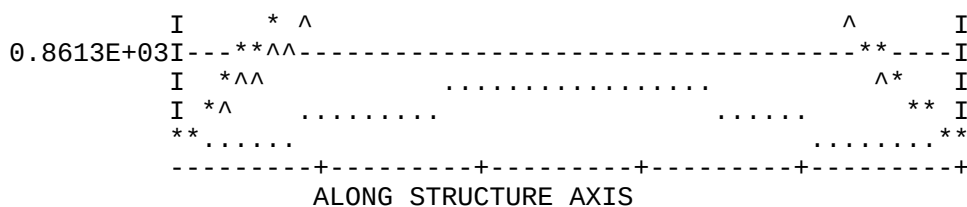
RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50

DISPLACEMENTS (M) 0.4167E+01

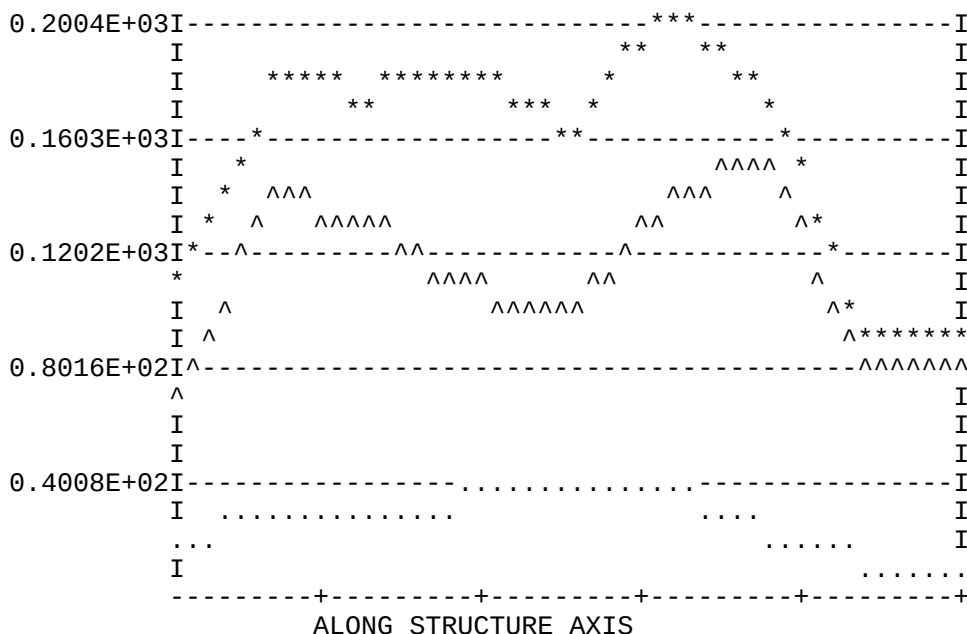


BENDING MOMENTS (KN*M) 0.4307E+04





SHEAR FORCE (KN) 0.2004E+03



ENSEMBLE MAXIMUM *

ENSEMBLE MEAN ^

ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

EIGENVALUE SOLUTION HEAVE

MODE	OMEGA	FREQUENCY	PERIOD
1	1.601	0.25484	3.924
2	1.601	0.25484	3.924
3	1.611	0.25635	3.901
4	1.667	0.26530	3.769
5	1.773	0.28225	3.543
6	20.507	3.26382	0.306
7	27.330	4.34982	0.230
8	35.223	5.60599	0.178
9	58.047	9.23860	0.108
10	62.187	9.89758	0.101
11	68.930	10.97072	0.091
12	73.946	11.76896	0.085


```

                                     *
                                * *
                           * * *
                      * * * *
                * * * * *
            * * * * * *
        * * * * * * *
    * * * * * * * *
* * * * * * * * *

```

```
*****
*****
*****
*****
*****
*****
****
***
**
*
```

```

      * *
    * * * *
  * * * * *
* * * * * *
* * * * * * *
* * * * * * * *
* * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * * * * * * *

```

```

*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
***
*
*
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

[illegible]

*****	*****	*****
*****	*****	*****
****	*****	*****
***	*****	*****
**	*****	*****
**	*****	*****
*	*****	*****
	*****	***

* *

```

      *
    *
  **
**
***
****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

[illegible]

```

      *
      *
    **
   ***
  ****
 *****
 *******
          *
         *
        *
       *
      *
     *
    *
   *
  *
 *

```

*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****
*	*****	*****	***
	*****	*****	**
	****	*****	*
	***	***	
	**	**	
	*	*	
		*	

```

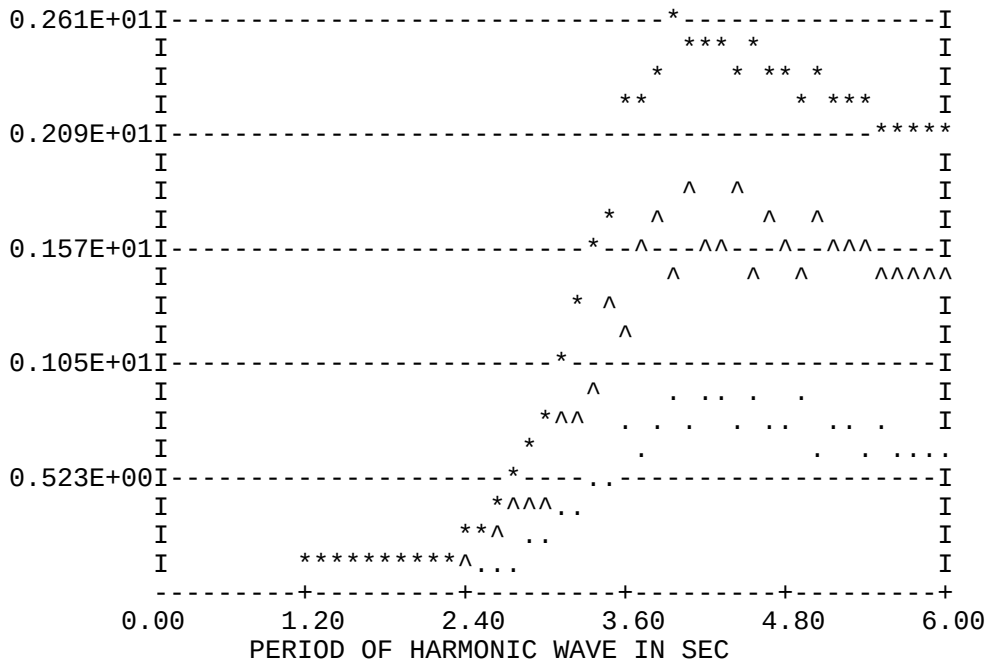
*****
*
*   HEAVE MOTION
*
*****

```

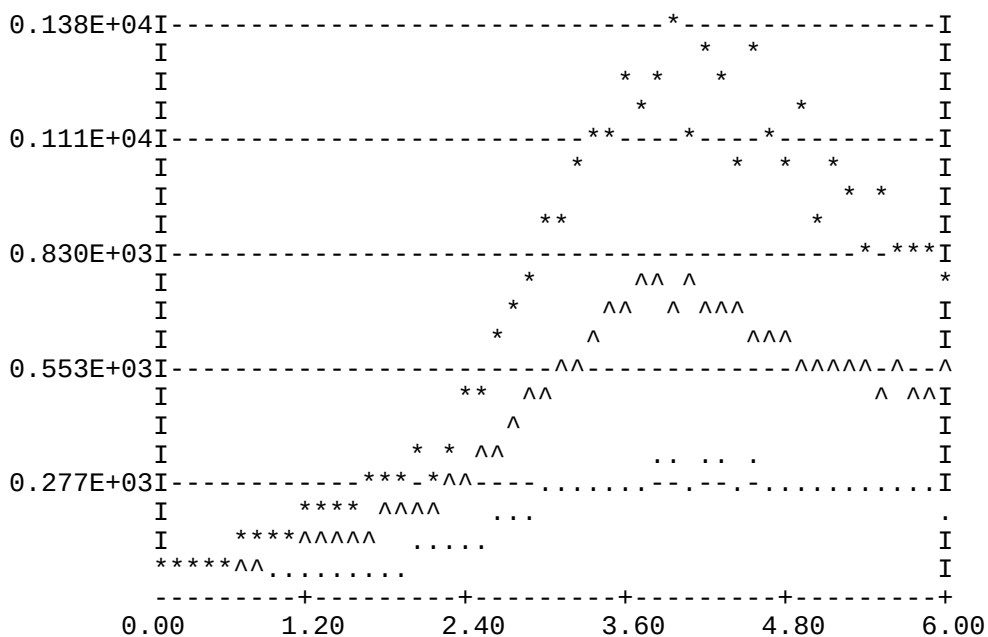
***** RESPONSE TO HARMONIC WAVES *****

UNIT AMPLITUDE WAVES (1 M)

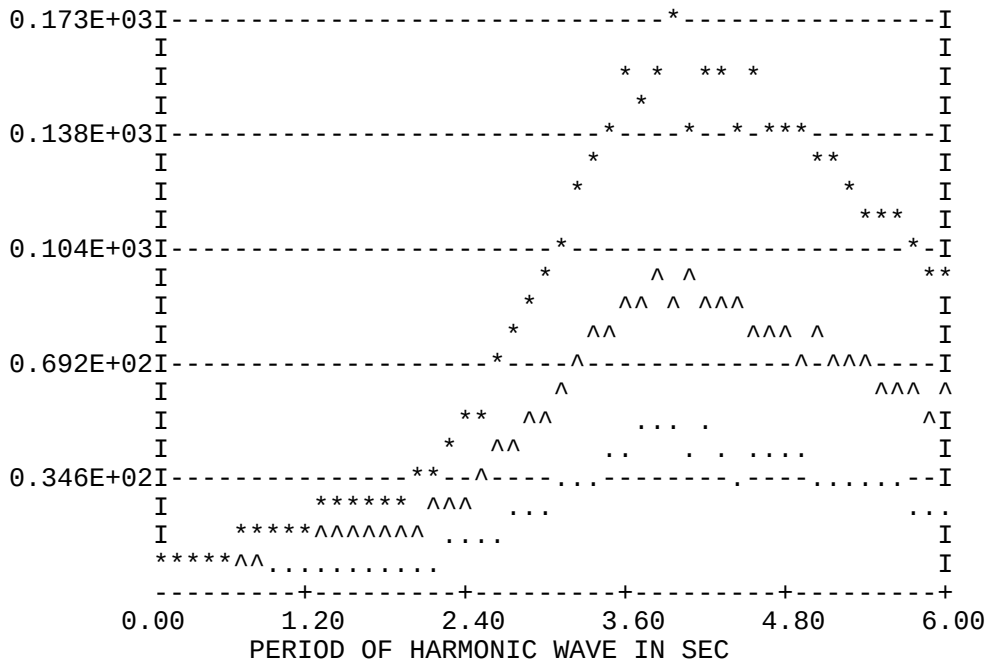
DISPLACEMENTS (M) 0.2614E+01



DISPLACEMENTS (M) 0.1383E+04



PERIOD OF HARMONIC WAVE IN SEC
DISPLACEMENTS (M) 0.1730E+03



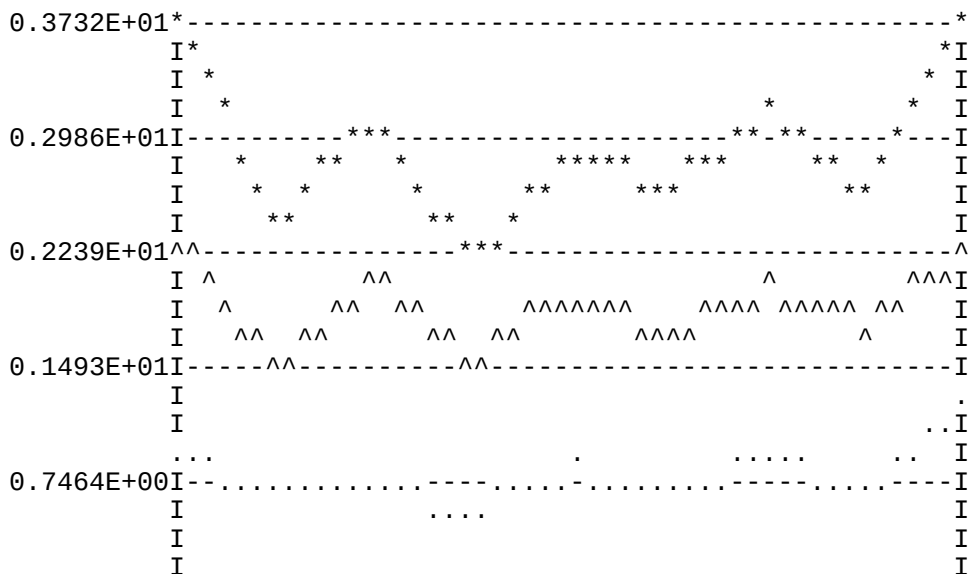
ENSEMBLE MAXIMUM *
ENSEMBLE MEAN ^
ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

*
* HEAVE MOTION *
*

***** FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS *****

RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50

DISPLACEMENTS (M) 0.3732E+01




```

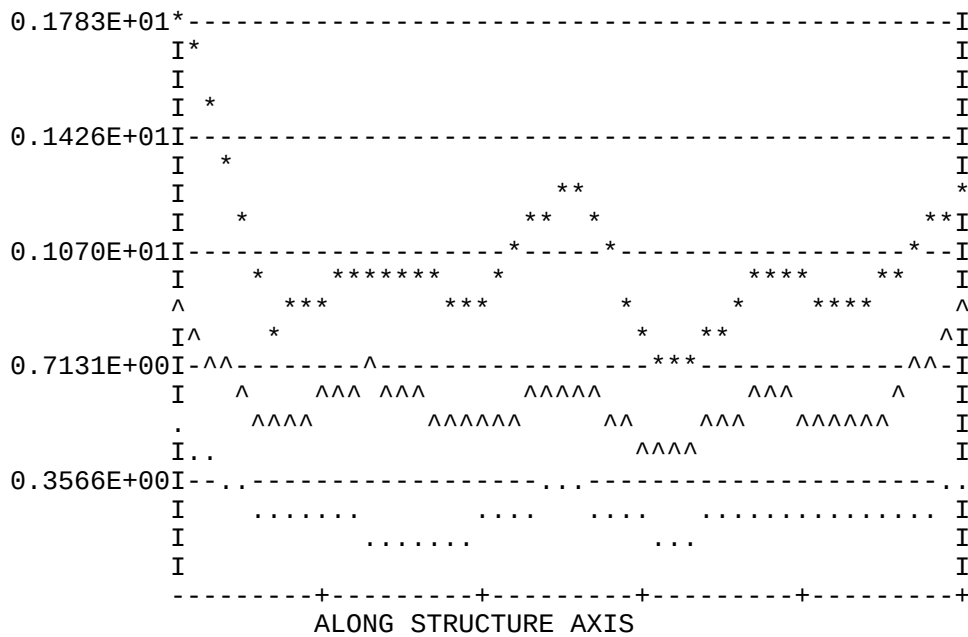
*****
*                                     *
*   HEAVE MOTION                     *
*                                     *
*****

```

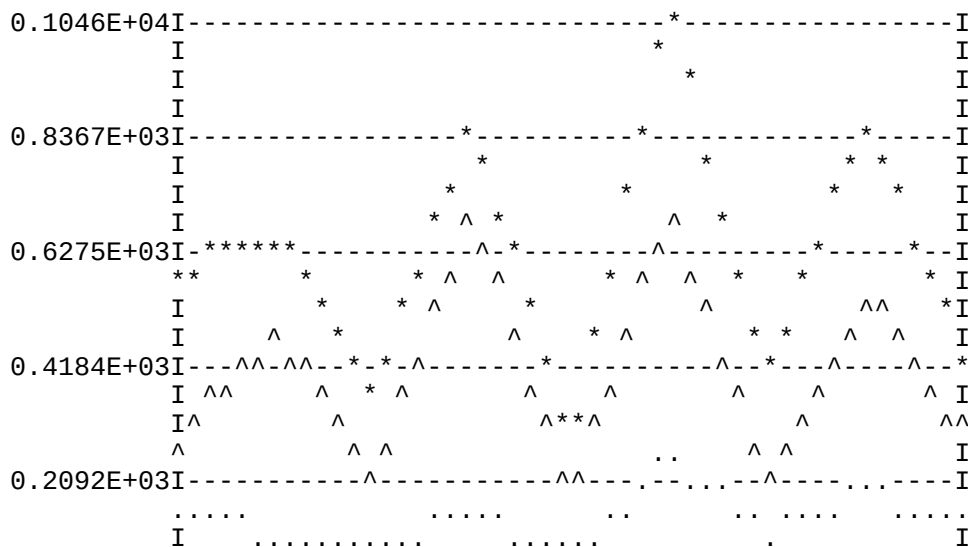
***** TIME DOMAIN ANALYSIS *****

RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50

DISPLACEMENTS (M) 0.1783E+01



BENDING MOMENTS (KN*M) 0.1046E+04



EIGENVALUE	SOLUTION	ROLL	
MODE	OMEGA	FREQUENCY	PERIOD
1	1.549	0.24646	4.057
2	2.057	0.32742	3.054
3	3.148	0.50108	1.996
4	4.469	0.71131	1.406
5	6.195	0.98599	1.014
6	7.616	1.21216	0.825
7	9.268	1.47500	0.678
8	10.644	1.69412	0.590
9	11.208	1.78387	0.561
10	60.711	9.66262	0.103
11	63.877	10.16644	0.098
12	66.863	10.64178	0.094

```

*****
*
*   ROLL MOTION
*
*****

```

MODE SHAPE 1 PERIOD : 4.057 SEC

```

*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

MODE SHAPE 2 PERIOD : 3.054 SEC

```

*
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

```

*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```

MODE SHAPE 3 PERIOD : 1.996 SEC

```

*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

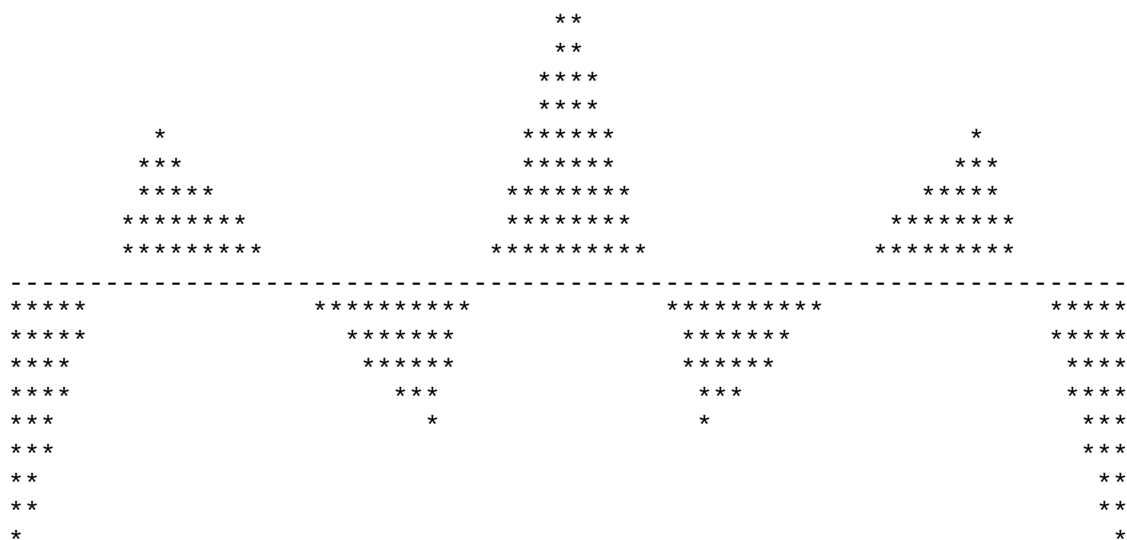
```

```

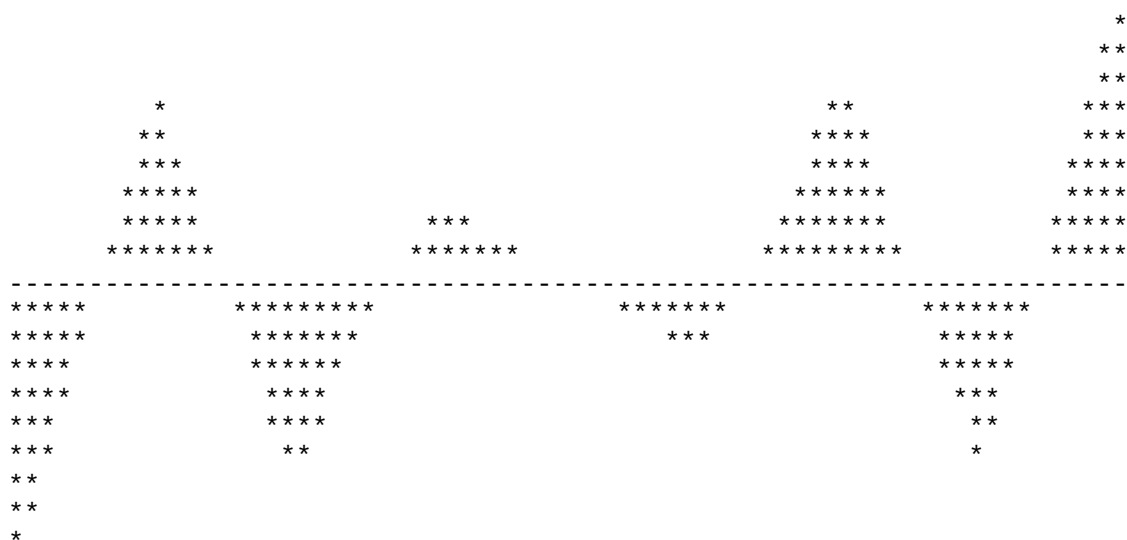
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****

```


MODE SHAPE 7 PERIOD : 0.678 SEC

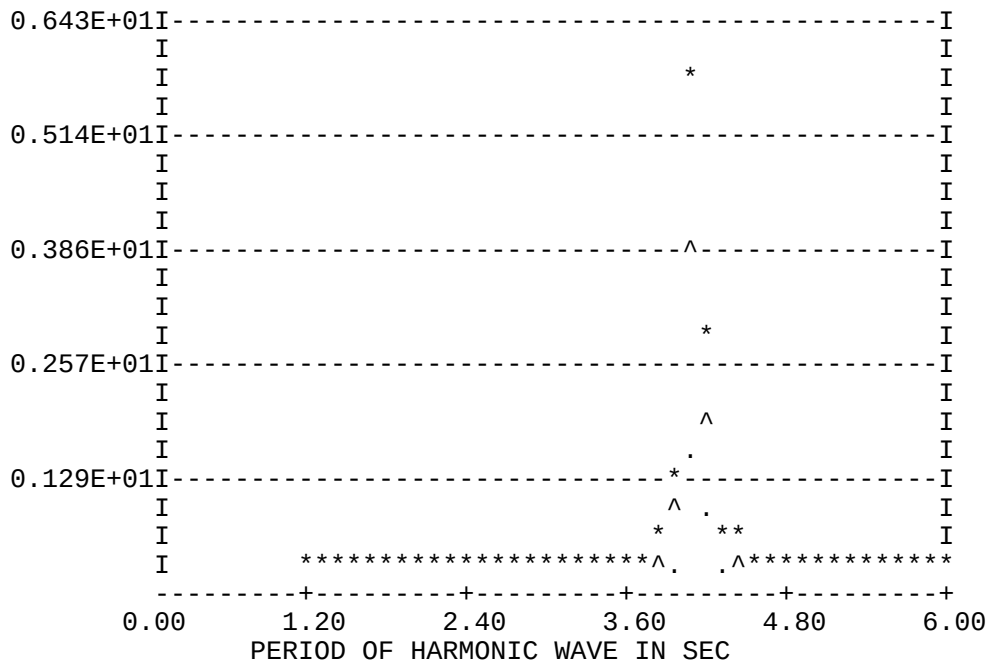


MODE SHAPE 8 PERIOD : 0.590 SEC

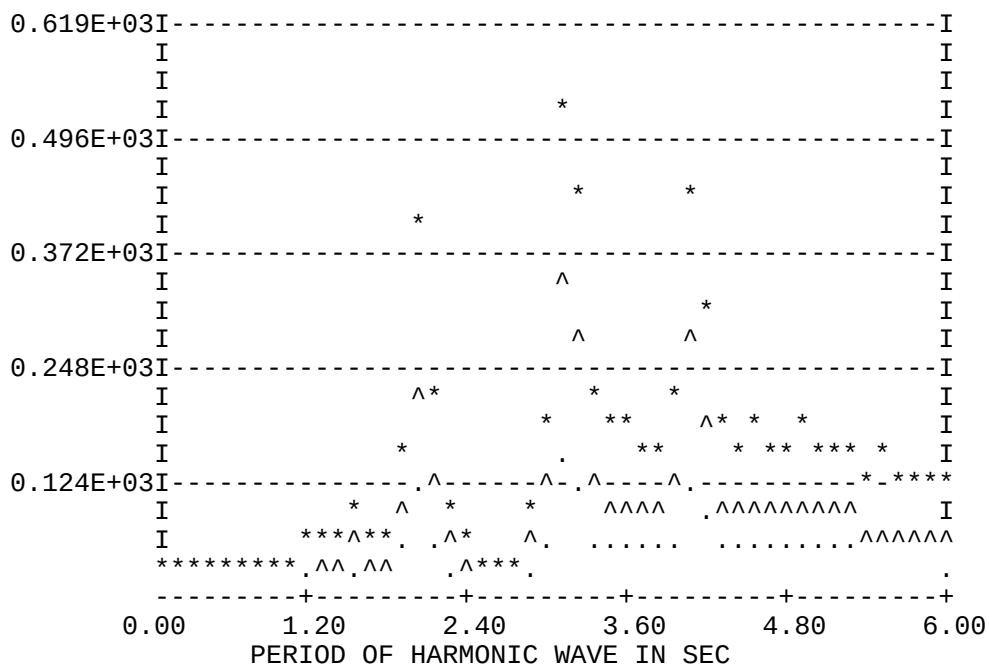


UNIT AMPLITUDE HAVES (1 M)

DISPLACEMENTS (M) 0.6428E+01



DISPLACEMENTS (M) 0.6195E+03



ENSEMBLE MAXIMUM	*
ENSEMBLE MEAN	^

ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

```

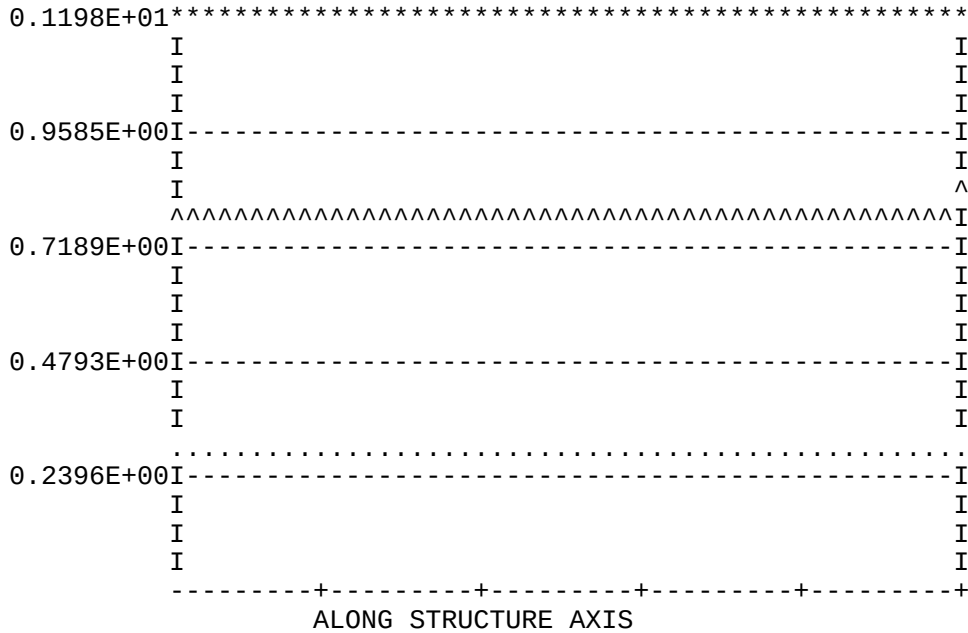
*****
*
*   ROLL MOTION
*
*****

```

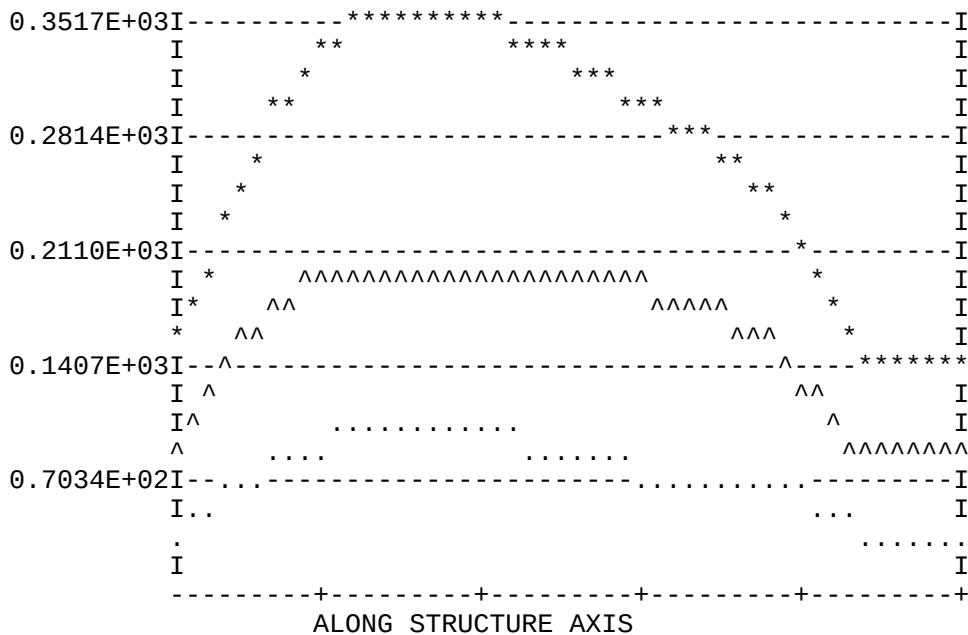
***** FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS *****

RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50

ROTATIONS (RAD) 0.1198E+01



TORSIONAL MOMENTS (KN*M) 0.3517E+03



```

ENSEMBLE MAXIMUM      *
ENSEMBLE MEAN         ^

```

ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

```

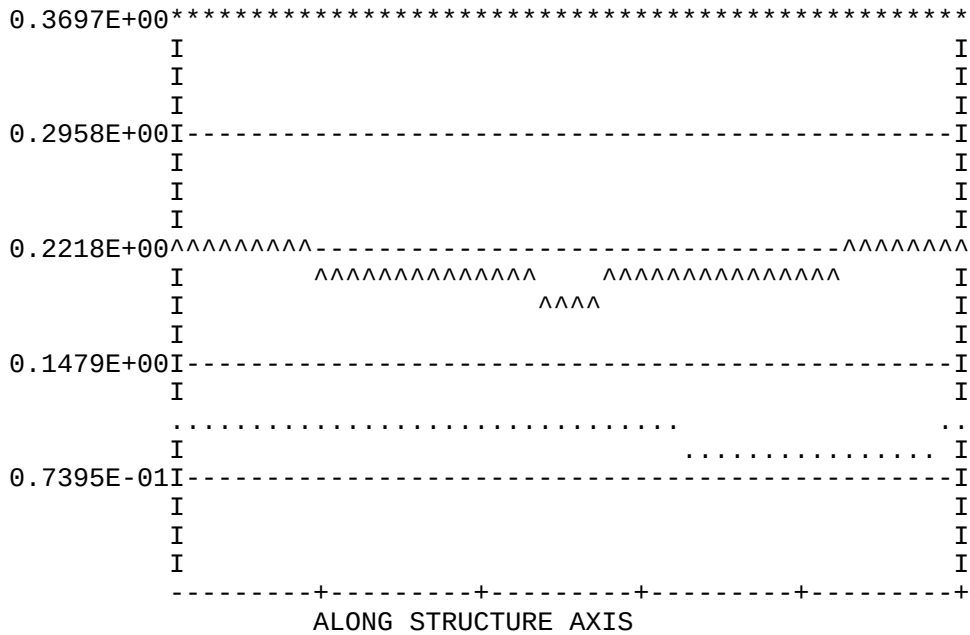
*****
*
*   ROLL MOTION
*
*****

```

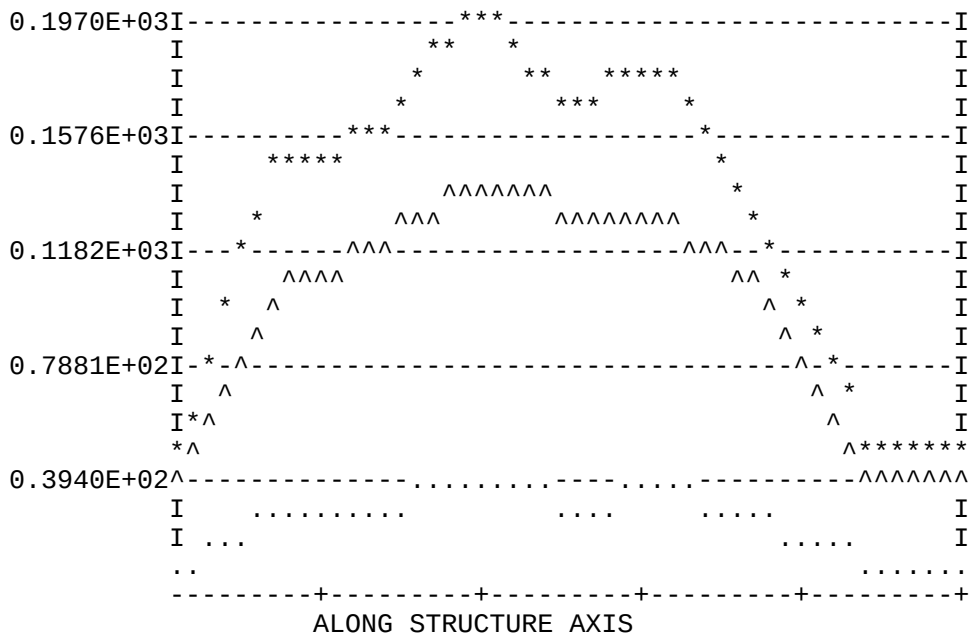
***** TIME DOMAIN ANALYSIS *****

RESPONSE TO WAVE SPECTRUM HS= 1.30 TS= 4.50

ROTATIONS (RAD) 0.3697E+00



TORSIONAL MOMENTS (KN*M) 0.1970E+03



ENSEMBLE MAXIMUM *

ENSEMBLE MEAN ^

ENSEMBLE STAND. DEVIATION .

ANEXO V. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO MEDIANTE CADENAS Y MUERTOS

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FONDEO MEDIANTE CADENAS Y MUERTOS

DIMENSIONAMIENTO DE LA CADENA

Selección del tipo de cadena

Fuerza sobre una línea de fondeo: $F_f =$ **20.18** KN
Coeficiente de seguridad: $F_s =$ 4.00
Fuerza mayorada: $F_{sm} =$ **80.74** KN

Por tanto cualquier cadena de diámetro mayor que 20 mm CUMPLE por resistencia.
Teniendo en cuenta los efectos de la corrosión, se escoge una cadena de 44 mm de diámetro, con la cual queda garantizada una adecuada durabilidad de la cadena.

Calibre de la cadena seleccionado: $C =$ **44** mm

CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA SIN CONTRETE GRADO 2					
Diámetro (mm)	Largo interior (mm)	Ancho interior (mm)	Peso por metro (kg)	Carga de rotura (kN)	Carga de prueba (kN)
16	64	25.60	5.20	132.30	66.20
18	72	28.80	6.50	157.78	78.89
20	80	32.00	8.20	204.80	102.40
22	88	35.20	10.00	250.90	125.40
24	96	38.40	12.50	298.90	149.90
26	104	41.60	14.00	350.80	175.40
28	112	44.80	16.50	406.70	203.80
30	120	48.00	19.00	467.50	234.20
32	128	51.20	21.50	531.20	265.60
34	136	54.40	24.00	599.80	299.90
36	144	57.60	26.00	672.30	336.10
38	152	60.80	29.50	748.70	374.40
40	160	64.00	33.00	829.10	414.50
42	168	67.20	37.00	915.30	457.70
44	176	70.40	41.00	999.60	502.70
46	184	73.60	45.00	1 097.60	548.80
48	192	76.80	49.50	1 195.60	597.80
50	200	80.00	53.50	1 239.60	648.80

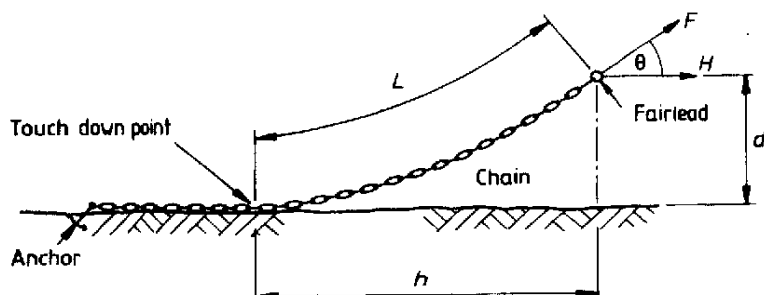
Longitud de la cadena

Se dispondrá una geometría de cadena que forme en cualquier situación meteorológica una catenaria con tangente horizontal en el fondo marino.

La longitud de cadena será aproximadamente 3 veces la profundidad a fin de evitar tensiones excesivas sobre la cadena y para garantizar en cualquier caso el desarrollo de la catenaria de tangente horizontal en la distancia comprendida entre el dique flotante y el muerto.

Una vez seleccionado el calibre de la cadena necesaria, se seguirán los siguientes pasos para la determinación de la longitud necesaria de cadena:

1. Se tantea la distancia y la fuerza horizontal para el nivel máximo de las aguas (N_{max}) con el ángulo de salida deseado de la cadena en el punto de anclaje con el dique flotante. La fuerza de horizontal obtenida ha de ser mayor que la suma de fuerzas actuantes sobre el dique.
2. En principio se adopta la distancia horizontal obtenida para la situación del nivel máximo de las aguas.
3. Para la situación del nivel máximo de las aguas y con las condiciones extremas de las acciones climatológicas previstas ($N_{max}+CE$) se comprueba si para la distancia horizontal adoptada para las condiciones de N_{max} , la tensión horizontal es superior a las acciones de diseño para un ángulo de entrada razonable.
4. Adicionalmente se comprueban las tensiones horizontales para las situaciones de BMVE y del nivel medio del mar.



Definition sketch of chain catenary

θ is the angle of chain to horizontal, at fairlead;
 L is the length of chain from fairlead to touch down point;
 d is the water depth;
 h is the horizontal distance from fairlead to chain touch down point on seabed;
 q is the submerged unit mass of chain;
 F is the chain tension at fairlead;
 H is the horizontal component of chain tension.

Catenaria tangente horizontal: Geometría y tensión aplicable a cualquier profundidad

Φ	L/d	h/d	$(L-h)/d$	F/qd	H/qd
5	22.9	22.87	0.0291	263.00	262.00
7.5	15.26	15.21	0.0437	117.00	116.00
10	11.43	11.37	0.0584	65.80	64.80
12.5	9.13	9.06	0.0732	42.20	41.20
15	7.6	7.51	0.0889	29.35	28.35
20	5.67	5.55	0.1183	16.58	15.58
25	4.51	4.36	0.1493	10.67	9.67
30	3.73	3.55	0.1813	7.46	6.46
35	3.17	2.96	0.2146	5.53	4.53
40	2.75	2.50	0.2495	4.27	3.27
45	2.41	2.13	0.2864	3.41	2.41
50	2.14	1.82	0.3258	2.80	1.80
55	1.92	1.55	0.3684	2.35	1.35
60	1.73	1.32	0.4151	2.00	1.00
90	1	-	1.0000	1.00	-

Datos

Profundidad BMVE
Nivel máximo de las aguas
Máximo desplazamiento en X del diqueflotante
Máximo desplazamiento en Y del diqueflotante
Fuerza horizontal condiciones extremas
Calibre cadena
Ángulo salida

d^* =	5	m
N_{max} =	4.5	m
A_x =	4	m
A_y =	1.8	m
F_f =	20.18	KN
C =	44	mm
Φ =	30	°

Comprobación cadenas

	BMVE	NM	N_{max}	$N_{max}+CE$
d	5	7.25	9.5	11.3
Φ	30	30	30	35
C	44	44	44	44
q	41	41	41	41
h	17.75	25.74	33.73	33.45
H	12.99	18.84	24.68	20.59

Características cadena seleccionada

Díámetro:	44 mm
Peso:	41 kg/m
Longitud (L):	38 m
Distancia a los muertos (h):	36 m
Profundidad máxima muertos (N_{max}):	9.5 m

DIMENSIONAMIENTO DE LOS MUERTOS

Los muertos se dimensionan teniendo la condición impuesta a la catenaria de que en ningún caso ésta actúe como una fuerza vertical ascendente en el punto de anclaje al muerto. En estas condiciones, el muerto sólo debe resistir una fuerza horizontal H.

El muerto cumple si: $W_{sum} \cdot \tan \phi > H$, siendo ϕ el ángulo de rozamiento muerto - fondo

Fuerza horizontal en Nmax	H=	<table border="1"><tr><td>24.68</td></tr></table>	24.68	KN
24.68				
Ángulo de de rozamiento muerto - fondo	ϕ =	<table border="1"><tr><td>30</td></tr></table>	30	°
30				

Peso sumergido del muerto	W_{sum} =	<table border="1"><tr><td>42.75</td></tr></table>	42.75	KN
42.75				
Peso seco del muerto	W=	<table border="1"><tr><td>75.64</td></tr></table>	75.64	KN
75.64				

Aplicando un coeficiente de seguridad al deslizamiento de 1.6

W_{muerto} =	121.02	KN
W_{muerto} =	12	toneladas



ÁREA DE INFRAESTRUCTURAS

TÍTULO DEL PROYECTO

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA

PUERTO

RIBEIRA, A CORUÑA.

REFERENCIA

ANEJO 5: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO Nº 5. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

MEJORA DE ABRIGO EN LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE RIBEIRA.
RIBEIRA, A CORUÑA.

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 Publicas 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 formula 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 Publicas y Oficios Auxiliares de la provincia, y que son las relacionadas en el cuadro que figura en el Anejo de Justificación de Precios.

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	24,00	4,80	28,80
Desempleo	5,20	1,10	6,30
Fondo de Garantía	0,40	0,10	0,50
Formación Profesional	0,60	0,10	0,70
Accidentes de trabajo	7,60		7,60
TOTAL	37,80	6,00	43,90

1.4 HORAS TRABAJADAS AL AÑO.

De acuerdo con el contenido del Convenio Colectivo para las industrias del sector de la Construcción, Obras Públicas y Oficios Auxiliares de la provincia, el número de horas anuales de trabajo efectivo es de 1.616.

1.5 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.

El cálculo de cada uno de estos costes se realiza en la tabla adjunta al final de este Anejo.

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, COSTES DE MAQUINARIA. Esta publicación, como indica su prólogo, es la puesta al día del "Manual para el Cálculo de Maquinaria y Útiles", que editó la O.G.C.C.V. del M.O.P.U. en el año 1954.

La estructura del costo horario de cada maquinaria está formado por los cuatro sumandos siguientes:

- a) Amortización, conservación y seguros.
- b) Energía y engrases.
- c) Personal.
- d) 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
MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	
Tamaños pequeños y medios	0,14
Tamaños grandes	0,17
MAQUINARIA DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE	
Tamaños pequeños y medios	0,10
Tamaños grandes	0,12
MAQUINARIA DE EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN	
Tamaños pequeños y medios	0,12
Tamaños grandes	0,15
PLANTAS (Grava-Cemento, Hormigón y Aglomerado.)	
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.