MEMORIA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 3

2 ESTUDIO DE AGITACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL 3

3 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS 8

4 PREDISEÑO Y VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS 11

4.1 Mejora en zona de bocana 11

4.2 Mejora en muelle de dársena exterior 12

4.3 Mejora en los muelles de la Marina Norte 13

5 CONCLUSIONES 15

6 FIRMAS 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Batimetría en zona Norte del Puerto de Valencia y Marina Real Juan Carlos I. 3

Figura 2.- Puntos de cálculo de oleaje en el exterior del Puerto de Valencia. Nodo 39 seleccionado para el análisis. Proyecto MARUCA. 4

Figura 3.- Coeficientes de reflexión asignados a cada alineación 5

Figura 4.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, oleaje regular T(s)=8, Dirección NNE. 5

Figura 5.- Áreas de referencia para medición de coeficientes de agitación. 6

Figura 6.- Gráficas de operatividad mensual para las diferentes zonas 6

Figura 7.- Altura de ola en dársena para un temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Dir. NNE 7

Figura 8.- Esquema de reflexión de los frentes de onda difractados en el morro del dique principal 8

Figura 9.- Alternativa 4. (Solución A) 9

Figura 10.- Alternativa 8. (Solución B) 9

Figura 11.- Alternativa 9. (Solución C) 9

Figura 12.- Coeficientes de agitación para las diferentes soluciones propuestas 10

Figura 13.- Geometría en planta del cajón de prolongación del morro en la Zona 2 11

Figura 14.- Prolongación del morro del dique principal de abrigo. 11

Figura 15.- Sección en planta del cajón con las cámaras antirreflejantes en la Zona 3 12

Figura 16.- S sección tipo del cajón antirreflejante 12

Figura 17.- Geometría de los elementos modulares prefabricados ranurados 13
Figura 18.- Sección tipo N. (izqda.) y variante voladizo (dcha.) 13
Figura 19.- Sección tipo W 14
Figura 20.- Comparación de soluciones. Mejora del coeficiente de agitación y valoración 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Alturas de ola para temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Tm=8s, Dir=NNE 7

1 INTRODUCCIÓN

La construcción de la Nueva Bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia, se realizó con la orientación de la bocana hacia el Norte, separando de este modo la zona de uso comercial de la zona de uso para cruceros y náutico-deportiva. Esta zona al abrigo de los nuevos diques y la Dársena Interior, se denominan actualmente Marina Real Juan Carlos I.

La dirección de procedencia predominante de los temporales en el Golfo de Valencia es la correspondiente al primer cuadrante, entre las direcciones NNE y E, por lo que las condiciones de agitación están condicionadas fuertemente por los eventos con estas direcciones, dando lugar a una reducción de la operatividad y, en algunos casos, llegando a producir daños en estructuras y embarcaciones, y rebases en los muelles.

Las zonas especialmente afectadas por oleajes provenientes del primer cuadrante son los muelles en la zona de la bocana y los muelles en la zona noroeste de la Marina Norte.

En el presente estudio se realiza un análisis de la situación actual, y se proponen diferentes alternativas para la mejora de las condiciones de agitación en la dársena exterior.

2 ESTUDIO DE AGITACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL

La evaluación de la situación actual de agitación se realiza con las siguientes fases:

1. Definición de batimetría al Norte de la bocana y de la Dársena Exterior, Canal y Dársena Interior

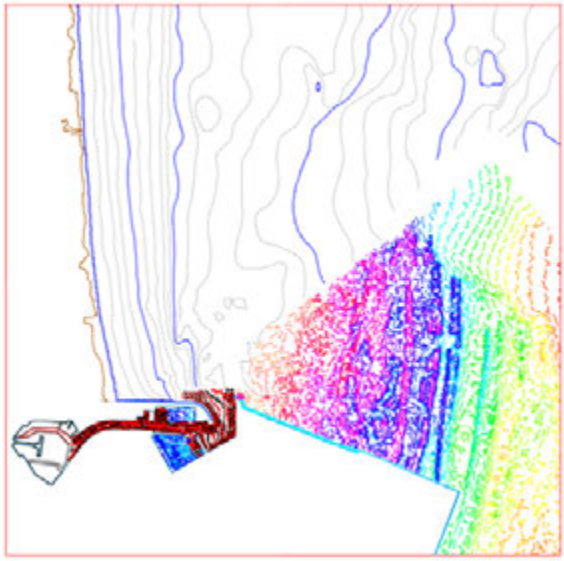


Figura 1.- Batimetría en zona Norte del Puerto de Valencia y Marina Real Juan Carlos I.

2. Caracterización del Clima Marítimo, mediante la base de datos de oleaje DOW 1.1 del Proyecto MARUCA, y la boya direccional Valencia II.

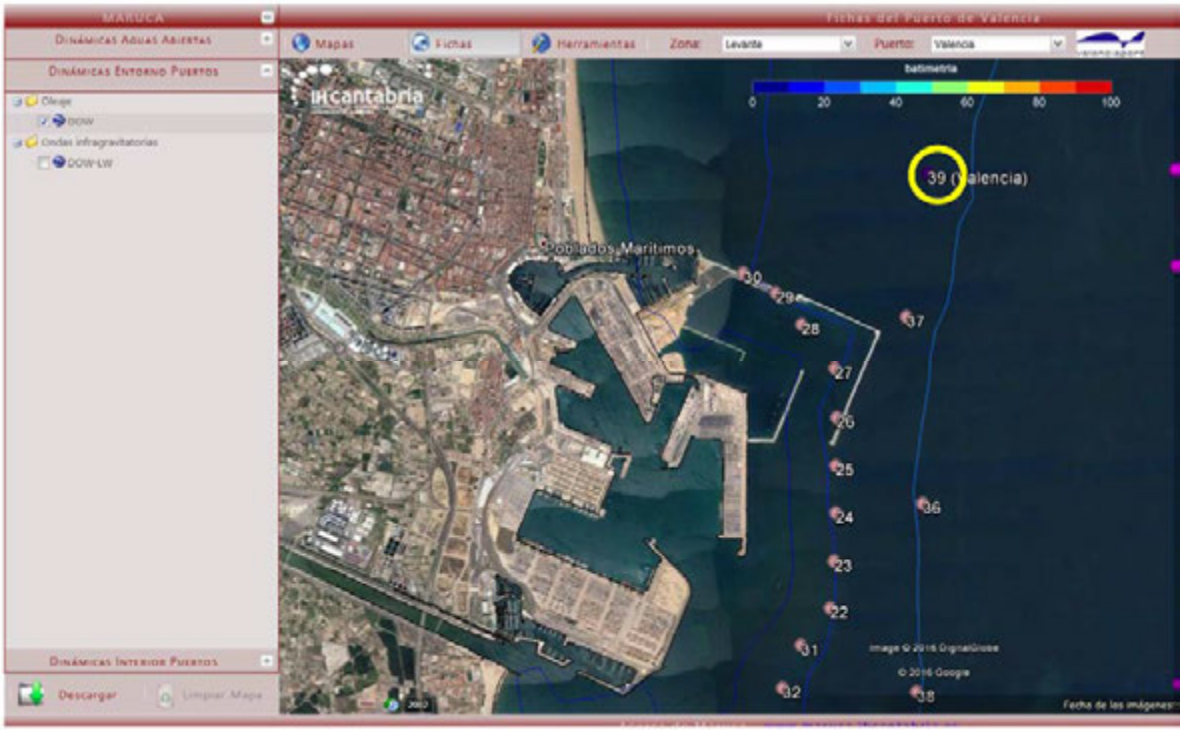


Figura 2.- Puntos de cálculo de oleaje en el exterior del Puerto de Valencia. Nodo 39 seleccionado para el análisis. Proyecto MARUCA.

3. Definición de los Criterios Generales:

   - Definición de tramos, usos y Vída Útil de los mismos
   - Carácter general:
     - Índice de repercusión económica (IRE=r_2, medio)
     - Índice de repercusión social y ambiental (ISA=s_2, bajo, $p_{f,ELU}$ = $p_{f,ELS}$ = 0.1)
   - Carácter Operativo:
     - Índice de repercusión económica operativo (IREO, r_{o3}, alto, $p_{f,ELO}$ = 0.99)
     - Índice de repercusión social y ambiental operativo (ISAO, s_{o2}, bajo, Nm=5)
   - Umbrales climáticos:
     - Cruceros: H_{umbral} = 0.7m
     - Uso náutico-deportivo: H_{umbral} = 0.3m

4. Modelado de batimetría y contornos, definiendo los coeficientes de reflexión de los mismos a partir de un estudio de las secciones tipo en cada alineación de los muelles y diques.

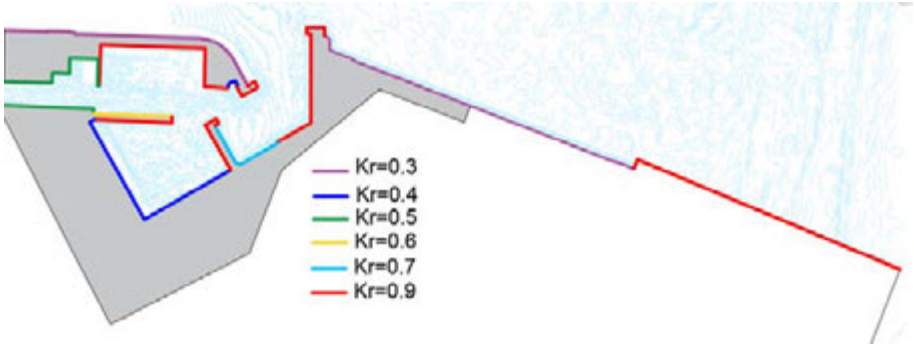


Figura 3.- Coeficientes de reflexión asignados a cada alineación

5. Propagación de oleaje, incluyendo los fenómenos de refracción, asomeramiento, difracción, reflexión y rotura de oleaje por peraltamiento o por fondo, mediante el modelo numérico CGWave, de los siguientes casos de oleaje:

   - Oleaje regular de altura de ola 1 m, combinando 4 direcciones entre NNE y E, y 10 periodos entre 5s y 14s, para el estudio de operatividad
   - Oleaje regular de altura de ola 1 m, dirección N y periodos entre 5s y 10s, para comprobar niveles de agitación con esta dirección, no incluida en casos anteriores, por su reducida frecuencia de presentación.
   - Oleaje irregular y multidireccional de altura de ola Hs=3.6m, Tp=9s, Dp=NNE, para el estudio de agitación durante un evento de temporal como el sucedido en octubre de 2008.

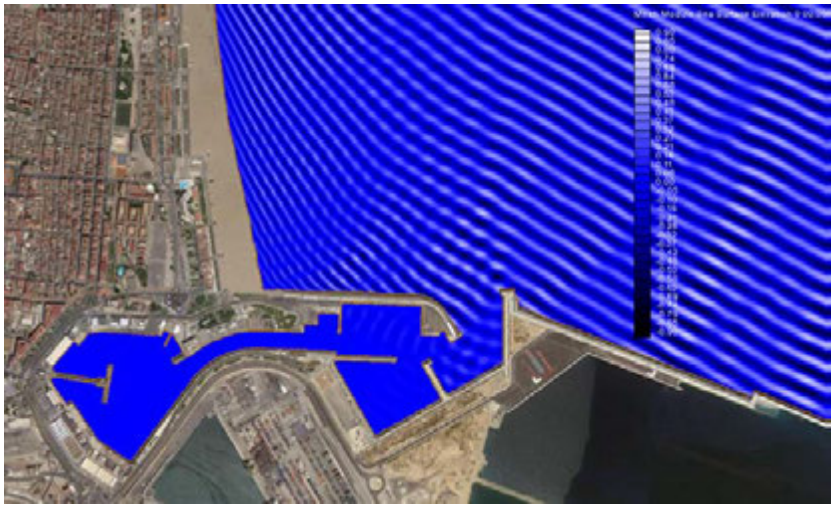


Figura 4.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, oleaje regular T(s)=8, Dirección NNE.

6. Análisis de operatividad: Probabilidad de no excedencia de H_{umbral} en cada zona.

Figura 5.- Áreas de referencia para medición de coeficientes de agitación.

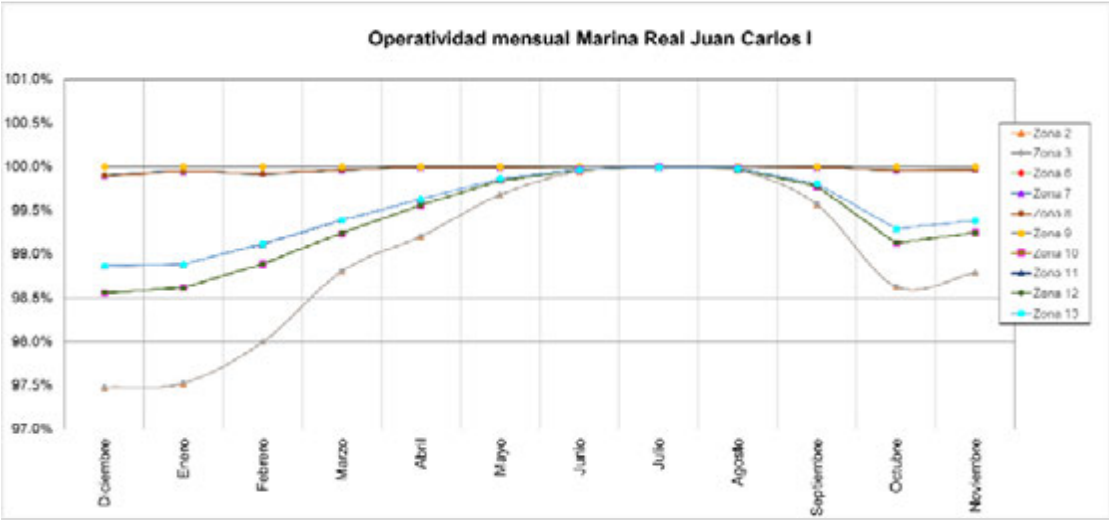


Figura 6.- Gráficas de operatividad mensual para las diferentes zonas

7. Análisis de temporal: Altura de ola en dársena para un temporal de periodo de retorno inferior a 5 años, que produce alturas de ola superiores a 0.6m en la Marina Norte.

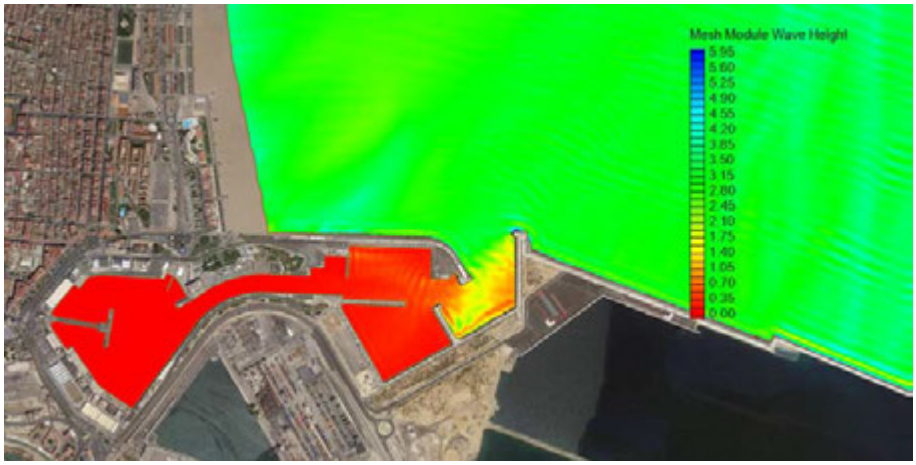


Figura 7.- Altura de ola en dársena para un temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Dir. NNE

Irregular, Hs(m)=3.6, Tp(s)=9, Tm(s)=8, NNE												
Hs,interior (m)												
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
2.34	1.96	1.72	2.06	0.80	0.19	0.25	0.31	0.08	0.5	0.42	0.41	0.43

Tabla 1.- Alturas de ola para temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Tm=8s, Dir=NNE

Las fases 1, 2 y 3 se describen con detalle en el "Anexo nº1. Clima Marítimo y Criterios Generales de Proyecto". La fase 4 está justificada en el "Anexo nº2. Descripción de la situación actual y Contornos". Las fases 5, 6 y 7 se corresponden con los Apartados 1 y 2 del "Anexo nº3. Estudio de Agitación y Operatividad".

Con los resultados obtenidos, se observan valores de operatividad aceptables, si bien se identifican las zonas con peores condiciones, tanto con valores medios de oleaje como durante un evento de temporal. Estas zonas se corresponden con los muelles exteriores para cruceros (zonas 2 y 3 de la Figura 5.-) y la zona noroeste de la Marina Norte (zona 10 de la Figura 5.-) en la dársena exterior de la Marina Real Juan Carlos I.

Además, se deduce que el oleaje que produce agitación en la zona 10, procede principalmente del oleaje difractado en el morro del dique principal, y reflejado en el muelle de la zona 3, tal y como se muestra en el siguiente esquema. Las multi-reflexiones en la zona de la Marina Norte dan lugar a elevados coeficientes de agitación.

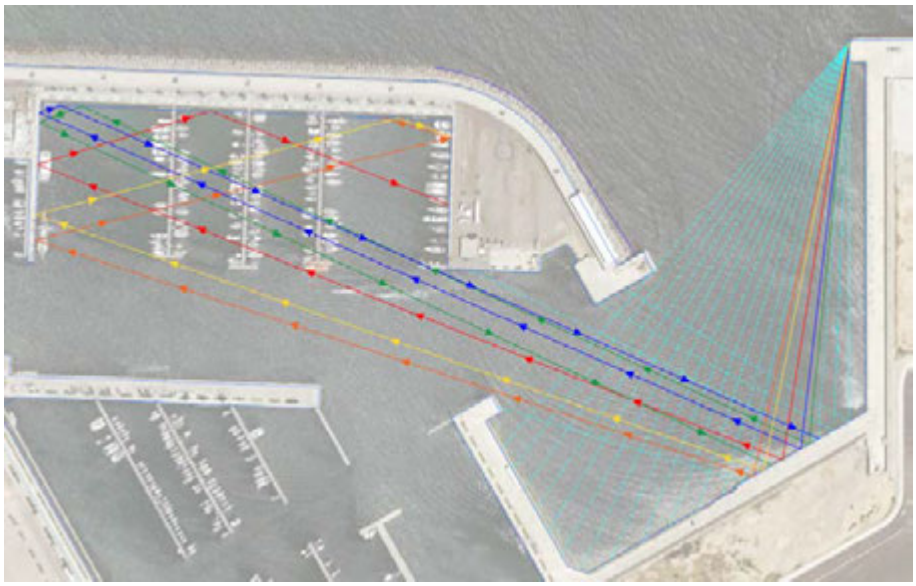


Figura 8.- Esquema de reflexión de los frentes de onda difractados en el morro del dique principal

Observación directa de la agitación durante un temporal

Durante la realización de los trabajos fue posible comprobar las malas condiciones de agitación en estas zonas durante el temporal de 19 de diciembre de 2016, fácilmente observables en el vídeo incluido en el presente Estudio. Este temporal presentó una altura de ola significante de Hs=3.5m, periodo de pico de 9s y una dirección principal N70E, si bien el viento en ese momento era de procedencia NNE.

A pesar de esta dirección poco incidente de la dirección principal del oleaje con respecto a la orientación de la bocana, el fenómeno de difracción y el oleaje generado por viento local produjeron importante agitación en la dársena, tal y como se puede apreciar en las imágenes del vídeo.

3 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

Con los resultados del análisis de operatividad y de temporal en la situación actual, y observando el comportamiento del oleaje tras los fenómenos de propagación, difracción y reflexión, se proponen diferentes alternativas para reducir los coeficientes de agitación en las zonas con peores resultados de operatividad y altura de ola durante un temporal.

Estas alternativas consisten básicamente en:

- Reducción de la reflexión en los muelles de pared vertical, modificándolos para que sean antirreflejantes.
- Mejorar las condiciones de abrigo, ampliando el morro con un cajón de 40m de eslora.

Empleando estas estrategias, se definen hasta 11 alternativas con diferentes zonas modificadas y con la ampliación del morro. Se incluyen a continuación las 3 alternativas base propuestas como posible solución, por su mayor eficiencia en cuanto a reducción de los coeficientes de agitación con respecto al volumen de obra necesario para su ejecución. En base a estas tres posibles soluciones, se consideran diferentes combinaciones de las mismas para conseguir las mejores condiciones posibles de agitación en la dársena.

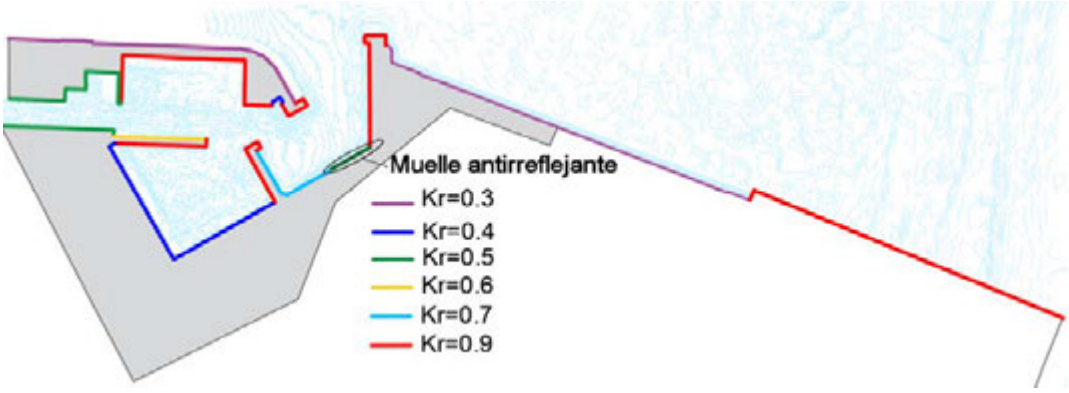


Figura 9.- Alternativa 4. (Solución A)

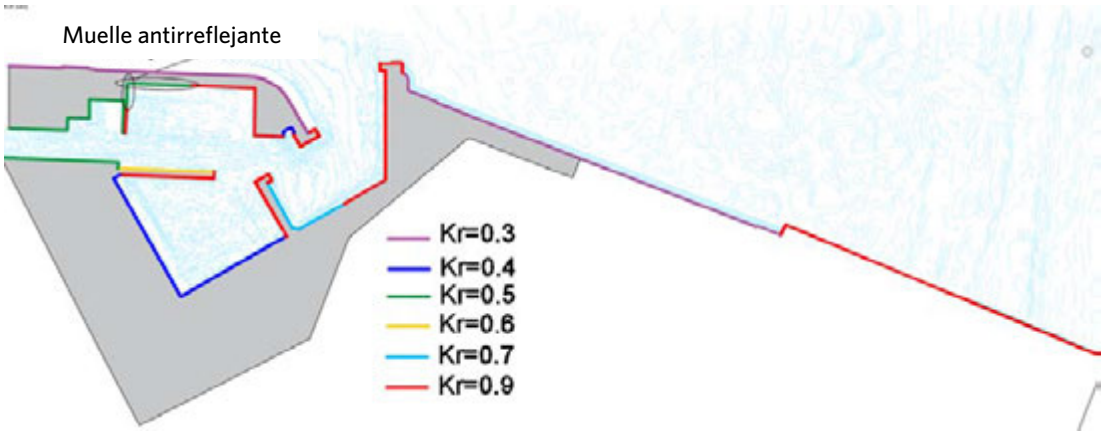


Figura 10.- Alternativa 8. (Solución B)

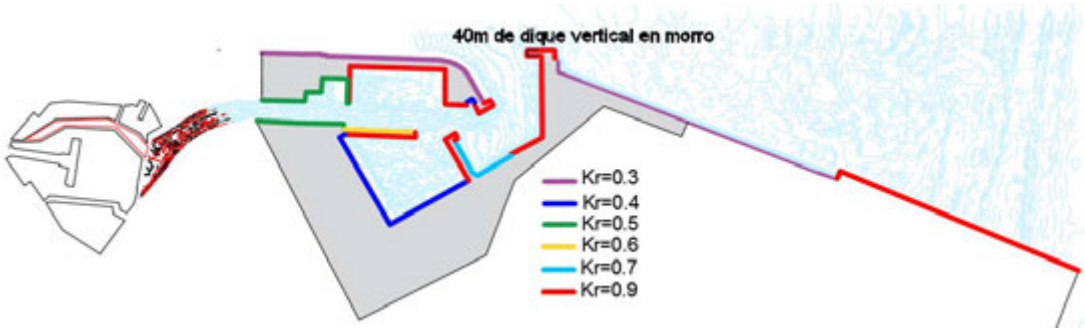


Figura 11.- Alternativa 9. (Solución C)

Los coeficientes de agitación obtenidos para el caso de referencia de T=8s y Dir=NNE, son:

	Dirección NNE, T(s)=8, H(m)=1												
	Ka												
Alternativa	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
Solución inicial	**0.60**	**0.52**	**0.50**	**0.49**	**0.33**	**0.05**	**0.04**	**0.07**	**0.02**	**0.29**	**0.24**	**0.23**	**0.21**
Alternativa 4 (Solución A)	0.61	0.51	0.39	0.49	0.26	0.05	0.05	0.03	0.01	0.21	0.17	0.15	0.15
Alternativa 8 (Solución B)	0.60	0.50	0.45	0.52	0.31	0.05	0.04	0.07	0.02	0.20	0.19	0.17	0.16
Alternativa 7 (Solución A+B)	0.60	0.50	0.39	0.49	0.24	0.04	0.05	0.04	0.01	0.13	0.12	0.11	0.12
Alternativa 9 (Solución C)	0.60	0.32	0.29	0.43	0.25	0.07	0.11	0.07	0.02	0.16	0.15	0.13	0.14
Alternativa 10 (Solución A+C)	0.58	0.32	0.30	0.39	0.24	0.07	0.10	0.06	0.02	0.15	0.15	0.13	0.14
Alternativa 11 (Solución A+B+C)	0.58	0.32	0.31	0.40	0.24	0.06	0.10	0.06	0.01	0.09	0.09	0.10	0.10

Figura 12.- Coeficientes de agitación para las diferentes soluciones propuestas.

Estos resultados están desarrollados en el "Apartado 3. Propuesta de alternativas", del "Anexo nº3. Estudio de Agitación y Operatividad".

4 PREDISEÑO Y VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

4.1 Mejora en zona de bocana

La mejora en la zona de bocana (Solución C) se consigue mediante la prolongación del morro del dique vertical con la colocación de un cajón adicional. En el apartado 3.1 del "Anexo nº4. Prediseño de soluciones", se describe con detalle esta solución.

Tras la valoración de la misma, se estima un coste de ejecución de aproximadamente un millón doscientos ochenta y cinco mil euros (1.285.000).

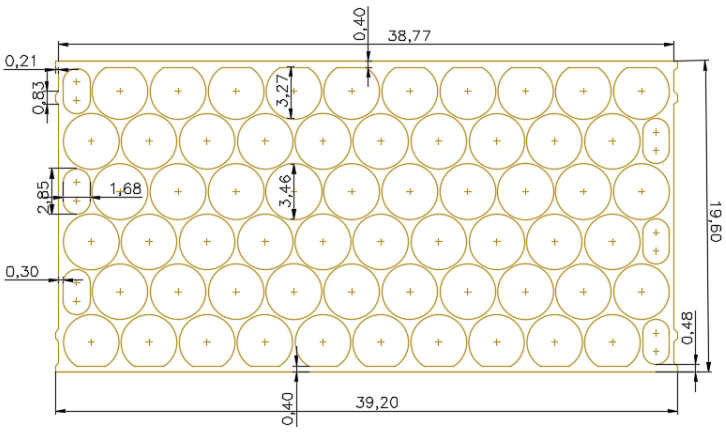


Figura 13.- Geometría en planta del cajón de prolongación del morro en la Zona 2

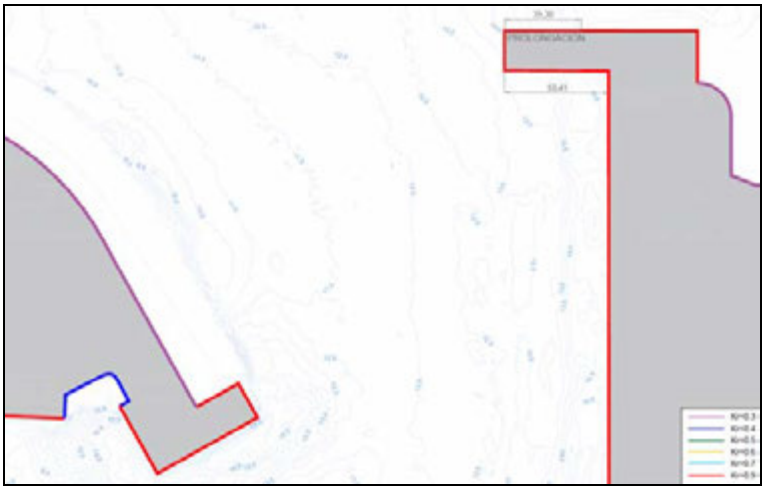


Figura 14.- Prolongación del morro del dique principal de abrigo.

4.2 Mejora en muelle de dársena exterior

La mejora en el muelle de la dársena exterior (Solución A) se consigue mediante la modificación del cajón existente por una tipología antirreflejante. Para ello, se modifica la geometría del cajón tipo actual mediante la perforación de las paredes exteriores del cajón y vaciado de los tres metros superiores de algunas de las celdas de las dos primeras filas, formando las cámaras antirreflejantes. La actuación se desarrolla en los 3 cajones de esta alineación.

La justificación de esta solución, se encuentra en los Apartados 3.2.1 y 3.2.2 del "Anexo nº4. Prediseño de soluciones"

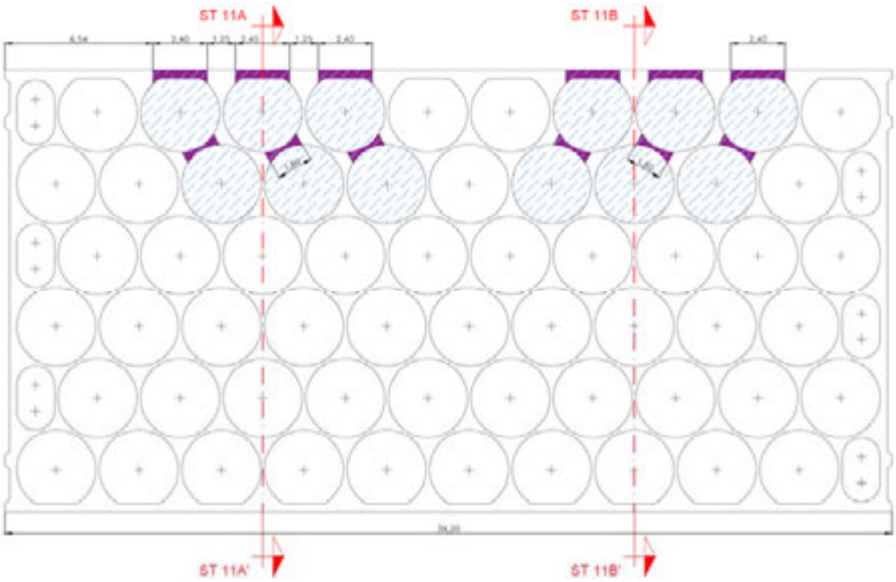


Figura 15.- Sección en planta del cajón con las cámaras antirreflejantes en la Zona 3

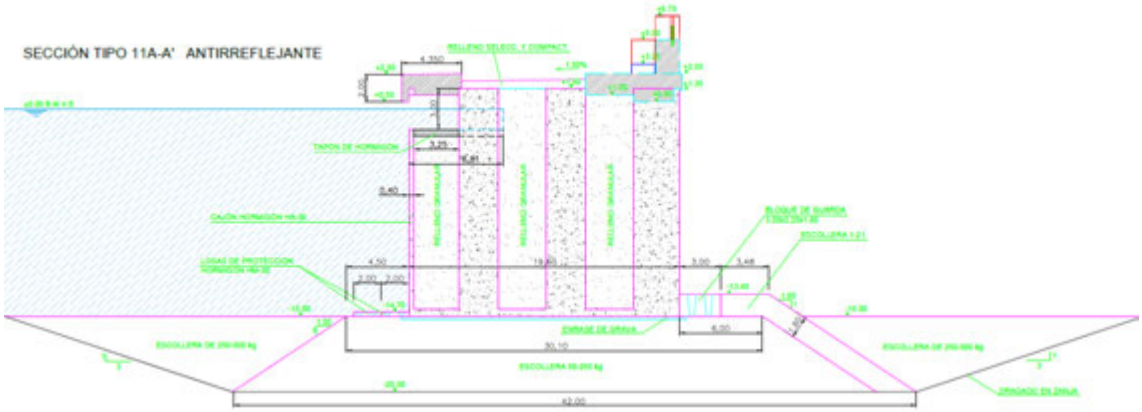


Figura 16.- S sección tipo del cajón antirreflejante

Se estima un coste de ejecución de aproximadamente cuatrocientos veintiséis mil euros (426.000€).

4.3 Mejora en los muelles de la Marina Norte

La mejora en los muelles de la Marina norte (Solución B) se basa en el avance de las líneas de muelle en la zona noroeste, mediante la construcción de muelles antirreflejantes formados por elementos modulares ranurados.

Se plantean dos variantes de solución:

OPCIÓN 1: Los bloques ranurados se instalan sobre un cimiento de hormigón sumergido.

OPCIÓN 2: Los bloques de ranurados se arriostran lateralmente mediante tirantes de acero.

La descripción y justificación de esta solución, se encuentra en los Apartados 3.2.1 y 3.2.3 del "Anexo nº4. Prediseño de soluciones".

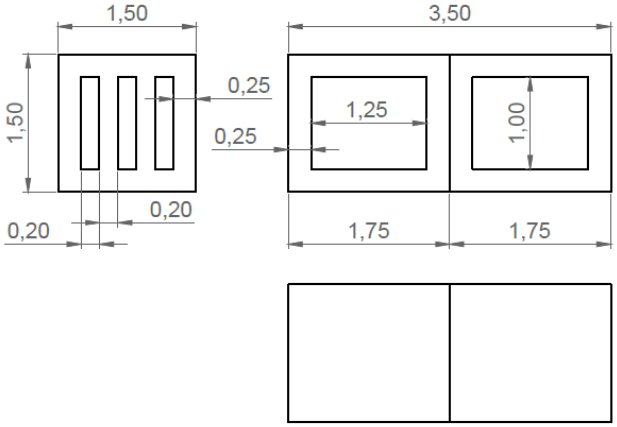


Figura 17.- Geometría de los elementos modulares prefabricados ranurados

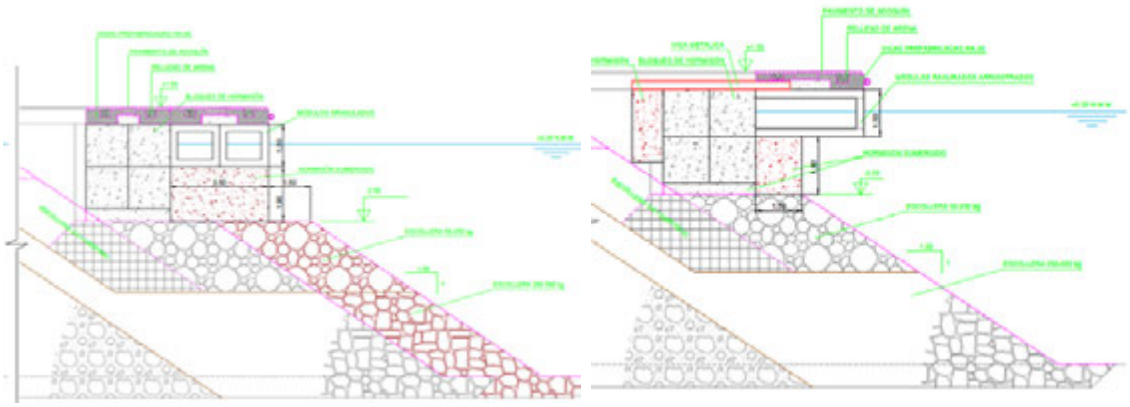


Figura 18.- Sección tipo N. (izqda.) y variante voladizo (dcha.)

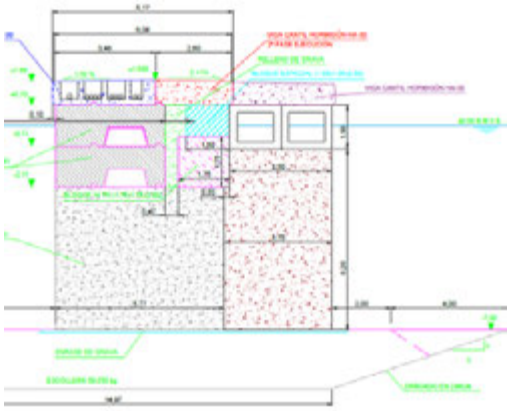


Figura 19.- Sección tipo W

El coste de ejecución de esta solución se estima en seiscientos dieciocho mil euros (618.000).

5 CONCLUSIONES

Las mejoras en los coeficientes de agitación y valoraciones de estas soluciones y sus combinaciones se muestran en la siguiente tabla.

	A	B	C	A+C	A+B+C	A+B
	ALT 4	*ALT 8*	*ALT 9*	*ALT 4+9*	*ALT 4+9+8*	*ALT 7 = 4+8*
Zona 2	3%	7%	69%	69%	69%	7%
Zona 3	45%	24%	79%	76%	72%	45%
Zona 10	28%	31%	45%	48%	69%	55%
Coste P.E.M.	427.000	618.000	1.285.000	1.712.000	2.330.000	1.045.000

Figura 20.- Comparación de soluciones. Mejora del coeficiente de agitación y valoración

Para la mejora de las condiciones de amarre y operatividad en la zona de atraque al abrigo del dique principal, es necesaria la prolongación del morro del dique. Esta actuación, consigue además la mejora en el resto de zonas afectadas por los problemas de agitación.

La mejora de las condiciones de amarre en la segunda alineación del muelle exterior, se puede conseguir mediante la actuación sobre los cajones del muelle vertical de esta zona. Esta actuación también mejora las condiciones de agitación en la Marina Norte, con un coste inferior.

La construcción de muelles antirreflejantes en la zona noroeste de la Marina Norte, permite una mejora en cuanto a agitación en esta zona, con un coste comparable a la solución anterior.

6 FIRMAS

Los autores del informe:

En Valencia, Febrero de 2017.

Fdo. Miguel Figueres Moreno
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 24743

Fdo. Joaquín Garrido Checa
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº 17454

INDICE

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....¡Error! Marcador no definido.

2 ESTUDIO DE AGITACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL.....¡Error! Marcador no definido.

3 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS.....¡Error! Marcador no definido.

4 PREDISEÑO Y VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS . ¡Error! Marcador no definido.

4.1 Mejora en zona de bocana..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2 Mejora en muelle de dársena exterior..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.3 Mejora en los muelles de la Marina Norte..... ***¡Error! Marcador no definido.***

5 CONCLUSIONES.....¡Error! Marcador no definido.

6 FIRMAS.....¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Batimetría en zona Norte del Puerto de Valencia y Marina Real Juan Carlos I. .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.- Puntos de cálculo de oleaje en el exterior del Puerto de Valencia. Nodo 39 seleccionado para el análisis. Proyecto MARUCA.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.- Coeficientes de reflexión asignados a cada alineación**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 4.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, oleaje regular T(s)=8, Dirección NNE. .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5.- Áreas de referencia para medición de coeficientes de agitación.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.- Gráficas de operatividad mensual para las diferentes zonas**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 7.- Altura de ola en dársena para un temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Dir. NNE**¡Error! Marcador no defi**

Figura 8.- Esquema de reflexión de los frentes de onda difractados en el morro del dique principal .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 9.- Alternativa 4. (Solución A) .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 10.- Alternativa 8. (Solución B) .....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 11.- Alternativa 9. (Solución C).....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 12.- Coeficientes de agitación para las diferentes soluciones propuestas.**¡Error! Marcador no definido**

Figura 13.- Geometría en planta del cajón de prolongación del morro en la Zona 2**¡Error! Marcador no defini**

Figura 14.- Prolongación del morro del dique principal de abrigo.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 15.- Sección en planta del cajón con las cámaras antirreflejantes en la Zona 3**¡Error! Marcador no defi**

Figura 16.- S sección tipo del cajón antirreflejante.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 17.- Geometría de los elementos modulares prefabricados ranurados**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18.- Sección tipo N. (izqda.) y variante voladizo (dcha.)**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 19.- Sección tipo W.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 20.- Comparación de soluciones. Mejora del coeficiente de agitación y valoración .....**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Alturas de ola para temporal de Hs=3.6m, Tp=9s, Tm=8s, Dir=NNE**¡Error! Marcador no definido.**

1 MEMORIA

Anexo nº1 Clima y Criterios generales

Anexo nº2. Situación actual

Anexo nº3. Estudio de Agitación

Apéndice 3.1 Análisis de dirección norte

Anexo nº4. Prediseño de soluciones

2 PLANOS

01_01 Batimetría general

01_02 Batimetría dársena

02_01 Coeficientes de reflexión actuales

02_02 Coeficientes de reflexión Alternativa A

02_03 Coeficientes de reflexión Alternativa B

02_04 Coeficientes de reflexión Alternativa C

02_05 Esquema de reflexión actual

02_06 Esquema de reflexión Alternativa C

03_01 Planta de secciones tipo

03_02 Sección tipo 1

03_03 Sección tipo 11

03_04 Sección tipo 13

03_05 Sección tipo 14

03_06 Sección tipo 15

03_07 Planta alternativa B

- 01_01 Batimetría general.pdf
- 01_02 Batimetría dársena.pdf
- 02_01 Coeficientes de reflexión actuales.pdf
- 02_02 Coef, refl, Alt,A muelle exterior bocana antirreflejante.pdf
- 02_03 Coef, refl, Alt,B marina exterior norte, paramento norte y oeste antirreflejante.pdf
- 02_04 Coef, refl, Alt,C prolongación de tacón de bocana.pdf
- 02_05 Esquema de reflexión actual.pdf
- 02_06 Esquema de reflexión alt,C prolongación de tacón de bocana.pdf
- 03_01 Planta de secciones tipo.pdf
- 03_02,1 Sección tipo 1.pdf
- 03_02,2 Sección tipo 1 Variante voladizo.pdf
- 03_03,1 Sección tipo 11.pdf
- 03_03,2 Sección tipo 11.pdf
- 03_03,3 Sección tipo 11.pdf
- 03_04 Sección tipo 13.pdf
- 03_05 Sección tipo 14.pdf
- 03_06 Sección tipo 15.pdf
- 03_07,1 Planta alternativa B.pdf
- 03_07,2 Planta alternativa B Variante voladizo.pdf

ANEXO Nº1
CLIMA MARÍTIMO Y CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1

2 BATIMETRÍA Y CLIMA MARÍTIMO 1

2.1 Batimetría 1

2.2 Clima marítimo 2

2.2.1 Caracterización de oleaje en bocana (régimen medio y extremal) 3

2.2.2 Análisis del registro de la boya costera direccional Valencia II 11

3 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO 17

3.1 Carácter general de cada tramo 17

3.2 Carácter operativo de cada tramo 21

3.3 Umbrales climáticos 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Batimetría del puerto de Valencia. 2

Figura 2.- Puntos de cálculo de oleaje en el exterior del Puerto de Valencia. Nodo 39 seleccionado para el análisis. Proyecto MARUCA. 3

Figura 3.- Régimen medio mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA. 4

Figura 4.- Régimen medio direccional de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA. 5

Figura 5.- Régimen extremal mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA. 6

Figura 6.- Régimen extremal direccional de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA 7

Figura 7.- Rosas direccionales de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA. 9

Figura 8.- Análisis multivariante de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA 10

Figura 9.- Ubicación de la boya costera direccional de Valencia II. 11

Figura 10.- Series de altura, periodo y dirección del oleaje en el periodo Diciembre2007-Noviembre 2008. 12

Figura 11.- Series de altura, periodo y dirección del oleaje para el mes de octubre de 2008. 12

Figura 12.- Datos horarios de altura de ola significante. Temporal de octubre de 2008. 14

Figura 13.- Datos horarios de dirección media de procedencia. Temporal de octubre de 2008. 14

Figura 14.- Valor de altura de ola significante máxima. Temporal de octubre de 2008. 15

Figura 15.- Valor de periodo medio del oleaje. Temporal de octubre de 2008. 15

Figura 16.- Valor de periodo de pico del oleaje. Temporal de octubre de 2008. 16

Figura 17.- Régimen extremal escalar de oleaje. Boya costera direccional de Valencia II. 17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Probabilidades direccionales estacionales. Valores en %. 8
Tabla 2.- IRE y vida útil según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo. 18
Tabla 3.- ISA y probabilidad de fallo según tipo de puerto. Fuente: ROM 1.0-09. Obras de abrigo. 19
Tabla 4.- IRE y vida útil según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre. 20
Tabla 5.- ISA y probabilidad de fallo según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre. 20
Tabla 6.- IRE, ISA, vida útil, probabilidad de fallo y periodo de retorno asociado. 21
Tabla 7.- IREO y operatividades mínimas (rf,ELO) durante la vida útil según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo. 22
Tabla 8.- ISAO y máximo número de paradas operativas (Nm) según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo. 23
Tabla 9.- Duraciones máximas probables de parada operativa. ROM 1.0-09. Obras de abrigo. 24
Tabla 10.- IREO y operatividades mínimas durante la vida útil según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre. 24
Tabla 11.- ISAO y máximo número de paradas operativas (Nm) según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre. 24
Tabla 12.- Duraciones máimas probables de parada operativa. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre. 25
Tabla 13.- IREO, ISAO, operatividades mínimas durante la vida útil, máximo número medio anual de paradas operativas y duraciones máximas probables de parada operativa. 25
Tabla 14.- Valores umbrales de agentes climáticos y océano-meteorológicos limitativos de modos de parada operativa en las obras de atraque y amarre. 26

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describe la batimetría empleada, la caracterización del clima marítimo en las inmediaciones del puerto y los criterios generales de proyecto que permiten establecer el carácter general y operativo para definir el grado de riesgo de la infraestructura portuaria en base a la vida útil mínima.

Con ello se establece la base necesaria para el desarrollo de los modelos numéricos de cálculo de la agitación y el estudio de operatividad correspondiente.

2 BATIMETRÍA Y CLIMA MARÍTIMO

2.1 Batimetría

La batimetría usada es la proporcionada por el cliente y ampliada por cuatro fuentes adicionales para cubrir el área que va desde la zona exterior de la Marina hasta la dársena interior (Figura 1) con curvas de nivel cada 0.5 metros. Las fuentes de datos empleadas son:

- Ecocartografía proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Marzo 2006-Octubre 2006. Zona exterior al norte del puerto.
- Batimetría obtenida del Proyecto modificado del Proyecto de obras de abrigo para la ampliación del Puerto de Valencia. UTE de DRAGADOS, CYES, SOMAGUE, FPS, SEDESA y SACYR .Junio 2008. Zona exterior al este del puerto
- Batimetría proporcionada por el CONSORCIO. Noviembre 2007. Canal de acceso. Zona interior de la dársena.
- Batimetría obtenida del Proyecto modificado y de distribución de amarres en la dársena exterior del Puerto de Valencia con motivo de la 32 Edición de la America's Cup. UTE de CYES, SOMAGUE, FPS, SEDESA y SACYR. Septiembre 2006. Zona interior de la dársena.
- Batimetría de Marine Charts (Navionics). Zonas interiores de la dársena sin información de ninguna otra fuente.

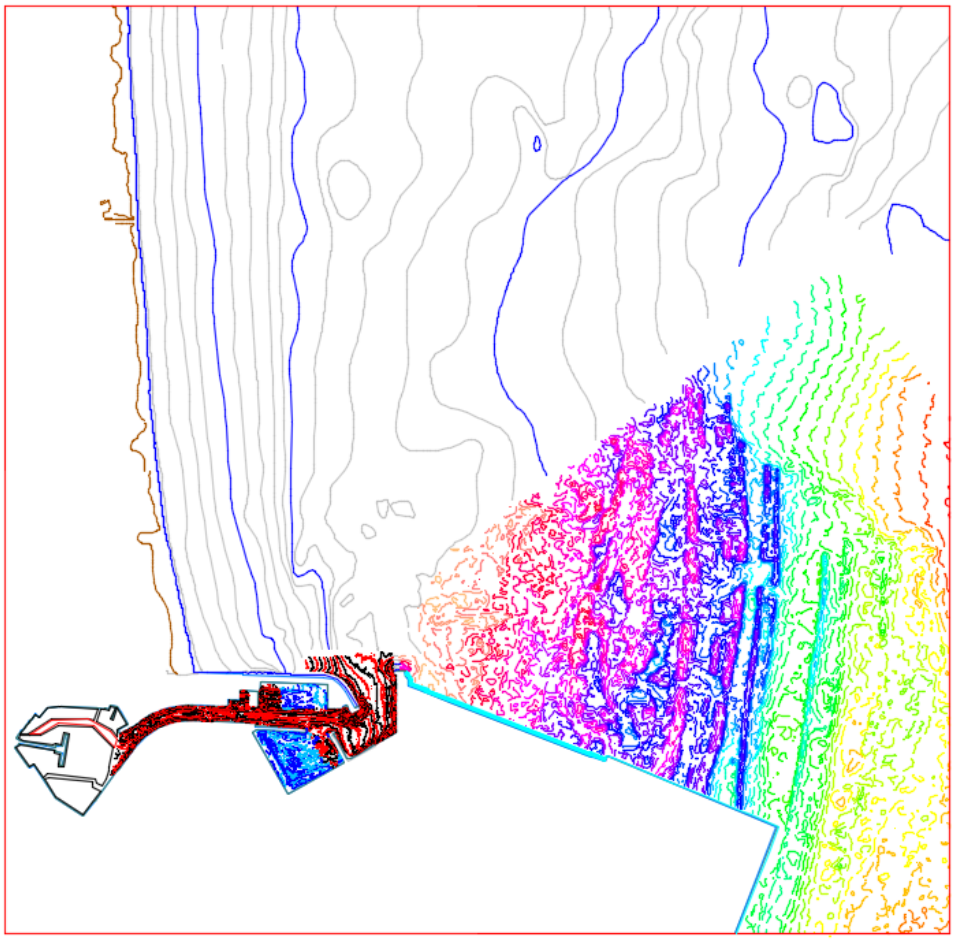


Figura 1.- Batimetría del puerto de Valencia.

2.2 Clima marítimo

Se analiza el régimen medio y extremal de oleaje. El régimen medio se emplea para el estudio de operatividad en condiciones normales, mientras que el régimen extremal para analizar la agitación en el interior de la dársena en algunos casos excepcionales de oleaje. El temporal que tuvo lugar en Valencia en octubre de 2008, se incluye para este último análisis.

Para la caracterización del oleaje se emplean las siguientes fuentes de datos:

- Datos de oleaje procedentes de la serie de reanálisis del oleaje DOW 1.1 o Downscaled Ocean Waves del Proyecto MARUCA, desarrollado por el Instituto de Hidráulica Ambiental "IH Cantabria".
- Datos de oleaje procedentes de la boya costera direccional de Valencia II, proporcionados por Puertos del Estado.

2.2.1 Caracterización de oleaje en bocana (régimen medio y extremal)

Los datos de oleaje empleados para la caracterización del régimen medio y extremal en el entorno del Puerto de Valencia se obtienen de uno de los puntos (Nodo 39) del proyecto MARUCA, ubicado a una profundidad de 21 metros. La Figura 2 muestra la localización exacta del punto de cálculo.

La base de datos de oleaje generada numéricamente por el IH Cantabria en el proyecto MARUCA se denomina DOW 1.1 (Downscaled Ocean Waves). Dichos datos tienen periodicidad horaria y son homogéneos y continuos desde el año 1948 hasta el 2008. La base de datos DOW 1.1 ha sido generada gracias a la financiación del proyecto MARUCA (Caracterización climática del medio físico marino español para la optimización de la explotación portuaria y navegación marítima, E17/08, www.maruca.ihcantabria.com) dentro del marco de los proyectos de I+D+i de la Acción Estratégica en Energía y Cambio Climático (Ministerio de Fomento), y propagada mediante el modelo SWAN hasta los puntos del entorno del Puerto.

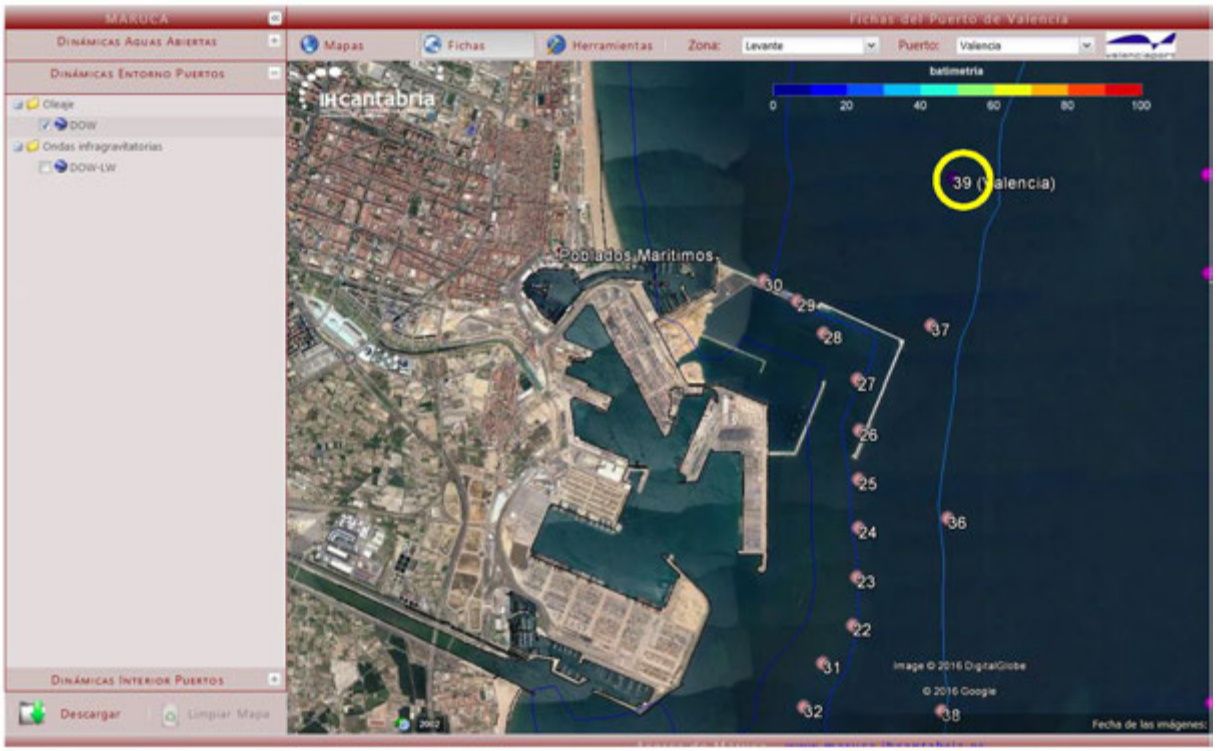
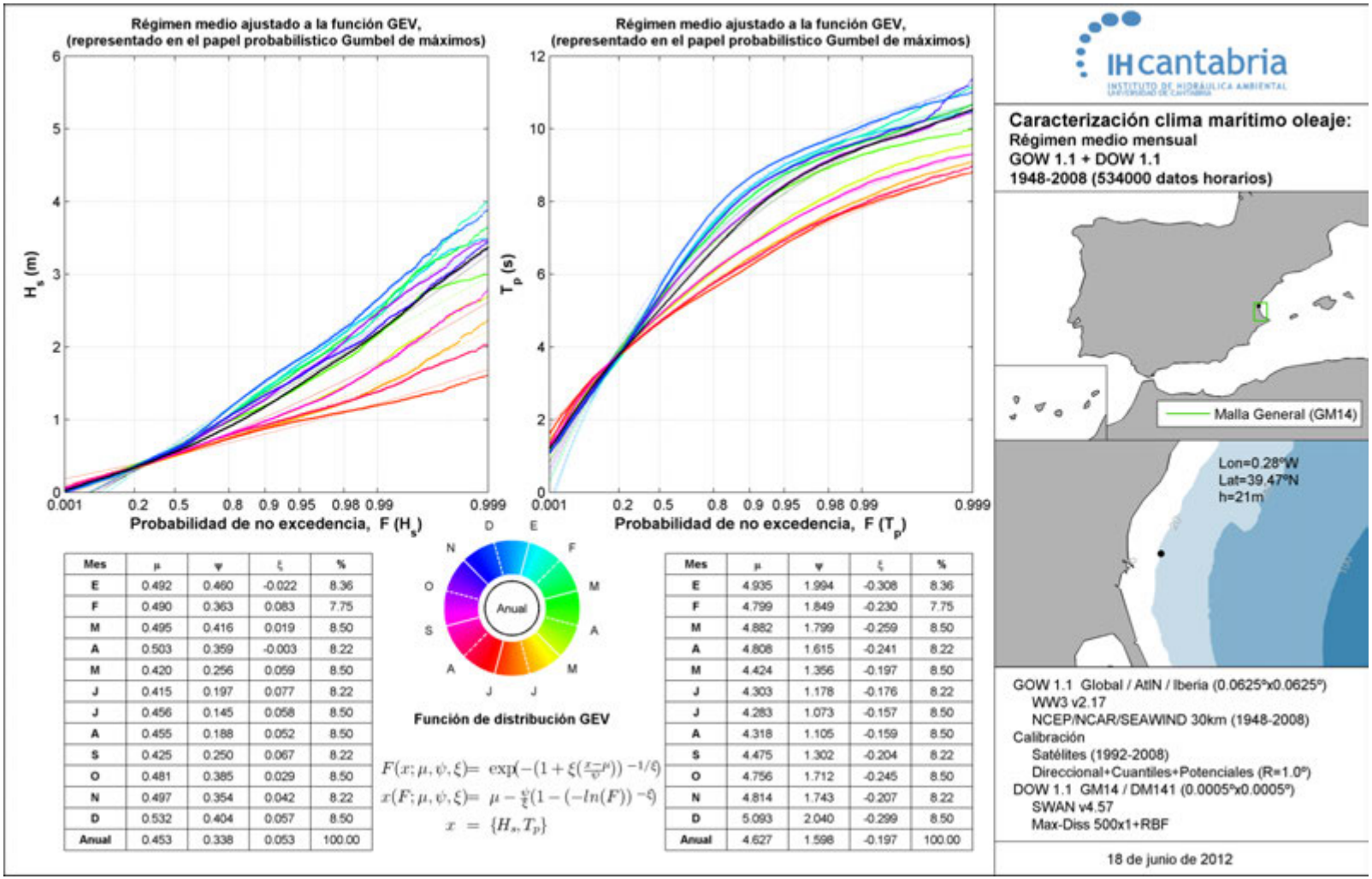


Figura 2.- Puntos de cálculo de oleaje en el exterior del Puerto de Valencia. Nodo 39 seleccionado para el análisis. Proyecto MARUCA.

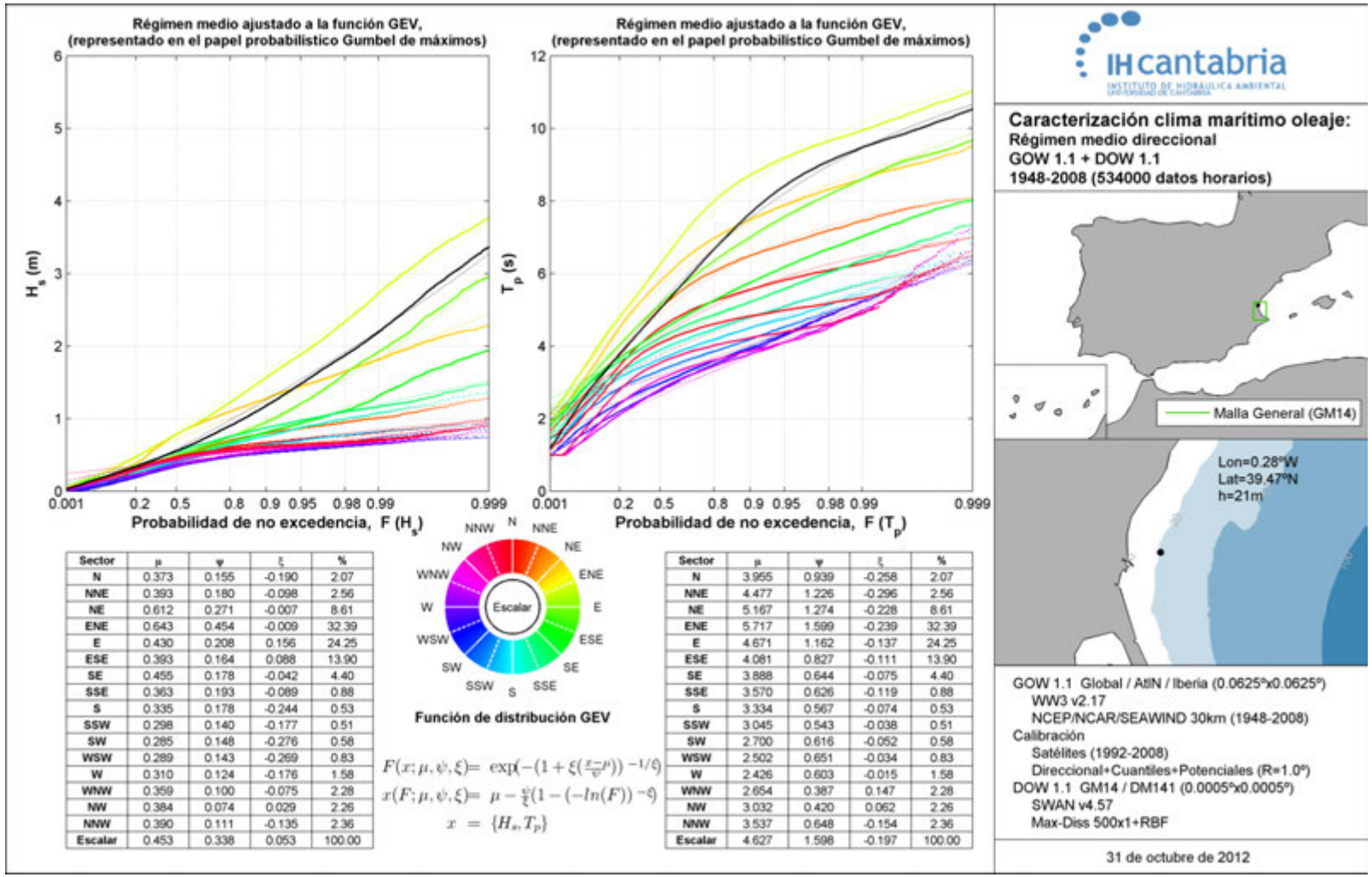
Las características del oleaje en régimen medio mensual y direccional en el Nodo 39 se describen en las tablas y gráficos de las Figuras 3 y 4, respectivamente. Las características del oleaje en régimen extremal mensual y direccional en el Nodo 39 se describen en las tablas y gráficos de las Figuras 5 y 6, respectivamente.



Mes	μ	ψ	ξ	%
E	0.492	0.460	-0.022	8.36
F	0.490	0.363	0.083	7.75
M	0.495	0.416	0.019	8.50
A	0.503	0.359	-0.003	8.22
M	0.420	0.256	0.059	8.50
J	0.415	0.197	0.077	8.22
J	0.456	0.145	0.058	8.50
A	0.455	0.188	0.052	8.50
S	0.425	0.250	0.067	8.22
O	0.481	0.385	0.029	8.50
N	0.497	0.354	0.042	8.22
D	0.532	0.404	0.057	8.50
Anual	0.453	0.338	0.053	100.00

Mes	μ	ψ	ξ	%
E	4.935	1.994	-0.308	8.36
F	4.799	1.849	-0.230	7.75
M	4.882	1.799	-0.259	8.50
A	4.808	1.615	-0.241	8.22
M	4.424	1.356	-0.197	8.50
J	4.303	1.178	-0.176	8.22
J	4.283	1.073	-0.157	8.50
A	4.318	1.105	-0.159	8.50
S	4.475	1.302	-0.204	8.22
O	4.756	1.712	-0.245	8.50
N	4.814	1.743	-0.207	8.22
D	5.093	2.040	-0.299	8.50
Anual	4.627	1.598	-0.197	100.00

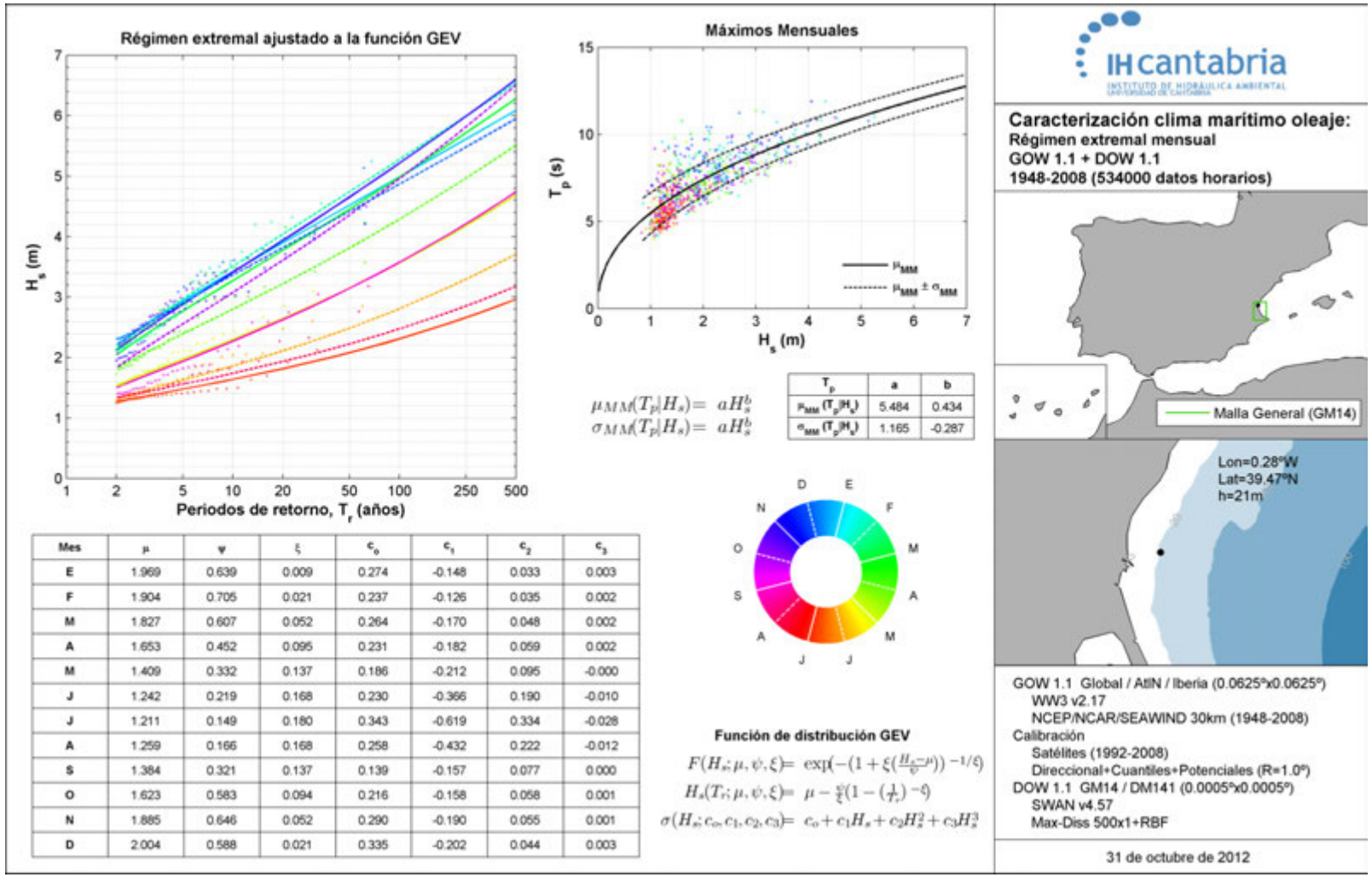
Figura 3.- Régimen medio mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA.



Sector	μ	ψ	ξ	%
N	0.373	0.155	-0.190	2.07
NNE	0.393	0.180	-0.098	2.56
NE	0.612	0.271	-0.007	8.61
ENE	0.643	0.454	-0.009	32.39
E	0.430	0.208	0.156	24.25
ESE	0.393	0.164	0.088	13.90
SE	0.455	0.178	-0.042	4.40
SSE	0.363	0.193	-0.089	0.88
S	0.335	0.178	-0.244	0.53
SSW	0.298	0.140	-0.177	0.51
SW	0.285	0.148	-0.276	0.58
WSW	0.289	0.143	-0.269	0.83
W	0.310	0.124	-0.176	1.58
WNW	0.359	0.100	-0.075	2.28
NW	0.384	0.074	0.029	2.26
NNW	0.390	0.111	-0.135	2.36
Escalar	0.453	0.338	0.053	100.00

Sector	μ	ψ	ξ	%
N	3.955	0.939	-0.258	2.07
NNE	4.477	1.226	-0.296	2.56
NE	5.167	1.274	-0.228	8.61
ENE	5.717	1.599	-0.239	32.39
E	4.671	1.162	-0.137	24.25
ESE	4.081	0.827	-0.111	13.90
SE	3.888	0.644	-0.075	4.40
SSE	3.570	0.626	-0.119	0.88
S	3.334	0.567	-0.074	0.53
SSW	3.045	0.543	-0.038	0.51
SW	2.700	0.616	-0.052	0.58
WSW	2.502	0.651	-0.034	0.83
W	2.426	0.603	-0.015	1.58
WNW	2.654	0.387	0.147	2.28
NW	3.032	0.420	0.062	2.26
NNW	3.537	0.648	-0.154	2.36
Escalar	4.627	1.598	-0.197	100.00

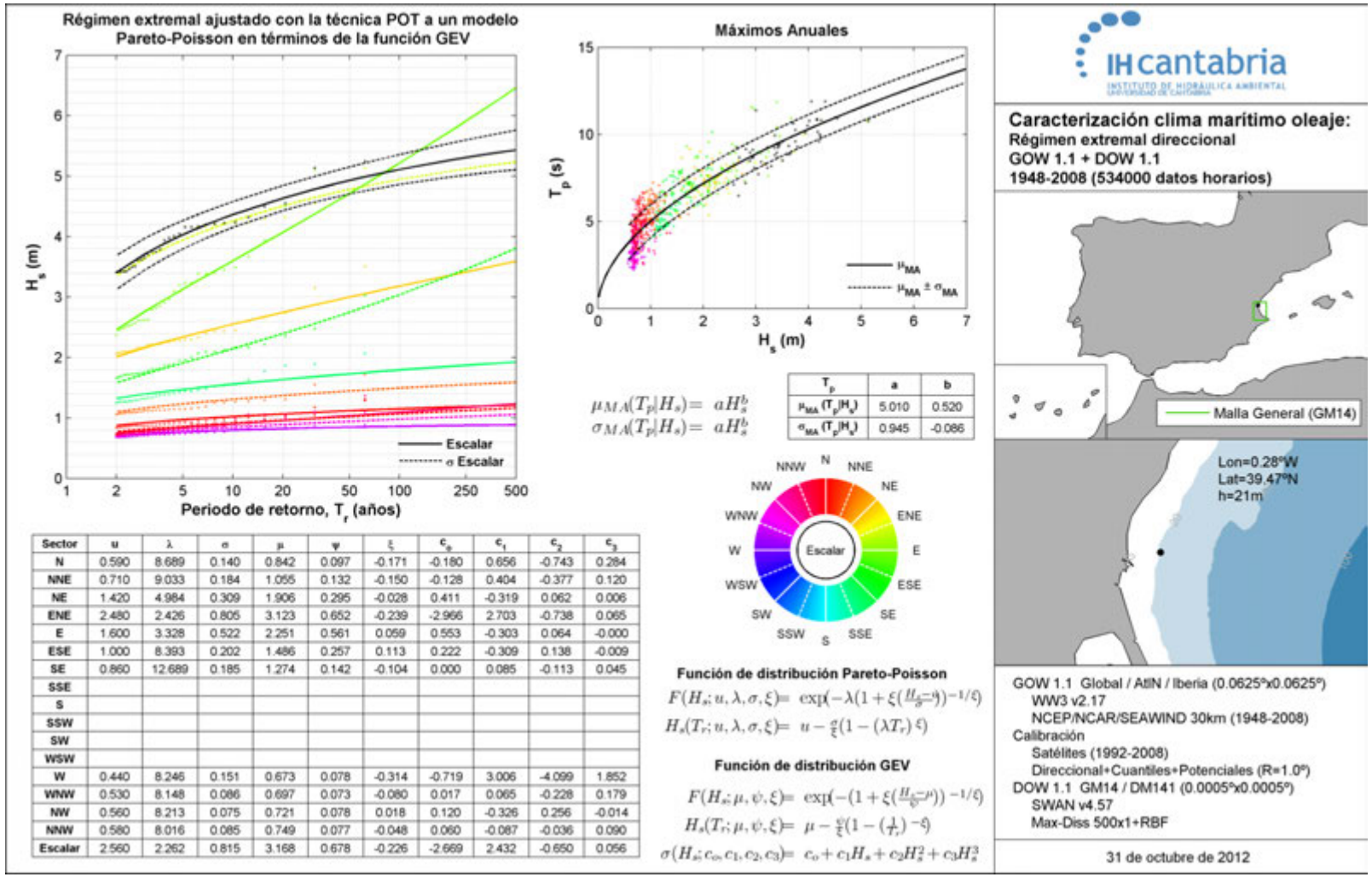
Figura 4.- Régimen medio direccional de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA.



T_p	a	b
$\mu_{MM}(T_p\|H_s)$	5.484	0.434
$\sigma_{MM}(T_p\|H_s)$	1.165	-0.287

Mes	μ	ψ	ξ	c_0	c_1	c_2	c_3
E	1.969	0.639	0.009	0.274	-0.148	0.033	0.003
F	1.904	0.705	0.021	0.237	-0.126	0.035	0.002
M	1.827	0.607	0.052	0.264	-0.170	0.048	0.002
A	1.653	0.452	0.095	0.231	-0.182	0.059	0.002
M	1.409	0.332	0.137	0.186	-0.212	0.095	-0.000
J	1.242	0.219	0.168	0.230	-0.366	0.190	-0.010
J	1.211	0.149	0.180	0.343	-0.619	0.334	-0.028
A	1.259	0.166	0.168	0.258	-0.432	0.222	-0.012
S	1.384	0.321	0.137	0.139	-0.157	0.077	0.000
O	1.623	0.583	0.094	0.216	-0.158	0.058	0.001
N	1.885	0.646	0.052	0.290	-0.190	0.055	0.001
D	2.004	0.588	0.021	0.335	-0.202	0.044	0.003

Figura 5.- Régimen extremal mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA.



$$\mu_{MA}(T_p|H_s) = a H_s^b$$
$$\sigma_{MA}(T_p|H_s) = a H_s^b$$

T_p	a	b
$\mu_{MA}(T_p\|H_s)$	5.010	0.520
$\sigma_{MA}(T_p\|H_s)$	0.945	-0.086

Sector	u	λ	σ	μ	ψ	ξ	c_0	c_1	c_2	c_3
N	0.590	8.689	0.140	0.842	0.097	-0.171	-0.180	0.656	-0.743	0.284
NNE	0.710	9.033	0.184	1.055	0.132	-0.150	-0.128	0.404	-0.377	0.120
NE	1.420	4.984	0.309	1.906	0.295	-0.028	0.411	-0.319	0.062	0.006
ENE	2.480	2.426	0.805	3.123	0.652	-0.239	-2.966	2.703	-0.738	0.065
E	1.600	3.328	0.522	2.251	0.561	0.059	0.553	-0.303	0.064	-0.000
ESE	1.000	8.393	0.202	1.486	0.257	0.113	0.222	-0.309	0.138	-0.009
SE	0.860	12.689	0.185	1.274	0.142	-0.104	0.000	0.085	-0.113	0.045
SSE										
S										
SSW										
SW										
WSW										
W	0.440	8.246	0.151	0.673	0.078	-0.314	-0.719	3.006	-4.099	1.852
WNW	0.530	8.148	0.086	0.697	0.073	-0.080	0.017	0.065	-0.228	0.179
NW	0.560	8.213	0.075	0.721	0.078	0.018	0.120	-0.326	0.256	-0.014
NNW	0.580	8.016	0.085	0.749	0.077	-0.048	0.060	-0.087	-0.036	0.090
Escalar	2.560	2.262	0.815	3.168	0.678	-0.226	-2.669	2.432	-0.650	0.056

$$F(H_s; u, \lambda, \sigma, \xi) = \exp\left(-\lambda\left(1+\xi\left(\frac{H_s-u}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right)$$
$$H_s(T_r; u, \lambda, \sigma, \xi) = u - \frac{\sigma}{\xi}\left(1-(\lambda T_r)^{\xi}\right)$$

$$F(H_s; \mu, \psi, \xi) = \exp\left(-\left(1+\xi\left(\frac{H_s-\mu}{\psi}\right)\right)^{-1/\xi}\right)$$
$$H_s(T_r; \mu, \psi, \xi) = \mu - \frac{\psi}{\xi}\left(1-\left(\frac{1}{T_r}\right)^{-\xi}\right)$$
$$\sigma(H_s; c_0, c_1, c_2, c_3) = c_0 + c_1 H_s + c_2 H_s^2 + c_3 H_s^3$$

Figura 6.- Régimen extremal direccional de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA

Para el estudio de operatividad es necesario conocer las frecuencias direccionales mensuales o estacionales en bocana (Nodo 39). Las probabilidades direccionales se obtienen tratando los datos del análisis multivariante (SOM) proporcionados en el proyecto MARUCA. Las Figuras 7 y 8 muestran los datos del Nodo 39 relativos a rosas direccionales de altura de ola y periodo, y el análisis multivariante (SOM). La Tabla 1 muestra las probabilidades direccionales estacionales obtenidas a partir de dicho análisis.

	N	NNE	NE	NEE	E	SEE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	NWW	NW	NNW	Total
Dic-Feb	4.20	4.80	15.10	35.70	13.10	4.90	2.40	0.80	0.80	0.90	0.80	1.30	3.40	3.60	3.50	3.70	99.00
Mar-May	1.70	2.10	10.90	31.50	23.00	15.30	5.30	0.70	0.30	0.30	0.30	0.40	1.60	2.10	1.80	1.50	98.80
Jun-Ago	0.30	0.40	7.10	25.40	30.50	25.60	7.90	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.50	0.40	0.40	99.00
Sept-Nov	3.20	3.70	16.00	38.80	14.70	6.70	2.40	1.00	0.80	0.60	0.80	0.90	2.40	2.80	2.40	2.90	100.00

Tabla 1.- Probabilidades direccionales estacionales. Valores en %.

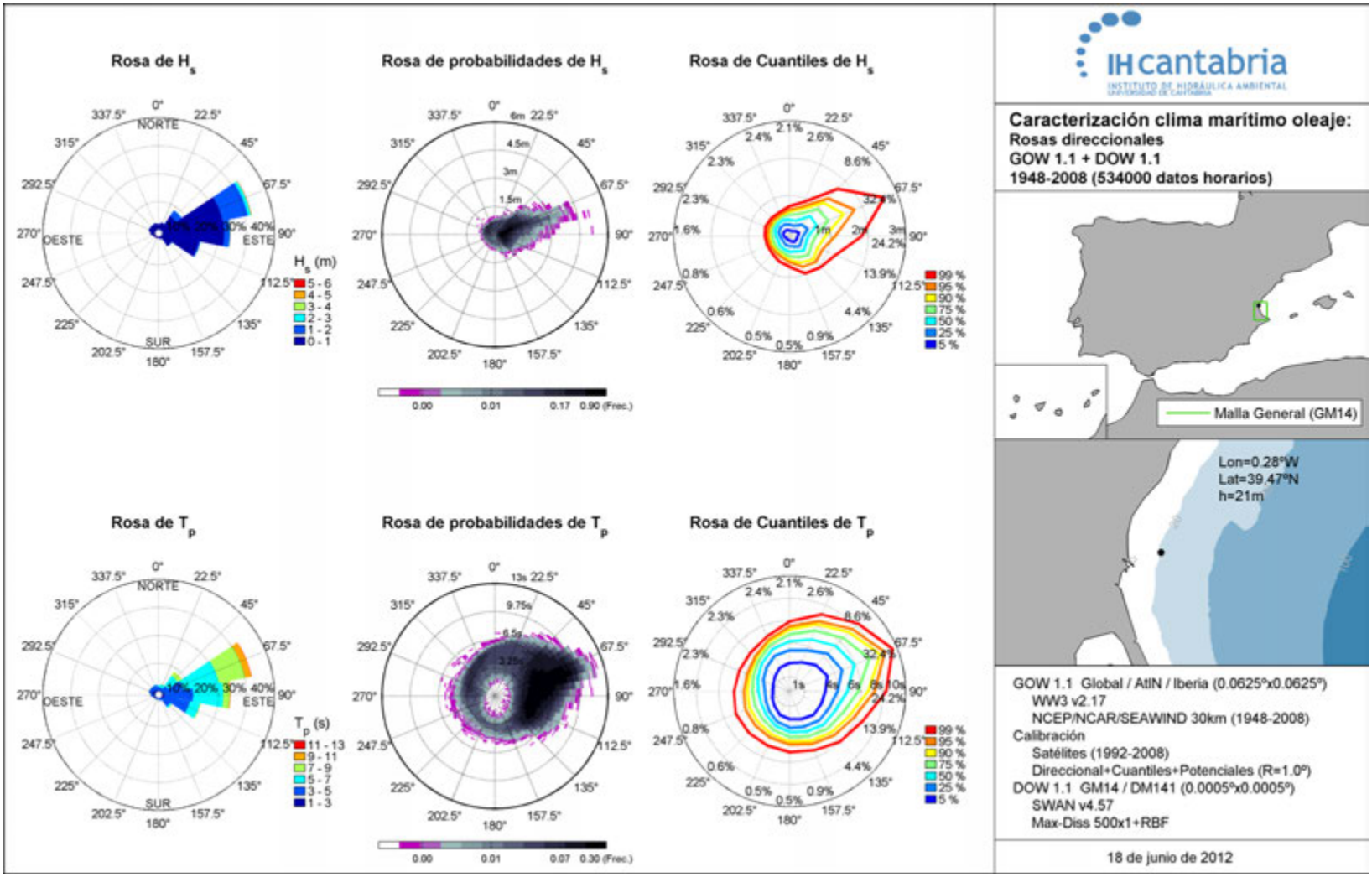


Figura 7.- Rosas direccionales de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA.

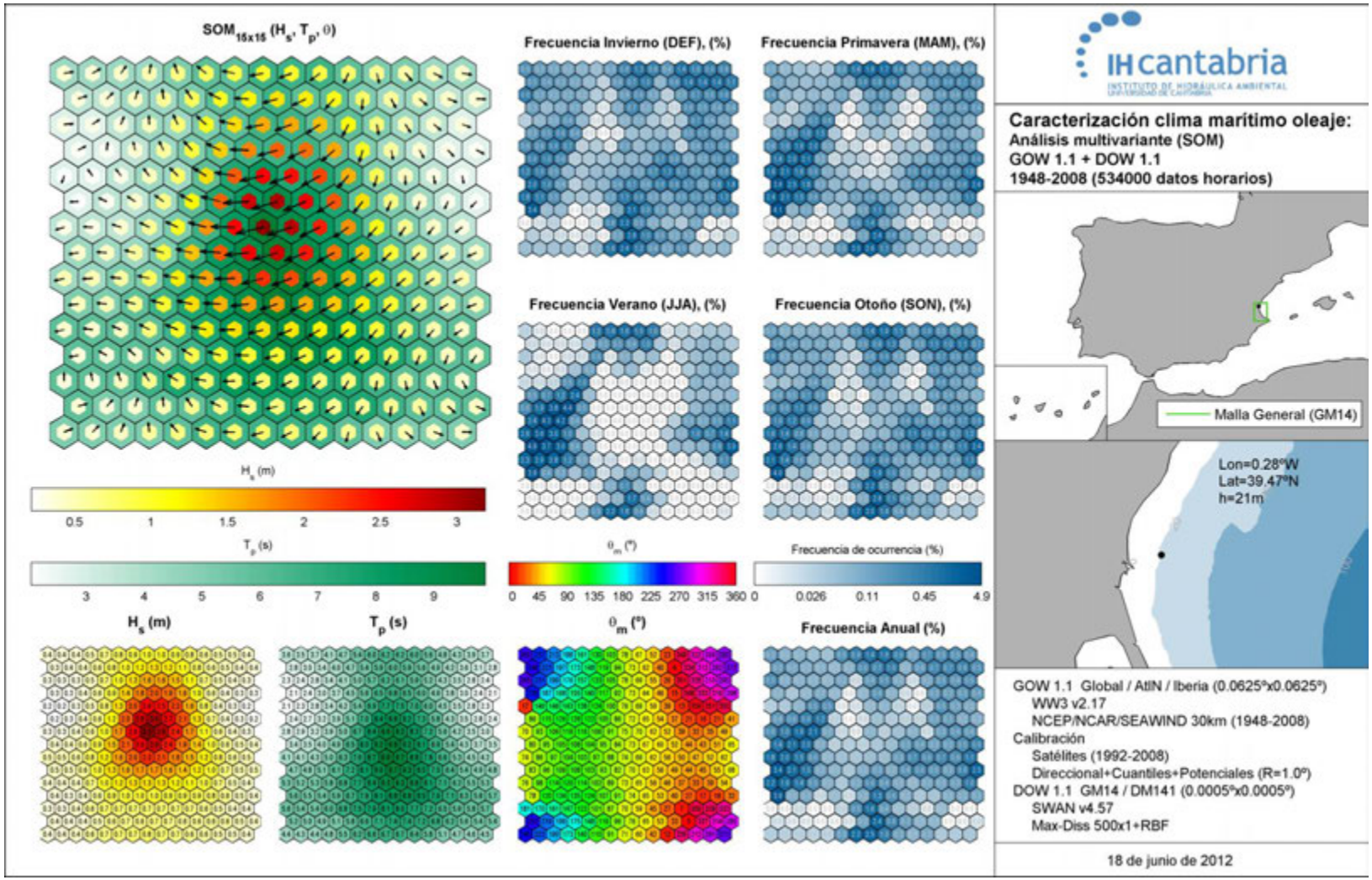


Figura 8.- Análisis multivariante de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA

2.2.2 Análisis del registro de la boya costera direccional Valencia II.

El registro de la boya costera de Valencia II, ubicada a 50 metros de profundidad, se emplea para caracterizar el temporal que alcanzó el Puerto de Valencia en Octubre de 2008. Los valores de altura de ola y periodos correspondientes a dicho temporal se emplean también en las simulaciones de oleaje realizadas con el programa CGWAVE para el análisis de agitación en el interior de la dársena.

Figura 9.- Ubicación de la boya costera direccional de Valencia II.

La Figura 10 muestra las series de altura, periodo y dirección del oleaje proporcionados por la boya para el periodo de diciembre de 2007 a noviembre de 2008. Se representan en negro los valores de altura significante y periodo medio del oleaje, y en gris los valores de altura de ola máxima y periodo de pico. La Figura 11 muestra las series de altura, periodo y dirección del oleaje para el mes de octubre de 2008. En rojo se ha marcado el temporal objeto de estudio que aconteció entre los días 9 y 13 de octubre.

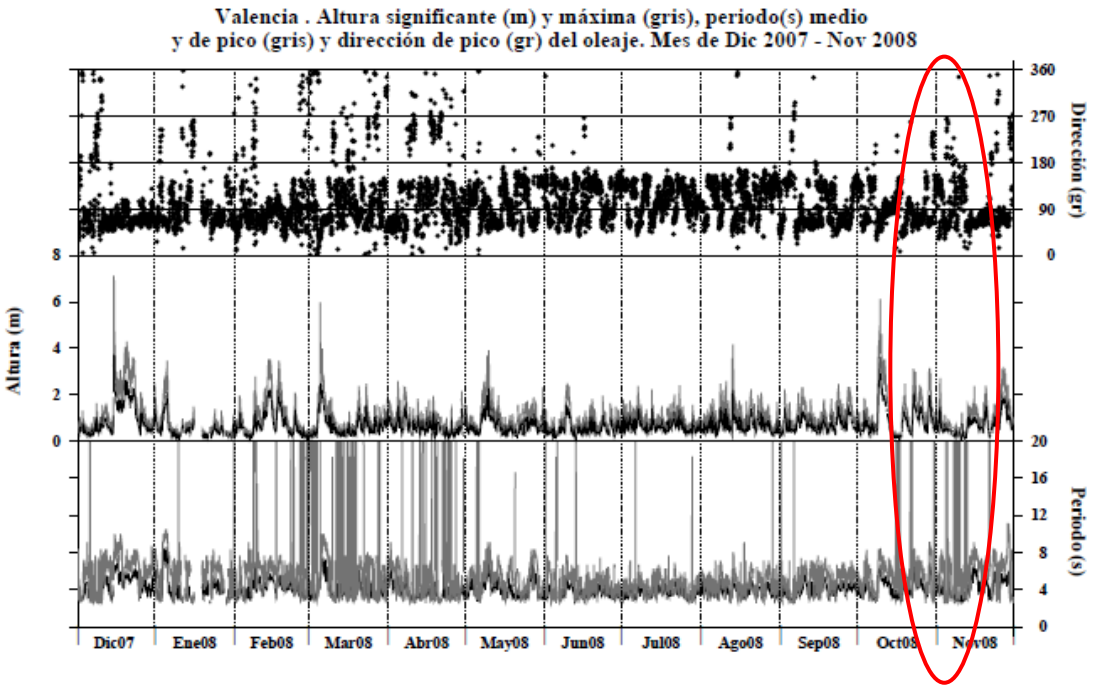


Figura 10.-Series de altura, periodo y dirección del oleaje en el periodo Diciembre2007-Noviembre 2008.

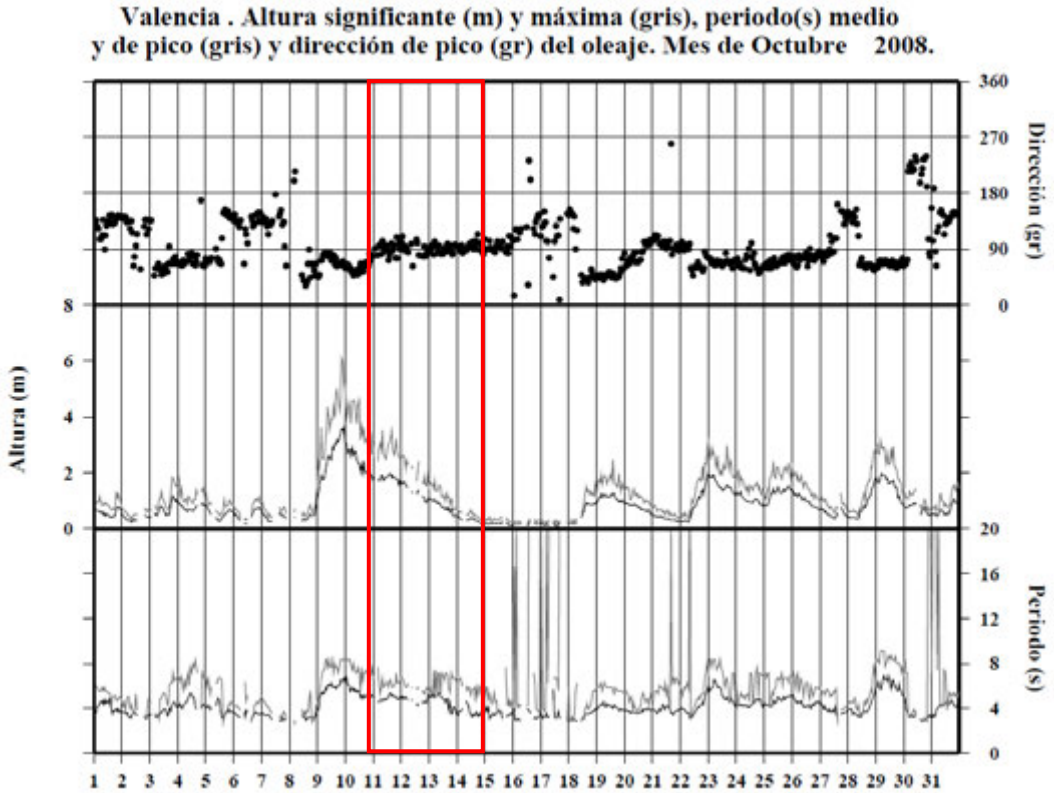


Figura 11.- Series de altura, periodo y dirección del oleaje para el mes de octubre de 2008.

Las Figuras 12 y 13 muestran los datos horarios de altura de ola y dirección de la boya de Valencia. El valor máximo de altura de ola significante se produjo el día 9/10/2008 a las 23.00 para una dirección N65ºE. La altura de ola significante y los periodos de pico y medio asociados a ese punto son Hs(m)=3.61, Tp(s)=9.07 y Tm(s)=6.88 (Figuras 14, 15 y 16).

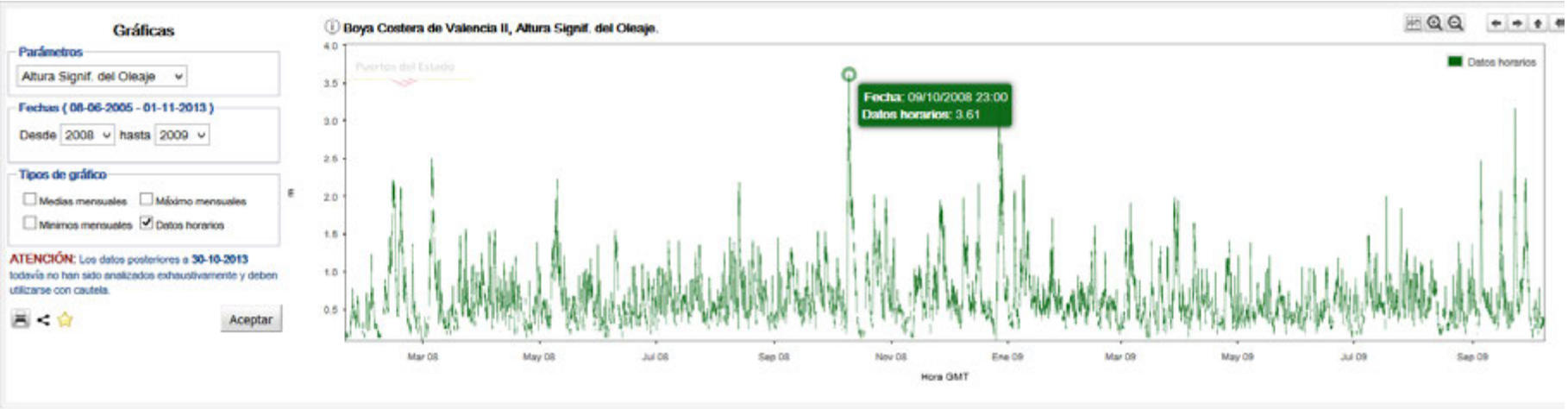


Figura 12.- Datos horarios de altura de ola significante. Temporal de octubre de 2008.

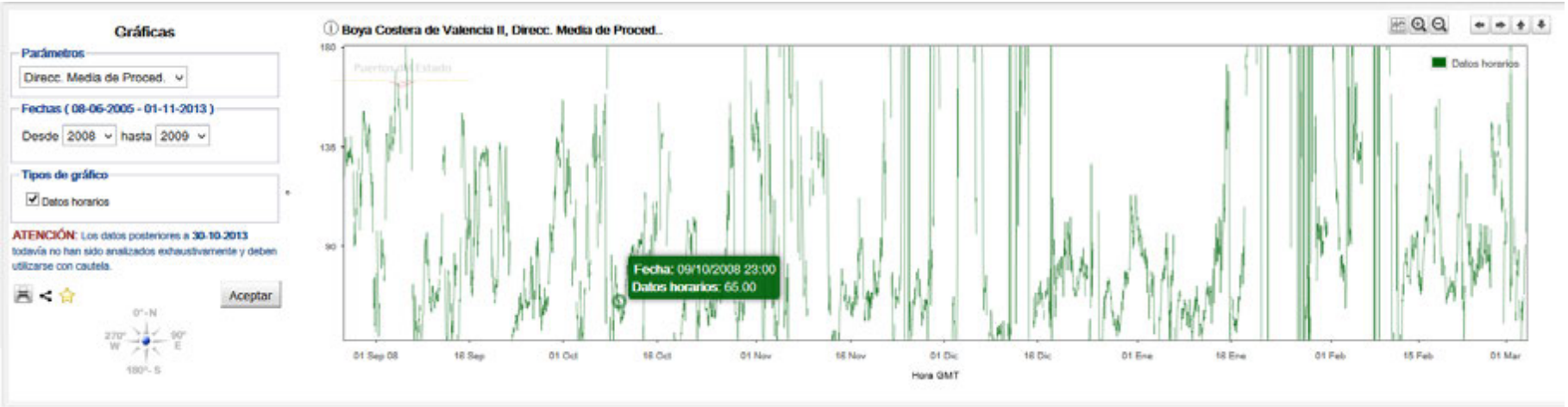


Figura 13.- Datos horarios de dirección media de procedencia. Temporal de octubre de 2008.

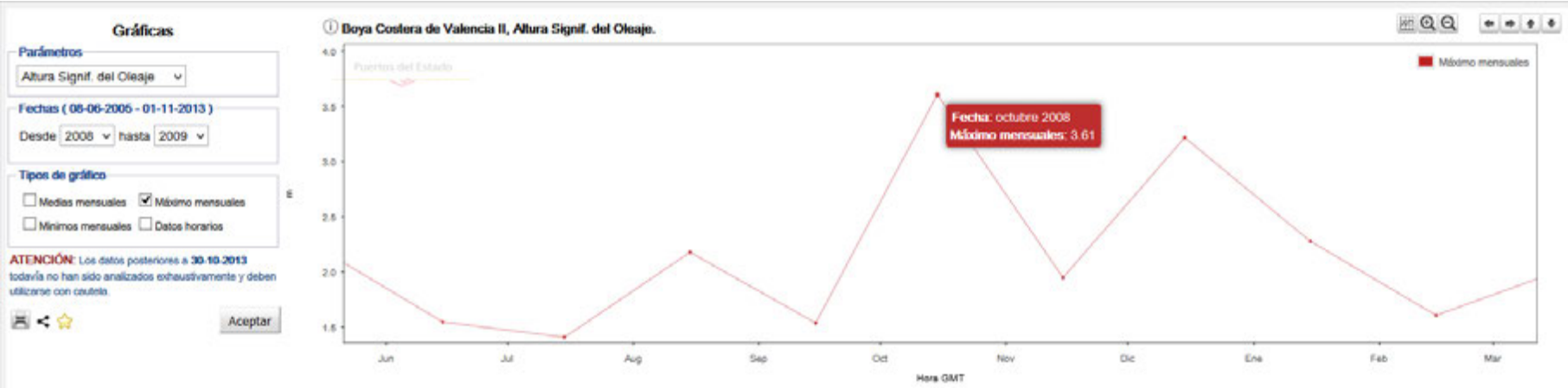


Figura 14.- Valor de altura de ola significante máxima. Temporal de octubre de 2008.

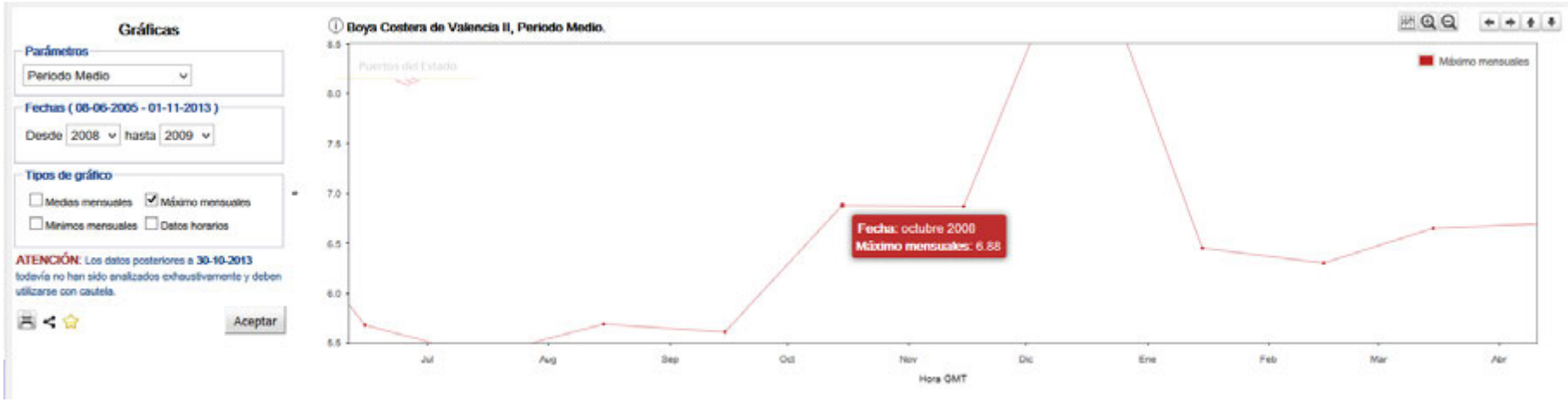


Figura 15.- Valor de periodo medio del oleaje. Temporal de octubre de 2008.

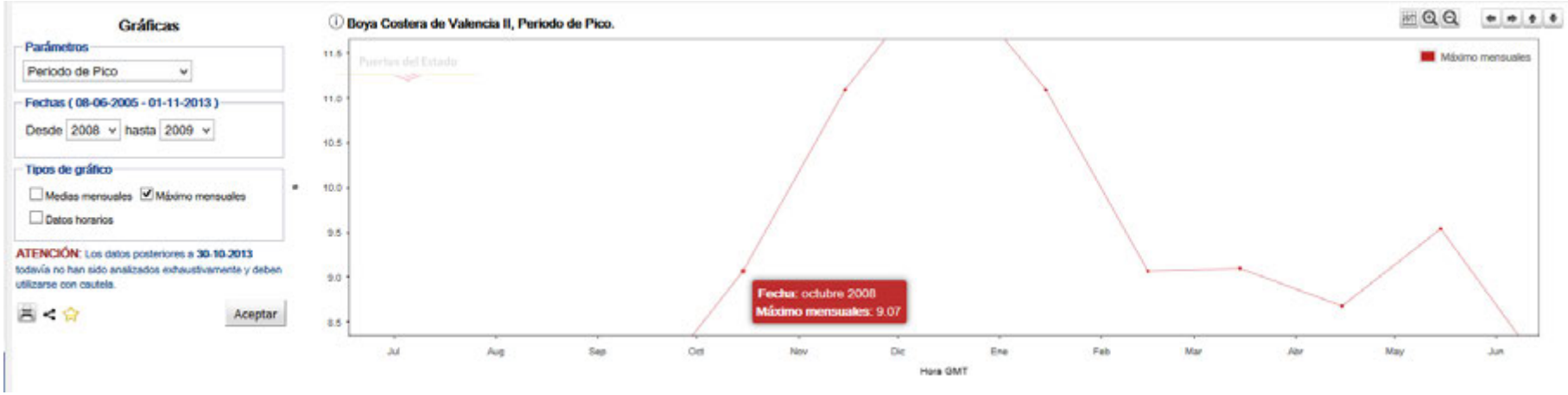


Figura 16.- Valor de periodo de pico del oleaje. Temporal de octubre de 2008.

Tomando el régimen extremal escalar de la boya de Valencia se deduce que ese temporal de H_s(m)=3.61 se corresponde con aproximadamente un periodo de retorno de 1.6 años.

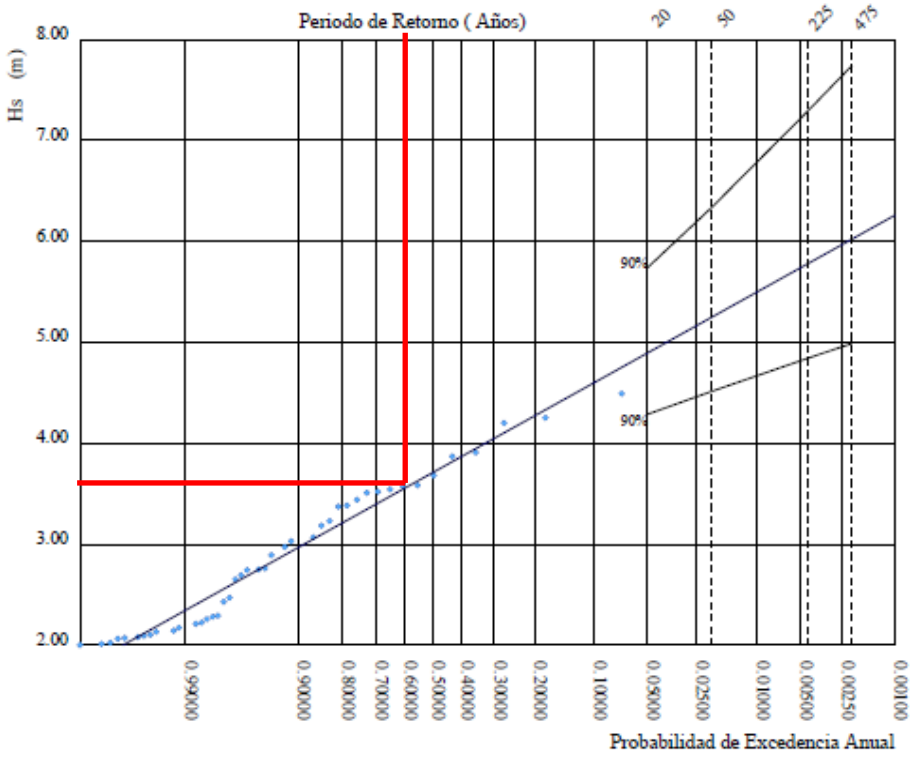


Figura 17.- Régimen extremal escalar de oleaje. Boya costera direccional de Valencia II.

Para analizar la agitación producida por ese temporal, además de considerar ese punto de H_s(m)=3.61, T_p(s)=9.07 y dirección N65ºE, se estudian casos adicionales en el rango de 4.99<T_p(s)<9.07 y direcciones 34º<θ<96º (valores mínimos y máximos observados para ese temporal, ver Figura 11).

3 CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO

Para cada zona se define el carácter general y operativo de la misma. Para ello, se emplea la Recomendación de Obras Marítimas ROM 1.0-09 para obras de abrigo y ROM 2.0-11 para obras de atraque y amarre. En la Marina Exterior Norte y Sur atracan embarcaciones de recreo, mientras que en el muelle vertical próximo a la bocana lo hacen cruceros. Por ello, se han seguido las recomendaciones de la ROM 1.0-09 y ROM 2.0-11 para puertos náutico-deportivos, y puertos de cruceros.

3.1 Carácter general de cada tramo

El carácter general se establece en función de los siguientes índices:

- Índice de repercusión económica (IRE)
- Índice de repercusión social y ambiental (ISA)

Las Tablas 1, 2, 3 y 4 recogen los valores de IRE e ISA proporcionados por la ROM 1.0-09 (obras de abrigo) y ROM 2.0-11 (obras de atraque) según tipo de puerto. La Tabla 5 muestra los valores seleccionados de IRE, ISA, vida útil y periodo de retorno asociado.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA			ÍNDICE IRE [7]		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V_m) [7] (años)
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Puertos abiertos a todo tipo de tráficos	r_3	Alto	50
		Puertos para tráficos especializados	$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	PUERTO PESQUERO		r_2	Medio	25
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO		r_2	Medio	25
	INDUSTRIAL		$r_2(r_3)$ [1]	Medio (alto) [1]	25 (50) [1]
	MILITAR		$r_2(r_3)$ [2]	Medio (alto) [2]	25 (50) [2]
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES		r_2 (r_3) [3]	Medio (alto) [3]	25 (50) [3]
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES [4]		r_3	Alto	50
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO		$r_2(r_3)$ [5]	Medio (alto) [5]	25 (50) [5]
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES		$r_1(r_3)$ [6]	Bajo (alto) [5]	15 (50) [7]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS		r_1	Bajo	15

[1] El índice IRE se elevará a r_3 cuando el tráfico esté asociado con el suministro energético o con materia primas minerales estratégicos y no se disponga de instalaciones alternativas adecuadas para su manipulación y/o almacenamiento.

[2] El índice IRE se elevará a r_3 cuando la instalación militar se considere esencial para la defensa nacional.

[3] En obras de protección de rellenos o de defensa de márgenes se tomará un índice IRE igual al señalado para el área portuaria en que se localiza.

[4] Se entienden como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.

[5] El índice IRE se elevará a r_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido esté asociado con el abastecimiento de agua para uso urbano o con la producción energética.

[6] El índice IRE se elevará a r_2 cuando en su zona de afección se localicen edificaciones o instalaciones industriales.

[7] Los índices inferiores a r_3 de la tabla se elevarán un grado por cada 30 M€ de coste de inversión inicial de la obra de abrigo.

Tabla 2.- IRE y vida útil según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE ISA		P_{fELU}	P_{fELS}
ÁREAS PORTUARIAS	COMER-CIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique [1]	Mercancías peligrosas [2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas [1]	s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1	No significativo	0.20	0.20
	PESQUERO	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	NÁUTICO-DEPORT.	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	INDUS-TRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique [1]	Mercancías peligrosas [2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0.10	0.10
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique		s_1	No significativo	0.20	0.20
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique [1]		s_3	Alto	0.01	0.07
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_1	No signif.	0.20	0.20
	PROTEC-CIÓN *	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique [1]	Mercancías peligrosas [2]	s_3	Alto	0.01	0.07
			Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0.10	0.10
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES [3]			s_4	Muy alto	0.0001	0.07
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s_2 (s_3) [4]	Bajo (alto) [4]	0.10 0.0001	0.10 0.07
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			s_2 (s_4) [5]	Bajo (muy alto) [5]	0.10 0.0001	0.10 0.07
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			s_1	No signif.	0.20	0.20

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.

[1] En el caso de que en la superficie adosada al dique esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas…), depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de abrigo, se considerará un índice ISA muy alto (s_4) ($p_{f,ELU}$=0.0001; $p_{f,ELS}$ = 0,007).

[2] Se consideran mercancías peligrosas los grupos de de sustancias prioritarias incluidas en el anejo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2004/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Ver ROM 5.1-05).

[3] Se entiende como diques de defensa ante grandes inundaciones, aquéllos que en caso de fallo podrían producir importantes inundaciones en el territorio.

[4] El índice ISA se elevará a s_3 cuando la toma de agua o el punto de vertido estén asociados con el abastecimiento de agua para uso urbano o industrial o con la producción energética.

[5] El índice ISA se elevará a s_4 cuando en caso de fallo pudieran resultar afectadas edificaciones u otras instalaciones industriales.

Tabla 3.- ISA y probabilidad de fallo según tipo de puerto. Fuente: ROM 1.0-09. Obras de abrigo.

USO	TIPO DE MERCANCÍA		ÍNDICE IRE [4]		VIDA ÚTIL MÍNIMA (V_{MIN}) [4] (AÑOS)
COMERCIAL	Graneles líquidos		r_3 (r_2) [1]	Alto (Medio) [1]	50 (25) [1]
	Graneles sólidos		r_3 (r_2) [1]	Alto (Medio) [1]	50 (25) [1]
	Mercancía general		r_2	Medio	25
	Pasajeros	Ferris	r_3 (r_2) [2]	Alto (Medio) [2]	50 (25) [2]
		Cruceros	r_2	Medio	25
PESQUERO			r_1	Bajo	15
NAÚTICO-DEPORTIVO			r_1	Bajo	15
INDUSTRIAL			r_2 (r_3) [3]	Medio (Alto) [3]	25 (50) [3]
MILITAR			r_3	Alto	50

(1) El índice IRE podrá reducirse a r_2 cuando el granel sólido ó líquido no esté relacionado con el suministro energético o con materias primas minerales estratégicas y no se pueda disponer de sistemas alternativos para su manipulación y almacenamiento.
(2) El índice IRE podrá reducirse a r_2 cuando se pueda disponer de instalaciones alternativas.
(3) El índice IRE se elevará a r_3 cuando la industria a la que sirve la obra de atraque esté asociada con la producción energética o con la transformación de materias primas minerales estratégicas.
(4) Los índices r_1 y r_2 de la tabla se elevarán un grado por cada 25 M€ de inversión inicial de la obra de atraque.

Tabla 4.- IRE y vida útil según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre.

USO	TIPO DE MERCANCÍA		ÍNDICE ISA [2]		$P_{f,ELU}$ [2, 3]	$P_{f,ELS}$ [2, 3]
COMERCIAL	Graneles líquidos	Mercancías peligrosas [1]	s_3	Alto	0,01	0,15
		Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0,10	0,30
	Graneles sólidos	Mercancías peligrosas [1]	s_3	Alto	0,01	0,15
		Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0,10	0,30
	Mercancía general		s_2	Bajo	0,10	0,30
	Pasajeros		s_2	Bajo	0,10	0,30
PESQUERO			s_2	Bajo	0,10	0,30
NAÚTICO-DEPORTIVO			s_2	Bajo	0,10	0,30
INDUSTRIAL		Mercancías peligrosas [1]	s_3	Alto	0,01	0,15
		Mercancías no peligrosas	s_2	Bajo	0,10	0,30
MILITAR			s_3	Alto	0,01	0,15

(1) Se considerarán mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anejo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CEE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2000/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas (Real Decreto 145/1989).
(2) En el caso de que en la obra de atraque o en las proximidades de la misma esté previsto que se ubiquen edificaciones (p.e. estaciones marítimas, lonjas…) depósitos o silos que pudieran resultar afectados en el caso de fallo de la obra de atraque, se considerará un índice ISA (s_4) muy alto ($p_{f,\,ELU}$ = 0,0001, $p_{f,\,ELS}$ = 0,07).
(3) En general, los estudios de optimización económica de las obras de atraque conducen a la conveniencia de proyectar obras mucho más seguras que los umbrales mínimos recomendados en esta tabla, salvo cuando la acción predominante sea el oleaje, el viento o el sismo.

Tabla 5.- ISA y probabilidad de fallo según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre.

En base a la ROM 1.0-09 y la ROM 2.0-11 se consideran la siguiente vida útil y periodo de retorno asociado, asociados IRE e ISA:

	Vida Útil	IRE	ISA	Pf,ELU	Pf,ELS		PERIODO DE RETORNO, Tr
DIQUE DE ABRIGO (Cruceros)	25	r2 (Medio)	s2 (Bajo)	0,10	0,10	Valores según ROM 1.0-09 de diques	238 años
MUELLE (Cruceros)	25	r2 (Medio)	s2 (Bajo)	0,10	0,30	Valores según ROM 2.0-11 de atraques	238 años (ELU) 71 años (ELS)
CONTRADIQUE (Náutico-deportivo)	25	r2 (Medio)	s2 (Bajo)	0,10	0,10	Valores según ROM 1.0-09 de diques	238 años
MUELLE (Náutico-deportivo)	15	r1 (Bajo)	s2 (Bajo)	0,10	0,30	Valores según ROM 2.0-11 de atraques	143 años (ELU) 43 años (ELS)

Tabla 6.- IRE, ISA, vida útil, probabilidad de fallo y periodo de retorno asociado.

Si en lugar de considerar los valores de vida útil proporcionados por la ROM 1.0-09 y 2.0-11, se considera una vida útil de 35 años, que es el periodo de concesión de la marina Real Juan Carlos I, el valor del periodo de retorno asciende a Tr=333 años.

3.2 Carácter operativo de cada tramo

Para determinar el carácter operativo se emplean los siguientes índices:

- Índice de repercusión económica operativo: IREO
- Índice de repercusión social y ambiental operativo: ISAO

Las Tablas 6, 7, 8 y 9 recogen los valores de IREO e ISAO proporcionados por la ROM 1.0-09 (obras de abrigo) y ROM 2.0-11 (obras de atraque) según tipo de puerto. La Tabla 10 muestra los valores seleccionados de IREO, ISAO, operatividades mínimas durante la vida útil (rf,ELO), máximo número medio anual de paradas operativas (Nm) y duraciones máximas probables de parada operativa.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE IREO		$r_{f,ELO}$
ÁREAS PORTUARIAS		Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o3}	Alto	0.99
	PUERTO COMERCIAL	Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique con adosadas a las que no les afecte el rebase	Con tráfico de graneles	r_{o2} [2]	Medio	0.95 [1]
			Con tráficos de pasajeros y de mercancía general regulares	r_{o3} [2]	Alto	0.99 [1]
			Con tráficos de mercancía general tramp	r_{o2} [2]	Medio	0.95 [1]
	PUERTO PESQUERO			r_{o3}	Alto	0.99 [1]
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO			r_{o3}	Alto	0.99 [1]
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o3}	Alto	0.99
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase		r_{o2}	Medio	0.95 [1]
	MILITAR			r_{o3}	Alto	0.99
	PROTECCIÓN DE RELLENOS O DE MÁRGENES			r_{o3}	Alto	0.99
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES			r_{o3}	Alto	0.99
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			r_{o3} (r_{o2}) [3]	Alto (medio) [3]	0.99 (0.95) [3]
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			r_{o1} (r_{o3}) [4]	Bajo (alto) [4]	0.85 (0.99) [4]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			r_{o1}	Bajo	0.85

[1] En el caso de que los tráficos sean estacionales, la operatividad mínima se referirá a dicho periodo.

[2] En el caso de que la intensidad de la demanda sea pequeña (grado de utilización del área abrigada < 40%) los índices obtenidos podrán reducirse un grado.

[3] El índice IREO podrá reducirse a r_{02} cuando pueda considerarse que la demanda puede adaptarse a la parada operativa.

[4] El índice IREO deberá aumentarse a r_{03} cuando su zona de afección sea urbana o industrial.

Tabla 7.- IREO y operatividades mínimas (rf,ELO) durante la vida útil según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo.

TIPO DE ÁREA ABRIGADA O PROTEGIDA				ÍNDICE ISAO		N_m
ÁREAS PORTUARIAS	PUERTO COMERCIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas [1]	s_{o3}	Alto	2
			Pasajeros y Mercancías no peligrosas	s_{o2}	Bajo	5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o sólo con las que no les afecte el rebase		s_{o1}	No signif.	10
	PUERTO PESQUERO			s_{o2}	Bajo	5
	PUERTO NÁUTICO-DEPORTIVO			s_{o2}	Bajo	5
	INDUSTRIAL	Con zonas de almacenamiento u operación de mercancías o pasajeros adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas [1]	s_{o3}	Alto	2
			Mercancías no peligrosas	s_{o2}	Bajo	5
		Sin zonas de almacenamiento u operación de mercancías adosadas al dique o adosadas a las que no les afecte el rebase		s_{o1}	No signif.	10
	MILITAR	Con zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique a las que afecte el rebase		s_{o3}	Alto	2
		Sin zonas de almacenamiento u operación adosadas al dique		s_{o1}	No signif.	10
	PROTEC-CIÓN*	Con zonas de almacenamiento adosadas al dique a las que afecte el rebase	Mercancías peligrosas [1]	r_{o3}	Alto	2
			Mercancías no peligrosas	s_{o2}	Bajo	5
ÁREAS LITORALES	DEFENSA ANTE GRANDES INUNDACIONES			s_{o4}	Muy alto	0
	PROTECCIÓN DE TOMA DE AGUA O PUNTO DE VERTIDO			s_{o2} (s_{o3}) [2]	Bajo (alto) [3]	5 (2)
	PROTECCIÓN Y DEFENSA DE MÁRGENES			s_{o1} (s_{o3}) [3]	No signif. (alto) [3]	10 (2) [3]
	REGENERACIÓN Y DEFENSA DE PLAYAS			s_{o1}	No signif.	10

* PROTECCIÓN DE RELLENOS O MÁRGENES.

[1] Se considerarán mercancías peligrosas los grupos de sustancias prioritarias incluidas en el anejo X de la Directiva Marco del Agua (Decisión 2455/2001/CEE), en el inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER: Decisión 2000/479/CE), y en el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías peligrosas (Real Decreto 145/1989). (Vre ROM 5.1).

[2] El índice ISAO se elevará a s_{o2} cuando la parada operativa pueda tener importantes consecuencias medioambientales.

[3] El índice IREO deberá aumentarse a s_{o3} cuando su zona de afección sea urbana o industrial.

Tabla 8.- ISAO y máximo número de paradas operativas (Nm) según tipo de puerto. ROM 1.0-09. Obras de abrigo.

ÍNDICE IREO	ÍNDICE ISAO			
	No significativo	**Bajo**	**Alto**	**Muy alto**
Bajo	24 horas	12 horas	6 horas	0
Medio	12 horas	6 horas	3 horas	0
Alto	6 horas	3 horas	1 horas	0

Tabla 9.- Duraciones máximas probables de parada operativa. ROM 1.0-09. Obras de abrigo.

USO	TIPO DE MERCANCÍA		ÍNDICE IREO		$r_{f,ELO} = 1 - P_{f,ELO}$
COMERCIAL	Graneles líquidos		r_{o1}	Bajo	0,85
	Graneles sólidos		r_{o1}	Bajo	0,85
	Mercancía general	Tráficos regulares	r_{o3} [1, 2]	Alto	0,99
		Tráficos tramp	r_{o2} [1, 2]	Medio	0,95
	Pasajeros		r_{o3} [1, 2]	Alto	0,99
PESQUERO			r_{o3}	Alto	0,99
NAÚTICO-DEPORTIVO			r_{o3}	Alto	0,99
INDUSTRIAL			r_{o1}	Bajo	0,85
MILITAR			r_{o3}	Alto	0,99

(1) En el caso de que los tráficos sean sólo en periodo estival, los índices obtenidos se reducirán un grado.
(2) En el caso de que la intensidad de la demanda sea poco intensiva (grado de ocupación del atraque ϕ < 40%. Ver apartado 3.2.1.4) los índices obtenidos se reducirán un grado.

Tabla 10.- IREO y operatividades mínimas durante la vida útil según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre.

USO	TIPO DE MERCANCÍA	ÍNDICE ISAO		N_m
COMERCIAL	Graneles líquidos	s_{o1}	No significativo	10
	Graneles sólidos	s_{o1}	No significativo	10
	Mercancía general	s_{o1}	No significativo	10
	Pasajeros	s_{o1}	No significativo	10
PESQUERO		s_{o2}	Bajo	5
NAÚTICO-DEPORTIVO		s_{o2}	Bajo	5
INDUSTRIAL		s_{o1}	No significativo	10
MILITAR		s_{o1}	No significativo	10

Tabla 11.- ISAO y máximo número de paradas operativas (Nm) según tipo de puerto. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre.

	ÍNDICE ISAO	
ÍNDICE IREO	No significativo	Bajo
Bajo	24 horas	12 horas
Medio	12 horas	6 horas
Alto	6 horas	3 horas

Tabla 12.- Duraciones máimas probables de parada operativa. ROM 2.0-11. Obras de atraque y amarre.

En base a la ROM 1.0-09 y la ROM 2.0-11 se consideran las siguientes operatividades mínimas máximo número de paradas y duraciones máximas por parada, asociados a IREO e ISAO:

	IREO	**ISAO**	**rf,ELO**	**Nm**		**Duraciones máximas de parada**
DIQUE DE ABRIGO (Cruceros)	r03 (Alto)	s02 (Bajo)	0.99	5	Valores según ROM 1.0-09 de diques	3 horas
MUELLE (Cruceros)	r03 (Alto)	s01 (No signif.)	0.99	10	Valores según ROM 2.0-11 de atraques	6 horas
DIQUE DE ABRIGO (Náutico-deportivo)	r03 (Alto)	s02 (Bajo)	0.99	5	Valores según ROM 1.0-09 de diques	3 horas
MUELLE (Náutico-deportivo)	r03 (Alto)	s02 (Bajo)	0.99	5	Valores según ROM 2.0-11 de atraques	3 horas

Tabla 13.- IREO, ISAO, operatividades mínimas durante la vida útil, máximo número medio anual de paradas operativas y duraciones máximas probables de parada operativa.

3.3 Umbrales climáticos

La ROM 2.0-11 proporciona los valores umbrales de los agentes climáticos y océano-meteorológicos limitativos de modos de parada operativa en las obras de atraque y amarre (Tabla 13). Si se considera el agente oleaje, para cruceros atracados en muelles, el valor umbral de altura de ola es H_s=1.0m para acciones en sentido longitudinal al muelle, y H_s=0.7m para acciones en sentido transversal al muelle. Para embarcaciones deportivas atracadas en muelles y pantalanes, el valor umbral de altura de ola es H_s=0.4m para acciones en sentido longitudinal al muelle, y H_s=0.2m para acciones en sentido transversal al muelle.

A. MUELLES Y PANTANALES	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1\ min}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.\ 1\ min}$	Altura de la ola H_s
1. Maniobra de atraque de buques			
Acciones en sentido longitudinal al muelle	17,0 m/s	1,0 m/s	2,0 m
Acciones en sentido transversal al muelle	10,0 m/s	0,1 m/s	1,5 m
2. Paralización operaciones carga y descarga (para equipos convencionales)			
Acciones en sentido longitudinal al muelle			
■ Petróleos < 30.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
30.000-200.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	2,0 m
> 200.000 TPM	22 m/s	1,5 m/s	2,5 m
■ Graneleros Cargando	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
Descargando	22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
■ Transportadores de Gases Licuados < 60.000 m^3	22 m/s	1,5 m/s	1,2 m
> 60.000 m^3	22 m/s	1,5 m/s	1,5 m
■ Mercantes de carga general. Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
■ Portacontenedores, Ro-Ros y Ferris	22 m/s	1,5 m/s	0,5 m
■ Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	1,5 m/s	0,5 m
■ Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	1,5 m/s	0,6 m
Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	1,5 /s	
■ Petroleros < 30.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,0 m
30.000-200.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,2 m
> 200.000 TPM	20 m/s	0,7 m/s	1,5 m
■ Graneleros Cargando	22 m/s	0,7 m/s	1,0 m
Descargando	22 m/s	0,7 m/s	0,8 m
■ Transportadores de Gases Licuados < 60.000 m^3	16 m/s	0,5 m/s	0,8 m
> 60.000 m^3	16 m/s	0,5 m/s	1,0 m
■ Mercantes de carga general. Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	0,7 m/s	0,8 m
■ Portacontenedores, Ro-Ros y Ferris	22 m/s	0,5 m/s	0,3 m
■ Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	0,5 m/s	0,3 m
■ Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	0,7 m/s	0,4 m
3. Permanencia de buques en muelle (5)			
■ Petroleros y transportadores de Gases Licuados			
Acciones en sentido longitudinal al muelle	30 m/s	2,0 m/s	3,0 m
Acciones en sentido transversal al muelle	25 m/s	1,0 m/s	2,0 m
■ Transatlánticos y Cruceros (2)			
Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1,5 m/s	1,0 m
Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0,7 m/s	0,7 m
■ Embarcaciones deportivas (2)	22 m/s	1,5 m/s	0,4 m
■ Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1,5 m/s	0,4 m
■ Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0,7 m/s	0,2 m
■ Otro tipo de buques	Limitaciones impuestas por las cargas de diseño de los muelles, compatibles con configuraciones de amarre que garanticen la seguridad del buque		

Tabla 14.- Valores umbrales de agentes climáticos y océano-meteorológicos limitativos de modos de parada operativa en las obras de atraque y amarre.

ANEXO Nº2
DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y CONTORNOS

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN 4

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Situación actual de la Marina Real Juan Carlos I. Ubicación de las secciones tipo. 6

Figura 2.- Sección ST-1. Protección norte de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado de distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Febrero 2006. 7

Figura 3.- Imagen 1 del muelle norte de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-1. 8

Figura 4.- Imagen 2 del muelle norte de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-1. 8

Figura 5.- Sección ST-2. Morro de cajones de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 9

Figura 6.- Imagen del Morro de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-2 9

Figura 7.- Sección ST-3. Protección en talud junto al morro de la protección norte de la Marina Exterior norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006 10

Figura 8.- Imagen de la protección en talud junto al morro de la protección norte de la Marina Exterior norte. Sección ST-3. 10

Figura 9.- Sección ST-4. Muelle este de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 11

Figura 10.- Imagen del Muelle este de la Marina Exterior Norte. Sección ST-4. 11

Figura 11.- Sección ST-5. Protección norte de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 12

Figura 12.- Protección norte de la Marina Exterior Sur. Sección ST-5. Lado norte. 12

Figura 13.- Sección ST-6. Protección oeste de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 13

Figura 14.- Protección norte y este de la Marina Exterior Sur. Sección ST-5 (lado sur) y ST-6 13
Figura 15.- Sección ST-7. Protección sur de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 14
Figura 16.- Imagen de la protección sur de la Marina Exterior Sur. Sección ST-7 14
Figura 17.- Sección ST-8. Protección este de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 15
Figura 18.- Protección este de la Marina Exterior Sur. Zona en talud bocana. Sección ST-8 15
Figura 19.- Sección ST-9. Protección este de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006. 16
Figura 20.- Imagen del morro de protección este de la Marina Exterior Sur. Sección ST-9 16
Figura 21.- Sección ST-10. Protección en talud este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia. 17
Figura 22.- Protección en talud este. Sección ST-10 17
Figura 23.- Sección ST-11. Dique vertical este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia. 18
Figura 24.- Dique vertical este. Sección ST-11 18
Figura 25.- Sección ST-12. Dique vertical este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia. 19
Figura 26.- Imagen del Dique vertical este . Sección ST-12 19
Figura 27.- Sección ST-13. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia. 20
Figura 28.- Delimitación de zonas con bloques Bara 20
Figura 29.- Muelle de bloques Bara. Zona 1 21
Figura 30.- Muelle de bloques Bara. Zona 2. 21
Figura 31.- Muelle de bloques Bara. Zona 3 Este. 22
Figura 32.- Muelle de bloques Bara. Zona 3 Oeste. 22
Figura 33.- Coeficientes de reflexión asignados por tramo. 23
Figura 34.- Coeficientes de reflexión considerados en "Proyecto de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia", de Berenguer Ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2004 24

Figura 35.- Coeficientes de reflexión considerados en "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia", de Berenguer ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2006. 24

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge la situación actual de la Marina Real Juan Carlos I.

A partir de la tipología estructural existente, se definen los coeficientes de reflexión de los contornos que son introducidos en el modelo numérico CGWave para el estudio de agitación en el interior de la dársena. Para ello, se realizaron fotografías de los muelles en una visita a campo y se ha recopilado información de los siguientes estudios previos:

- Proyecto modificado de distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Berenguer ingenieros. Febrero 2006.
- Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.
- Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia.

2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

La Marina Real Juan Carlos I se encuentra al Norte del Puerto de Valencia, junto a la playa de la Malvarrosa. Presenta un calado mínimo de 7.50 metros aproximadamente y cuenta con dos zonas de amarres (Figura 1):

- Marinas Exteriores Norte y Sur, con alrededor de 800 amarres para esloras variables entre 8 y 150 metros.
- Dársena interior, que alberga el pantalán T-dock de superyates, concebida para albergar más de 40 superyates, en amarres que van desde los 25 a los 150 metros.

La Marina Exterior Norte está al abrigo de un dique en talud, construido con escollera bicapa en talud H/V=2/1 en la zona de arranque, y piezas especiales (acrópodos) dispuestas sobre talud H/V=1.5/1 en el resto (tramo recto y curvo). La parte interna (zona abrigada norte, este y oeste), está formada por una alineación de muelle de bloques colocados a la cota -2.50 sobre una banqueta de escollera de talud H/V=1.5/1. Perpendiculares al muelle, existen tres pantalanes de pilotes que permiten el atraque de las embarcaciones. La Figura 2 muestra la sección transversal de la protección norte, las Figuras 3 y 4 muestran las fotografías tomadas del muelle de bloques para la alineación norte y las Figuras 9 y 10 para la alineación este.

El morro está formado por cajones verticales de hormigón HA-30 con celdas con relleno granular (Figuras 5 y 6). Próximo al morro (parte interna) existe un quiebro protegido por escollera concertada dispuesta sobre un talud H/V=1.5/1 (Figuras 7 y 8).

En base a ello, los coeficientes de reflexión asignados a la zona de la Marina Exterior Norte han sido de Kr=0.3 a la obra de abrigo en talud exterior, Kr=0.9 para los muelles de bloques (alineación norte, este y oeste), Kr=0.9 para el morro de cajones verticales, y Kr=0.4 para la protección de escollera próxima al morro. Los coeficientes de reflexión quedan representados en la Figura 33.

Figura 1.- Situación actual de la Marina Real Juan Carlos I. Ubicación de las secciones tipo.

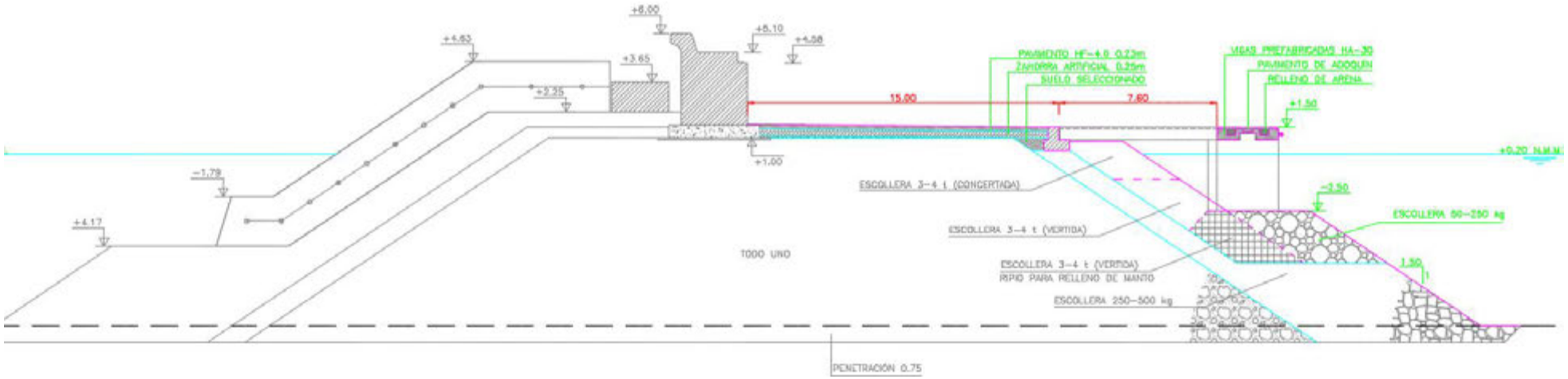


Figura 2.- Sección ST-1. Protección norte de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado de distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Febrero 2006.

Figura 3.- Imagen 1 del muelle norte de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-1.

Figura 4.- Imagen 2 del muelle norte de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-1.

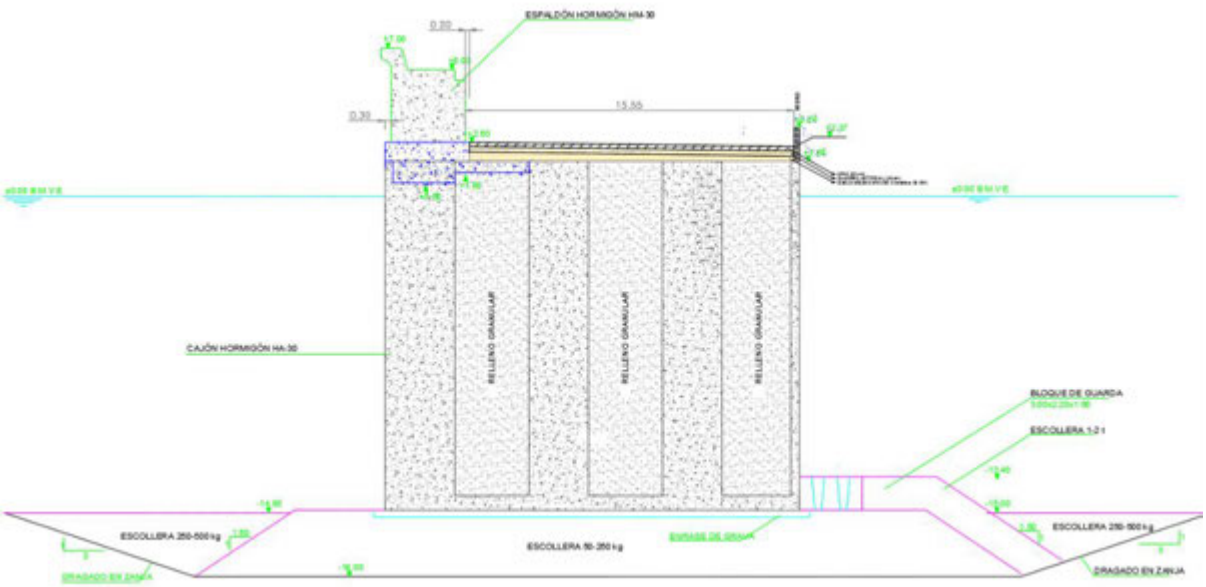


Figura 5.- Sección ST-2. Morro de cajones de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 6.- Imagen del Morro de cajones de la Marina Exterior Norte. Sección ST-2.

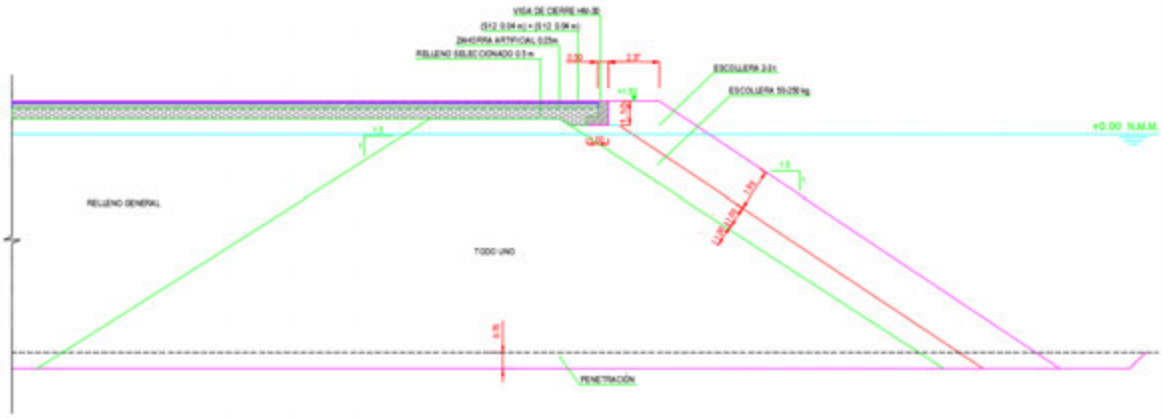


Figura 7.- Sección ST-3. Protección en talud junto al morro de la protección norte de la Marina Exterior norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 8.- Imagen de la protección en talud junto al morro de la protección norte de la Marina Exterior norte. Sección ST-3.

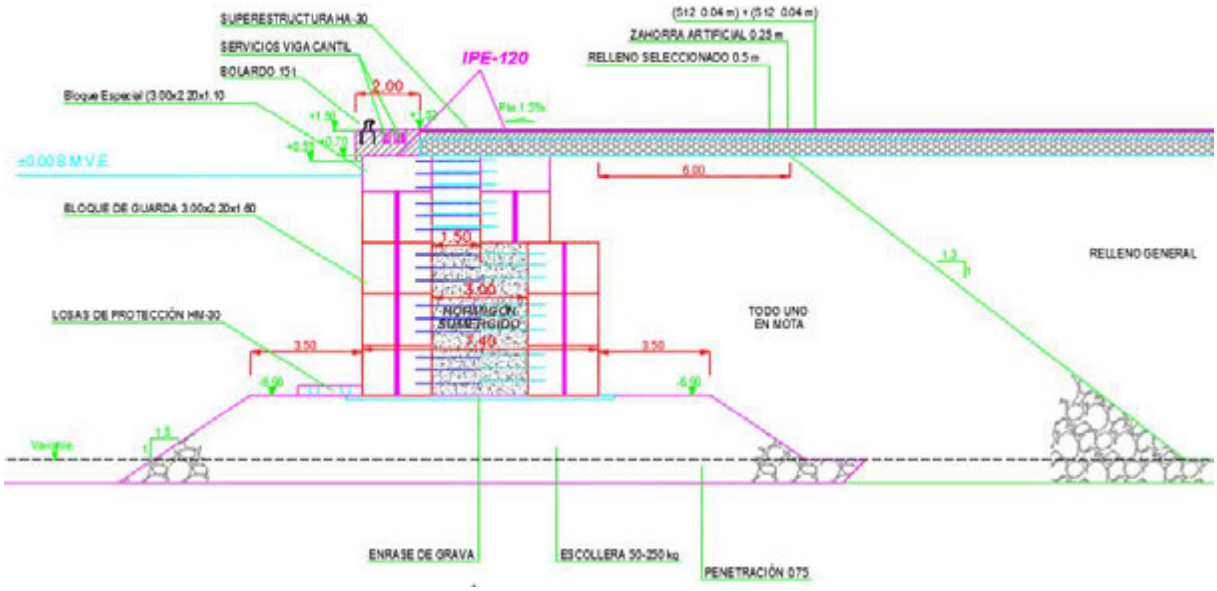


Figura 9.- Sección ST-4. Muelle este de la Marina Exterior Norte. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 10.-Imagen del Muelle este de la Marina Exterior Norte. Sección ST-4.

La Marina Sur está abrigada al norte por un muelle de cajones con celdas, colocados a la cota -7.00 sobre banqueta de escollera de talud H/V=1.5/1. Dichos cajones presentan, en el lado norte, ventanas para la atenuación del oleaje (Figuras 11 y 12), no existentes en el lado sur. La protección oeste y sur de la marina están conformadas por taludes de escollera de entre 3 y 4 t de peso (Figuras 13, 14, 15 y 16). En base a ello, los coeficientes de reflexión asignados a la zona de la Marina Exterior Sur han sido de Kr=0.6 al muelle de cajones con ventanas, Kr=0.9 para cajones sin ventanas, y Kr=0.4 para las protecciones oeste y sur de escollera. Los coeficientes de reflexión quedan representados en la Figura 33.

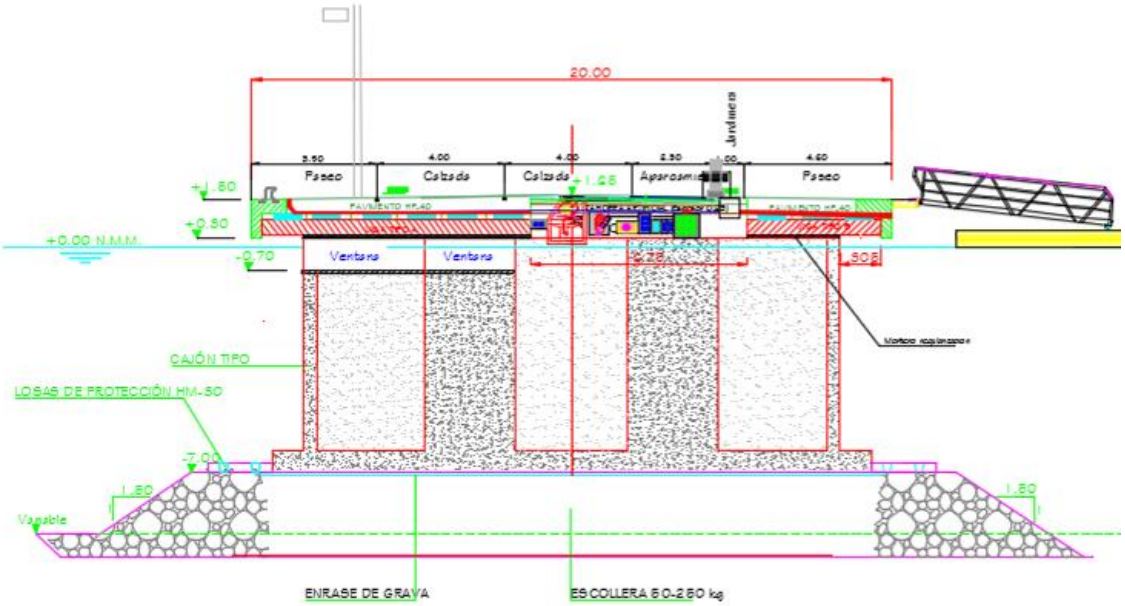


Figura 11.- Sección ST-5. Protección norte de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 12.- Protección norte de la Marina Exterior Sur. Sección ST-5. Lado norte.

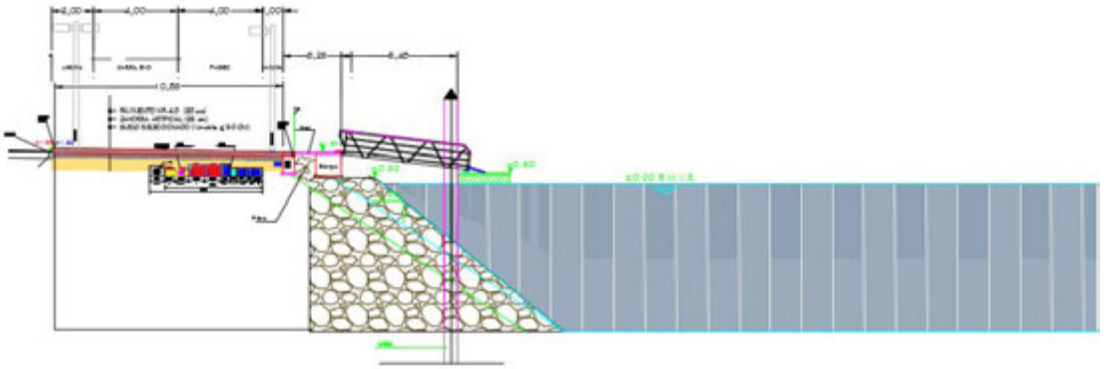


Figura 13.- Sección ST-6. Protección oeste de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 14.-Protección norte y este de la Marina Exterior Sur. Sección ST-5 (lado sur) y ST-6.

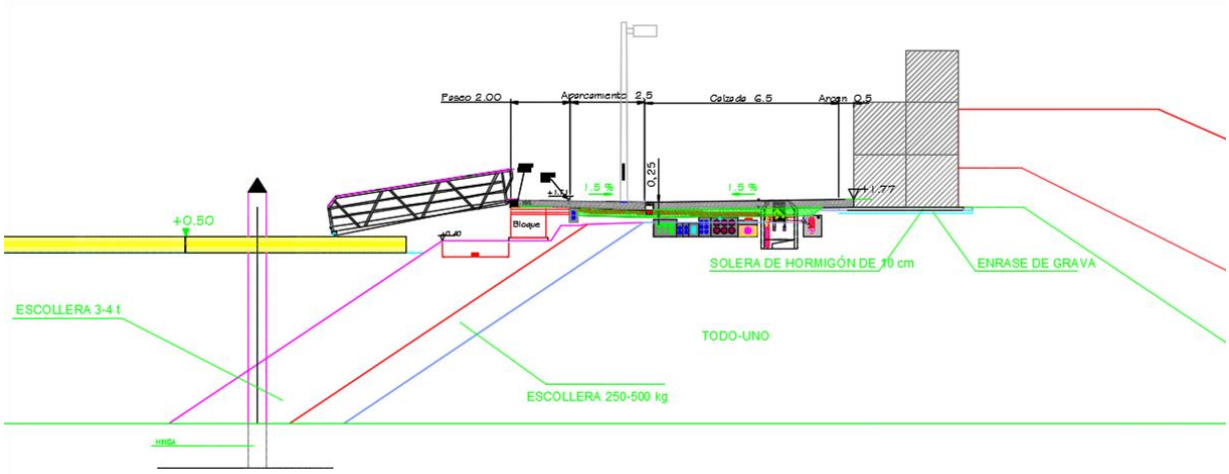


Figura 15.- Sección ST-7. Protección sur de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 16.- Imagen de la protección sur de la Marina Exterior Sur. Sección ST-7.

La alineación este de la Marina Sur está formada por cajones verticales sobre banqueta en la cara oeste (Figura 17), protegidos por taludes de escollera en la cara este (lado bocana). En la visita a campo se observó que la escollera de la cara este presenta un talud de fuerte pendiente y una baja porosidad, lo que se traduce en un incremento en la reflexión (Figura 18). En base a ello, se asigna un coeficiente de reflexión de Kr=0.9 para la cara oeste, y Kr=0.7 para la cara este (superior al valor de 0.4 habitual para zonas en talud).

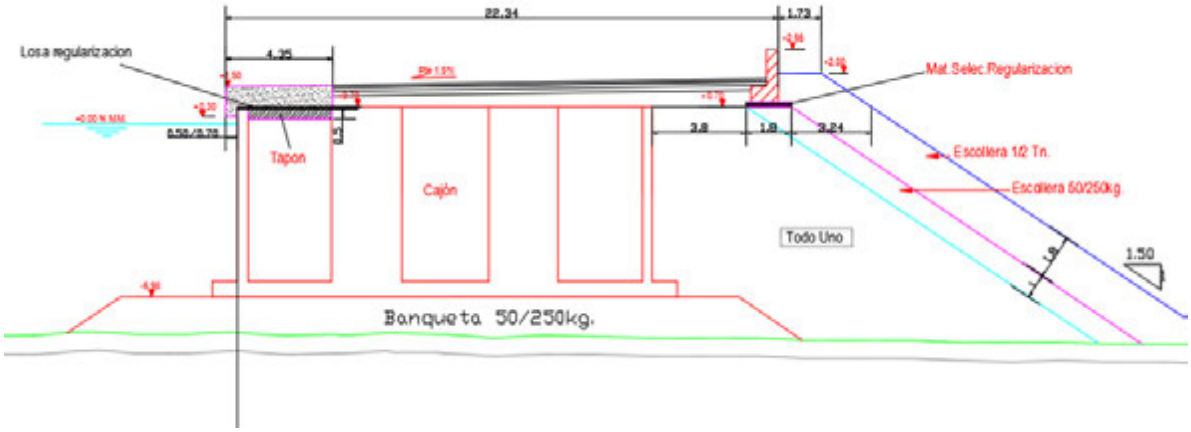


Figura 17.- Sección ST-8. Protección este de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 18.- Protección este de la Marina Exterior Sur. Zona en talud bocana. Sección ST-8.

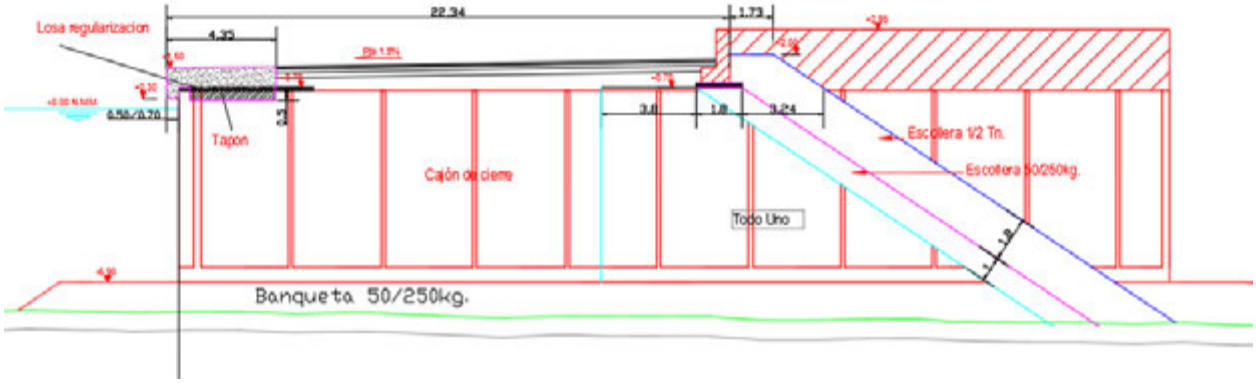


Figura 19.- Sección ST-9. Protección este de la Marina Exterior Sur. Fuente: Proyecto modificado 1 de distribución de amarres de la dársena exterior del Puerto de Valencia para la celebración de la 32ª edición de la copa américa. Septiembre 2006.

Figura 20.- Imagen del morro de protección este de la Marina Exterior Sur. Sección ST-9.

El cierre de la Marina Real lo conforma una protección en talud de escollera (Figuras 21 y 22), a la sigue una alineación vertical formada por cajones con celdas granulares en toda su longitud (Figuras 23, 24, 25, 26 y 27), que abrigan del oleaje la zona de la bocana. Al igual que ocurría en el caso anterior (sección ST-8), la protección de escollera presenta un talud con fuerte pendiente y una baja porosidad. Por ello, se asigna un coeficiente de reflexión de Kr=0.7 esta zona, y un Kr=0.9 a la alineación vertical (tronco y morro). Junto al morro, el abrigo exterior de la dársena lo proporciona un dique en talud (Kr=0.4), seguido de un dique vertical (Kr=0.9). En la Figura 33 pueden observarse los coeficientes asignados a las citadas zonas.

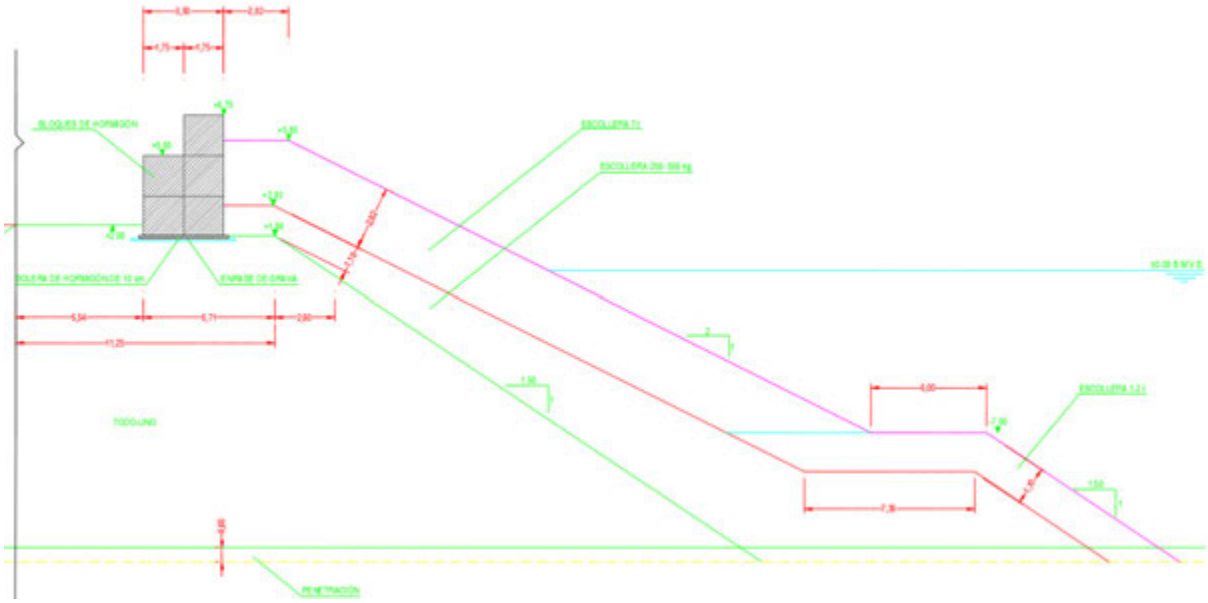


Figura 21.- Sección ST-10. Protección en talud este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia.

Figura 22.- Protección en talud este. Sección ST-10.

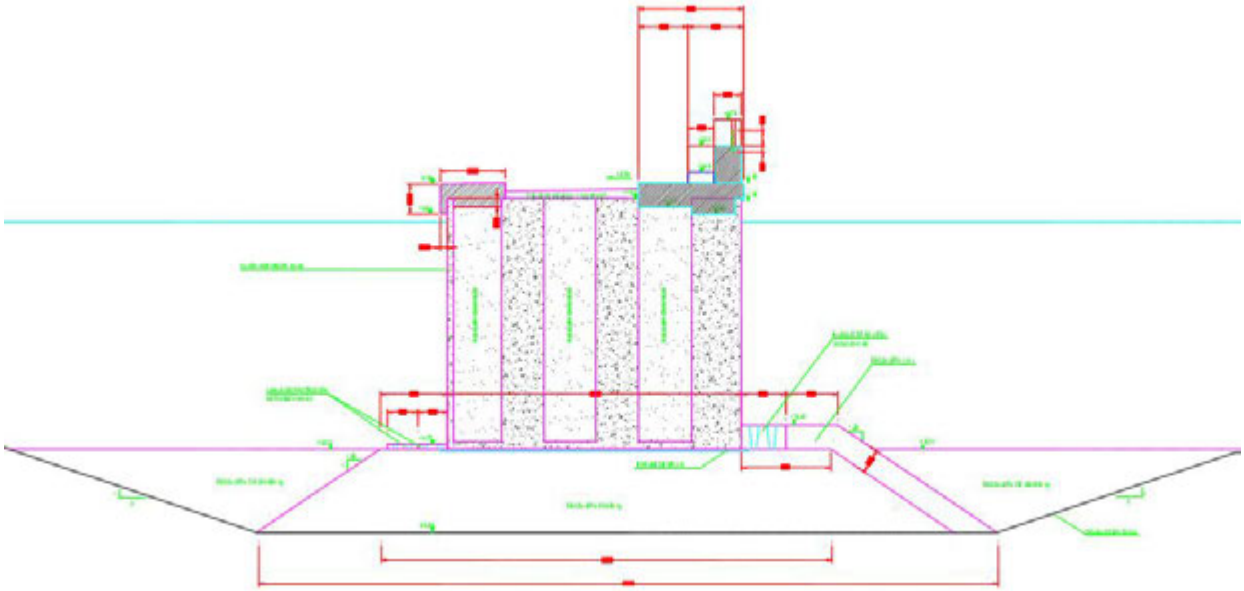


Figura 23.- Sección ST-11. Dique vertical este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia.

Figura 24.- Dique vertical este. Sección ST-11.

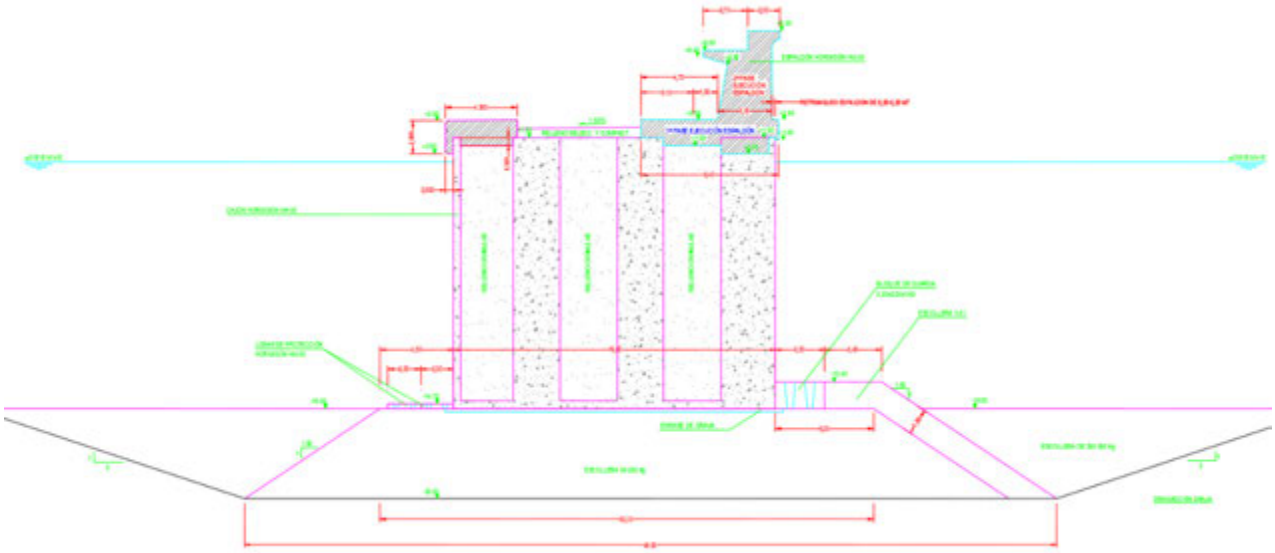


Figura 25.- Sección ST-12. Dique vertical este. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia.

Figura 26.- Imagen del Dique vertical este . Sección ST-12.

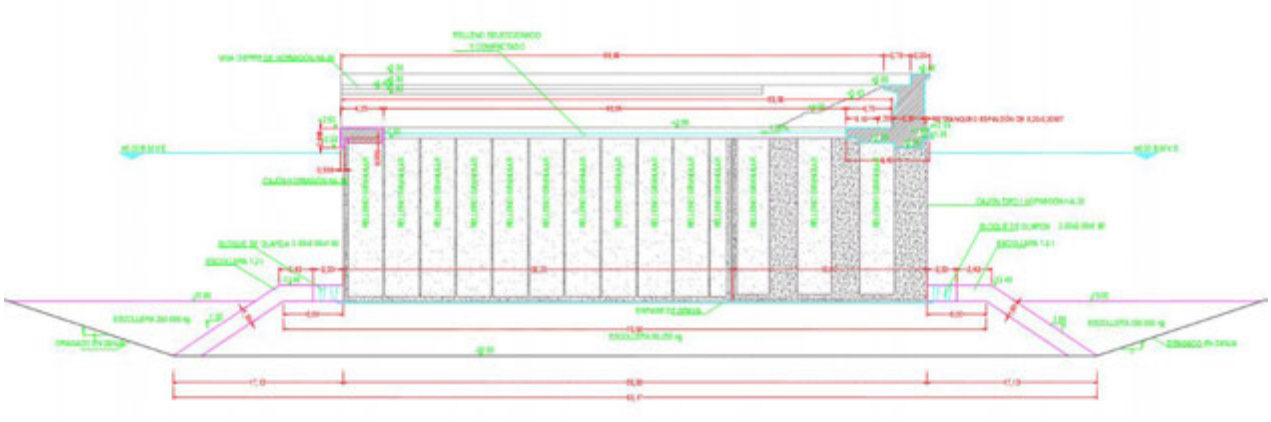


Figura 27.- Sección ST-13. Fuente: Proyecto modificado de construcción de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia.

El canal de acceso es de 600 m de longitud, 80 m de ancho y un calado de 7,5 m aproximadamente. Este canal permite la entrada a los barcos hacia la dársena interior, que no será objeto de este estudio. La mayor parte del canal de acceso (Figuras 29 y 30), así como la zona este de la Marina Exterior Norte (Figuras 31 y 32) está formado por bloques Bara, a los que se ha asignado un coeficiente de reflexión de Kr=0.5.

Figura 28.- Delimitación de zonas con bloques Bara.

Figura 29.- Muelle de bloques Bara. Zona 1.

Figura 30.- Muelle de bloques Bara. Zona 2.

Figura 31.- Muelle de bloques Bara. Zona 3 Este.

Figura 32.- Muelle de bloques Bara. Zona 3 Oeste.

Los coeficientes de reflexión empleados son los que aparecen en la Figura 33, en función de la tipología estructural existente en cada zona. Se ha asignado un coeficiente de reflexión de 0.1 al tramo de costa al norte del puerto, 0.4 a las zonas de dique en talud, 0.5 a muelles con bloque Bara, 0.6 a muelle con ventanas, 0.7 a zonas en talud con mucha pendiente y baja porosidad, y 0.9 a dique vertical. A los tramos de dique en talud exteriores se les ha asignado un Kr=0.3.

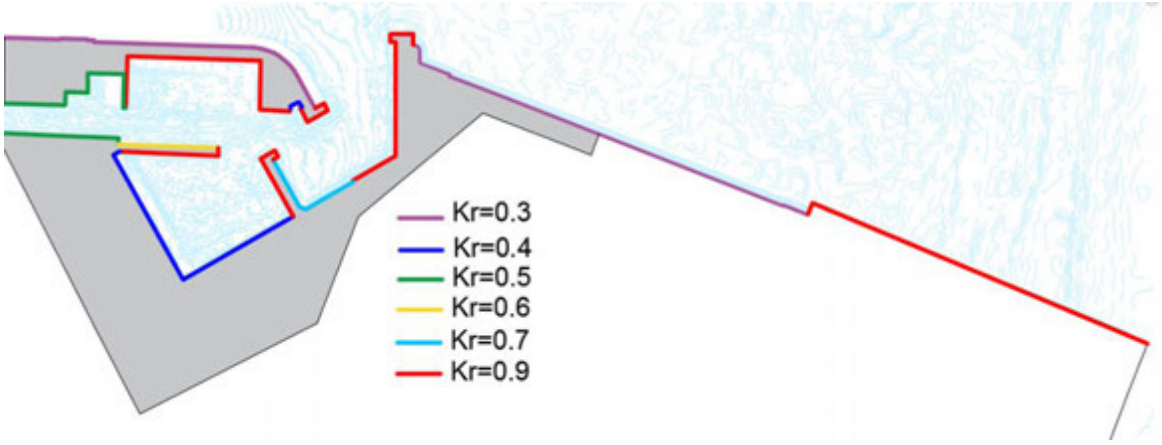


Figura 33.- Coeficientes de reflexión asignados por tramo.

Los coeficientes de reflexión obtenidos difieren de los considerados en los siguientes estudios previos donde se realizó un estudio de agitación con el modelo MIKE 21 BW (Boussinesq Wave):

- "Proyecto de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia", de Berenguer Ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2004 (Figura 34)
- "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia", de Berenguer ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2006 (Figura 35)

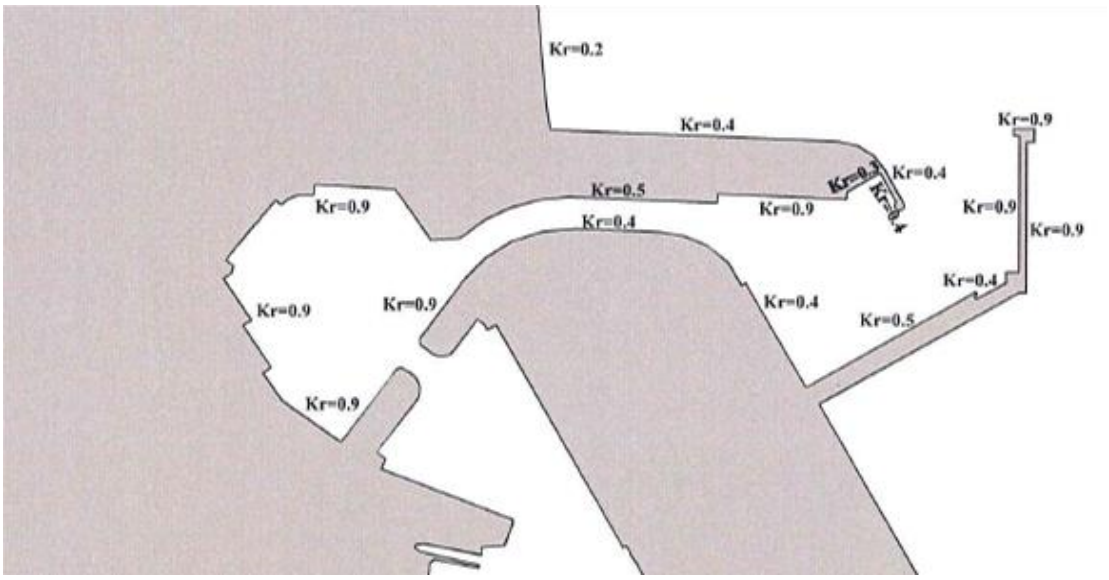


Figura 34.- Coeficientes de reflexión considerados en "Proyecto de la nueva bocana de la dársena interior del puerto de Valencia", de Berenguer Ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2004.

Figura 35.- Coeficientes de reflexión considerados en "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia", de Berenguer ingenieros, con Estudio de Agitación de HIDTMA, 2006.

ANEXO Nº3
ESTUDIO DE AGITACIÓN Y OPERATIVIDAD

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 ESTUDIO DE AGITACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL 4

2.1 Modelización numérica 4

2.2 Análisis de operatividad 14

2.3 Análisis del temporal de octubre 2008 24

2.4 Diagnóstico de la situación actual 29

3 ALTERNATIVAS DE MEJORA 31

3.1 Estudio de agitación de las alternativas 31

3.1.1 Disminución de reflexiones 31

3.1.2 Prolongación del morro del dique principal 34

3.1.3 Resultados de agitación 36

3.2 Análisis de la operatividad 45

4 CONCLUSIONES 58

APÉNDICE 3.1 Estudio de Agitación. Análisis dirección norte

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Coeficientes de reflexión. Situación inicial. 5

Figura 1.- Dominio semicircular empleado para el cálculo con CGWave 6

Figura 2.- Modelización del terreno con CGWave. 7

Figura 3.- Áreas de referencia para medición de coeficientes de agitación. 7

Figura 4.- Superficie libre. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 10

Figura 5.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE 10

Figura 6.- Altura de ola. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 11

Figura 7.- Altura de ola zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 11

Figura 8.- Fase de onda. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 12

Figura 9.- Fase de onda zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 12

Figura 10.- Régimen medio mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA. 16

Figura 11.- Operatividad mensual por zonas. Situación inicial. 23

Figura 12.- Series de altura, periodo y dirección del oleaje para el mes de octubre de 2008. 25
Figura 13.- Superficie libre. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dirección NNE. 26
Figura 14.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 26
Figura 15.- Altura de ola. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 27
Figura 16.- Altura de ola zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 27
Figura 17.- Fase de onda. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 28
Figura 18.- Fase de onda zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 28
Figura 19.- Esquema de reflexión de los frentes de onda difractados en el morro del dique principal 30
Figura 20.- Alternativa 1 32
Figura 21.- Alternativa 2 32
Figura 22.- Alternativa 3 32
Figura 23.- Alternativa 4. (Solución A) 33
Figura 24.- Alternativa 5 33
Figura 25.- Alternativa 6 33
Figura 26.- Alternativa 7 34
Figura 27.- Alternativa 8. (Solución B) 34
Figura 28.- Esquema de reflexión modificando el polo de difracción en el dique principal. 35
Figura 29.- Alternativa 9. (Solución C) 35
Figura 30.- Alternativa 10 35
Figura 31.- Alternativa 11 36
Figura 32.- Superficie libre. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 39
Figura 33.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 40
Figura 34.- Altura de ola. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 40
Figura 35.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 41
Figura 36.- Fase de onda. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 41
Figura 37.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 42
Figura 38.- Superficie libre. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 42
Figura 39.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 43

Figura 40.- Altura de ola. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 43
Figura 41.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 44
Figura 42.- Fase de onda. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 44
Figura 43.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE. 45
Figura 44.- Operatividad mensual. Alternativa 7 51
Figura 45.- Operatividad mensual. Alternativa 9. 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Coeficientes de agitación. Dirección NNE. 8
Tabla 2.- Coeficientes de agitación. Dirección NE. 8
Tabla 3.- Coeficientes de agitación. Dirección ENE. 9
Tabla 4.- 9
Tabla 5.- Coeficientes de agitación. Dirección E. 9
Tabla 6.- Comparación de los coeficientes de agitación con los obtenidos en "Ensayos 3D en modelo físico a escala reducida". 13
Tabla 7.- Comparación de los coeficientes de agitación con los obtenidos en "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia" 13
Tabla 8.- Frecuencias direccionales mensuales. 15
Tabla 9.- Operatividad mensual por zonas. 22
Tabla 10.- Alturas de ola resultantes. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE. 29
Tabla 11.- Coeficientes de agitación de las alternativas de mejora. Dirección NNE, T(s)=8, H(m)=1. 36
Tabla 12.- Coeficientes de agitación. Alternativa 7 37
Tabla 13.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9. 39
Tabla 14.- Operatividad mensual por zonas. Alternativa 7. 50
Tabla 15.- Operatividad mensual por zonas. Alternativa 9. 56

1 INTRODUCCIÓN

En este documento se trata de determinar el grado de agitación interior en la Marina Real Juan Carlos I de acuerdo a las condiciones de oleaje descritas en Anexos anteriores. Para ello, se emplea el modelo numérico de simulación de oleaje CGWave.

El documento se divide en 2 partes, una en las que se analiza la situación actual y, otra, en la que se analizan las mejoras que sobre la situación actual provocan las diferentes alternativas que se plantean.

2 ESTUDIO DE AGITACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Modelización numérica

Para el estudio de operatividad, es necesario obtener una "matriz de transferencia" del oleaje desde aguas intermedias (-21 m) hasta la zona de la obra. Para oleajes en régimen medio, se emplea oleaje regular para 4 direcciones principales (NNE, NE, NEE, y E) y periodos entre 5 y 14 segundos. Asimismo, se simulan los oleajes analizados en los siguientes estudios previos:

- Ensayos 3D en modelo físico a escala reducida, del CEDEX, 2007
- Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia, de Berenguer ingenieros, con Estudio de Agitación interior de HIDTMA, 2006

Para el primer caso, se analizan las direcciones NE y E para los periodos Tp=9s (NE) y Tp=7 y 11s (E). Para la comparación con el segundo estudio, se analizan las direcciones NNE y N 62º E con periodos de Tp = 5 s y Tp = 12 s, respectivamente.

En total se simulan 41 casos (40 casos para el análisis de agitación en régimen medio + 1 caso para comparación con estudios previos no incluido en los anteriores).

De manera adicional, se analiza la dirección N para periodos entre 5 y 10 segundos. Los resultados de agitación obtenidos aparecen en el apéndice del presente anejo. Esta dirección no se incluye en el estudio de operatividad debido a su baja probabilidad de ocurrencia. Los resultados obtenidos sirven para comprobar que los niveles de agitación son razonables.

La malla empleada para el cálculo modeliza el terreno con una resolución de 10m. Los coeficientes de reflexión empleados son los que aparecen en la Figura 1, en función de la tipología de infraestructura existente en cada zona: Kr=0.1 para el tramo de costa al norte del puerto, Kr=0.4 para las zonas de dique en talud, Kr=0.5 para muelles antirreflejantes, Kr=0.6 para cajones con ventanas, Kr=0.7 para zonas en talud con mucha pendiente y baja porosidad, y Kr=0.9 para dique vertical. A los tramos de dique en talud exteriores se les ha asignado un Kr=0.3 con el fin de reducir las reflexiones en la zona exterior y evitar que parte del oleaje no entre en la dársena.

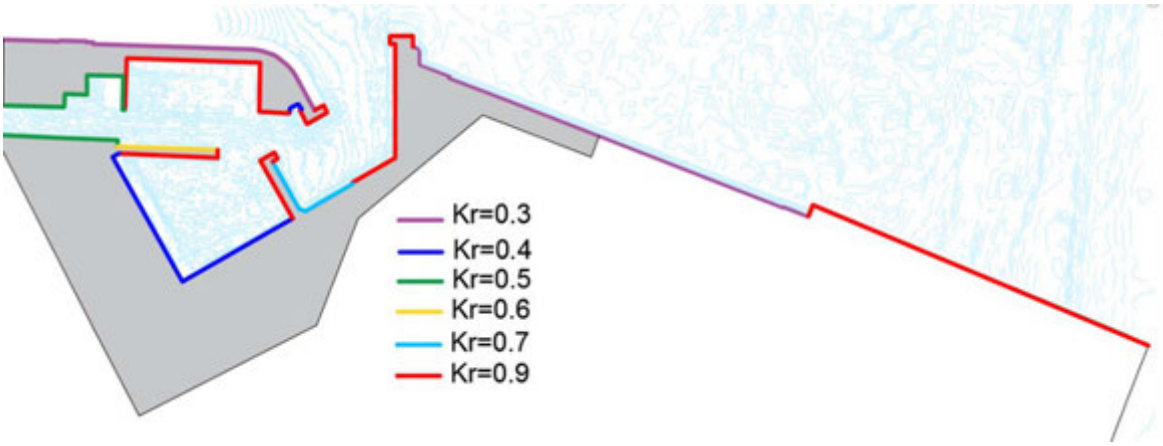


Figura 1.- Coeficientes de reflexión. Situación inicial.

Las simulaciones de propagación del oleaje desde la bocana del puerto (Punto 39 del conjunto de datos Maruca, latitud: 39.47°N, longitud: 0.28°W, profundidad: 21m) se han realizado mediante el modelo numérico de simulación de oleaje CGWave.

El modelo CGWave (Demirbilek and Panchang 1998) es un modelo bidimensional de transformación de oleaje que puede emplearse para predecir las propiedades del oleaje (altura de ola, velocidades, presión) en áreas de forma compleja y variaciones de profundidad a partir de unas condiciones de entrada de oleaje (amplitud, dirección, nivel de marea y periodo).

El modelo está basado en extensiones de la ecuación combinada de refracción-difracción, aplicable tanto a onda corta como a onda larga, y por tanto de aplicación en ingeniería marítima y estudios de resonancia en puertos. Las ecuaciones elípticas representan un problema con condiciones de contorno y que permite no homogeneidades internas (islas, estructuras, etc.) y contornos de diferentes propiedades.

El modelo está aceptado para realizar simulaciones de oleaje en regiones de forma y profundidades arbitrarias, sin limitaciones en el ángulo de incidencia del oleaje. En esencia, se resuelve el problema completo de dispersión de oleaje de la ecuación no homogénea de Helmholtz. Las condiciones de oleaje irregular pueden también simularse por superposición de simulaciones monocromaticas (Chawla et al. 1998; Panchang et al. 1990; Zhao et al. 2001).

Los fenómenos de oleaje que pueden ser simulados con CGWave son: refracción batimétrica, difracción por estructuras (p.e. diques) y batimetría, reflexión en estructuras y contornos naturales (muelles, líneas de costa) así como de la propia batimetría, fricción, rotura del oleaje y pantalanes flotantes fijos. El modelo emplea una formulación para elementos finitos triangulares con tamaños de malla variables dependiendo de la longitud de onda local.

Para aplicaciones portuarias, el modelo emplea un semicírculo como contorno abierto para separar el dominio del modelo del mar abierto, que permite la salida del oleaje reflejado dentro del dominio.

Figura 1.- Dominio semicircular empleado para el cálculo con CGWave.

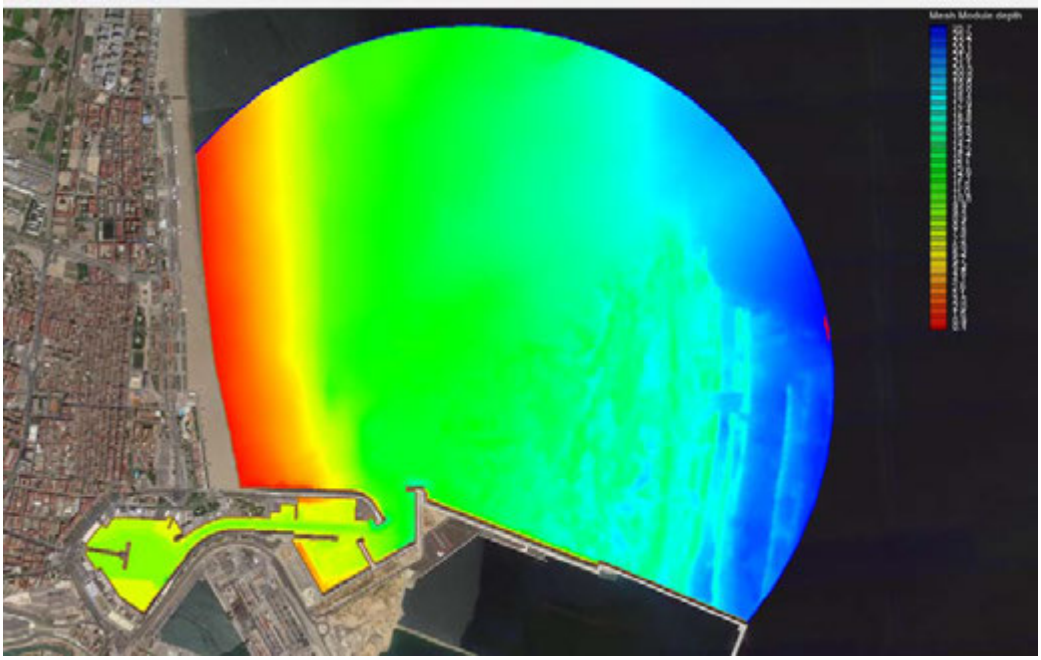


Figura 2.- Modelización del terreno con CGWave.

Los coeficientes de agitación se obtienen a partir de la altura de ola resultante en las zonas delimitadas en la Figura 3 (Percentil del 95%).

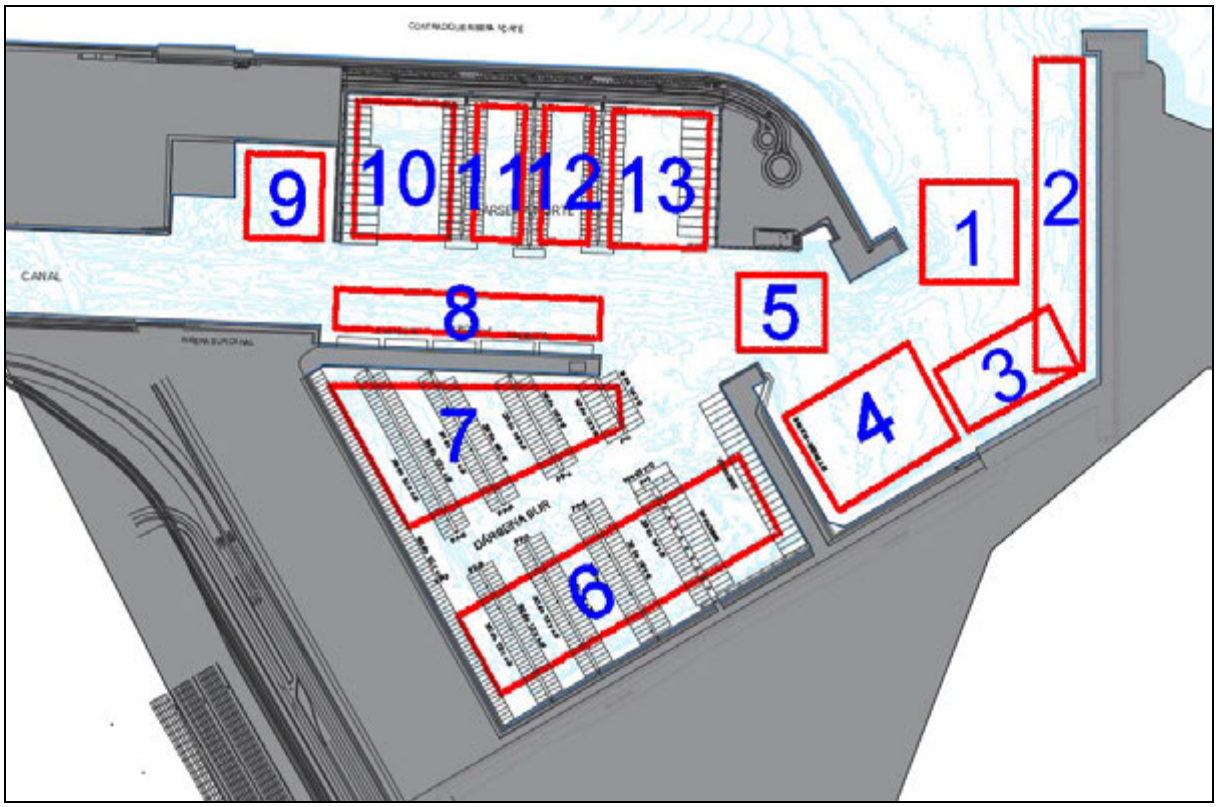


Figura 3.- Áreas de referencia para medición de coeficientes de agitación.

La matriz de transferencia de oleaje desde las inmediaciones de la bocana de la Marina Real Juan Carlos I y las zonas delimitadas en la Figura 3, obtenida como resultado de propagar los 40 casos con oleaje regular (4 direcciones y 10 periodos) se muestra en las siguientes tablas:

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NNE	5	1.01	0.65	0.58	0.64	0.37	0.07	0.12	0.12	0.03	0.21	0.18	0.16	0.17
	6	0.94	0.68	0.50	0.58	0.31	0.05	0.09	0.07	0.01	0.14	0.13	0.13	0.14
	7	0.65	0.55	0.48	0.56	0.34	0.09	0.14	0.09	0.01	0.09	0.09	0.07	0.10
	8	0.60	0.52	0.50	0.49	0.33	0.05	0.04	0.07	0.02	0.29	0.24	0.23	0.21
	9	0.68	0.54	0.41	0.57	0.16	0.04	0.07	0.05	0.02	0.12	0.10	0.10	0.08
	10	0.63	0.58	0.48	0.54	0.36	0.10	0.10	0.17	0.03	0.25	0.21	0.19	0.15
	11	0.80	0.67	0.47	0.58	0.28	0.08	0.08	0.13	0.02	0.20	0.19	0.19	0.17
	12	0.62	0.57	0.40	0.60	0.20	0.04	0.05	0.08	0.01	0.17	0.17	0.15	0.14
	13	0.59	0.65	0.40	0.59	0.11	0.04	0.04	0.05	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
	14	0.68	0.63	0.42	0.56	0.14	0.04	0.07	0.05	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02

Tabla 1.- Coeficientes de agitación. Dirección NNE.

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NE	5	0.34	0.33	0.24	0.25	0.16	0.02	0.02	0.04	0.01	0.15	0.13	0.12	0.12
	6	0.39	0.40	0.33	0.31	0.17	0.02	0.04	0.05	0.01	0.15	0.14	0.15	0.14
	7	0.46	0.46	0.33	0.42	0.30	0.06	0.12	0.09	0.01	0.07	0.07	0.07	0.07
	8	0.52	0.51	0.43	0.44	0.27	0.04	0.02	0.06	0.01	0.25	0.20	0.19	0.16
	9	0.58	0.56	0.43	0.55	0.21	0.05	0.09	0.08	0.02	0.12	0.09	0.10	0.07
	10	0.60	0.55	0.42	0.50	0.33	0.08	0.08	0.15	0.03	0.23	0.20	0.18	0.15
	11	0.76	0.73	0.50	0.59	0.28	0.07	0.07	0.12	0.02	0.21	0.20	0.20	0.18
	12	0.62	0.62	0.44	0.62	0.22	0.05	0.04	0.09	0.01	0.19	0.19	0.17	0.16
	13	0.62	0.72	0.45	0.61	0.14	0.05	0.05	0.04	0.01	0.07	0.05	0.05	0.06
	14	0.71	0.73	0.45	0.56	0.17	0.05	0.08	0.06	0.01	0.07	0.06	0.04	0.04

Tabla 2.- Coeficientes de agitación. Dirección NE.

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
ENE	5	0.21	0.25	0.19	0.18	0.16	0.01	0.02	0.04	0.01	0.13	0.11	0.11	0.11
	6	0.12	0.17	0.15	0.14	0.08	0.01	0.02	0.02	0.01	0.08	0.07	0.08	0.08
	7	0.12	0.15	0.13	0.15	0.08	0.02	0.04	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
	8	0.15	0.19	0.18	0.18	0.10	0.01	0.01	0.02	0.00	0.09	0.07	0.07	0.05
	9	0.17	0.20	0.18	0.23	0.07	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02
	10	0.21	0.21	0.17	0.22	0.10	0.03	0.03	0.05	0.01	0.07	0.06	0.06	0.04
	11	0.24	0.27	0.19	0.23	0.07	0.02	0.02	0.03	0.00	0.05	0.05	0.05	0.04
	12	0.17	0.19	0.14	0.22	0.06	0.01	0.02	0.03	0.00	0.06	0.06	0.05	0.05
	13	0.22	0.23	0.13	0.21	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	14	0.29	0.32	0.19	0.24	0.09	0.02	0.04	0.02	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03

Tabla 3.- Coeficientes de agitación. Dirección ENE.

Tabla 4.-

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
E	5	0.13	0.13	0.09	0.13	0.07	0.01	0.02	0.02	0.00	0.06	0.05	0.05	0.05
	6	0.08	0.12	0.10	0.10	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04
	7	0.10	0.11	0.09	0.12	0.06	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
	8	0.13	0.16	0.14	0.16	0.08	0.01	0.01	0.02	0.00	0.06	0.05	0.05	0.04
	9	0.14	0.15	0.14	0.19	0.06	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
	10	0.17	0.18	0.15	0.18	0.09	0.02	0.02	0.04	0.01	0.06	0.06	0.05	0.04
	11	0.23	0.25	0.18	0.22	0.07	0.02	0.02	0.03	0.00	0.05	0.04	0.05	0.04
	12	0.18	0.24	0.17	0.23	0.07	0.01	0.01	0.03	0.00	0.07	0.06	0.06	0.05
	13	0.25	0.27	0.17	0.24	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
	14	0.29	0.31	0.18	0.24	0.09	0.02	0.04	0.02	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02

Tabla 5.- Coeficientes de agitación. Dirección E.

Las siguientes figuras muestran las propagaciones (superficie libre, altura de ola y fase de la onda) realizadas con el modelo CGWave para el caso de H(m)=1, T(s)=8, y dirección NNE.

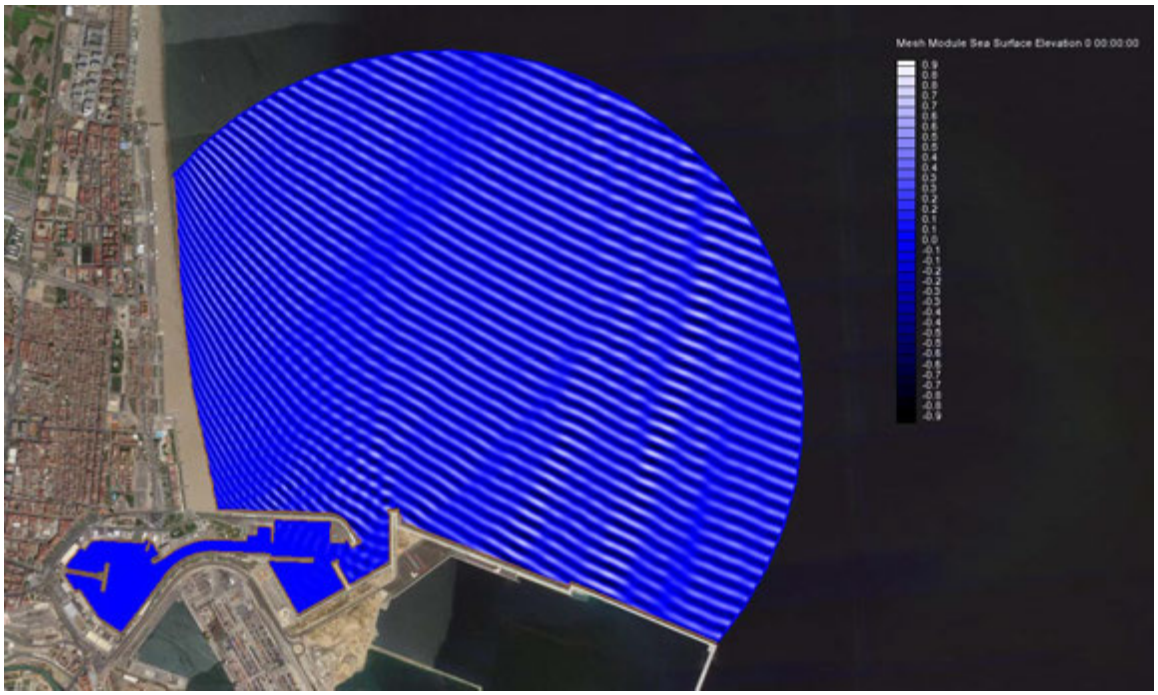


Figura 4.- Superficie libre. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

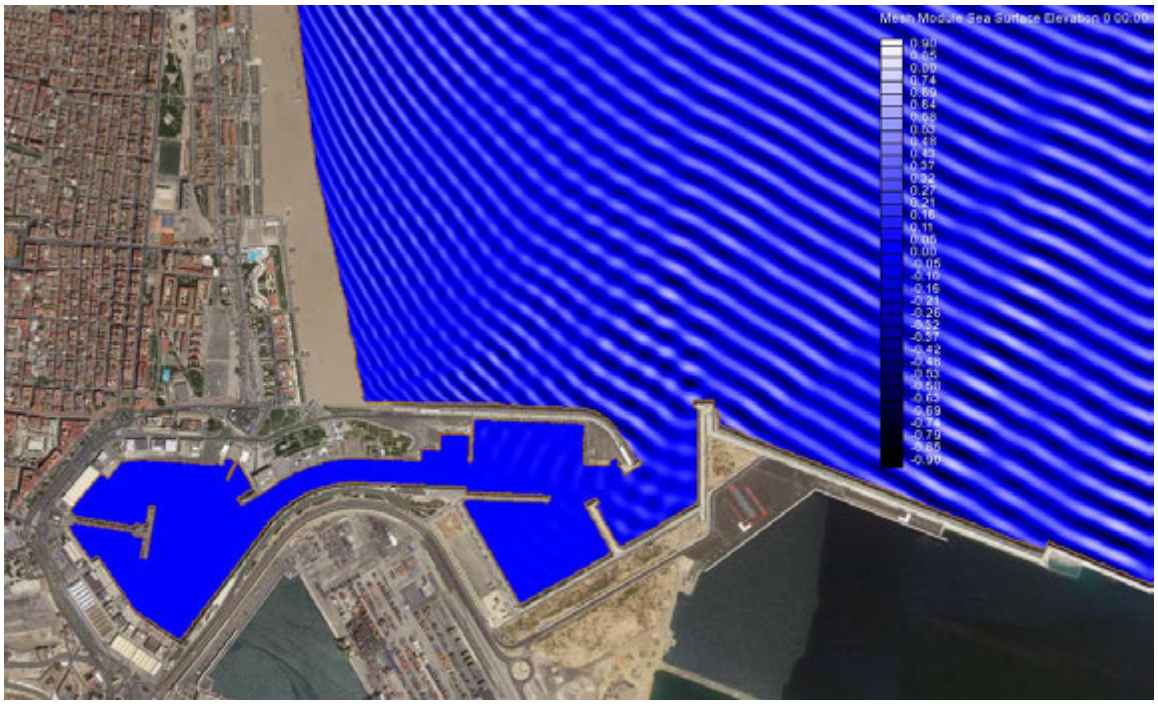


Figura 5.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

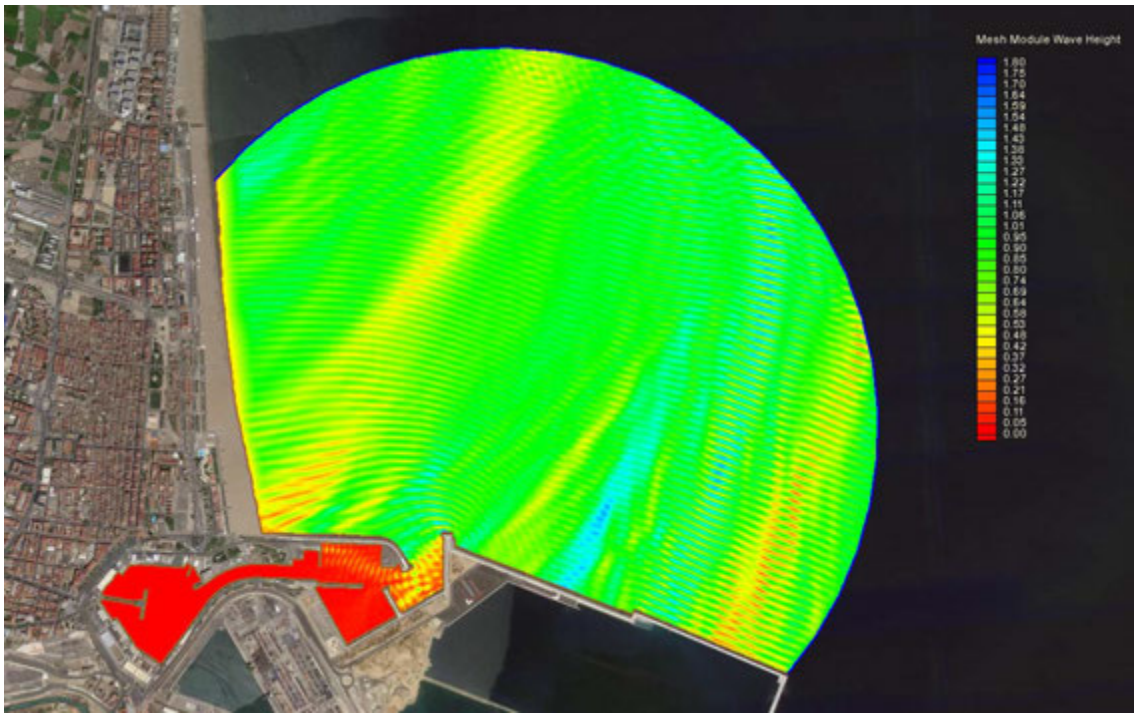


Figura 6.- Altura de ola. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

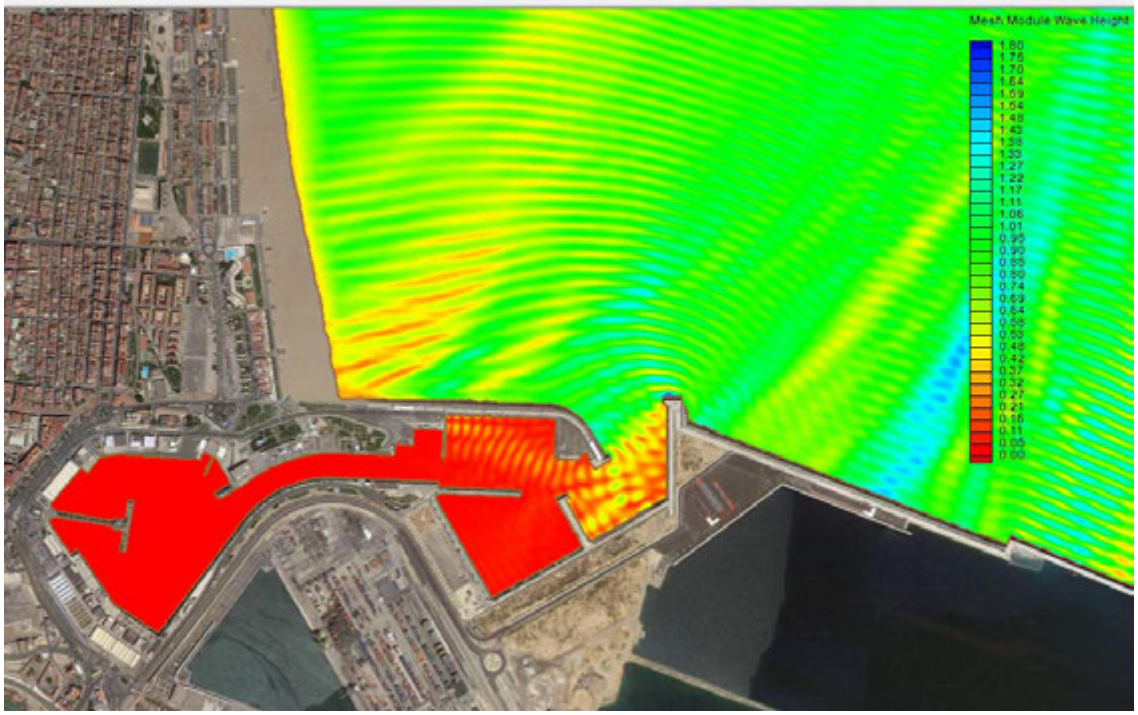


Figura 7.- Altura de ola zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

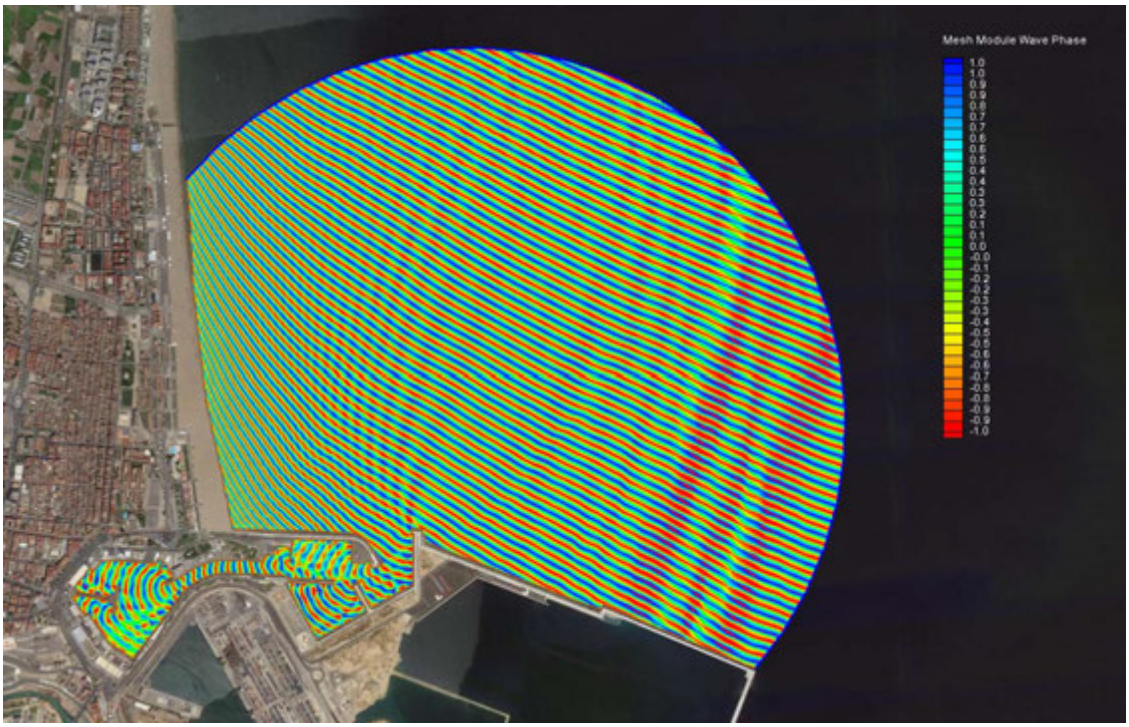


Figura 8.- Fase de onda. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

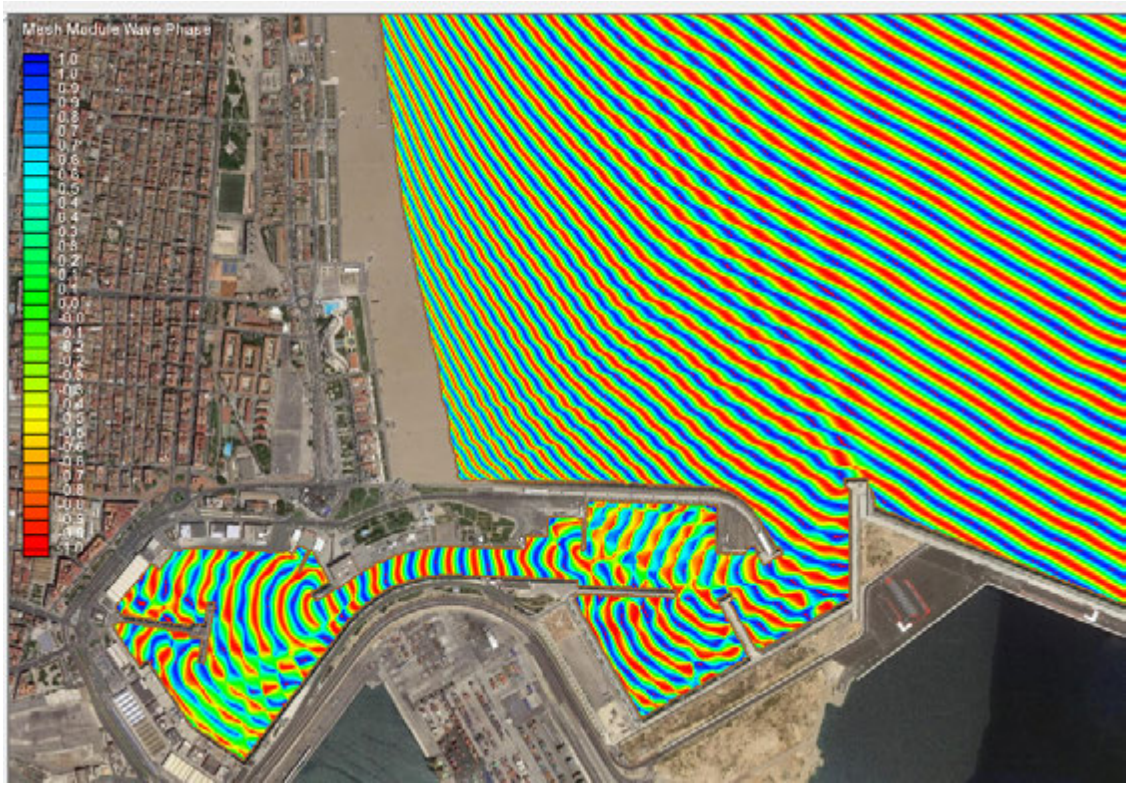


Figura 9.- Fase de onda zona ampliada. Situación inicial. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

Asimismo, se comparan los coeficientes de agitación obtenidos, con los empleados en los estudios previos: "Ensayos 3D en modelo físico a escala reducida" y "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia". Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6:

		Ensayos 3D en modelo físico a escala reducida, del CEDEX, 2007												
		Ka												
Dirección	T	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
NE	9	0.37	0.30	-	-	0.20	0.05	0.07	0.13	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10
E	7	0.10	0.13	-	-	0.07	0.03	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
	11	0.16	0.22	-	-	0.12	0.04	0.04	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05

		CGWAVE												
		Ka												
Dirección	T	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
NE	9	0.58	0.56	0.43	0.55	0.21	0.05	0.09	0.08	0.02	0.12	0.09	0.10	0.07
E	7	0.10	0.11	0.09	0.12	0.06	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
	11	0.23	0.25	0.18	0.22	0.07	0.02	0.02	0.03	0.00	0.05	0.04	0.05	0.04

Tabla 6.- Comparación de los coeficientes de agitación con los obtenidos en "Ensayos 3D en modelo físico a escala reducida".

		Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia												
		Ka												
Dirección	T	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
NNE	5	-	0.36	0.26	0.42	-	0.05	0.05	0.08	0.04	0.11	0.11	0.09	0.09
N62E	12	-	0.31	0.25	0.26	-	0.08	0.08	0.10	0.09	0.12	0.12	0.10	0.10

		CGWAVE												
		Ka												
Dirección	T	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
NNE	5	1.01	0.65	0.58	0.64	0.37	0.07	0.12	0.12	0.03	0.21	0.18	0.16	0.17
N62E	12	0.25	0.27	0.19	0.28	0.08	0.02	0.02	0.03	0.01	0.07	0.07	0.06	0.06

Tabla 7.- Comparación de los coeficientes de agitación con los obtenidos en "Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia".

La comparación de los coeficientes de agitación muestra que los coeficientes obtenidos mediante el modelo CGWave son del orden de los obtenidos en los estudios previos.

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos, que serán motivo de las diferencias obtenidas:

- Los valores de los coeficientes de reflexión empleados se han obtenido en base a la tipología de infraestructura existente en la Marina Real Juan Carlos I (tras visita a campo), y no son del todo coincidentes a los empleados en el Proyecto modificado de la distribución de amarres en la Dársena Exterior del Puerto de Valencia.
- Las zonas en las que se han obtenido los coeficientes de agitación no son exactamente coincidentes con las zonas de medida en los estudios previos.

2.2 Análisis de operatividad

El procedimiento de cálculo para obtener la operatividad en las distintas zonas delimitadas en la dársena para diferentes alturas de ola umbral es el siguiente:

Se define la altura de ola umbral. La ROM 2.0-11 proporciona los valores umbrales de los agentes climáticos y océano-meteorológicos limitativos de modos de parada operativa en las obras de atraque y amarre. Si se considera el agente oleaje, para transatlánticos y cruceros (zonas 2 y 3), el valor umbral de altura de ola es H_s=1m para acciones en sentido longitudinal al muelle y H_s=0.7m para acciones en sentido transversal al muelle. De modo, que se escoge el valor de H_s=0.7m como altura de ola umbral para estas zonas. Para embarcaciones deportivas atracadas en muelles y pantalanes (Marina Exterior norte y sur), el valor umbral de altura de ola es H_s=0.4m para acciones en sentido longitudinal al muelle y H_s=0.2m para acciones en sentido transversal al muelle. De modo, que se escoge el valor intermedio de H_s=0.3m como altura de ola umbral para embarcaciones deportivas.

Se obtiene la probabilidad de excedencia mensual para cada dirección (NNE, NE, ENE y E) para periodos entre 4 y 15 s (discretizando en escalones de 1 segundo), a partir de los parámetros de ajuste de la función de distribución GEV que define el régimen medio mensual del oleaje en el Nodo 39 del Proyecto MARUCA (Figura 10) y de la relación de altura de ola y periodo obtenida en el Nodo 39 del Maruca:

$$T = a \cdot H_{ext}^{\ b}$$
$$a = 5.484$$
$$b = 0.434$$

Las frecuencias direccionales mensuales en bocana se obtienen tratando los datos del análisis multivariante (SOM) proporcionados en el proyecto MARUCA para el Nodo 39. La Tabla 7 muestra las probabilidades direccionales estacionales obtenidas a partir de dicho análisis. A pesar de que no se ha analizado la dirección N, sí se ha considerado la frecuencia de esta dirección, siendo sumada a la dirección NNE.

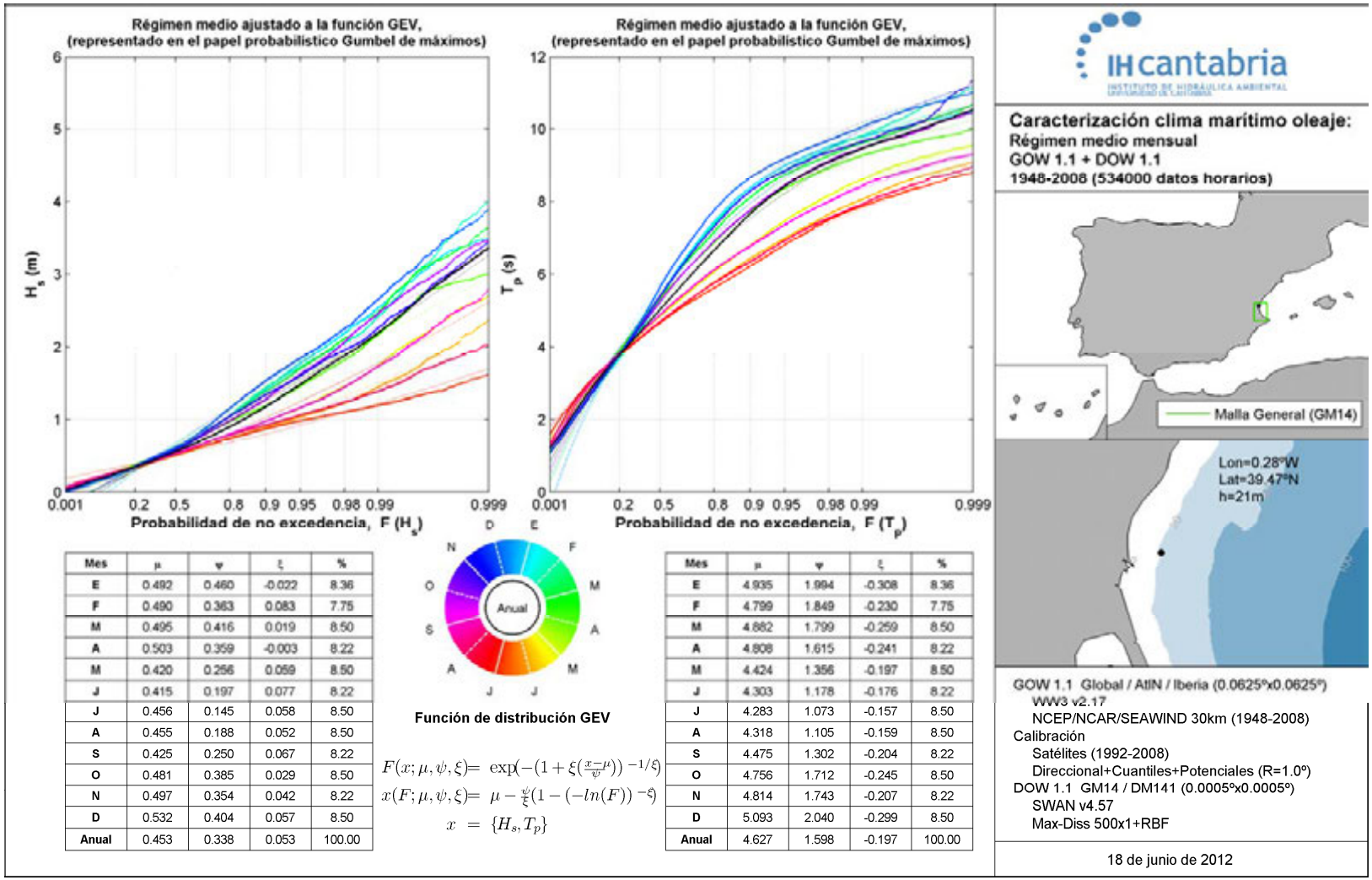
	N+NNE	NE	ENE	E
Diciembre	0.09	0.15	0.36	0.13
Enero	0.09	0.15	0.36	0.13
Febrero	0.09	0.15	0.36	0.13
Marzo	0.04	0.11	0.32	0.23
Abril	0.04	0.11	0.32	0.23
Mayo	0.04	0.11	0.32	0.23
Junio	0.01	0.07	0.25	0.31
Julio	0.01	0.07	0.25	0.31
Agosto	0.01	0.07	0.25	0.31
Septiembre	0.05	0.16	0.39	0.15
Octubre	0.05	0.16	0.39	0.15
Noviembre	0.05	0.16	0.39	0.15

Tabla 8.- Frecuencias direccionales mensuales.

Para cada dirección y periodo, se calcula la altura de ola en cada zona mediante el coeficiente de agitación correspondiente:

$$H_{zona} = K_a(T, dir)$$

La probabilidad de excedencia mensual, y por tanto la operatividad, se calcula considerando las alturas de ola obtenidas que superan el valor de altura de ola umbral (H_{zona}>H_{umbral}).



Mes	μ	ψ	ξ	%
E	0.492	0.460	-0.022	8.36
F	0.490	0.363	0.083	7.75
M	0.495	0.416	0.019	8.50
A	0.503	0.359	-0.003	8.22
M	0.420	0.256	0.059	8.50
J	0.415	0.197	0.077	8.22
J	0.456	0.145	0.058	8.50
A	0.455	0.188	0.052	8.50
S	0.425	0.250	0.067	8.22
O	0.481	0.385	0.029	8.50
N	0.497	0.354	0.042	8.22
D	0.532	0.404	0.057	8.50
Anual	0.453	0.338	0.053	100.00

Mes	μ	ψ	ξ	%
E	4.935	1.994	-0.308	8.36
F	4.799	1.849	-0.230	7.75
M	4.882	1.799	-0.259	8.50
A	4.808	1.615	-0.241	8.22
M	4.424	1.356	-0.197	8.50
J	4.303	1.178	-0.176	8.22
J	4.283	1.073	-0.157	8.50
A	4.318	1.105	-0.159	8.50
S	4.475	1.302	-0.204	8.22
O	4.756	1.712	-0.245	8.50
N	4.814	1.743	-0.207	8.22
D	5.093	2.040	-0.299	8.50
Anual	4.627	1.598	-0.197	100.00

Figura 10.- Régimen medio mensual de oleaje en el Nodo 39. Proyecto MARUCA.

Para cada zona, se estima el porcentaje de tiempo en el que las embarcaciones pueden operar mensualmente, considerando una altura de ola umbral de 0.7m en las zonas 2 y 3 (atraque de cruceros) y un valor de 0.3 m en las zonas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 (embarcaciones deportivas). La Tabla 6 muestra la probabilidad de excedencia mensual, operatividad, número de días y número de horas al mes en que las condiciones climatológicas de altura de ola superan los límites de operatividad establecidos. Asimismo, se muestra el valor anual al final de cada tabla.

ZONA 2					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0645	93.55%	2.00	47.97
	Enero	0.0633	93.67%	1.90	47.06
	Febrero	0.0543	94.57%	1.52	36.51
	Marzo	0.0333	96.67%	1.03	24.76
	Abril	0.0269	97.31%	0.81	19.39
	Mayo	0.0139	98.61%	0.43	10.34
	Junio	0.0030	99.70%	0.09	2.15
	Julio	0.0014	99.86%	0.04	1.01
	Agosto	0.0028	99.72%	0.09	2.05
	Septiembre	0.0187	98.13%	0.56	13.50
	Octubre	0.0406	95.94%	1.26	30.18
	Noviembre	0.0382	96.18%	1.15	27.51
	Anual	0.0300	97.00%	10.87	262.43

ZONA 3					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0252	97.48%	0.78	18.73
	Enero	0.0247	97.53%	0.74	18.39
	Febrero	0.0200	98.00%	0.56	13.45
	Marzo	0.0119	98.81%	0.37	8.88
	Abril	0.0079	99.21%	0.24	5.70
	Mayo	0.0032	99.68%	0.10	2.38
	Junio	0.0005	99.95%	0.01	0.36
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.09
	Agosto	0.0004	99.96%	0.01	0.27
	Septiembre	0.0043	99.57%	0.13	3.09
	Octubre	0.0137	98.63%	0.42	10.17
	Noviembre	0.0121	98.79%	0.36	8.75
	Anual	0.0103	98.97%	3.74	90.25

ZONA 6					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.72
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.52
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.27
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.55

ZONA 7					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.72
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.52
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.27
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.56

ZONA 8					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.75
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.55
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.62

ZONA 9					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Enero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Febrero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Marzo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Octubre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Noviembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Anual	0.0000	100.00%	0.00	0.00

ZONA 10					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.71
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.46
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.22	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.16	52.25

ZONA 11					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0114	98.86%	0.35	8.45
	Enero	0.0111	98.89%	0.33	8.28
	Febrero	0.0088	99.12%	0.25	5.91
	Marzo	0.0061	99.39%	0.19	4.52
	Abril	0.0037	99.63%	0.11	2.66
	Mayo	0.0013	99.87%	0.04	0.99
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.21
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.14
	Septiembre	0.0019	99.81%	0.06	1.35
	Octubre	0.0071	99.29%	0.22	5.25
	Noviembre	0.0061	99.39%	0.18	4.42
	Anual	0.0048	99.52%	1.75	42.23

ZONA 12					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.71
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.46
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.22	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.16	52.25

ZONA 13					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0113	98.87%	0.35	8.40
	Enero	0.0111	98.89%	0.33	8.28
	Febrero	0.0087	99.13%	0.24	5.87
	Marzo	0.0061	99.39%	0.19	4.50
	Abril	0.0037	99.63%	0.11	2.66
	Mayo	0.0013	99.87%	0.04	0.99
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.21
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.14
	Septiembre	0.0019	99.81%	0.06	1.35
	Octubre	0.0070	99.30%	0.22	5.24
	Noviembre	0.0061	99.39%	0.18	4.41
	Anual	0.0048	99.52%	1.74	42.11

Tabla 9.- Operatividad mensual por zonas.

La Figura 11 muestra el valor de operatividad mensual para cada zona de manera gráfica.

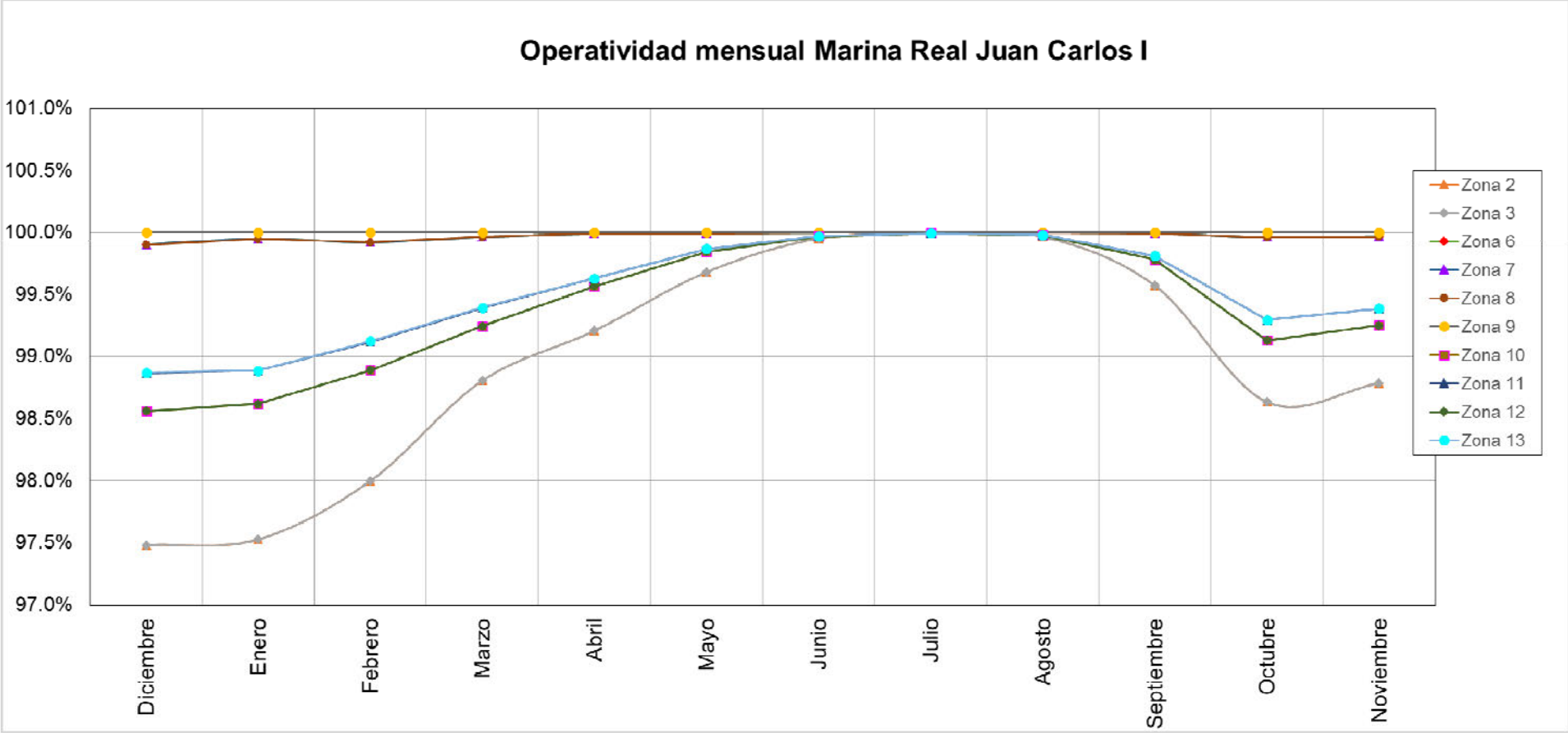


Figura 11.- Operatividad mensual por zonas. Situación inicial.

Según la ROM 2.0-11 para obras de atraque y amarre y la ROM 1.0-09 para obras de abrigo, la operatividad mínima debe ser del 99% en el caso de puertos comerciales de pasajeros y puertos deportivos. Para las zonas 10, 11, 12 y 13, dicha limitación se cumple siendo la operatividad mínima anual de 99.40% para las zonas 10 y 12. A pesar de que los valores de operatividad anuales para oleajes en régimen medio están dentro de lo establecido, para algunos meses, los valores son inferiores al 99%. Para las zonas 2 y 3, las operatividades anuales son 97% y 98.97%, por debajo del valor umbral de 99% requerido para muelles de pasajeros. En base a los resultados obtenidos, se proponen distintas alternativas para reducir los coeficientes de agitación tanto en las zonas 2 y 3 (muelle de cruceros), como en las zonas 10, 11, 12 y 13 (embarcaciones deportivas) ya que además se conoce que para algunos temporales la Marina Exterior Norte sufre ciertos daños.

2.3 Análisis del temporal de octubre 2008

El temporal ocurrido entre los días 9 y 12 de octubre de 2008 presentó direcciones entre el E y NE. El periodo de retorno estimado de dicho temporal es de 1.67 años.

El valor máximo de altura de ola significante se produjo el día 9/10/2008 a las 23.00 para una dirección N65ºE. La altura de ola significante, máxima y los periodos de pico y medio asociados a ese punto son Hs=3.61 m, Hmax = 6.0m, Tp=9.07 s y Tm=6.88 s. El coeficiente de agitación para esta dirección y periodo 8s es de Ka(ENE,8s) = 0.09, dando lugar a una altura de ola máxima estimada en la Marina Exterior Norte de 0.54m.

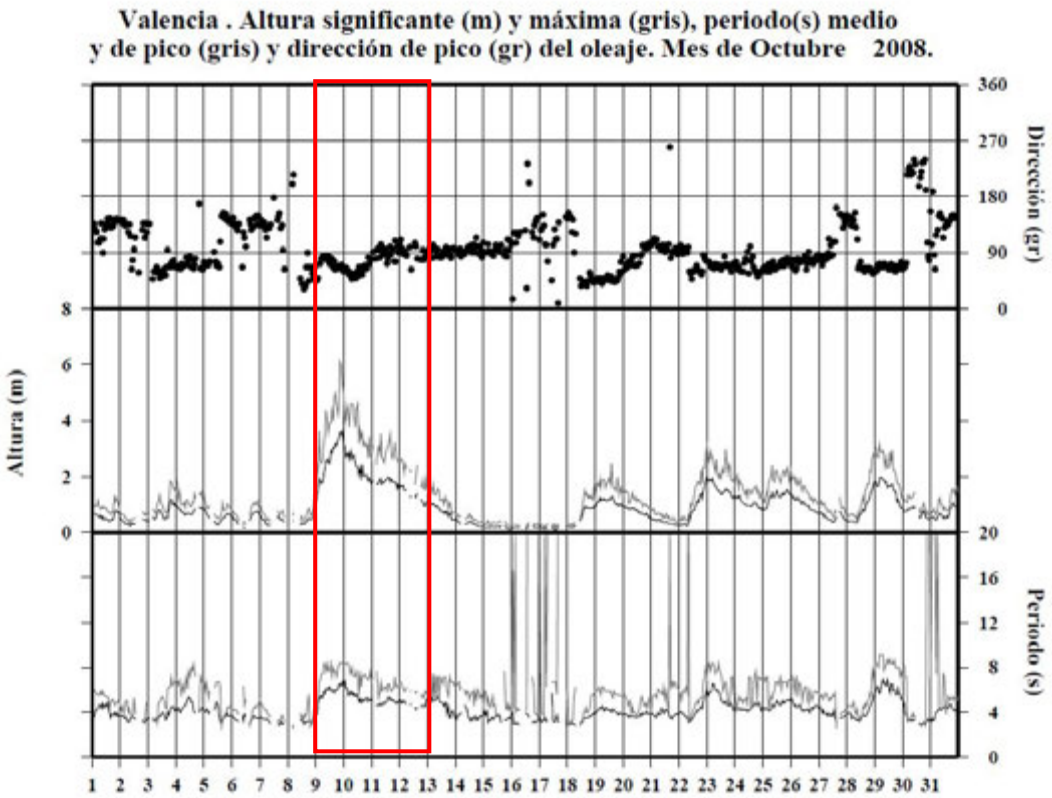


Figura 12.- Series de altura, periodo y dirección del oleaje para el mes de octubre de 2008.

Sin embargo, el día 10 se produjo la dirección más desfavorable, correspondiente a N45ºE, con una altura de ola significante de 3.0m y una altura de ola máxima de 4.0m, asociado a un periodo de pico de 8s. El coeficiente de agitación correspondiente a este caso, para la zona 10 es de Ka(NE,8s)=0.25, dando lugar a alturas de ola estimadas en la Marina Exterior Norte que alcanzarían alturas entre 0.7 y 1.0m.

Este oleaje duplica al empleado en el diseño de los pantalanes de dicha Marina, por lo que probablemente se supere el Estado Límite Último de dichas estructuras.

A continuación se muestran los resultados del modelo CGWave para un oleaje irregular de características similares a las del temporal de octubre de 2008, modificando la dirección a NNE.

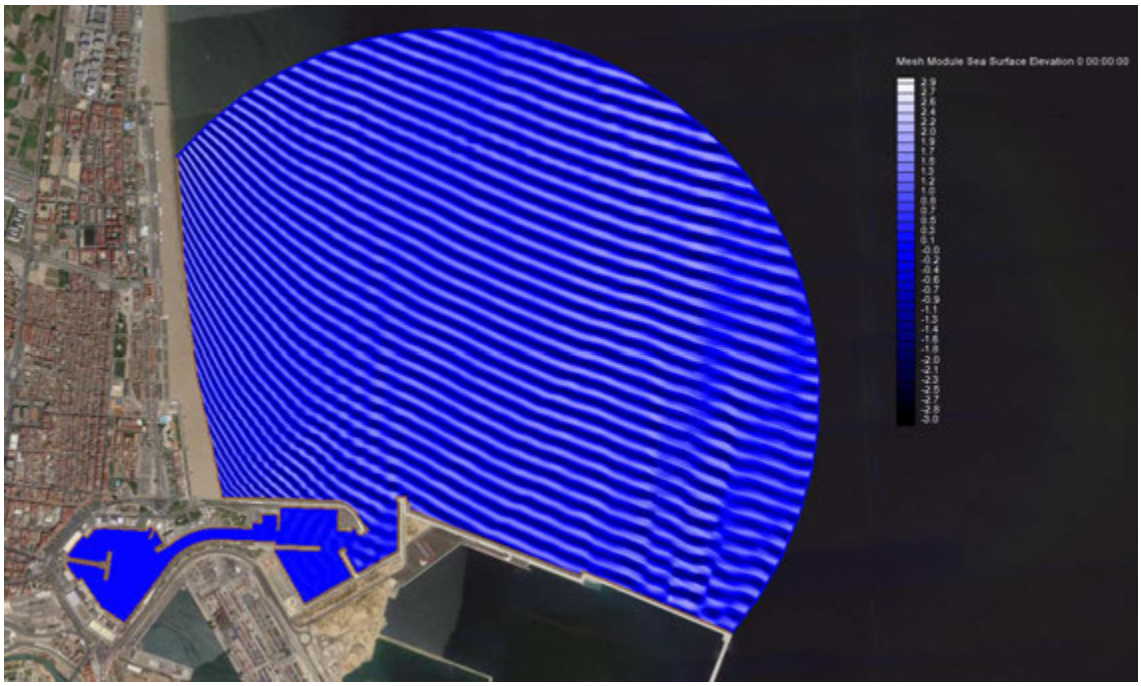


Figura 13.- Superficie libre. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dirección NNE.

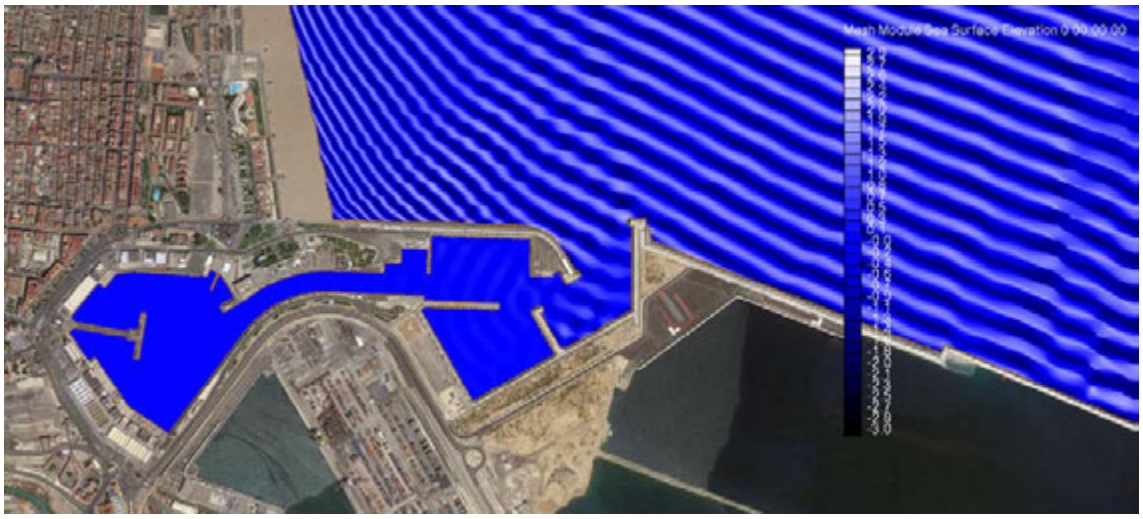


Figura 14.- Superficie libre zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

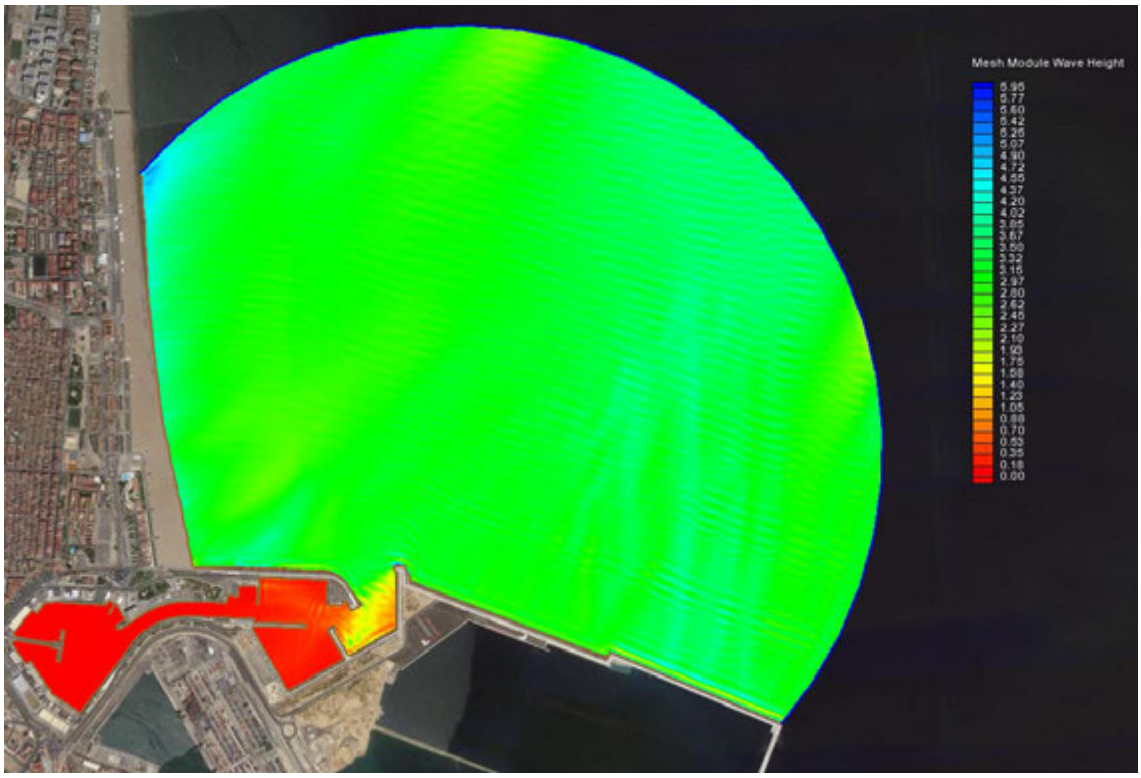


Figura 15.- Altura de ola. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

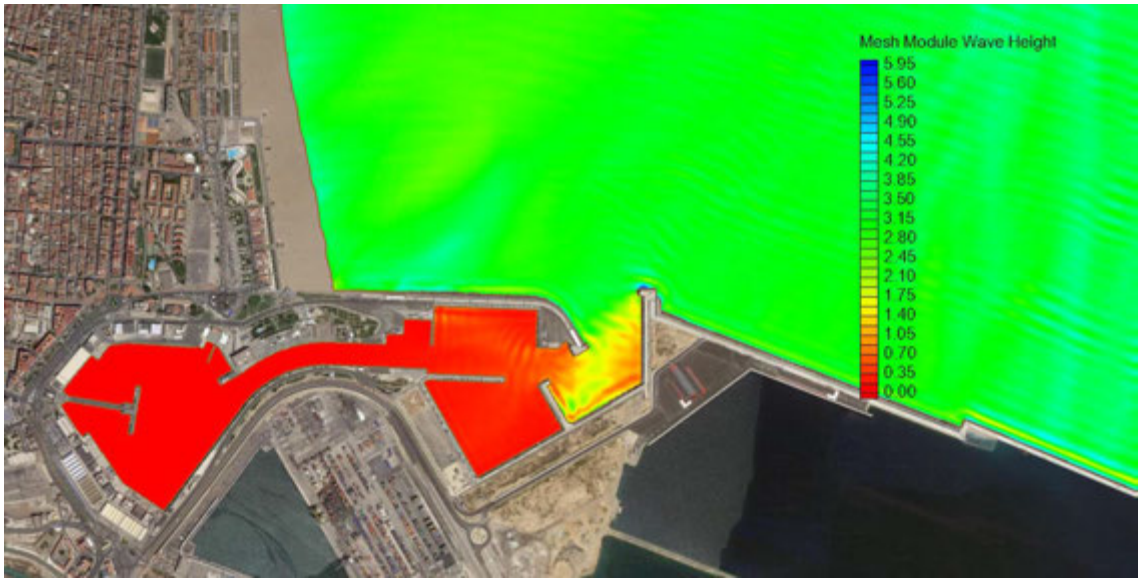


Figura 16.- Altura de ola zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

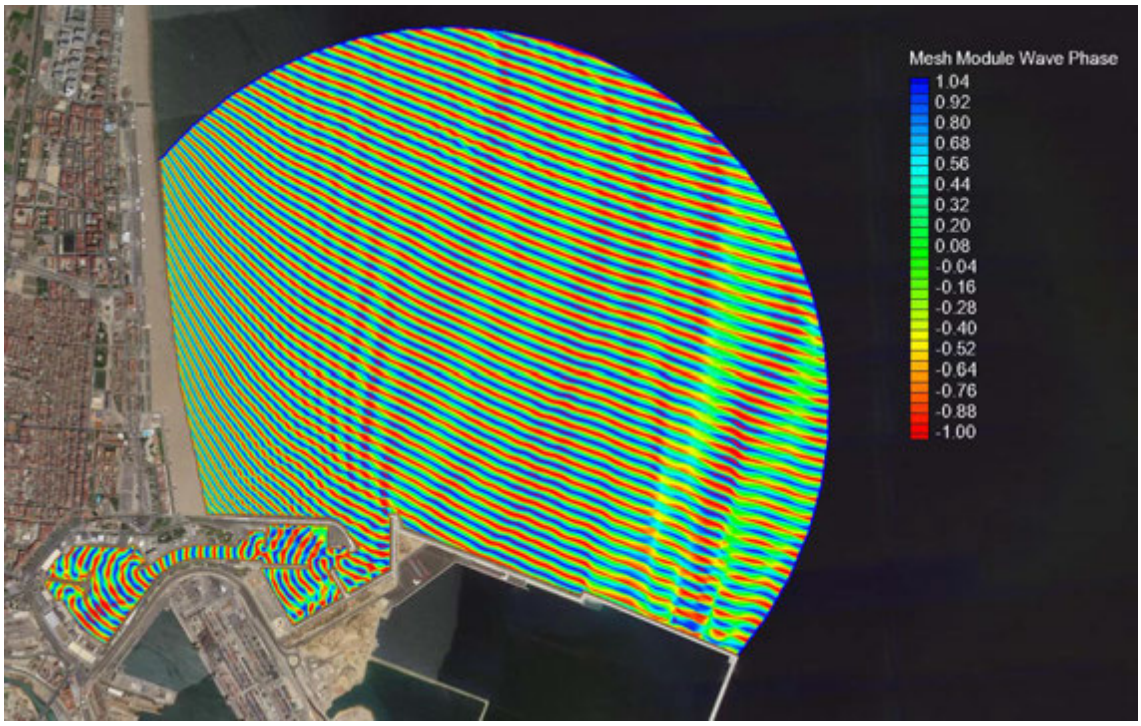


Figura 17.- Fase de onda. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

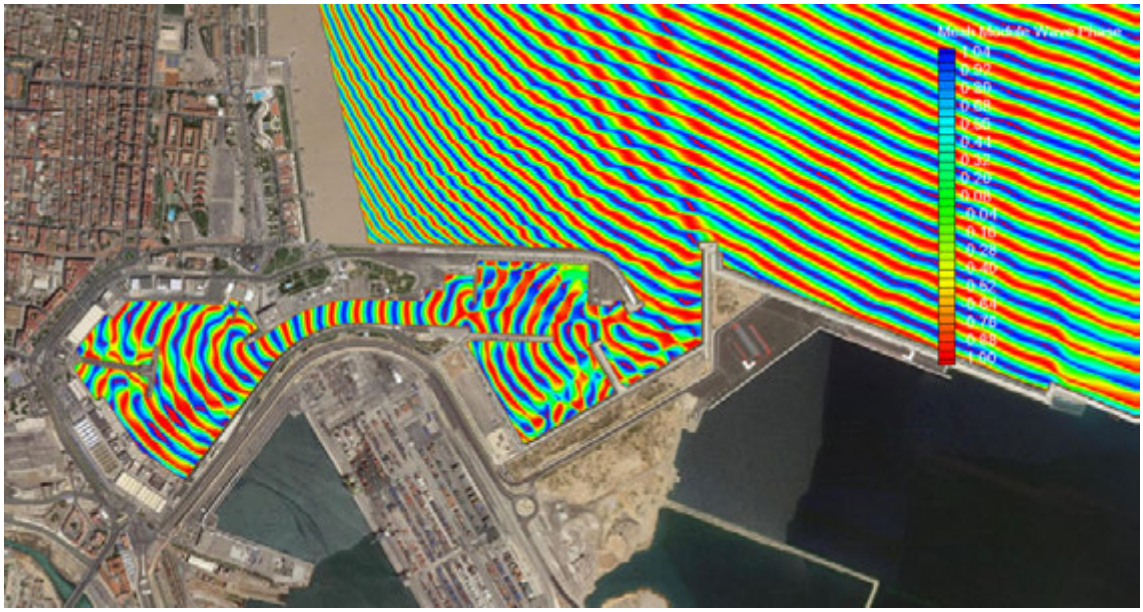


Figura 18.- Fase de onda zona ampliada. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

Las alturas de ola obtenidas en las diferentes zonas se muestran en la siguiente tabla:

Irregular, Hs(m)=3.6, Tm(s)=8, Tp(s)=9, NNE												
Hs,interior (m)												
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
2.34	1.96	1.72	2.06	0.80	0.19	0.25	0.31	0.08	0.55	0.42	0.41	0.43

Tabla 10.- Alturas de ola resultantes. Situación inicial. Hs(m)=3.6m, Tm(s)=8, Tp(s)=8, Dir. NNE.

2.4 Diagnóstico de la situación actual

En primer lugar, se han comparado los valores de coeficientes de agitación obtenidos mediante el modelo CGWave con los coeficientes de estudios previos. Los resultados permiten validar el modelo, teniendo en cuenta las diferencias en coeficientes de agitación debidos a las diferencias en las secciones tipo consideradas en cada estudio, y a los coeficientes de reflexión asignados.

Los resultados de operatividad en la Marina Exterior Norte, considerando una altura de ola umbral de 0.3m en las zonas 10, 11, 12 y 13, muestran valores aceptables, con operatividad anual por encima de 0.99. Sin embargo, para las zonas 2 y 3, la operatividad anual está por debajo de 0.99, considerando una altura de ola umbral de 0.7.

A pesar de que la operatividad parece aceptable en las zonas 10, 11, 12 y 13, en las ocasiones en que se supera la altura de ola umbral, se pueden producir daños si la altura de ola es superior a la de diseño de los pantalanes flotantes, lo cual ocurre con una frecuencia por debajo del periodo de retorno de diseño.

Se ha modelado el oleaje para diferentes periodos y direcciones, llegando a la conclusión de que las mejores zonas donde realizar actuaciones que reduzcan el coeficiente de agitación son el muelle vertical de la dársena exterior con alineación NE-SW y los muelles de la esquina NW de la Marina Exterior Norte.

Observando los resultados de agitación obtenidos, se puede deducir que el problema de agitación en la Marina Exterior Norte proviene de la reflexión del oleaje difractado en el morro del dique principal de abrigo.

El polo de difracción genera frentes de oleaje circulares que se propagan e inciden en el tramo de dique vertical de alineación NE-SW de la dársena exterior, dirigiéndose posteriormente a la Marina Exterior Norte, tal y como se aprecia en el siguiente gráfico:

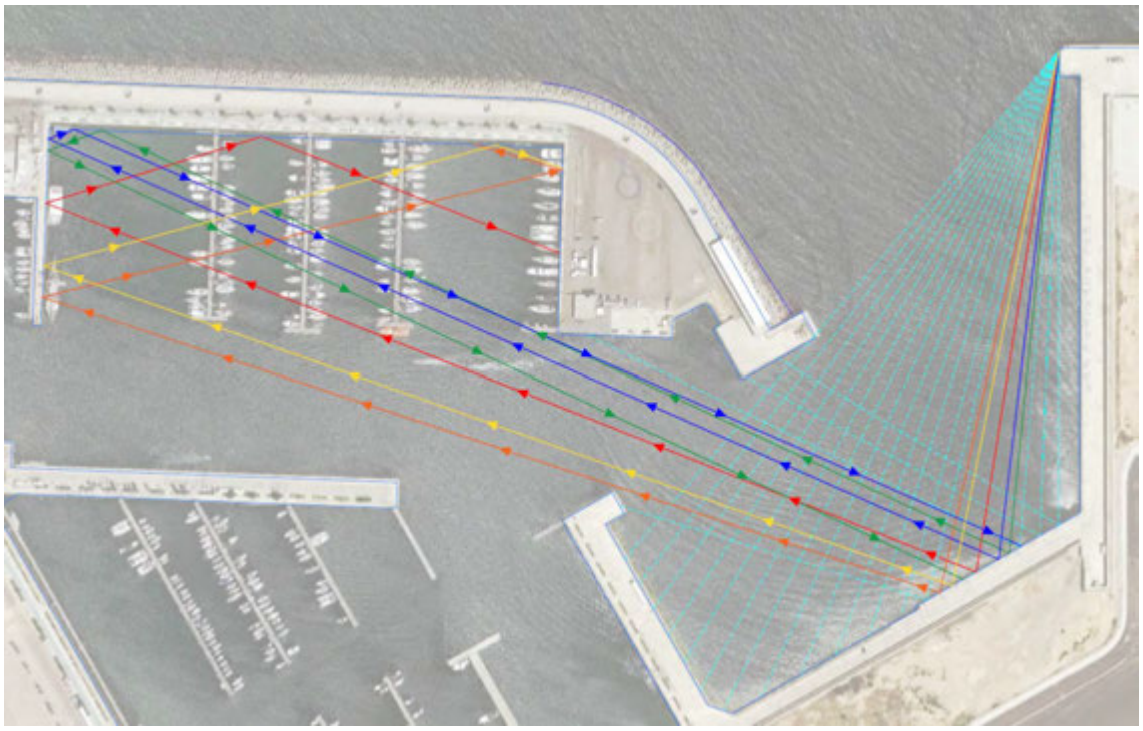


Figura 19.- Esquema de reflexión de los frentes de onda difractados en el morro del dique principal

En la esquina noroeste de la Marina Exterior Norte se producen multi-reflexiones que dan lugar a elevados coeficientes de agitación para determinados periodos de oleaje.

3 ALTERNATIVAS DE MEJORA

A partir de los coeficientes de agitación y la operatividad obtenida en la situación actual de la Marina Real Juan Carlos I, se proponen alternativas de diseño para reducir la agitación en aquellos casos en que sea inadecuada.

Se plantean 11 alternativas de mejora (8+3) que se centran principalmente en:

- Disminución de las reflexiones mediante la colocación de muelles antirreflejantes principalmente
- Prolongación del morro del dique principal (40m)
- Descripción de los tipos de alternativas

3.1 Estudio de agitación de las alternativas

3.1.1 Disminución de reflexiones

A partir de los resultados del modelo, se proponen 8 alternativas de mejora para disminuir la agitación a base de reducir la reflexión en los paramentos, actuando principalmente en:

- Alineación norte y este de la dársena norte. Actualmente formados por muelles de bloques, se propone como solución de mejora poner en esas zonas muelle antirreflejante con el fin de reducir el coeficiente de reflexión de 0.9 a 0.5 (Alternativas 1 y 2).
- Protecciones en Talud en zona de bocana. Se considera como posible solución aumentar el talud de las zonas y aumentar su porosidad, pasando de coeficientes de reflexión de 0.7 a 0.4 (Alternativa 3).
- Tramo sur del muelle de cajones verticales de la zona de bocana. se propone como solución de mejora la construcción de muelle antirreflejante reduciendo el coeficiente de reflexión de 0.9 a 0.5 (Alternativa 4).
- Combinación de las alternativas anteriores (Alternativas 5, 6, 7 y 8).

Las Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 muestran los coeficientes de reflexión introducidos en el modelo CGWave para cada alternativa.

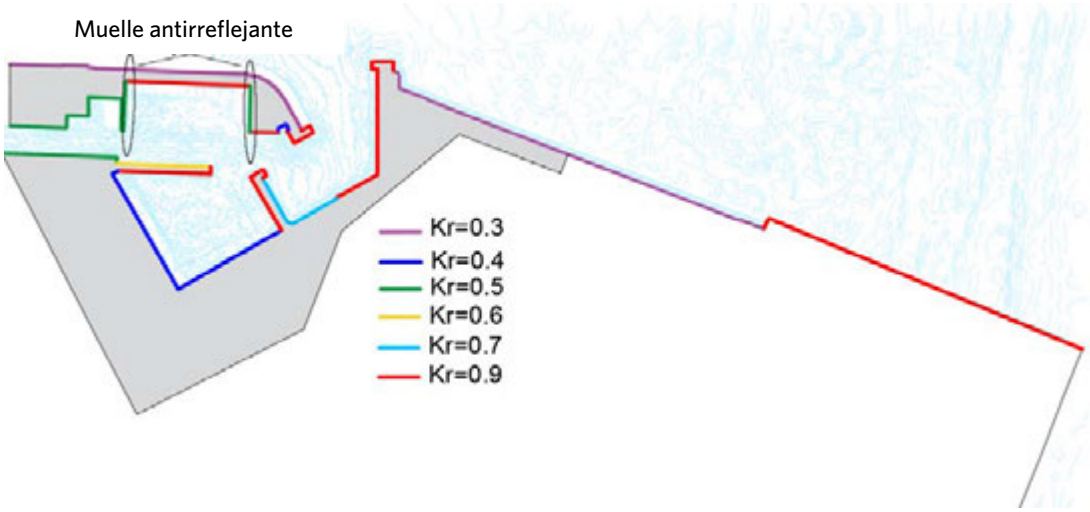


Figura 20.- Alternativa 1

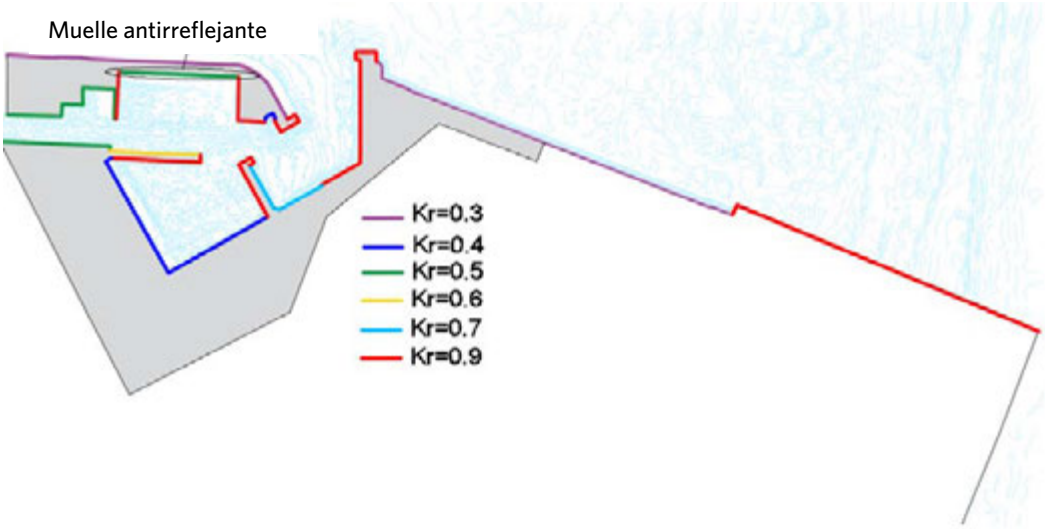


Figura 21.- Alternativa 2

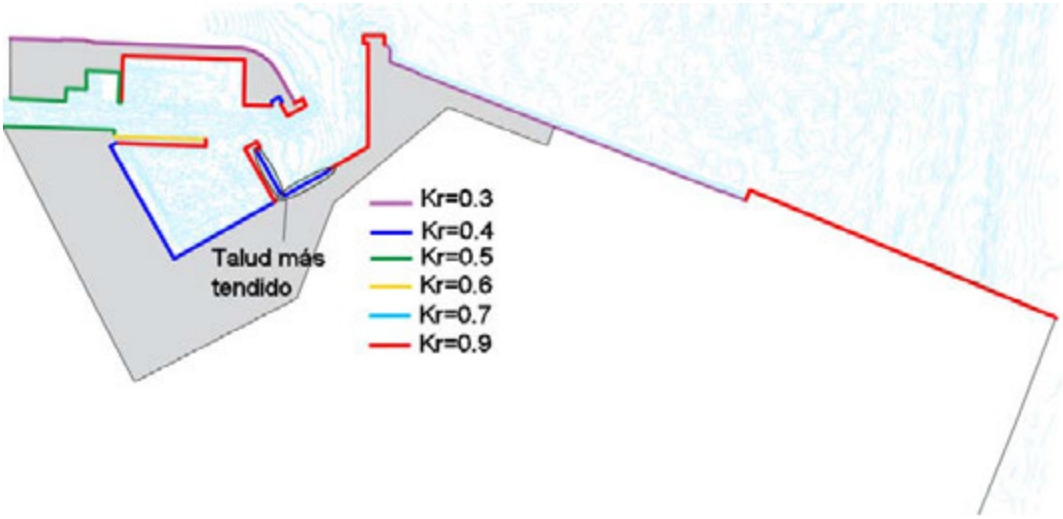


Figura 22.- Alternativa 3

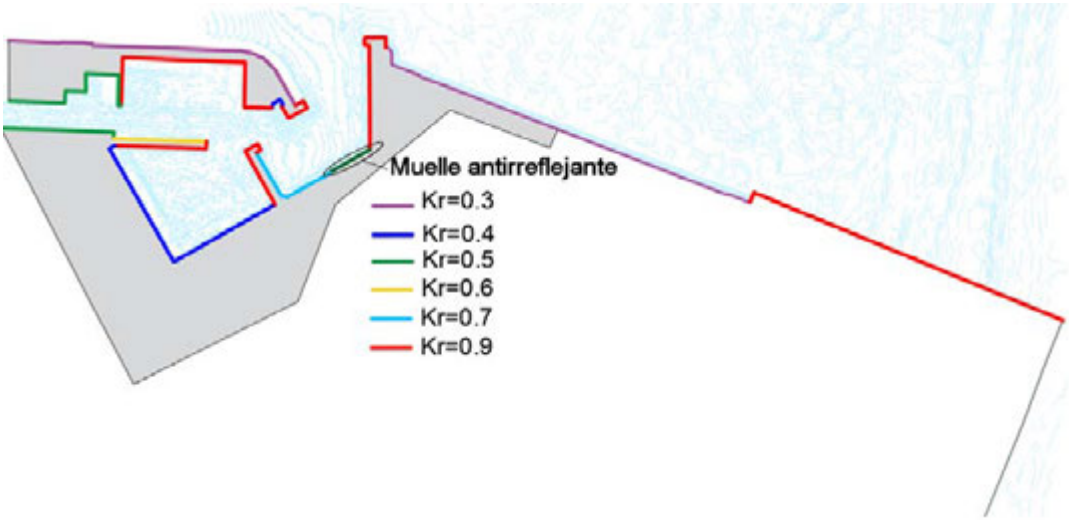


Figura 23.- Alternativa 4. (Solución A)

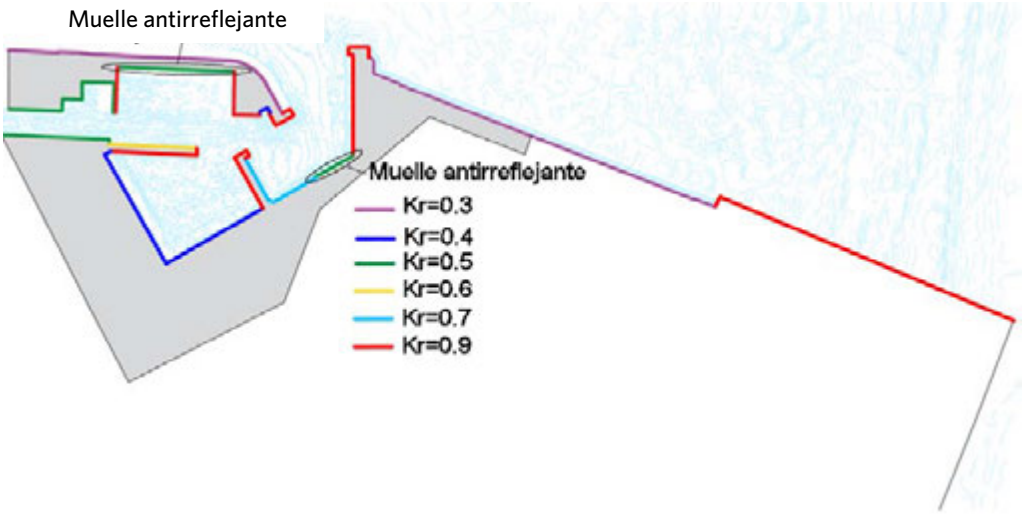


Figura 24.- Alternativa 5

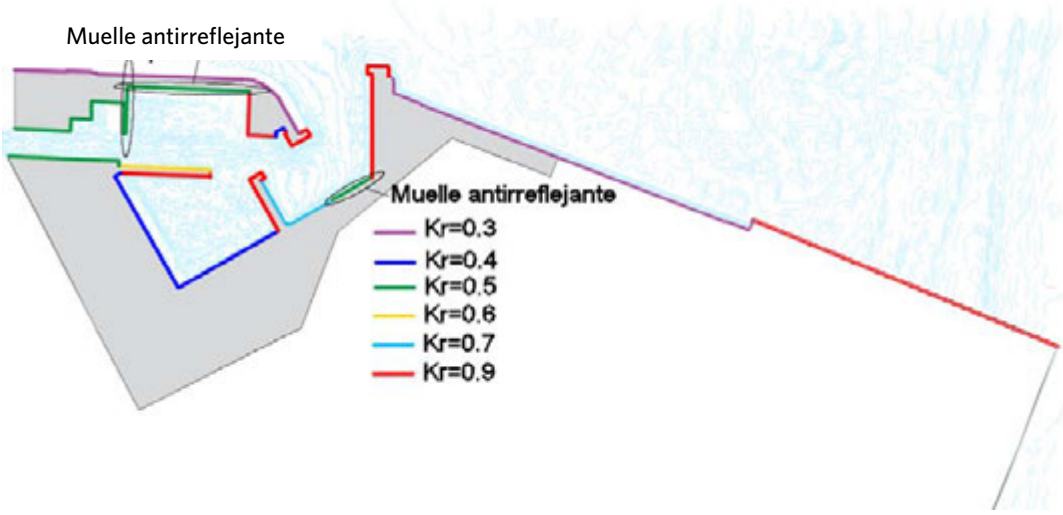


Figura 25.- Alternativa 6

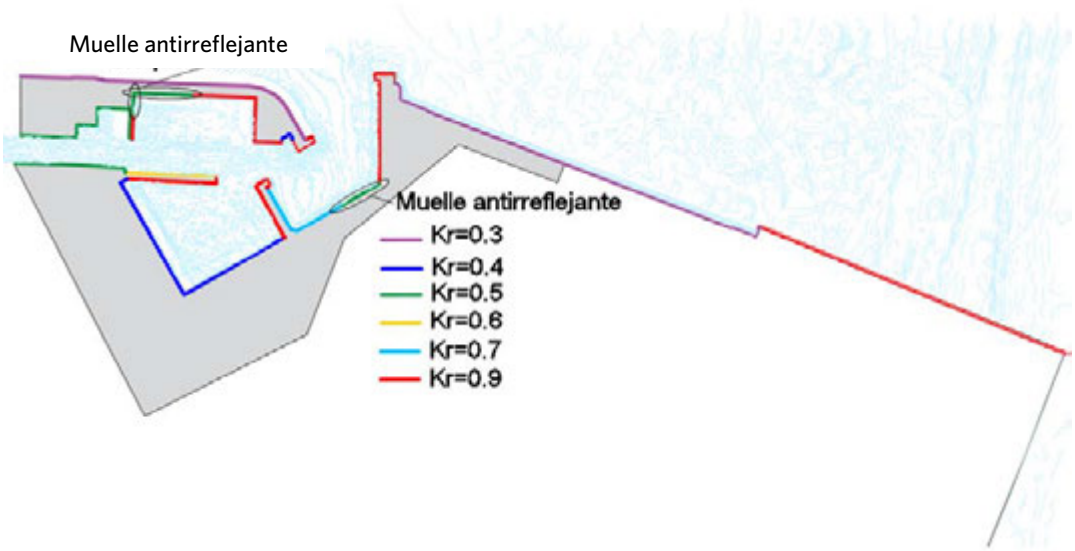


Figura 26.- Alternativa 7

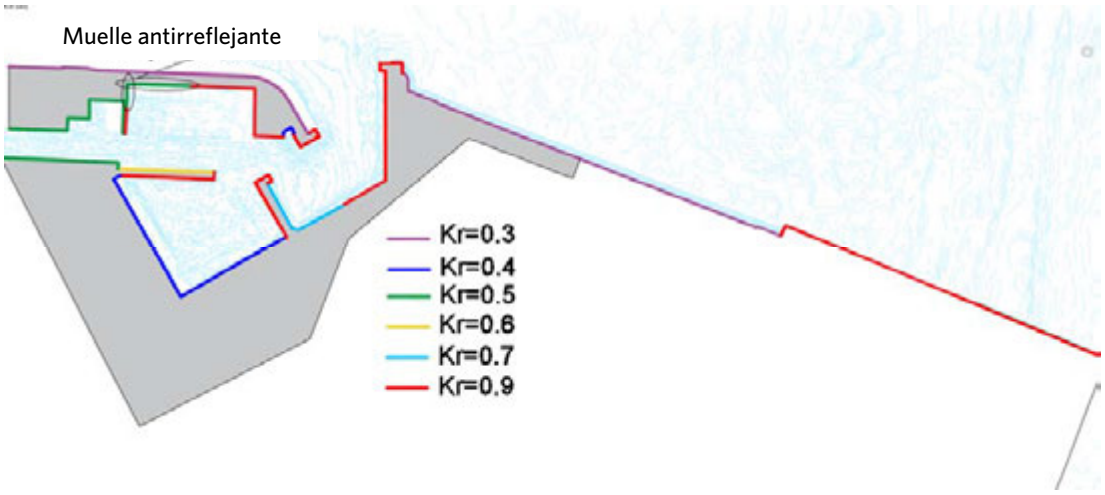


Figura 27.- Alternativa 8. (Solución B)

3.1.2 Prolongación del morro del dique principal

La alternativa 9 consiste en la prolongación del morro del dique exterior en 40m (ver Figura 10). Dicha alternativa mejora sustancialmente la operatividad en las zonas 2 y 3. Sin embargo, no resuelve del todo los problemas de reflexión, ya que sigue entrando parte del oleaje difractado en la Marina Exterior Norte, tal y como se aprecia en la Figura 9. Por ello, se plantean dos alternativas más (alternativas 10 y 11) que consideran la prolongación del morro del dique principal junto con las soluciones de mejora propuestas en las alternativas 4 y 8 para mejorar también la operatividad de las zonas 10, 11, 12 y 13.

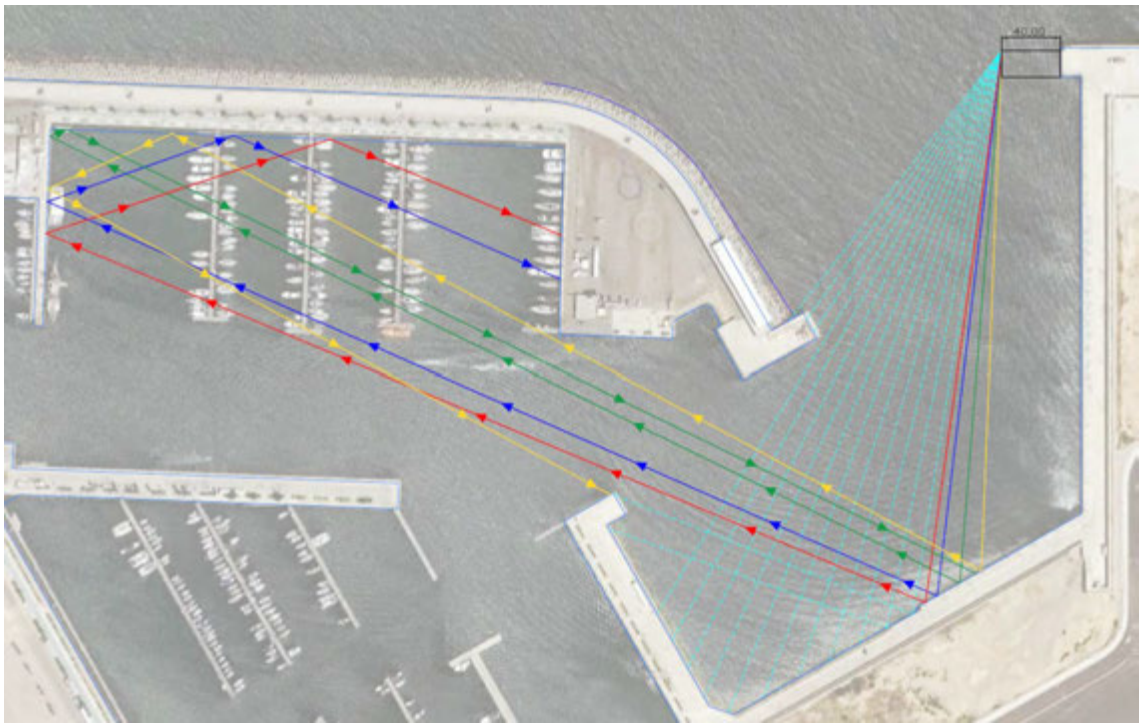


Figura 28.- Esquema de reflexión modificando el polo de difracción en el dique principal.

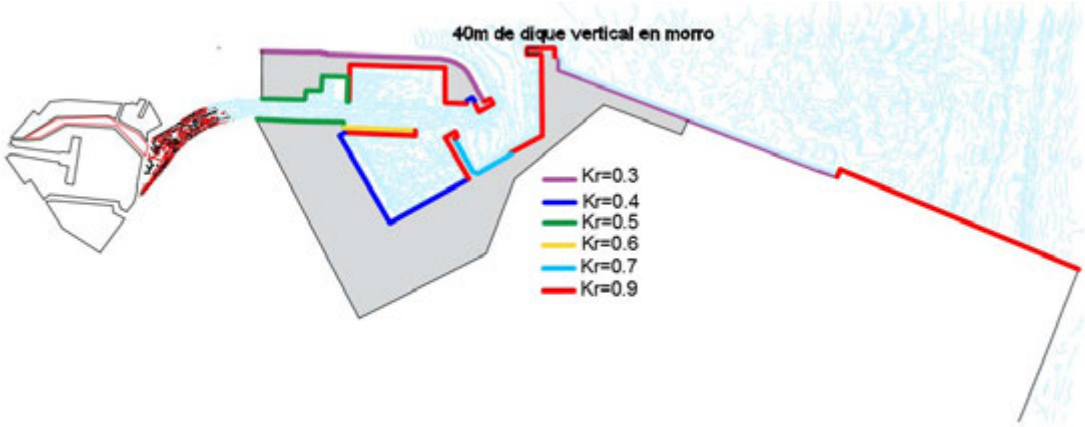


Figura 29.- Alternativa 9. (Solución C)

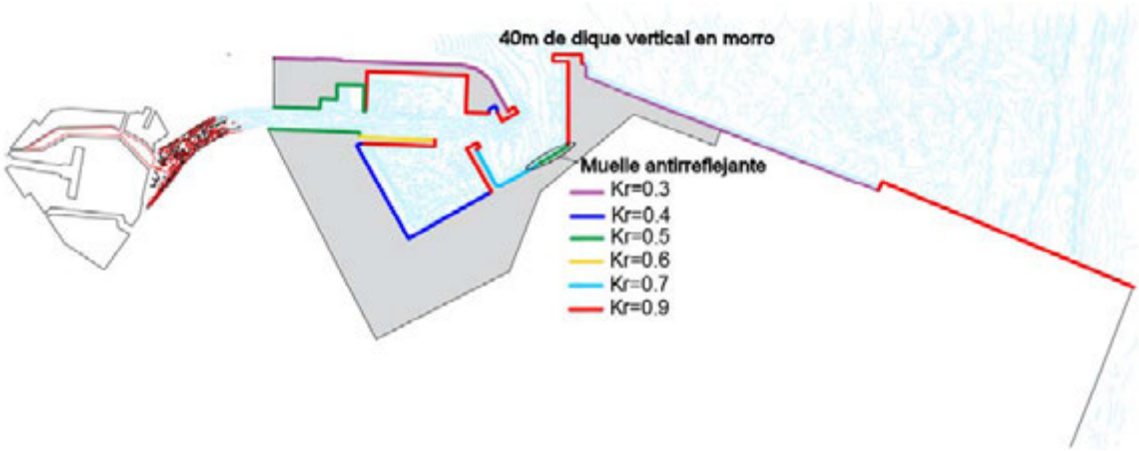


Figura 30.- Alternativa 10

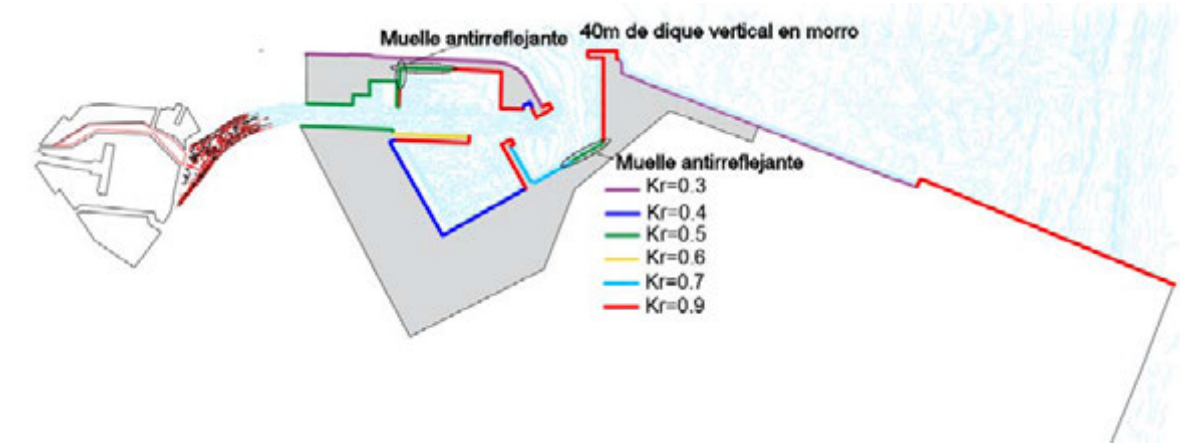


Figura 31.- Alternativa 11

3.1.3 Resultados de agitación

Las 11 alternativas se han comparado considerando un periodo del oleaje de T(s)=8 y altura de ola de H(m)=1, para la dirección NNE (caso con mayor agitación para la situación inicial). Los coeficientes de agitación obtenidos se muestran en la Tabla 11.

	Dirección NNE, T(s)=8, H(m)=1												
	Ka												
Alternativa	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
Solución inicial	**0.60**	**0.52**	**0.50**	**0.49**	**0.33**	**0.05**	**0.04**	**0.07**	**0.02**	**0.29**	**0.24**	**0.23**	**0.21**
Alternativa 1	0.58	0.51	0.47	0.49	0.32	0.05	0.03	0.06	0.02	0.25	0.21	0.20	0.18
Alternativa 2	0.58	0.51	0.47	0.50	0.32	0.05	0.03	0.06	0.01	0.22	0.20	0.19	0.17
Alternativa 3	0.60	0.52	0.50	0.49	0.33	0.05	0.04	0.07	0.02	0.29	0.24	0.23	0.21
Alternativa 4 (Solución A)	0.61	0.51	0.39	0.49	0.26	0.05	0.05	0.03	0.01	0.21	0.17	0.15	0.15
Alternativa 5	0.60	0.50	0.38	0.48	0.24	0.04	0.05	0.03	0.01	0.14	0.12	0.11	0.12
Alternativa 6	0.59	0.50	0.38	0.48	0.23	0.04	0.05	0.03	0.01	0.11	0.10	0.10	0.11
Alternativa 7 (Solución A+B)	0.60	0.50	0.39	0.49	0.24	0.04	0.05	0.04	0.01	0.13	0.12	0.11	0.12
Alternativa 8 (Solución B)	0.60	0.50	0.45	0.52	0.31	0.05	0.04	0.07	0.02	0.20	0.19	0.17	0.16
Alternativa 9 (Solución C)	0.60	0.32	0.29	0.43	0.25	0.07	0.11	0.07	0.02	0.16	0.15	0.13	0.14
Alternativa 10 (Solución A+C)	0.58	0.32	0.30	0.39	0.24	0.07	0.10	0.06	0.02	0.15	0.15	0.13	0.14
Alternativa 11 (Solución A+B+C)	0.58	0.32	0.31	0.40	0.24	0.06	0.10	0.06	0.01	0.09	0.09	0.10	0.10

Tabla 11.- Coeficientes de agitación de las alternativas de mejora. Dirección NNE, T(s)=8, H(m)=1.

Las alternativas 6 y 7 son las que más reducen los coeficientes de agitación en la Marina Exterior Norte. Puesto que la alternativa 6 es de mayor envergadura que la alternativa 7 y no mejora sustancialmente la agitación, se propone la alternativa 7 como solución de mejora de la marina norte.

Para la zona de bocana, las alternativas 9, 10 y 11 que contemplan la prolongación de 40m del morro del dique principal son las más efectivas. Dichas alternativas también reducen la agitación en las zonas 10, 11, 12 y 13 de la Marina Exterior Norte. Puesto que la alternativa 9 reduce considerablemente los coeficientes de agitación y requiere menos modificaciones que las alternativa 10 y 11, se propone la alternativa 9 como solución de mejora del muelle de cruceros (zonas 2 y 3).

Puesto que los coeficientes de agitación que se muestran en las Tabla 11, son los obtenidos únicamente para la dirección NNE y T=8s, es necesario modelizar otras direcciones y periodos. Para la alternativa 7, se modelizan las direcciones más desfavorables (NNE y NE) para los periodos con más probabilidad de ocurrencia (5<T(s)<10). Para la alternativas 9, se modelizan los mismos 40 casos que para la situación inicial ya que esta alternativa de mejora modifica la planta de la Marina Real mediante la construcción de un dique vertical de 40m de longitud. Los coeficientes de agitación son los que se muestran en las siguientes tablas:

		Ka												
Dirección	**T (s)**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NNE	5	1.21	0.76	0.63	0.73	0.46	0.08	0.12	0.08	0.01	0.05	0.07	0.07	0.07
	6	0.98	0.67	0.50	0.54	0.28	0.04	0.08	0.03	0.01	0.04	0.05	0.05	0.04
	7	0.65	0.53	0.44	0.50	0.30	0.08	0.08	0.06	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05
	8	0.61	0.51	0.40	0.50	0.24	0.04	0.05	0.04	0.01	0.13	0.12	0.11	0.12
	9	0.70	0.54	0.37	0.52	0.14	0.03	0.05	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.03
	10	0.61	0.57	0.42	0.53	0.26	0.07	0.08	0.12	0.01	0.10	0.10	0.10	0.12
NE	5	0.58	0.53	0.36	0.30	0.13	0.02	0.01	0.04	0.01	0.10	0.10	0.09	0.09
	6	0.47	0.46	0.32	0.30	0.13	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.06	0.06	0.05
	7	0.47	0.47	0.31	0.39	0.23	0.05	0.08	0.05	0.00	0.04	0.04	0.03	0.02
	8	0.53	0.51	0.34	0.44	0.20	0.03	0.04	0.03	0.01	0.11	0.10	0.09	0.09
	9	0.59	0.55	0.36	0.50	0.16	0.04	0.06	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
	10	0.57	0.55	0.38	0.49	0.24	0.07	0.07	0.11	0.01	0.09	0.10	0.09	0.11

Tabla 12.- Coeficientes de agitación. Alternativa 7.

		Ka												
Dirección	**T (s)**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NNE	5	1.12	0.61	0.72	0.64	0.41	0.10	0.12	0.14	0.04	0.22	0.20	0.18	0.18
	6	0.80	0.42	0.37	0.52	0.23	0.05	0.07	0.06	0.02	0.18	0.17	0.18	0.20
	7	0.53	0.31	0.36	0.40	0.21	0.05	0.03	0.06	0.01	0.16	0.13	0.14	0.13
	8	0.60	0.32	0.29	0.43	0.25	0.07	0.11	0.07	0.02	0.16	0.15	0.13	0.14
	9	0.65	0.34	0.32	0.38	0.22	0.04	0.04	0.09	0.03	0.15	0.13	0.13	0.12
	10	0.53	0.36	0.41	0.41	0.19	0.06	0.07	0.07	0.02	0.11	0.10	0.09	0.06
	11	0.57	0.41	0.37	0.41	0.25	0.06	0.08	0.13	0.03	0.14	0.12	0.11	0.07
	12	0.44	0.41	0.42	0.32	0.24	0.06	0.08	0.12	0.02	0.22	0.20	0.19	0.16
	13	0.42	0.35	0.35	0.40	0.20	0.03	0.02	0.08	0.02	0.15	0.14	0.14	0.12
	14	0.44	0.34	0.34	0.40	0.13	0.01	0.02	0.07	0.02	0.09	0.10	0.10	0.09
NE	5	0.41	0.35	0.35	0.27	0.15	0.02	0.03	0.07	0.02	0.11	0.09	0.09	0.09
	6	0.36	0.27	0.24	0.30	0.16	0.03	0.05	0.04	0.01	0.13	0.12	0.12	0.14
	7	0.45	0.34	0.29	0.36	0.18	0.04	0.02	0.05	0.00	0.12	0.10	0.11	0.10
	8	0.57	0.34	0.28	0.39	0.26	0.07	0.11	0.07	0.02	0.19	0.17	0.14	0.16
	9	0.67	0.38	0.35	0.37	0.24	0.04	0.03	0.08	0.03	0.17	0.14	0.14	0.13
	10	0.52	0.38	0.42	0.41	0.19	0.06	0.07	0.08	0.02	0.14	0.12	0.11	0.07
	11	0.56	0.43	0.39	0.40	0.25	0.06	0.08	0.14	0.03	0.15	0.13	0.13	0.08
	12	0.42	0.46	0.45	0.32	0.27	0.07	0.09	0.14	0.02	0.25	0.24	0.23	0.19
	13	0.42	0.40	0.38	0.39	0.21	0.03	0.02	0.08	0.02	0.16	0.15	0.14	0.13
	14	0.44	0.38	0.38	0.40	0.12	0.02	0.01	0.06	0.02	0.08	0.09	0.09	0.09
NEE	5	0.21	0.16	0.16	0.18	0.08	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03	0.02
	6	0.18	0.14	0.12	0.16	0.08	0.02	0.03	0.03	0.01	0.07	0.07	0.07	0.08
	7	0.15	0.12	0.10	0.15	0.05	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
	8	0.21	0.14	0.13	0.17	0.12	0.04	0.05	0.03	0.01	0.08	0.07	0.06	0.07
	9	0.20	0.13	0.13	0.15	0.10	0.01	0.01	0.04	0.01	0.07	0.06	0.06	0.05
	10	0.17	0.15	0.16	0.16	0.07	0.02	0.02	0.03	0.01	0.07	0.06	0.06	0.04
	11	0.15	0.14	0.11	0.14	0.07	0.02	0.02	0.04	0.01	0.06	0.05	0.05	0.03
	12	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08	0.02	0.02	0.04	0.01	0.07	0.07	0.06	0.05
	13	0.13	0.15	0.13	0.14	0.08	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04	0.04	0.04
	14	0.20	0.18	0.15	0.18	0.07	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04
E	5	0.14	0.11	0.13	0.12	0.05	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.03
	6	0.10	0.08	0.07	0.10	0.05	0.01	0.02	0.01	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04

7	0.10	0.10	0.07	0.11	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
8	0.15	0.11	0.10	0.14	0.09	0.03	0.03	0.02	0.01	0.06	0.05	0.05	0.05
9	0.12	0.09	0.08	0.09	0.06	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03
10	0.13	0.11	0.11	0.11	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04	0.04	0.03
11	0.12	0.12	0.10	0.12	0.07	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.04	0.04	0.03
12	0.13	0.14	0.13	0.11	0.08	0.02	0.02	0.04	0.01	0.07	0.07	0.06	0.05
13	0.13	0.15	0.13	0.14	0.09	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.05	0.04	0.04
14	0.19	0.16	0.13	0.17	0.08	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04

Tabla 13.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9.

Las siguientes figuras muestran los gráficos de propagaciones de superficie libre, fase y altura de ola, obtenidos con el modelo CGWave para las alternativas 7 y 9, correspondientes al caso de H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

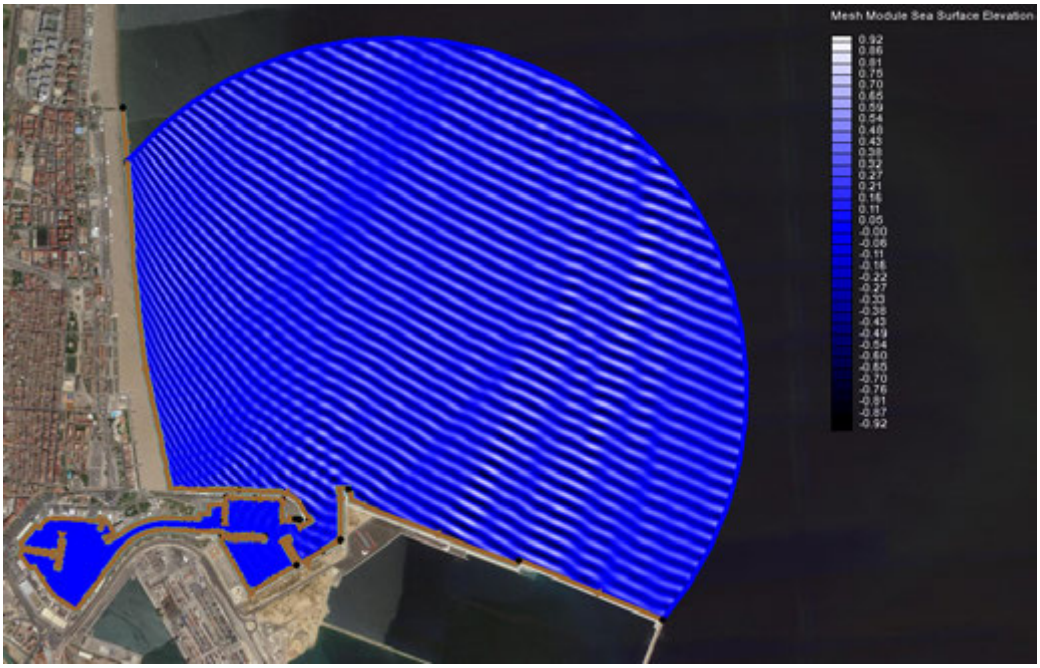


Figura 32.- Superficie libre. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

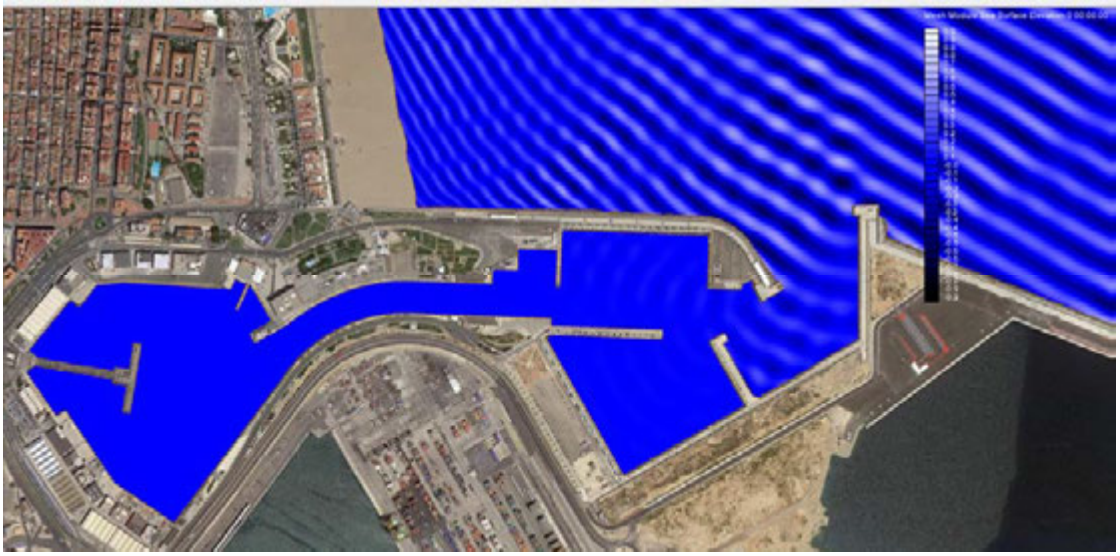


Figura 33.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

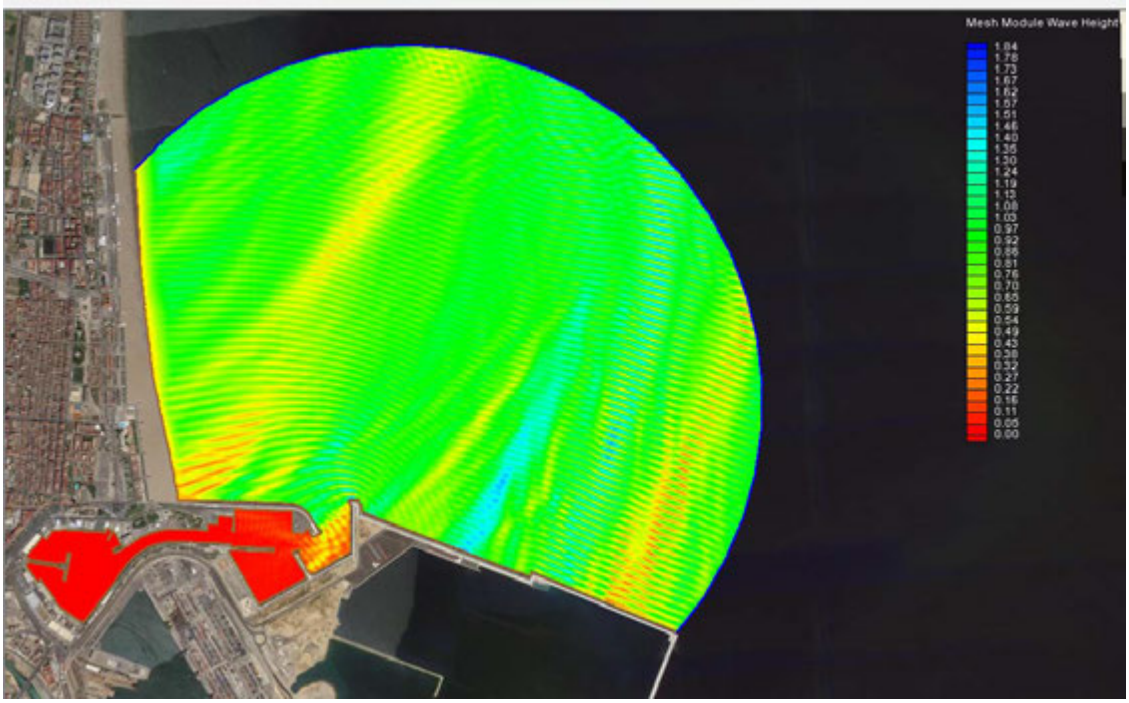


Figura 34.- Altura de ola. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

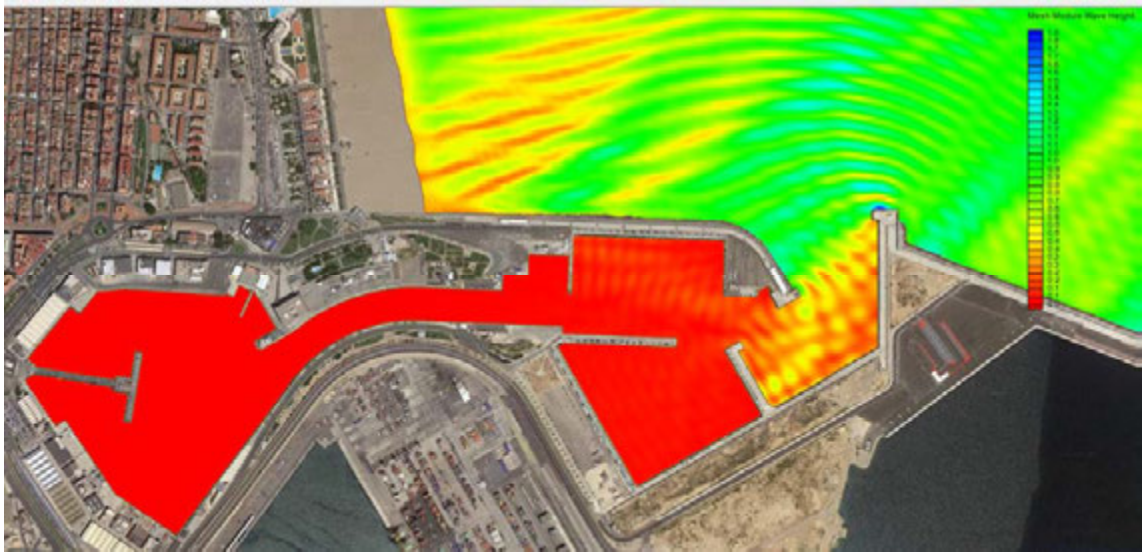


Figura 35.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

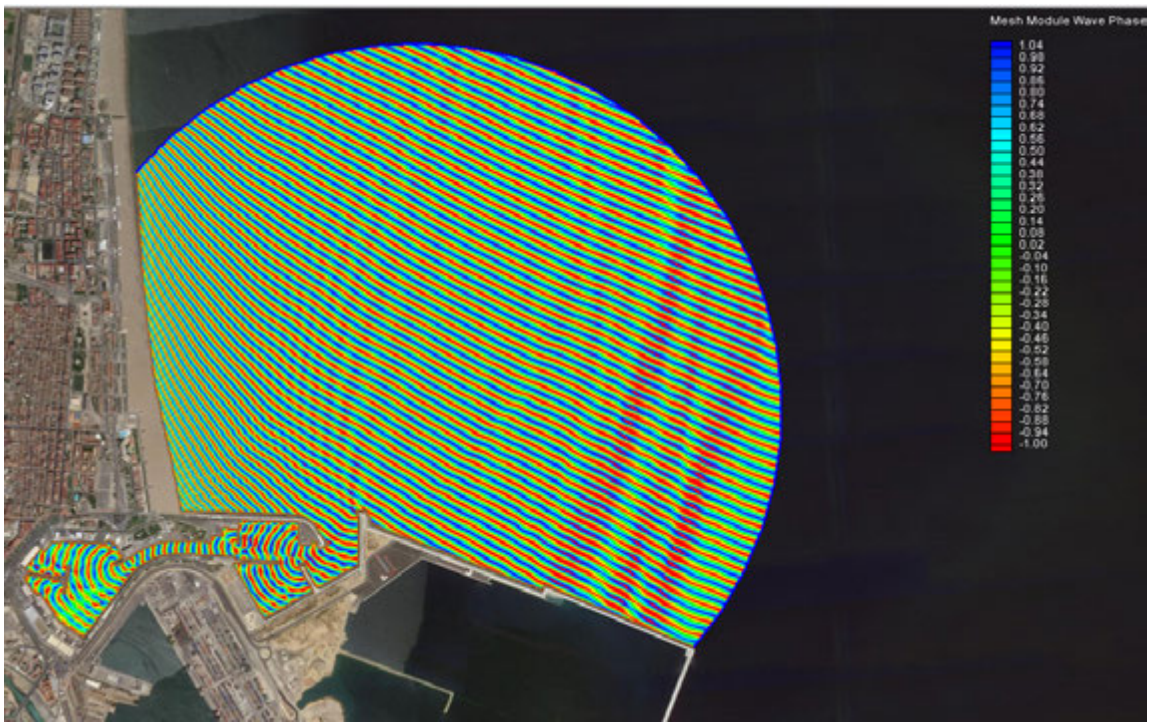


Figura 36.- Fase de onda. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

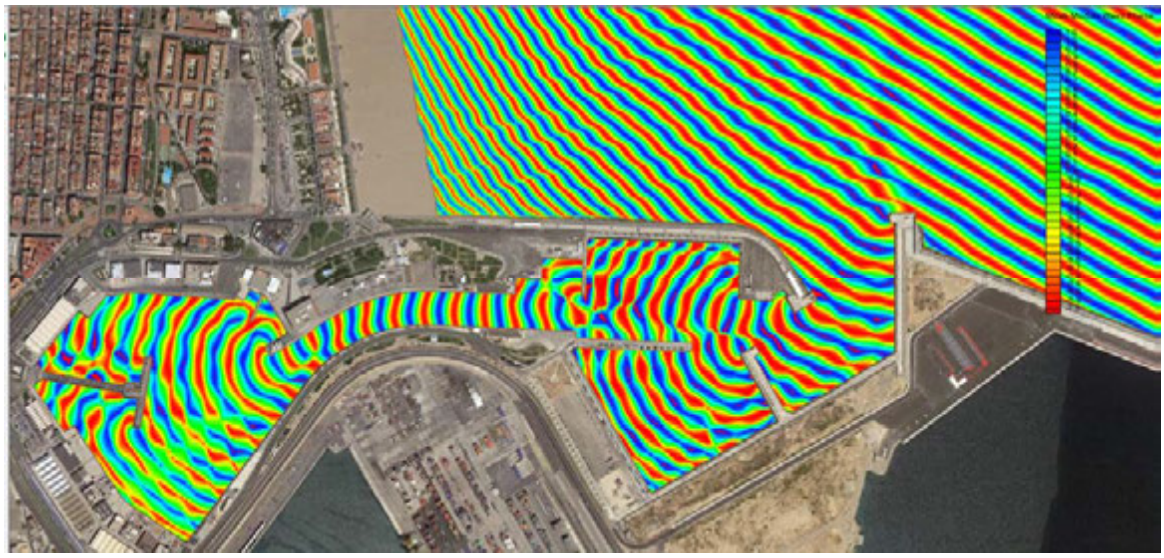


Figura 37.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 7. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

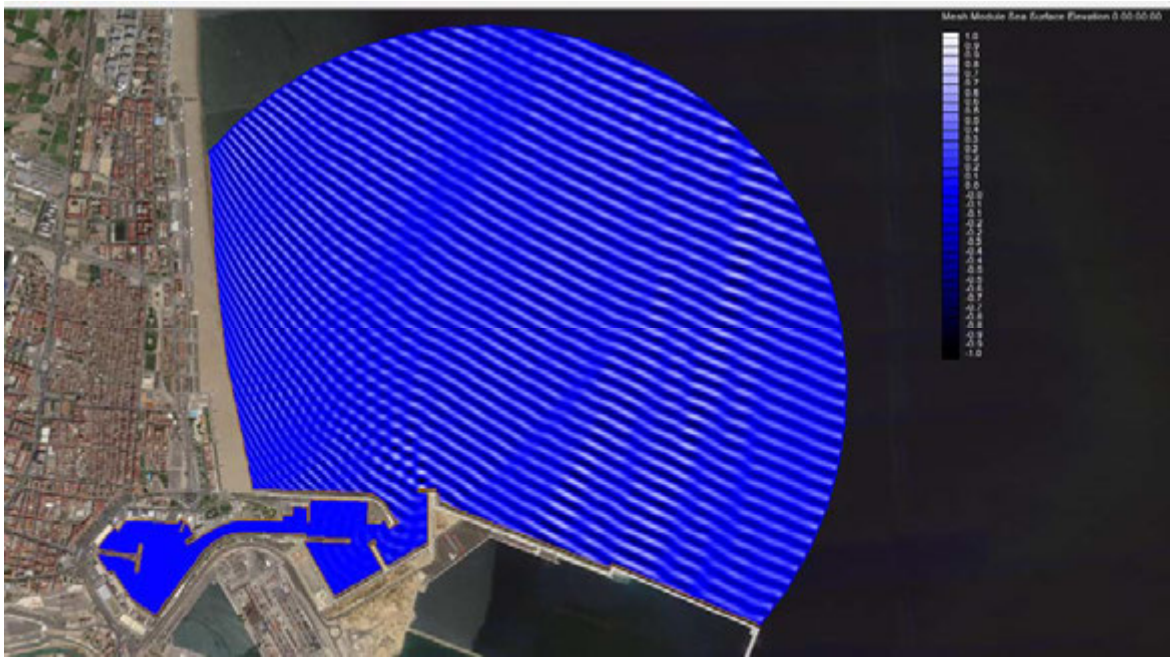


Figura 38.- Superficie libre. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

Figura 39.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

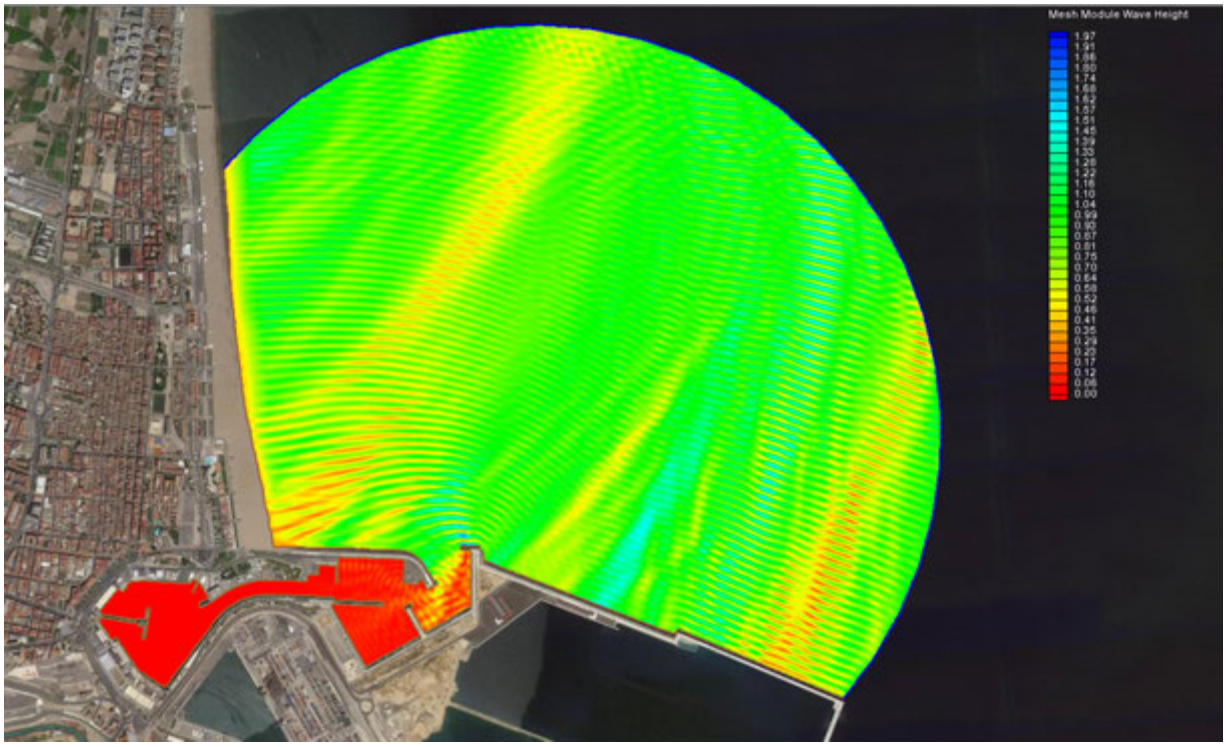


Figura 40.- Altura de ola. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

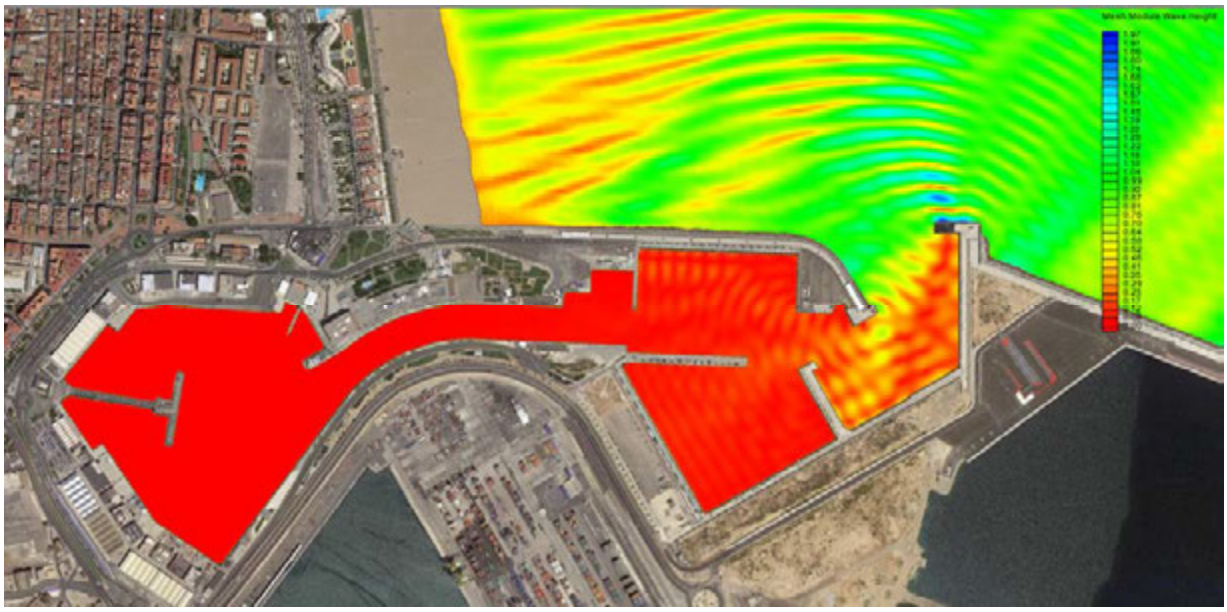


Figura 41.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

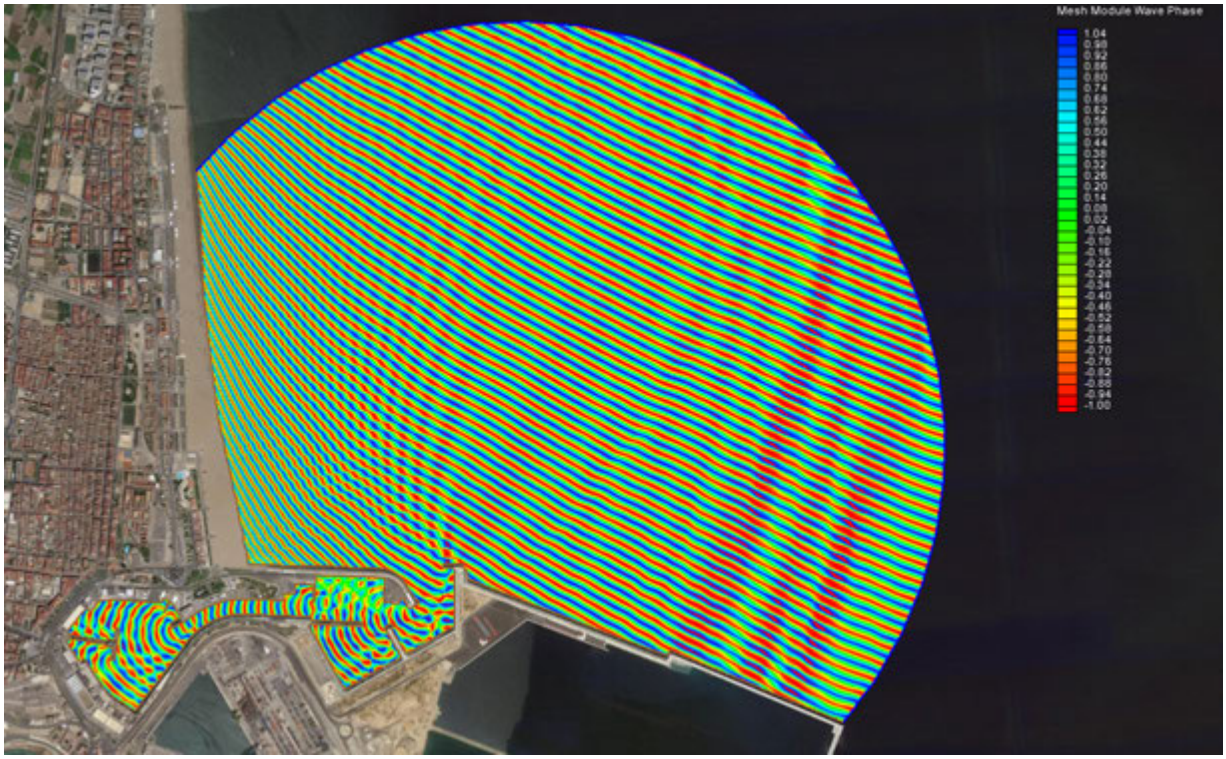


Figura 42.- Fase de onda. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

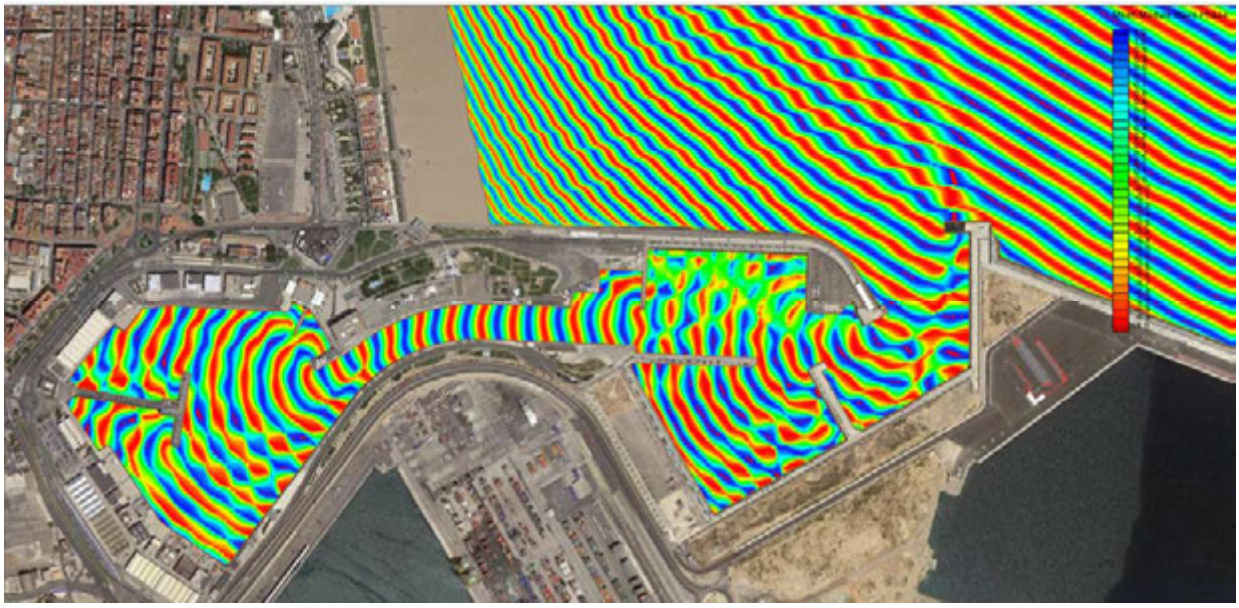


Figura 43.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=8, Dirección NNE.

3.2 Análisis de la operatividad

Para las dos alternativas propuestas (alternativa 7 y alternativa 9), se ha obtenido la operatividad de manera análoga al análisis realizado para la situación inicial. El procedimiento de cálculo para obtener la operatividad en las distintas zonas delimitadas en la dársena para diferentes alturas de ola umbral es el siguiente:

Se define la altura de ola umbral. Para las zonas 2 y 3 se escoge el valor de H_s=0.7m como altura de ola umbral. Para las zonas delimitadas en la dársena interior norte y sur, se considera H_s=0.3m como valor altura de ola umbral para embarcaciones deportivas.

Se obtiene la probabilidad de excedencia mensual para cada dirección y periodos considerados, a partir de los parámetros de ajuste de la función de distribución GEV que define el régimen medio mensual del oleaje en el Nodo 39 del Proyecto MARUCA y de la relación de altura de ola y periodo obtenidos en el Nodo 39 del Maruca:

$$T = a \cdot H_{ext}^{b}$$
$$a = 5.484$$
$$b = 0.434$$

Las Tablas 4 y 5 muestran la probabilidad de excedencia mensual, operatividad, número de días y número de horas al mes en que las condiciones climatológicas de altura de ola superan los límites de operatividad establecidos para las alternativas 7 y 9. Asimismo, se muestra el valor anual al final de cada tabla.

ZONA 2					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0625	93.75%	1.94	46.46
	Enero	0.0622	93.78%	1.87	46.27
	Febrero	0.0527	94.73%	1.48	35.41
	Marzo	0.0319	96.81%	0.99	23.74
	Abril	0.0266	97.34%	0.80	19.15
	Mayo	0.0138	98.62%	0.43	10.23
	Junio	0.0029	99.71%	0.09	2.12
	Julio	0.0014	99.86%	0.04	1.01
	Agosto	0.0027	99.73%	0.09	2.04
	Septiembre	0.0186	98.14%	0.56	13.39
	Octubre	0.0396	96.04%	1.23	29.43
	Noviembre	0.0374	96.26%	1.12	26.91
	Anual	0.0292	97.08%	10.61	256.16

ZONA 3					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0247	97.53%	0.77	18.39
	Enero	0.0246	97.54%	0.74	18.30
	Febrero	0.0196	98.04%	0.55	13.17
	Marzo	0.0117	98.83%	0.36	8.72
	Abril	0.0079	99.21%	0.24	5.68
	Mayo	0.0032	99.68%	0.10	2.37
	Junio	0.0005	99.95%	0.01	0.35
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.09
	Agosto	0.0004	99.96%	0.01	0.27
	Septiembre	0.0043	99.57%	0.13	3.07
	Octubre	0.0135	98.65%	0.42	10.04
	Noviembre	0.0120	98.80%	0.36	8.65
	Anual	0.0102	98.98%	3.69	89.10

ZONA 6					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Enero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Febrero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Marzo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Octubre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Noviembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Anual	0.0000	100.00%	0.00	0.00

ZONA 7					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Enero	0.0002	99.98%	0.01	0.15
	Febrero	0.0003	99.97%	0.01	0.20
	Marzo	0.0001	99.99%	0.00	0.07
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.02
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Octubre	0.0001	99.99%	0.00	0.07
	Noviembre	0.0001	99.99%	0.00	0.05
	Anual	0.0001	99.99%	0.04	0.86

ZONA 8					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.75
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.55
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.62

ZONA 9					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Enero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Febrero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Marzo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Octubre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Noviembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Anual	0.0000	100.00%	0.00	0.00

ZONA 10					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0048	99.52%	0.15	3.60
	Enero	0.0045	99.55%	0.13	3.33
	Febrero	0.0038	99.62%	0.11	2.53
	Marzo	0.0018	99.82%	0.06	1.37
	Abril	0.0010	99.90%	0.03	0.74
	Mayo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.02
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Septiembre	0.0005	99.95%	0.01	0.35
	Octubre	0.0020	99.80%	0.06	1.45
	Noviembre	0.0017	99.83%	0.05	1.21
	Anual	0.0017	99.83%	0.62	14.90

ZONA 11					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.75
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.55
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.62

ZONA 12					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.75
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.55
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.62

ZONA 13					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0010	99.90%	0.03	0.75
	Enero	0.0005	99.95%	0.02	0.39
	Febrero	0.0008	99.92%	0.02	0.55
	Marzo	0.0004	99.96%	0.01	0.28
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.06
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Octubre	0.0004	99.96%	0.01	0.29
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Anual	0.0003	99.97%	0.11	2.62

Tabla 14.- Operatividad mensual por zonas. Alternativa 7.

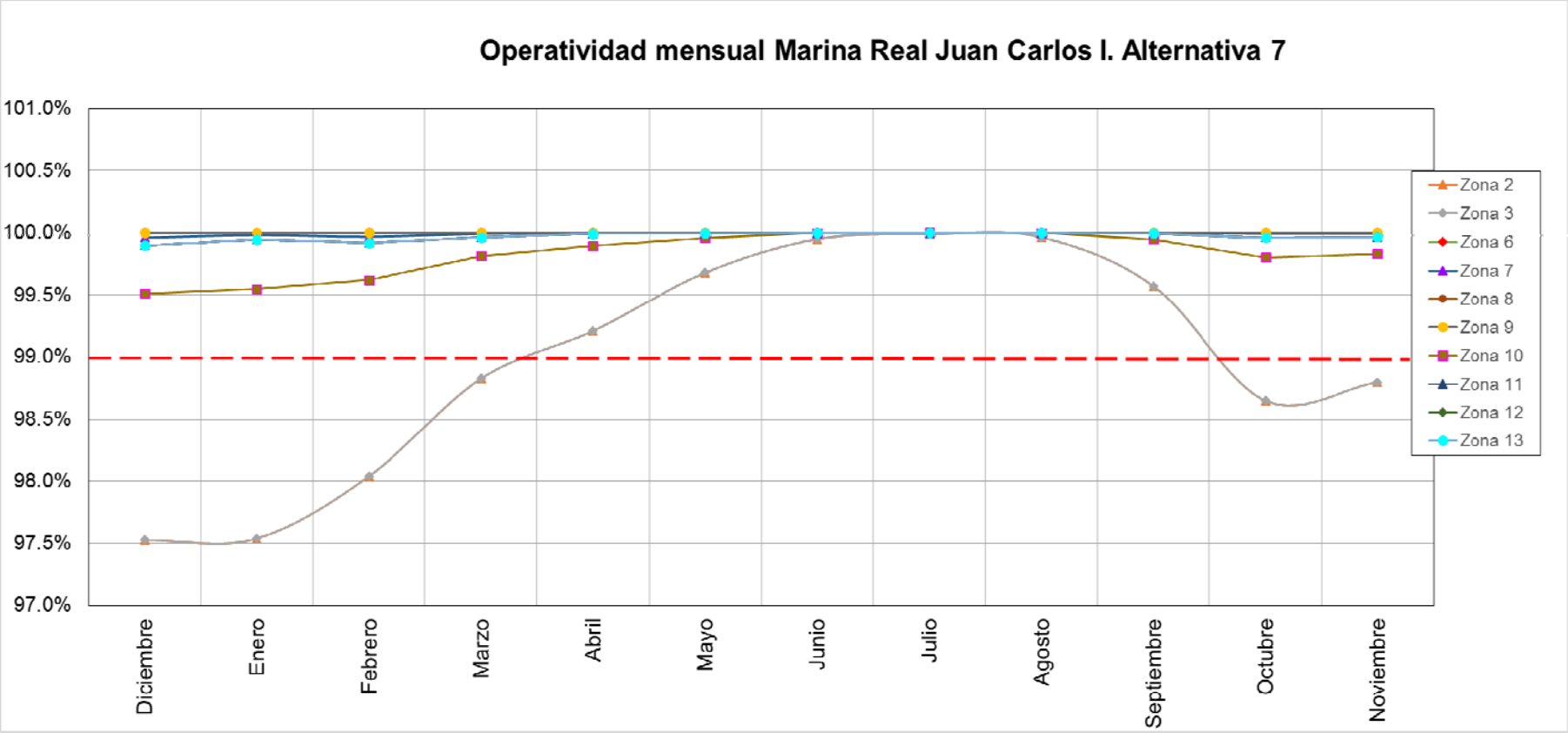


Figura 44.- Operatividad mensual. Alternativa 7

ZONA 2					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.73
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.48
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.23	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.17	52.29

ZONA 3					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.7m	Diciembre	0.0079	99.21%	0.25	5.90
	Enero	0.0071	99.29%	0.21	5.32
	Febrero	0.0061	99.39%	0.17	4.11
	Marzo	0.0033	99.67%	0.10	2.49
	Abril	0.0017	99.83%	0.05	1.20
	Mayo	0.0006	99.94%	0.02	0.44
	Junio	0.0001	99.99%	0.00	0.05
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.03
	Septiembre	0.0008	99.92%	0.02	0.58
	Octubre	0.0036	99.64%	0.11	2.68
	Noviembre	0.0031	99.69%	0.09	2.20
	Anual	0.0029	99.71%	1.03	25.01

ZONA 6					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Enero	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Febrero	0.0002	99.98%	0.01	0.13
	Marzo	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Octubre	0.0001	99.99%	0.00	0.05
	Noviembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Anual	0.0001	99.99%	0.02	0.48

ZONA 7					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Enero	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Febrero	0.0002	99.98%	0.01	0.13
	Marzo	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.01
	Octubre	0.0001	99.99%	0.00	0.05
	Noviembre	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Anual	0.0001	99.99%	0.02	0.48

ZONA 8					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0007	99.93%	0.02	0.53
	Enero	0.0003	99.97%	0.01	0.26
	Febrero	0.0006	99.94%	0.02	0.39
	Marzo	0.0003	99.97%	0.01	0.22
	Abril	0.0001	99.99%	0.00	0.05
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.02
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.04
	Octubre	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Noviembre	0.0003	99.97%	0.01	0.19
	Anual	0.0002	99.98%	0.08	1.93

ZONA 9					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Enero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Febrero	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Marzo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Abril	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Mayo	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Junio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Julio	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Agosto	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Septiembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Octubre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Noviembre	0.0000	100.00%	0.00	0.00
	Anual	0.0000	100.00%	0.00	0.00

ZONA 10					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.73
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.48
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.23	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.17	52.29

ZONA 11					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.73
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.48
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.23	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.17	52.29

ZONA 12					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0144	98.56%	0.45	10.72
	Enero	0.0138	98.62%	0.41	10.26
	Febrero	0.0111	98.89%	0.31	7.47
	Marzo	0.0076	99.24%	0.23	5.63
	Abril	0.0044	99.56%	0.13	3.13
	Mayo	0.0016	99.84%	0.05	1.16
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.24
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0022	99.78%	0.07	1.58
	Octubre	0.0087	99.13%	0.27	6.48
	Noviembre	0.0075	99.25%	0.22	5.40
	Anual	0.0060	99.40%	2.16	52.27

ZONA 13					
Condición de parada	**Mes**	**Probabilidad de excedencia TOTAL**	**Operatividad (%)**	**nº de días**	**nº de horas**
Hs, umbral=0.3m	Diciembre	0.0136	98.64%	0.42	10.14
	Enero	0.0133	98.67%	0.40	9.92
	Febrero	0.0105	98.95%	0.29	7.06
	Marzo	0.0073	99.27%	0.22	5.40
	Abril	0.0043	99.57%	0.13	3.07
	Mayo	0.0015	99.85%	0.05	1.13
	Junio	0.0003	99.97%	0.01	0.23
	Julio	0.0001	99.99%	0.00	0.04
	Agosto	0.0002	99.98%	0.01	0.16
	Septiembre	0.0021	99.79%	0.06	1.55
	Octubre	0.0084	99.16%	0.26	6.23
	Noviembre	0.0072	99.28%	0.22	5.21
	Anual	0.0057	99.43%	2.08	50.15

Tabla 15.- Operatividad mensual por zonas. Alternativa 9.

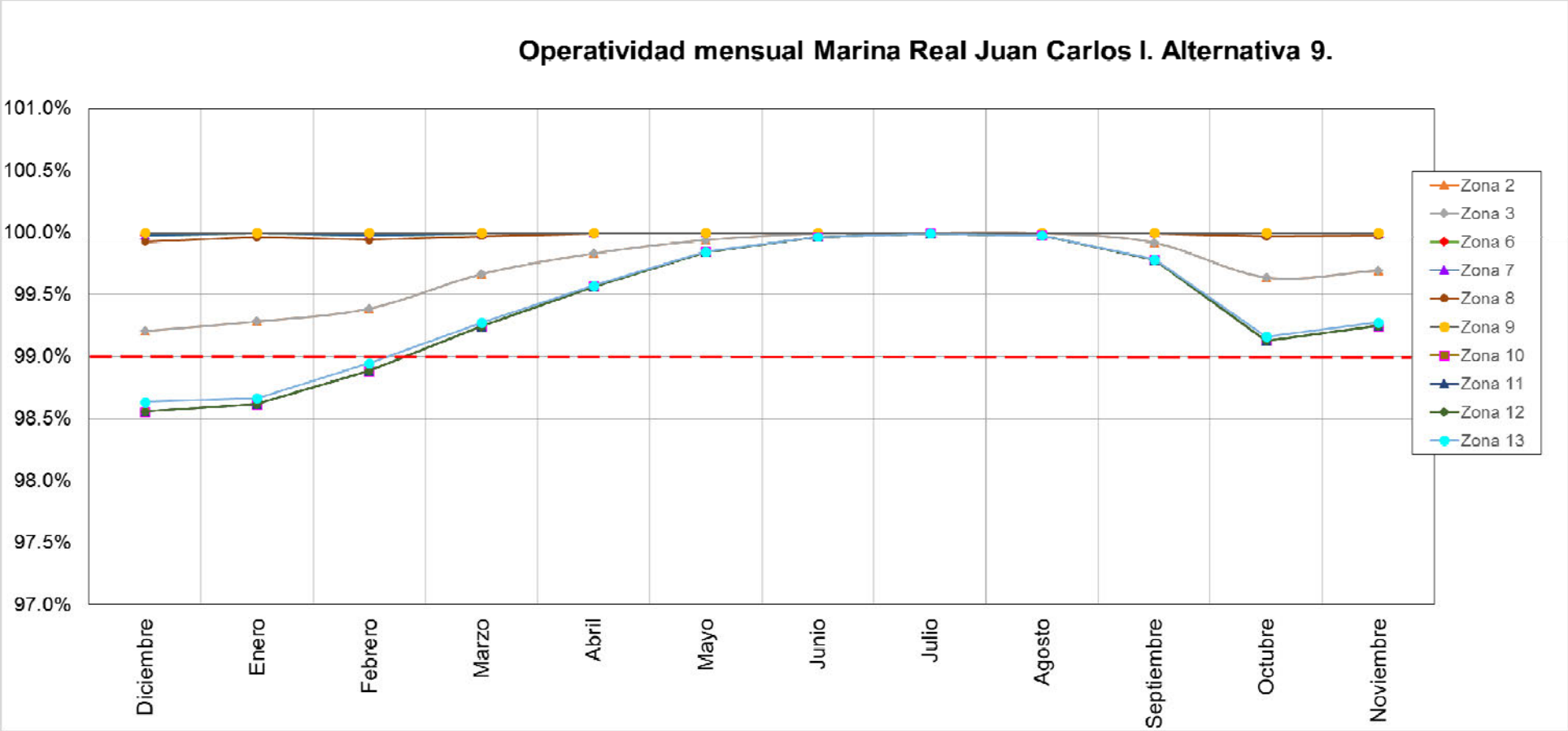


Figura 45.- Operatividad mensual. Alternativa 9.

La alternativa 7 mejora sustancialmente la operatividad de las zonas 10, 11, 12 y 13, con valores de operatividad anual superiores al 99.97%. Sin embargo, las zonas 2 y 3 (muelle de cruceros, siguen con valores de operatividad anual del orden de 97% y 98.9%, respectivamente.

Para la alternativa 9, la operatividad anual cumple en todos los casos (>99%). Esta alternativa mejora sustancialmente la operatividad en las zonas 2 y 3. Sin embargo, para la Marina Exterior Norte (zonas 10, 11, 12 y 13) la operatividad sigue siendo inferior a 99% para algunos meses del año.

4 CONCLUSIONES

Como resultado del estudio de agitación y operatividad, tanto de regímenes medios de oleaje como de temporales asociados a periodos de retorno de unos 5 años, se puede concluir que los paramentos de muelle sobre los que sería necesario actuar para mejorar las condiciones de agitación dentro de la Marina son los correspondientes a las denominadas zonas 2, 3 y 10, para períodos de ola que abarcan el rango de 5 a 8 segundos.

Las diferentes alternativas se han planteado teniendo en cuenta que el coeficiente de reflexión asociado a una mejora adecuada de cada uno de los paramentos objeto del estudio ha de ser del orden del 50%.

ANEXO Nº4
PREDISEÑO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 CRITERIOS DE PARTIDA 4

3 ALTERNATIVAS DE MEJORA DE LAS CONDICIONES DE AGITACIÓN EN LA DÁRSENA 8

3.1 Muelle vertical de cajones (Zona 2) 8

3.1.1 Geometría de la sección tipo 9

3.1.2 Justificación de la solución propuesta (Solución C) 12

3.1.3 Valoración económica 14

3.2 Muelles antirreflejantes (Zonas 3 y 10) 16

3.2.1 Justificación de tipologías antirreflejantes 16

3.2.2 Zona 3 (Solución A) 22

3.2.2.1 Geometría de la sección tipo 22

3.2.2.2 Justificación de la solución 26

3.2.2.3 Valoración económica 27

3.2.3 Zona 10 (Solución B) 28

3.2.3.1 Geometría de la sección tipo alineación N (Zona 10) 29

3.2.3.2 Justificación de la solución 33

3.2.3.3 Valoración económica 34

3.2.3.4 Geometría de la sección tipo alineación W (Zona 10) 34

3.2.3.5 Justificación de la solución 37

3.2.3.6 Valoración económica 38

4 CONCLUSIONES 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución por Zonas de estudio 4

Figura 2.- Probabilidad de ocurrencia vs período de ola T(s) 5

Figura 3.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 2 5

Figura 4.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 3 6

Figura 5.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 10 6

Figura 6.- Geometría en planta del cajón de prolongación del morro en la Zona 2 10

Figura 7.- Sección tipo de prolongación del morro del dique exterior en la Zona 2 10

Figura 8.- Sección tipo actual en morro de dique de abrigo (Arriba) y sección tipo tras prolongación 11
Figura 9.- Simulación de la reflexión del oleaje en la situación actual (arriba) y con la prolongación del morro del dique de abrigo (abajo) 12
Figura 10.- Coeficientes de seguridad obtenidos en la verificación de la estabilidad de la sección de la 2ª alineación del dique exterior 14
Figura 11.- Coeficiente de reflexión para estructuras tipo Jarlan de 1-cámara 17
Figura 12.- Coeficiente de reflexión para estructuras tipo Jarlan de 2-cámaras 17
Figura 13.- Energía reflejada en cajones de celdas circulares 18
Figura 14.- Cajón tipo M1 y M2 19
Figura 15.- Sección tipo modelo de Li et al. 2003 20
Figura 16.- CR de pared semiperforada con p% = 20%; θ=22.5° (izq) y θ=45° (der) 21
Figura 17.- Muelle tipo antirreflejante de elementos modulares ranurados 22
Figura 18.- Sección en planta del cajón actual en la Zona 3 23
Figura 19.- Sección en planta del cajón con las cámaras antirreflejantes en la Zona 3 23
Figura 20.- Sección tipo actual del muelle vertical de cajones (Arriba) y sección tipo A-A′ del cajón antirreflejante (Abajo) 24
Figura 21.- Sección tipo actual del muelle vertical de cajones (Arriba) y sección tipo B-B′ del cajón antirreflejante (Abajo) 25
Figura 22.- Sección tipo actual de la alineación N en la Zona 10 28
Figura 23.- Sección tipo actual de la alineación W en la Zona 10 28
Figura 24.- Geometría de los elementos modulares prefabricados ranurados 29
++ 30
Figura 25.- Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte. (Zona 10) 31
Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte. (Variante voladizo) (Zona 10) 32
Figura 26.- Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte (Zona 10) 36
Figura 27.- Comparación de soluciones. Mejora del coeficiente de agitación y valoración 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Coeficientes de agitación de las soluciones propuestas (*) Solución calculada como superposición de las soluciones B y C 7
Tabla 2.- Densidad del cajón antes y después de ejecutar las cámaras antirreflejantes 26
Tabla 3.- Incremento del peso por metro lineal con la instalación del sistema modular antirreflejante 33

Tabla 4.- CS obtenido del Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia 33

Tabla 5.- CS obtenido del Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia 37

1 INTRODUCCIÓN

El documento nº 4 plantea las soluciones que de forma aislada o en combinación pueden mejorar las condiciones de agitación de La Marina, de acuerdo al diagnóstico realizados y que ha sido descritos en documentos anteriores.

En este documento se resumen los criterios de partida para el predimensionamiento, se plantean las soluciones desde el punto de vista hidrodinámico y una valoración económica a nivel de estudio previo.

2 CRITERIOS DE PARTIDA

De acuerdo a las conclusiones del Documento nº 3 , las zonas de la Marina sobre las que se propone actuar para mejorar la reflexión del controno son las denominadas Zona 2, Zona 3 y Zona 10 (ver figura).

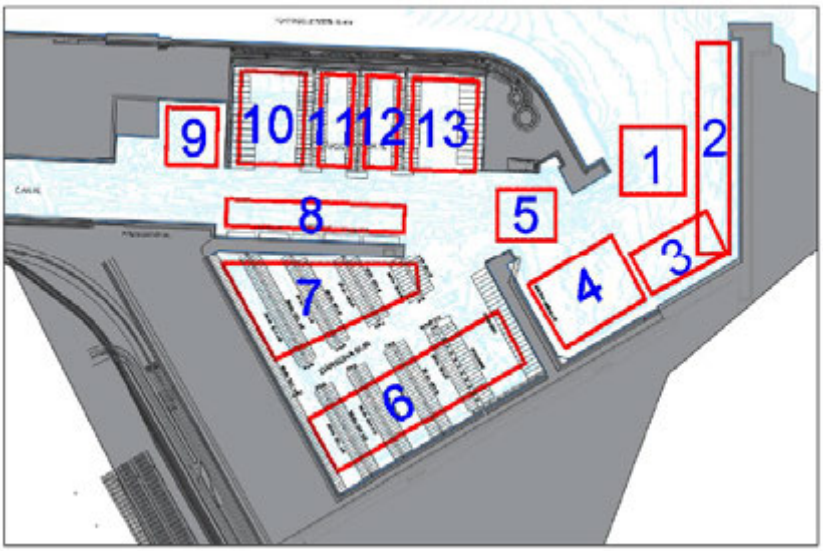


Figura 1.- Distribución por Zonas de estudio

Se han analizado resultados de agitación por períodos, obteniéndose que los peridos que más afectan a la agitación , tanto por los coeficientes de agitación obtenidos como por la probabilidad de ocurrencia son los comprendidos en el rango entre 5 y 8 segundos de Tp, para las direcciones desde E a NNE.

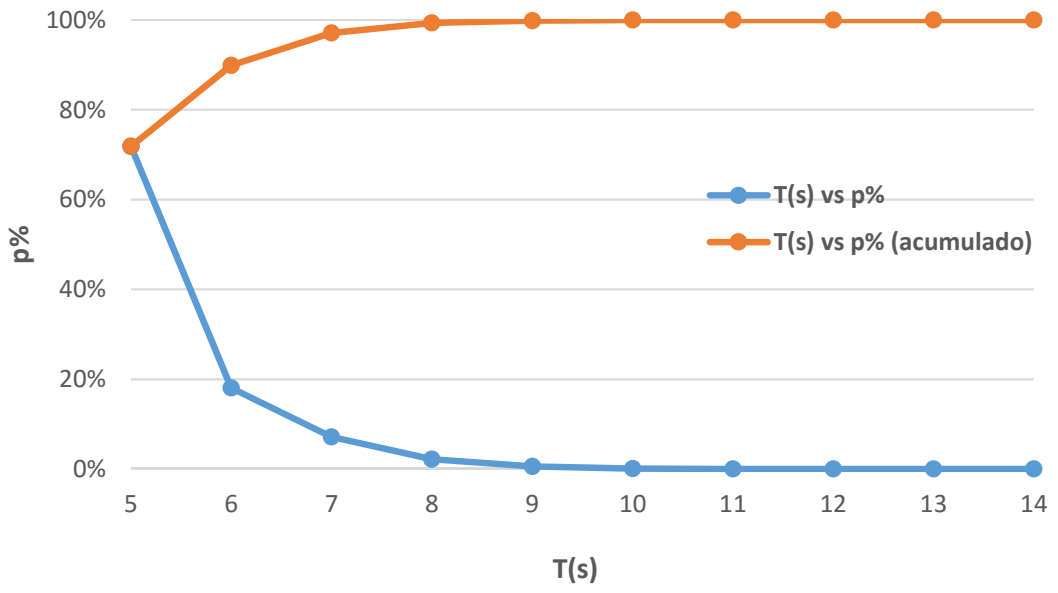


Figura 2.- Probabilidad de ocurrencia vs período de ola T(s)

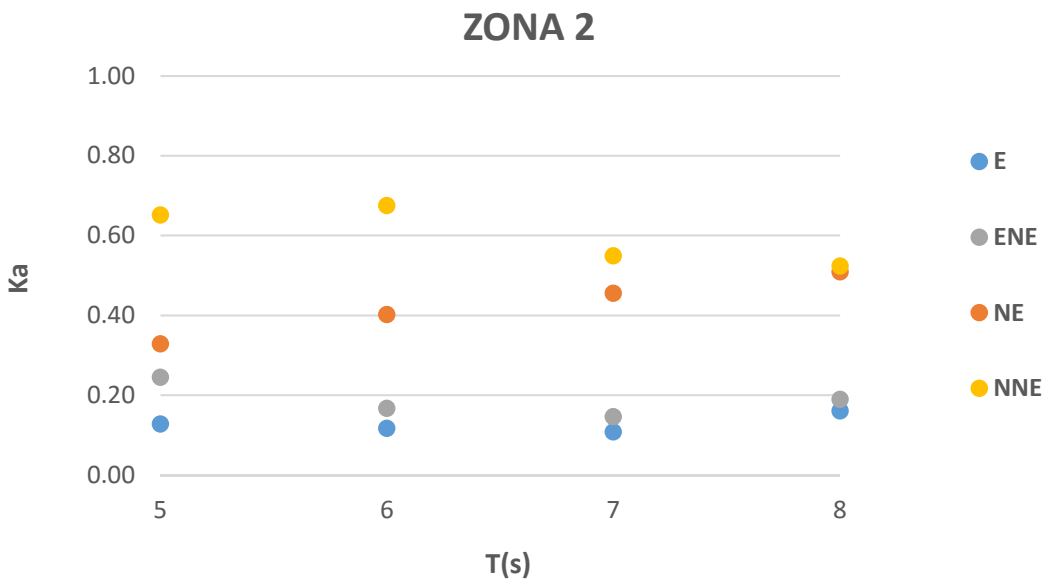


Figura 3.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 2

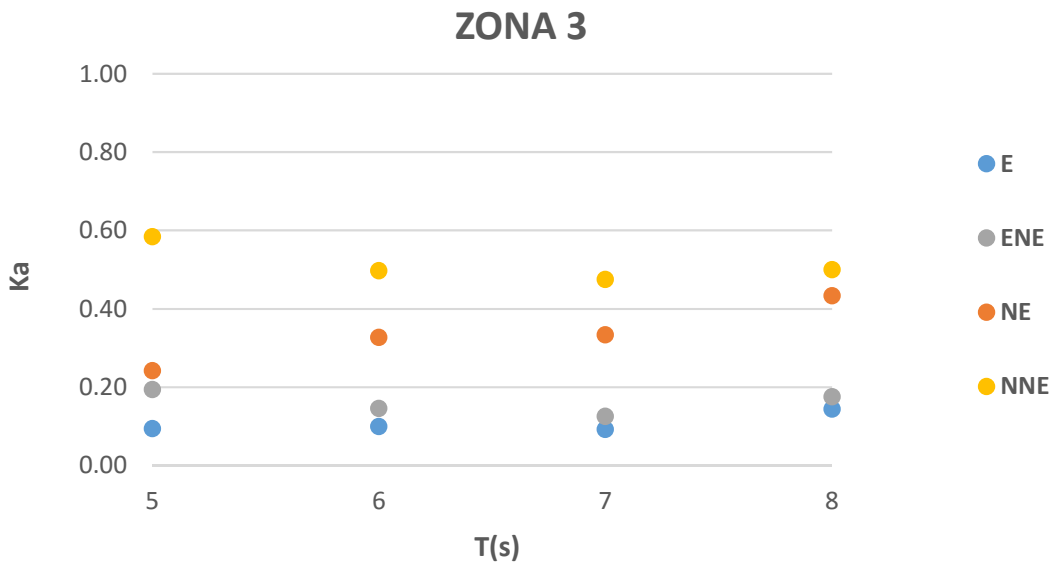


Figura 4.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 3

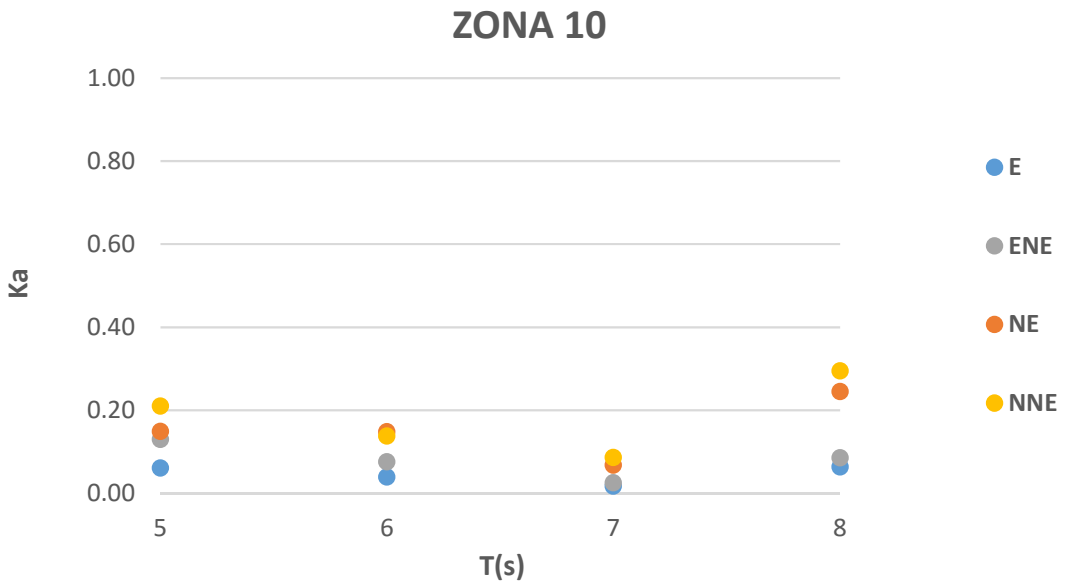


Figura 5.- Coeficiente de agitación por direcciones vs período de ola en la Zona 10

Se puede decudir de las figura anteriores que para la Zona 2 y 3, los mayores coeficientes de agitación se dan para la dirección del NNE, alcanzando máximos para los períodos 5 y 6 segundos.

En el caso de la Zona 10, los coeficientes de agitación están por debajo de 0.2, a excepción del período 8 s para el que el valor alcanza 0,3 en la dirección NNE.

Las mejoras (reducción de coeficiente de agitación con respecto al coeficiente de agitación inicial) calculadas para el caso de coeficiente de agitación mas desfavorable en la Zona 10 (T=8 s), también coincidente con el temporal tipo de estudio, se pueden resumir en la siguiente tabla para cada una de las zonas.

	0	**A**	**B**	**C**	**A+C**	**A+B+C**	**A+B**	**B+C (*)**
	Inicial	*ALT 4*	*ALT 8*	*ALT 9*	*ALT 4+9*	*ALT 4+9+8*	*ALT 7 = 4+8*	*ALT 8+9*
Zona 2	0.52	0.51	0.5	0.32	0.32	0.32	0.50	0.32
Mejora	-	3%	7%	69%	69%	69%	7%	69%
Zona 3	0.52	0.39	0.45	0.29	0.3	0.31	0.39	0.29
Mejora	-	45%	24%	79%	76%	72%	45%	79%
Zona 10	0.29	0.21	0.2	0.16	0.15	0.09	0.13	0.13
Mejora	-	28%	31%	45%	48%	69%	55%	55%

Tabla 1.- Coeficientes de agitación de las soluciones propuestas

(*) Solución calculada como superposición de las soluciones B y C

En resumen, se concluye que:

- Los paramentos de muelle sobre los que sería necesario actuar son los correspondientes a las zonas 2, 3 y 10.
- Los períodos de ola más desfavorables abarcan el rango de 5 a 8 s.
- Para onda corta, el Coeficiente de Reflexión asociado a una mejora adecuada de cada uno de los paramentos objeto del estudio ha de ser del orden del 50%.
- La solución más efectiva para la Zona 2 y 3 es la de Prolongación del tacón de bocana en 40 m (Solución C).
- La solución más efectiva para la Zona 10 es la combinación de la Solución C con la de reducir el coeficiente de reflexión en al menos la mitad de longitud de los muelles norte y oeste de Zona 10 (Solución B).
- La solución de reducción de coeficiente de reflexión en Zona 3 es una alternativa a la Solución C pero no tan efectiva como ésta.

A partir de estas conclusiones en el siguiente apartado se plantean las diferentes soluciones de diseño posibles.

3 ALTERNATIVAS DE MEJORA DE LAS CONDICIONES DE AGITACIÓN EN LA DÁRSENA

Las bases de partida para la definición de las soluciones contempladas parten del diagnóstico de la situación actual como resultado del grado de agitación interior obtenido con el modelo numérico CGWave. Las alternativas de mejora pasan por la introducción de modificaciones en la sección tipo para reducir la agitación en aquellos casos en los que resulta inadmisible.

En los siguientes apartados se definen las tipologías estructurales de mejora propuestas en cada una de las zonas de actuación, se describen los criterios de predimensionamiento adoptados y, por último, se efectúa una valoración económica de las mismas teniendo en cuenta las principales unidades de obra.

3.1 Muelle vertical de cajones (Zona 2)

En la Zona 2 se mantiene la misma tipología estructural que la existente y se plantea la prolongación del morro del dique de cierre en bocana.

Las consideraciones establecidas en cuanto a tipología del muelle (cajón prefabricado de hormigón armado) y calado operativo del muelle (15.0 m), parten de las bases de diseño desarrolladas en el "Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia", del año 2004 y en el "Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia", del año 2005.

De forma resumida, la solución comprende las siguientes operaciones:

- Dragado en zanja para la cimentación de la estructura al menos hasta la cota -20.50 m, con una anchura en la base de 49,50 m y taludes laterales 3H/2V.
- Ejecución de la banqueta de cimentación formada por escollera de 50-250 kg de peso, con talud 3H:2V y 5.50 m de espesor. Esta banqueta tiene una anchura en coronación de 30,10 m, quedando un resguardo por delante del cajón de 6,50 m y de 4,50 m por la parte posterior.
- Nivelación a la cota -15.0 m de la coronación de la banqueta enrasándola con grava de pequeño tamaño de tal manera que permita disponer de un plano de apoyo regular para la estructura del cajón.

- Fondeo del cajón de hormigón armado hasta la cota -15.0 m, a continuación del cajón existente, siguiendo la misma dirección del tacón de cierre. Se considera un cajón (estructura de tipo monolítico con paramentos verticales y reflejantes) de tres filas de celdas circulares de las mismas características en manga, fuste y geometría interior que el cajón con el que se produce el entronque.
- Disposición de un bloque de guarda de hormigón de dimensiones 3,00 x 2,20 x 1,60 m y de 21,63 t de peso. La protección del lado exterior de la banqueta se completa con una capa de protección de escollera de 1 a 2 t de peso unitario y 1,60 m de espesor.
- Relleno de escollera de 250-500kg en la zanja de dragado de la banqueta de cimentación hasta la cota -15.0 m, para mejorar la estabilidad de la sección y aumentar la protección del pie del dique.
- Ejecución del relleno seleccionado compactado sobre coronación del cajón a la cota +1.50 m.
- Ejecución de la superestructura, viga de cierre y espaldón de hormigón armado, adoptando la misma geometría y características de los materiales, que los considerados en el proyecto de "Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia".

3.1.1 Geometría de la sección tipo

El cajón de prolongación presenta unas dimensiones exteriores de 39,203 m de eslora total, 19,60 m de manga y 16,50 m de puntal. El cajón se aligera mediante celdas circulares de diámetro 3,50 m. Las celdas de borde según la eslora se encuentran achaflanadas y en cada lado más corto existen 3 celdas con forma de ovoide.

Prolongación de dique de abrigo	Número de cajones	Eslora total L(m)	Manga B(m)	Puntal T (m)	Cota de fondeo (Z)
Zona 2	1	39.203	19.60	16.50	-15.00

Los tabiques interiores de separación de celdas son de 0,15 m de espesor mínimo, mientras que los exteriores presentan una anchura de 0,40 m en los lados más largos y de 0,30 m en los más cortos. La solera del cajón se diseña con un espesor constante de 0,50 m.

En las siguientes figuras se muestra la planta del cajón propuesto para la prolongación y la sección transversal y longitudinal tras la actuación.

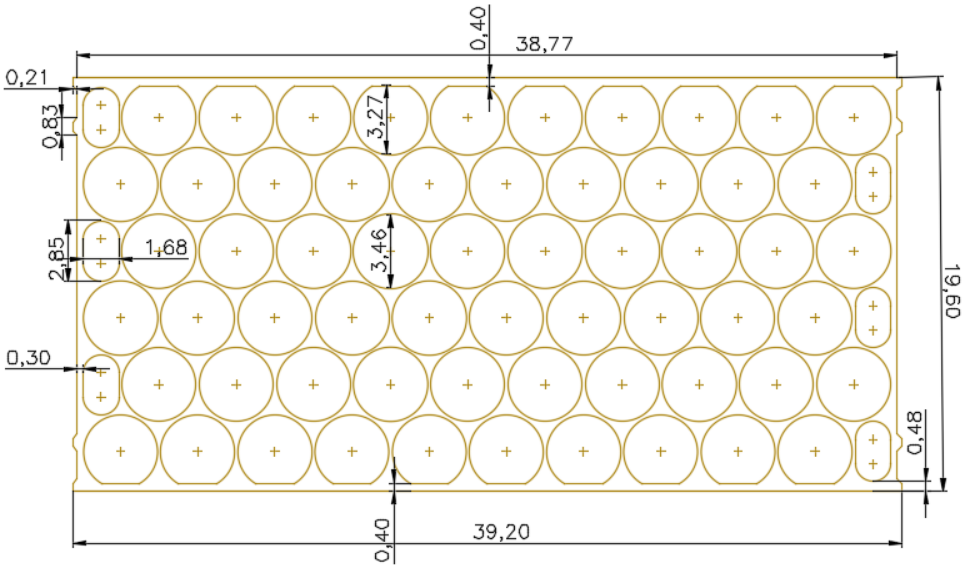


Figura 6.- Geometría en planta del cajón de prolongación del morro en la Zona 2

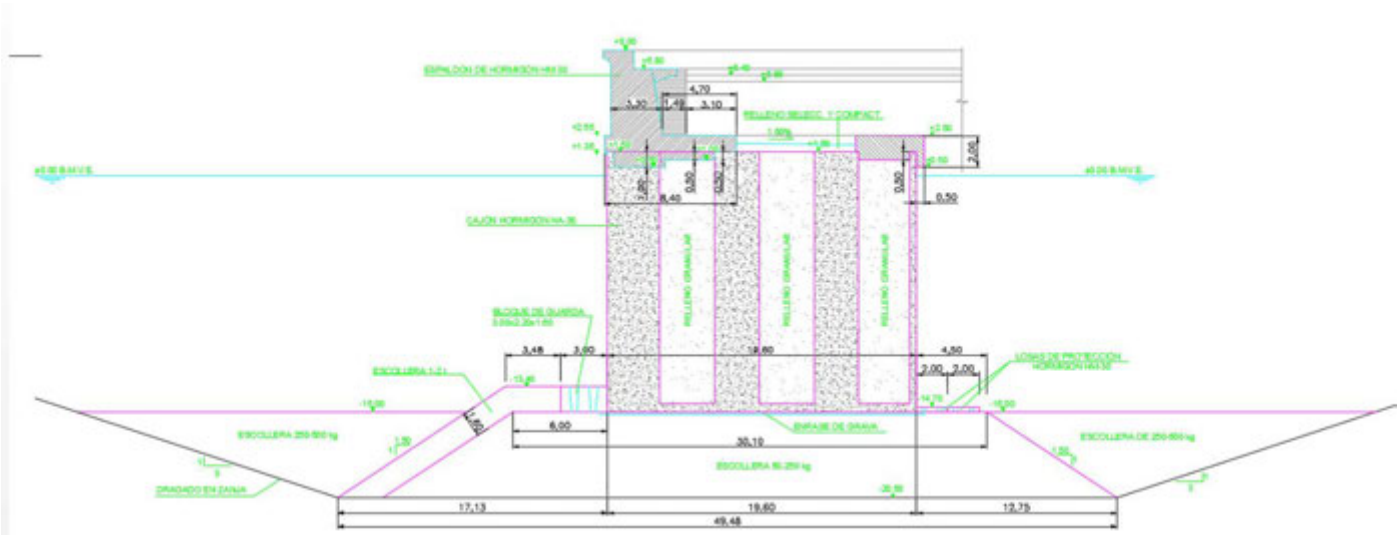


Figura 7.- Sección tipo de prolongación del morro del dique exterior en la Zona 2

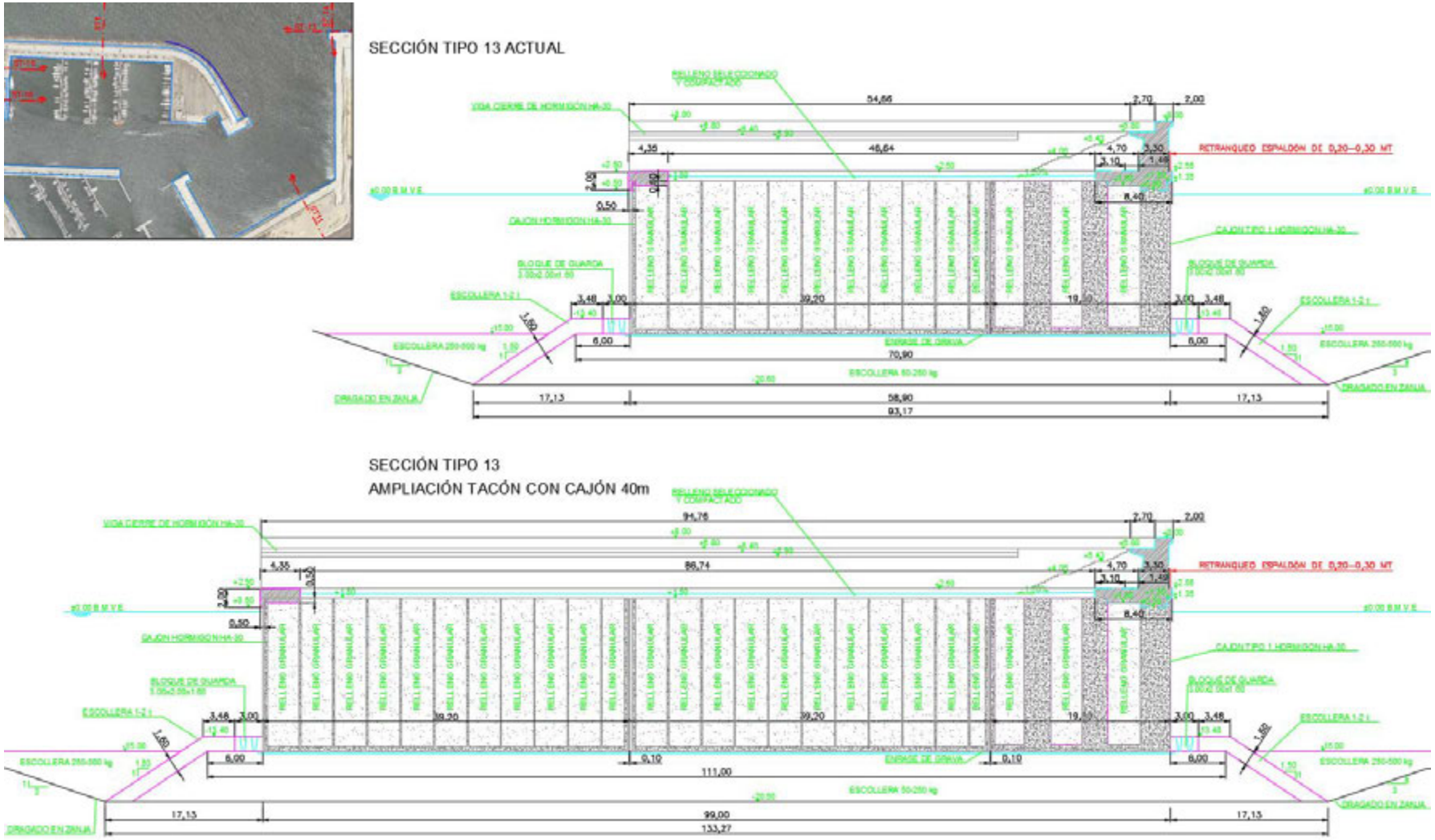


Figura 8.- Sección tipo actual en morro de dique de abrigo (Arriba) y sección tipo tras prolongación

3.1.2 Justificación de la solución propuesta (Solución C)

En base a los resultados obtenidos en el estudio de agitación realizado, se modifica el foco de difracción del oleaje reduciendo sustancialmente el grado de agitación interior en las zonas 2 y 3 y, por tanto, mejorando las condiciones de operatividad en estas zonas.

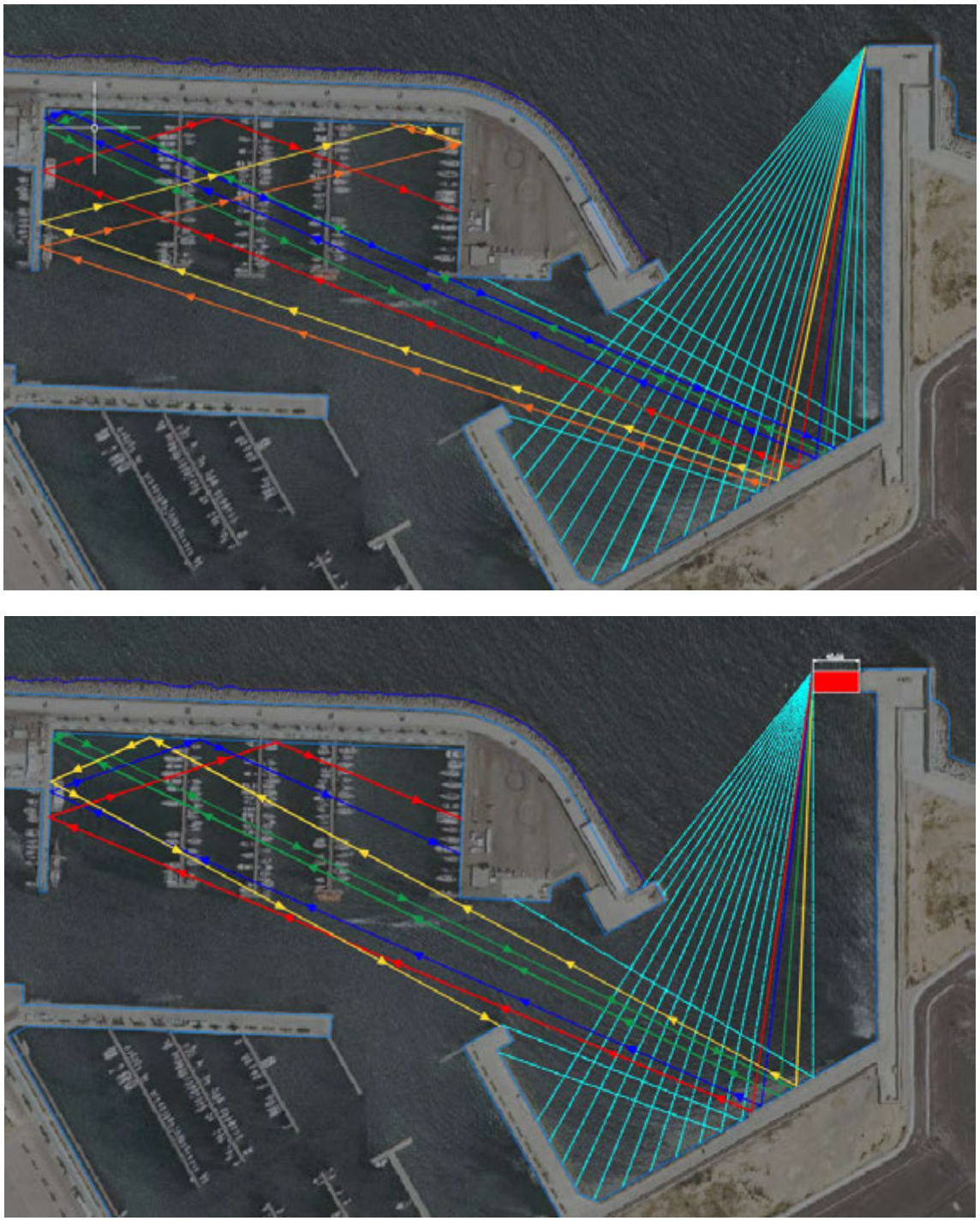


Figura 9.- Simulación de la reflexión del oleaje en la situación actual (arriba) y con la prolongación del morro del dique de abrigo (abajo)

La solución contemplada en la Zona 2 de cierre del dique de abrigo no compromete la la estabilidad geotécnica ni estructural de la sección de cálculo, bajo las siguientes premisas:

- La alineación de prolongación del cierre mantiene la misma tipología estructural y la misma geometría que la sección de dique a la que da continuidad (ver apartado 3.1.1).
- Se asume que el terreno bajo la sección de prolongación presenta la misma estratigrafía y los mismos parámetros geotécnicos que el terreno de cimentación de la sección del morro actual. Según el informe geotécnico del anejo nº 2 "Geología y geotecnia" del "Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia", existe un primer suelo caracterizado como arena limosa fina que deberá ser dragado, y un segundo nivel, consistente en unas arenas limosas de mayor capacidad portante que las primeras. Los parámetros geotécnicos de los dos suelos son:
    - Arena limosa fina
        - Ángulo de rozamiento interno ϕ= 25º
        - Cohesión c = 0
    - Arena limosa
        - Ángulo de rozamiento interno f = 33º
        - Cohesión C = 0.5
- Se consideran los mismos pesos específicos materiales (hormigón, acero, escolleras y rellenos) que en la sección de la segunda alineación del dique de abrigo.
- No se existen acciones de uso y explotación y el resto de acciones de cálculo determinadas por los agentes climatológicos se asumen iguales que los considerados en el dimensionamiento de la sección de cierre actual.
    - Oleaje de diseño en el Dique de abrigo (2ª Alineación)
        - Periodo de retorno: TR = 300 años
        - Dirección: ENE
        - Periodo: Tp =12 s
        - Altura: $H_{1/3}$ = 6.60 m

En base a las consideraciones anteriores, se puede afirmar que:

- La densidad del cajón de prolongación es la misma que la del cajón existente.
- El peso por metro lineal de dique que transmite el cajón a la cimentación no varía.

Por lo tanto, se concluye la estabilidad de la sección de prolongación del dique exterior frente a los modos de fallo de tipo geotécnico de vuelco, hundimiento y estabilidad global (analizados durante el paso de cresta y el paso de seno del oleaje), con los mismos coeficientes de seguridad que los obtenidos en el "Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia", superiores a los mínimos recomendados por la ROM 0.5-94 en su apartado 4.2.3.8 (Figura 10.-).

	Paso cresta	Paso seno
Estabilidad global	1.546	2.248
Hundimiento	1.028	1.585
Vuelco plástico	1.007	1.515

Figura 10.- Coeficientes de seguridad obtenidos en la verificación de la estabilidad de la sección de la 2ª alineación del dique exterior

De la misma manera, queda verificada la estabilidad naval del cajón en las fases de flotación y fondeo, así como la estabilidad estructural del cajón, bajo las disposiciones de armado consideradas en el anejo nº10 Cálculos estructurales del "Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia" de julio de 2004.

3.1.3 Valoración económica

Las principales unidades consideradas en la valoración económica son las siguientes:

- Dragado del fondo a calado -15.0 m, hasta la cota -20.50 m para ejecución de la zanja de cimentación.
- Escollera de 50-250 kg en banqueta de cimentación.
- Escollera de 250-500 kg en relleno hasta cota -15 m.
- Grava para enrase sobre banqueta.
- Hormigón armado HA-30 en cajón aligerado de celdas circulares.
- Acero B500S en armado de cajón.
- Escollera de 1 a 2 t en berma de protección.
- Relleno seleccionado sobre cajón.
- Hormigón en viga de cierre y espaldón.
- Acero viga de cierre y espaldón.

En la tabla siguiente se muestra la valoración económica de la solución de prolongación del morro del dique exterior de abrigo (Zona 2). Se han adoptado, como referencia, los precios unitarios del "Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia".

ZONA 2: PROLONGACIÓN DIQUE EXTERIOR

Descripción		Medición	Precio unitario	Coste (€)
Dragado en zanja en dique	m3	16,355.09	5.48	89,625.88
Escollera de 50-250 kg en banqueta	t	14,920.48	10.57	157,709.48
Escollera de 250-500 kg en zanja dragado	t	9,629.13	11.27	108,520.28
Escollera de 1 a 2 T berma de protección	t	1,652.49	11.95	19,747.21
Hormigón HM-30 en bloques de guarda	m3	188.64	109.16	20,591.94
Hormigón HM-30 en losa de protección	m3	47.16	104.39	4,923.03
Enrase de grava cajones	m2	809.58	49.21	39,839.43
Hormigón HA-30 en cajones	m3	3,020.37	131.13	396,061.12
Acero B 500 S en arm. cajones	Kg	164,531.64	0.99	162,886.32
Relleno granular celdas cajones	m3	9,535.32	1.92	18,307.81
Transporte y fondeo de cajón	u	1.00	10,628.90	10,628.90
Junta entre cajones	u	1.00	4,310.84	4,310.84
Hormigón HM-30 en espaldón cajón	m3	1,151.49	112.82	129,911.10
Hormigón HA-30 en viga cantil	m3	258.59	97.24	25,145.68
Acero B-500 S en armadura viga cantil	Kg	20,687.52	0.99	20,480.64
Hormigón en tapón de celdas	m3	297.95	103.03	30,697.79
Relleno seleccionado y compactado sobre cajón	m3	19.65	11.56	227.15
Zahorra artificial sobre cajón	m3	89.01	17.55	1,562.20
Hormigón HP-40 en pavimento	m3	74.18	80.87	5,998.84
Acero B 500 S espaldón	kg	23,029.80	0.99	22,799.50
Reutilización de Escollera de 250-500 kg	t	11,025.72	1.13	12,459.06
Reutilización de Escollera de 1 a 2 T berma de protección	t	2,333.66	1.20	2,800.40
			P.E.M.	**1,285,234.63**

3.2 Muelles antirreflejantes (Zonas 3 y 10)

Teniendo en cuenta el resultado del estudio de agitación realizado y con los condicionantes de calado operativo de los muelles se plantea el diseño DE estructuras antirreflejante en las Zonas 3 y 10.

3.2.1 Justificación de tipologías antirreflejantes

Para reducir la reflectividad, Jarlan (1961) introdujo el principio de las cámaras disipantes de energía mediante paredes frontales perforadas, desde entonces, son varias las tipologías, tanto de cajones como de piezas prefabricadas de hormigón y pantallas porosas, que suelen emplearse en los muelles de gravedad de instalaciones portuarias para conseguir absorber parte de la energía de las ondas.

La energía reflejada dependerá de las características del muelle cuyo diseño puede favorecer la reducción del coeficiente de reflexión. Desde un punto de vista práctico, cualquier estructura considerada eficaz para este propósito debe también considerar aspectos económicos, de construcción, de estabilidad y de mantenimiento que pueden hacer una estructura preferible a otra. De entre las diferentes alternativas consideradas para hacer de los muelles reflejantes, muelles con capacidad para absorber parte de la energía, se puede optar por diversas tipologías: cajones de celdas ranuradas, muelles con piezas prefabricadas, pantallas porosas, cimentación profunda a base de tablestacas,...etc.

A continuación se describen tres tipologías antirreflejantes de posible aplicación al caso de estudio.

Tipología 1.-Pantallas porosas

Garrido y Medina (2006, 2007) propusieron criterios para el diseño hidrodinámico de la cámara antirreflejante tipo Jarlan (1961), aplicable a pantallas porosas que se resumen en las siguientes consideraciones:

1. El ancho relativo de la cámara antirreflejante (B/L) ha de estar comprendido entre 0.1 y 0.4 para garantizar un valor del coeficiente de reflexión por debajo del 50% en muelles de una cámara con pared frontal perforada.
2. La porosidad de la pared perforada ha de estar comprendida entre 0.20 y 0.40, medida como la relación entre el área perforada y el total de área a considerar.

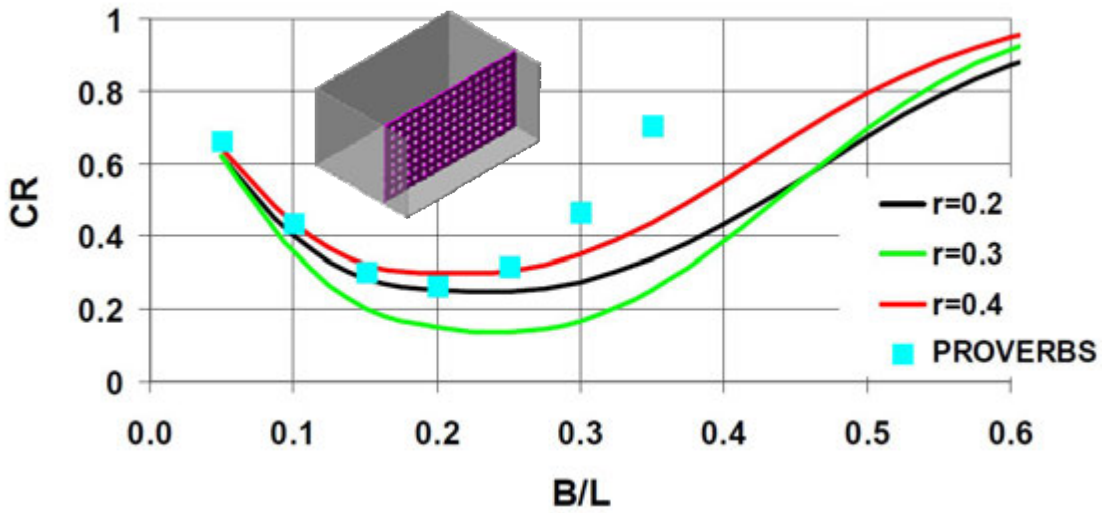


Figura 11.- Coeficiente de reflexión para estructuras tipo Jarlan de 1-cámara

Para celdas de dos cámaras, el resultado obtenido por Garrido y Medina (2009) es que el coeficiente de reflexión se reduce por debajo del 40% hasta anchos relativos (B/L) desde 0.1 hasta 0.60, siendo B = B1+B2; B1: ancho de cámara frontal y B2: ancho de cámara trasera.

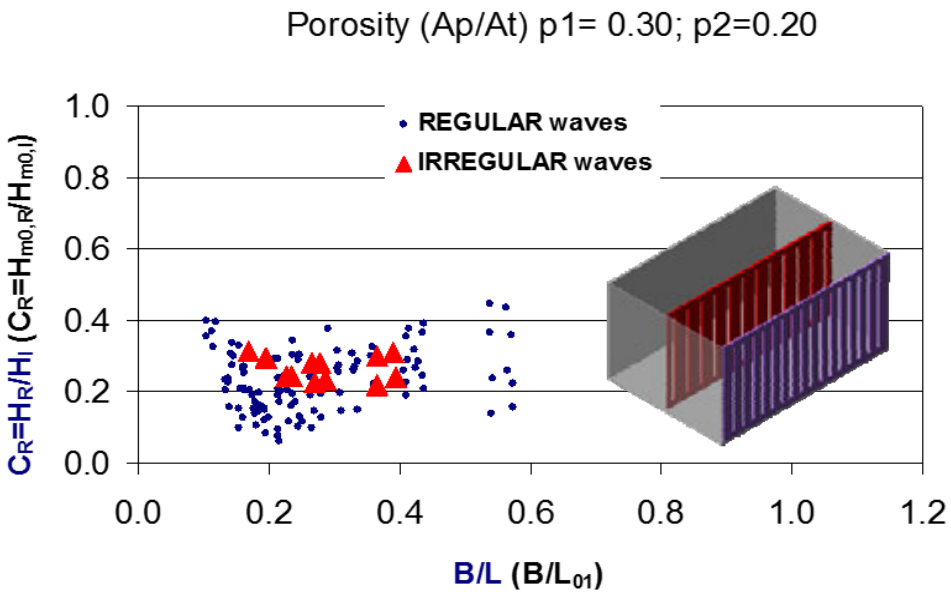


Figura 12.- Coeficiente de reflexión para estructuras tipo Jarlan de 2-cámaras

Tipología 2.- Cajones de celdas circulares.-

Aplicado a cajones de celdas circulares, Garrido et al. (2012) presentan los resultados de aplicar redes neuronales a la estimación de la energía reflejada de cajones perforados tras el análisis experimental de los mimos. En este caso, se denomina M1 al cajón de celdas circulares tipo Jarlan de ventana corta (2 m de altura), M2 al cajón de celdas circulares tipo Jarlan de ventana larga (3 m de altura) y M3 al cajón con celdas circulares y tipología de recorridos.

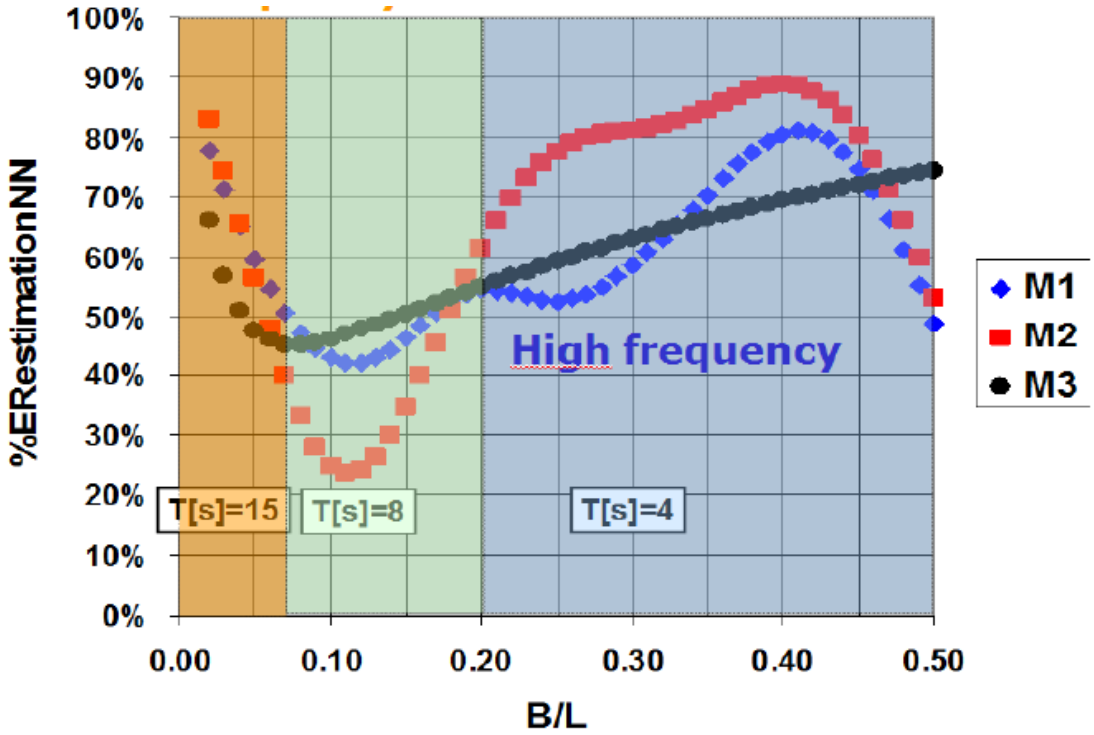


Figura 13.- Energía reflejada en cajones de celdas circulares

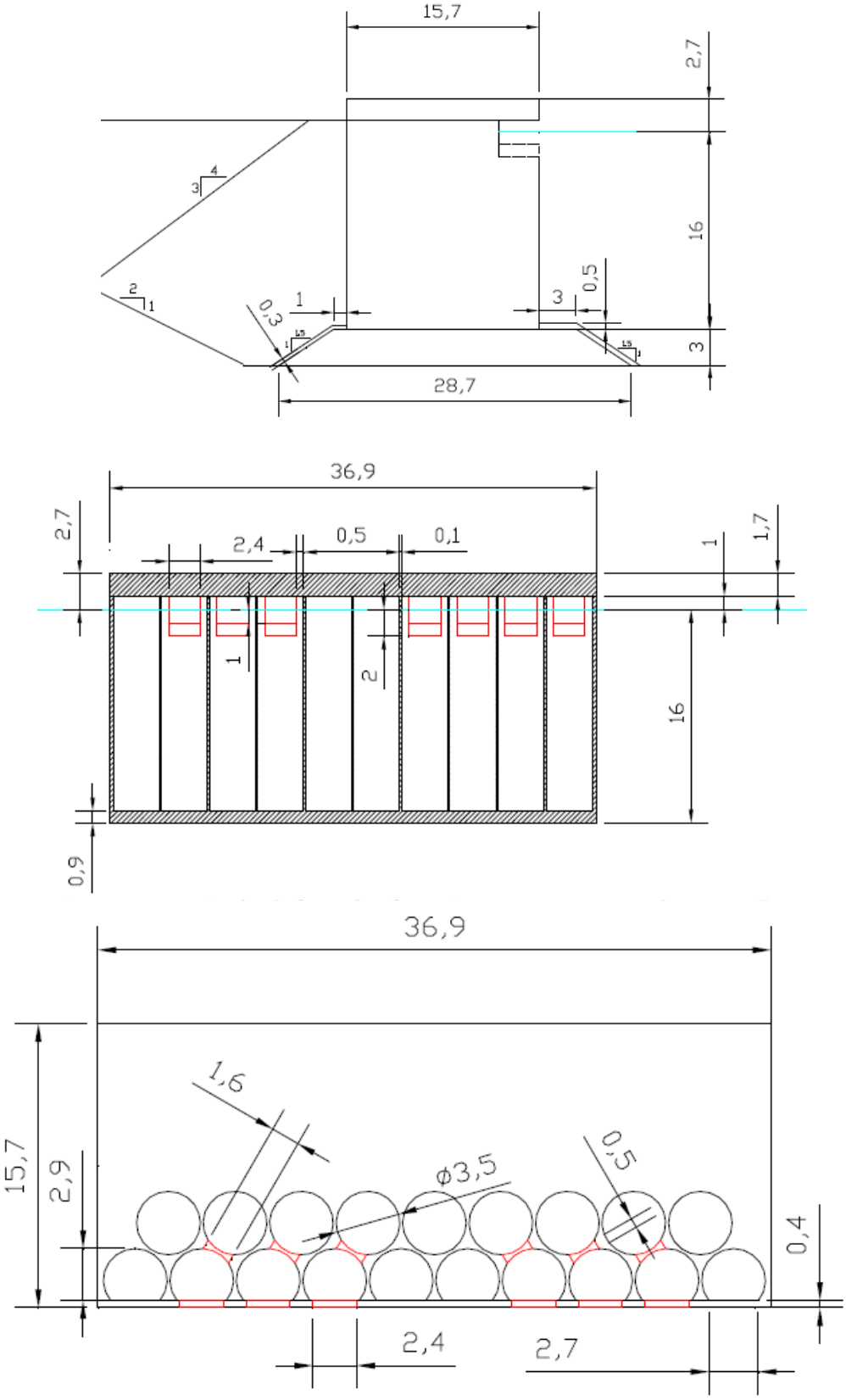


Figura 14.- Cajón tipo M1 y M2

Las características principales de las cámaras serían:

- Ancho de abertura en pared frontal: 2,4 m.
- Relación entre profundidad de agua dentro de la cámara y profundidad de agua en dársena dc/d = 0.25, de donde se deduce un altura de la abertura, tanto para pared exterior como para paredes interiores es de 3,8 m.
- Ancho de abertura en paredes interiores: 1,6 m.

De los resultados experimentales para esta configuración se obtiene un CR comprendido entre 50<CR(%)<60, en un rango de periodos comprendido entre 5<T(s)<8 y Hs< 0,8 m.

Tipología 3.- Bloques ranurados sobre cimiento de hormigón

Un modelo de cálculo asemejable a la tipología de pared perforada es el de Li et al. (2003), que presentaron un modelo analítico para estimar el CR de cámaras parcialmente perforadas, teniendo en cuenta además la oblicuidad del oleaje.

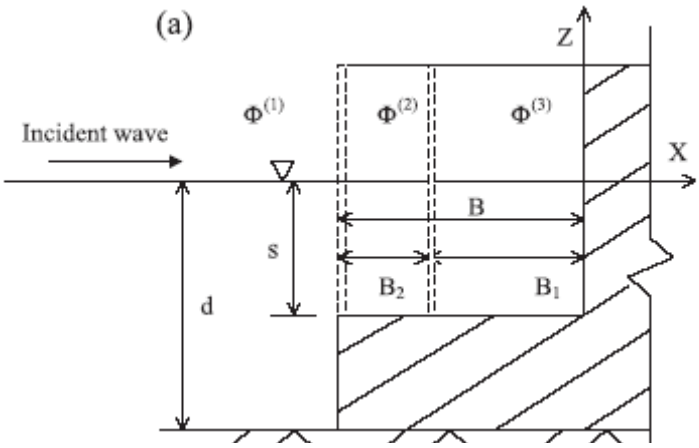


Figura 15.- Sección tipo modelo de Li et al. 2003

Hay que tener en cuenta que este modelo analítico está validado con ensayos de oleaje regular y porosidades de las paredes inferiores al 40%. No obstante, podría hacerse una aproximación al cálculo teniendo en cuenta el ángulo de incidencia y la relación entre profundidades dentro y fuera de la cámara.

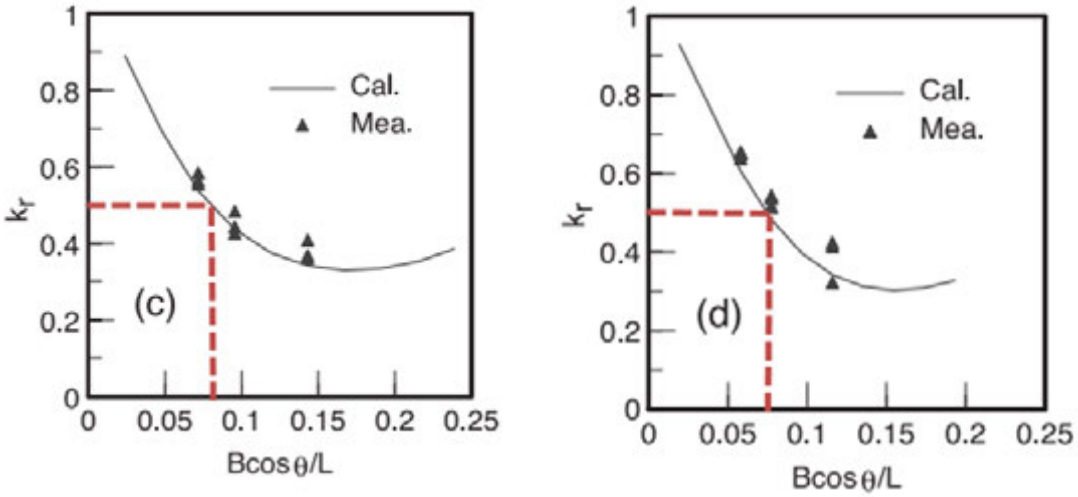


Figura 16.- CR de pared semiperforada con p% = 20%; θ=22.5° (izq) y θ=45° (der)

Para el caso de estudio, si se tiene en cuenta el ángulo de incidencia del oleaje para el caso de una sola cámara, se obtiene que el valor de ancho relativo óptimo depende del ángulo de incidencia y de la relación óptima de ancho relativo (B/L).

El ángulo de incidencia,θ, para el paramento de cada zona, se ha obtenido de los resultados del modelo numérico descritos en el Anexo nº3.

Muelle	θ	cos θ	**rango óptimo (B/L x cos θ)**	**B, min (m)**
Zona 3	45	0.71	0.08	4.6
Zona 10 - W	30	0.87	0.07	3.5
Zona 10 - N	80 (45*)	0.71	0.08	3.5

* valor conservador

De modo que para la Zona 10, el ancho de cámara mínimo para obtener un Coeficiente de reflexión máximo de CR=50% es de 3.5 m, mientras que para la Zona 3, el ancho de cámara mínimo sería de 4.6 m. para esta tipología.

La porosidad de las cámaras se fija entre un mínimo del 20% y un máximo del 40% y la cota a partir de la cual se encuentra perforada la pared del muelle es 0.5xh, pudiendo tomarse como mínimo la correspondiente a la que queda al nivel -Hs respecto del Nivel de bajamar de diseño.

Un ejemplo de esta tipología es la que se muestra en la siguiente figura, en la que se ha sustituido la parte superior del muelle de bloques por elementos modulares ranurados.

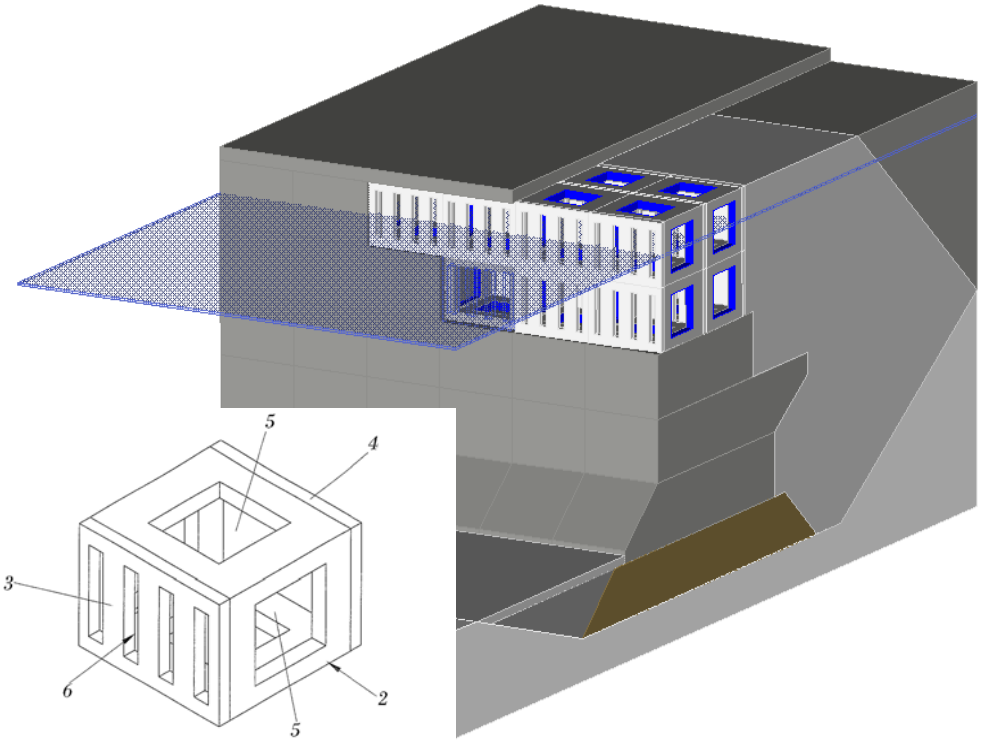


Figura 17.- Muelle tipo antirreflejante de elementos modulares ranurados

3.2.2 Zona 3 (Solución A)

3.2.2.1 Geometría de la sección tipo

La solución de cajón antirreflejante en la Zona 3 consiste en modificar la geometría del cajón tipo actual para conseguir una solución de cajón antirreflejante mediante la ejecución in situ de cámaras antirreflejantes. La actuación se desarrolla en una longitud de 117.80 m que equivale a considerar 3 cajones. De forma resumida, las operaciones a llevar a cabo para ejecutar las ventanas de las cámaras antirreflejantes son las siguientes:

- Demolición de superestructura existente en una distancia de 6.97 m, desde la línea de cantil de muelle y lo largo de 117.80 m (3 cajones).
- Vaciado de las 12 celdas que se van a conectar, posicionadas en la primera y segunda fila, hasta la cota -3.50 m.
- Ejecución de un tapón de hormigón en estas celdas de 0.50 m de espesor, quedando coronado a la cota -3.00 m.
- Perforación de la pared exterior y las paredes interiores del cajón (Figura 19.-) para comunicar las celdas y permitir la circulación del agua por su interior y la disipación de parte de la energía del oleaje incidente.
- Ejecución de la superestructura del muelle hasta la cota +2.50 m y relleno y pavimentación de la zona previamente demolida.

Las dimensiones y características del cajón tipo en el que se ejecuta el corte de las ventanas se muestra en la Figura 18.-. Se trata de cajones con celdas circulares de 3,50 m de diámetro y celdas achaflanadas de borde de 3.25 m de diámetro, siendo las ventanas que configuran las cámaras antirreflejantes de 4.30 m de altura, y la altura de la superestructura cantil sobre ellas de 1.20 metros de canto. Los cajones tienen una eslora de 39.203 m y una manga de 19.60 m, siendo el ancho de la viga cantil de 6.97 m, con un vuelo hacia el lado mar de 0.50 m.

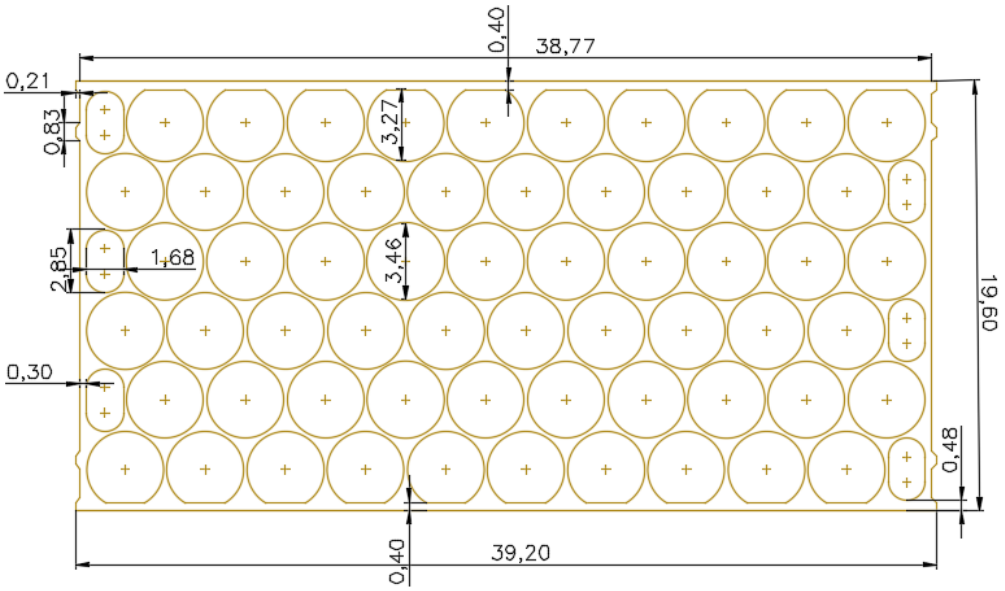


Figura 18.- Sección en planta del cajón actual en la Zona 3

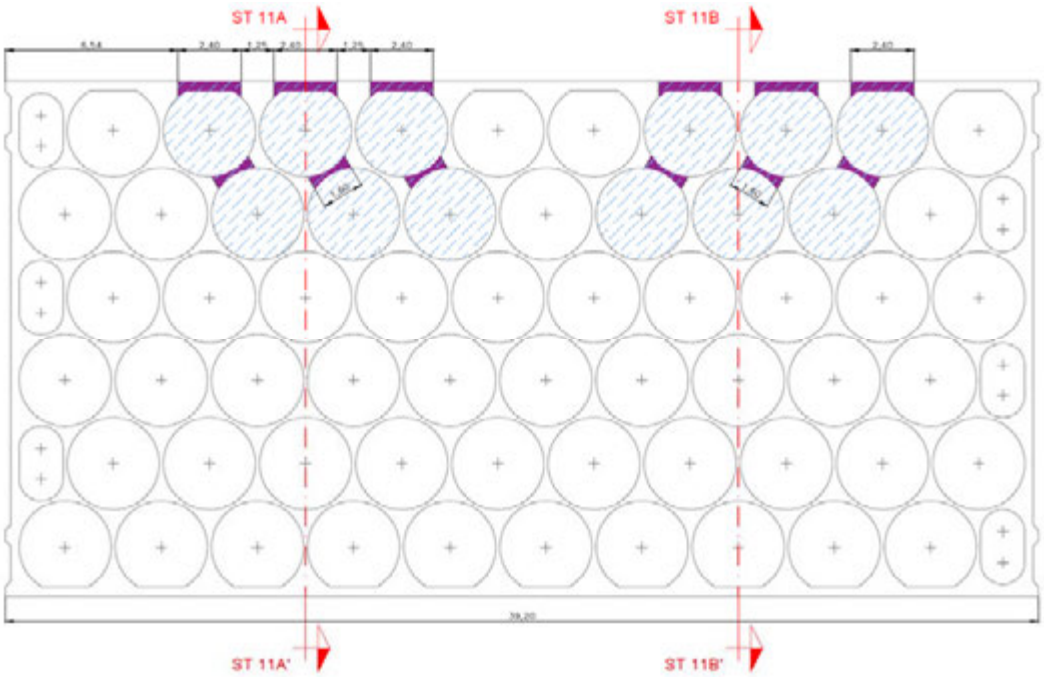


Figura 19.- Sección en planta del cajón con las cámaras antirreflejantes en la Zona 3

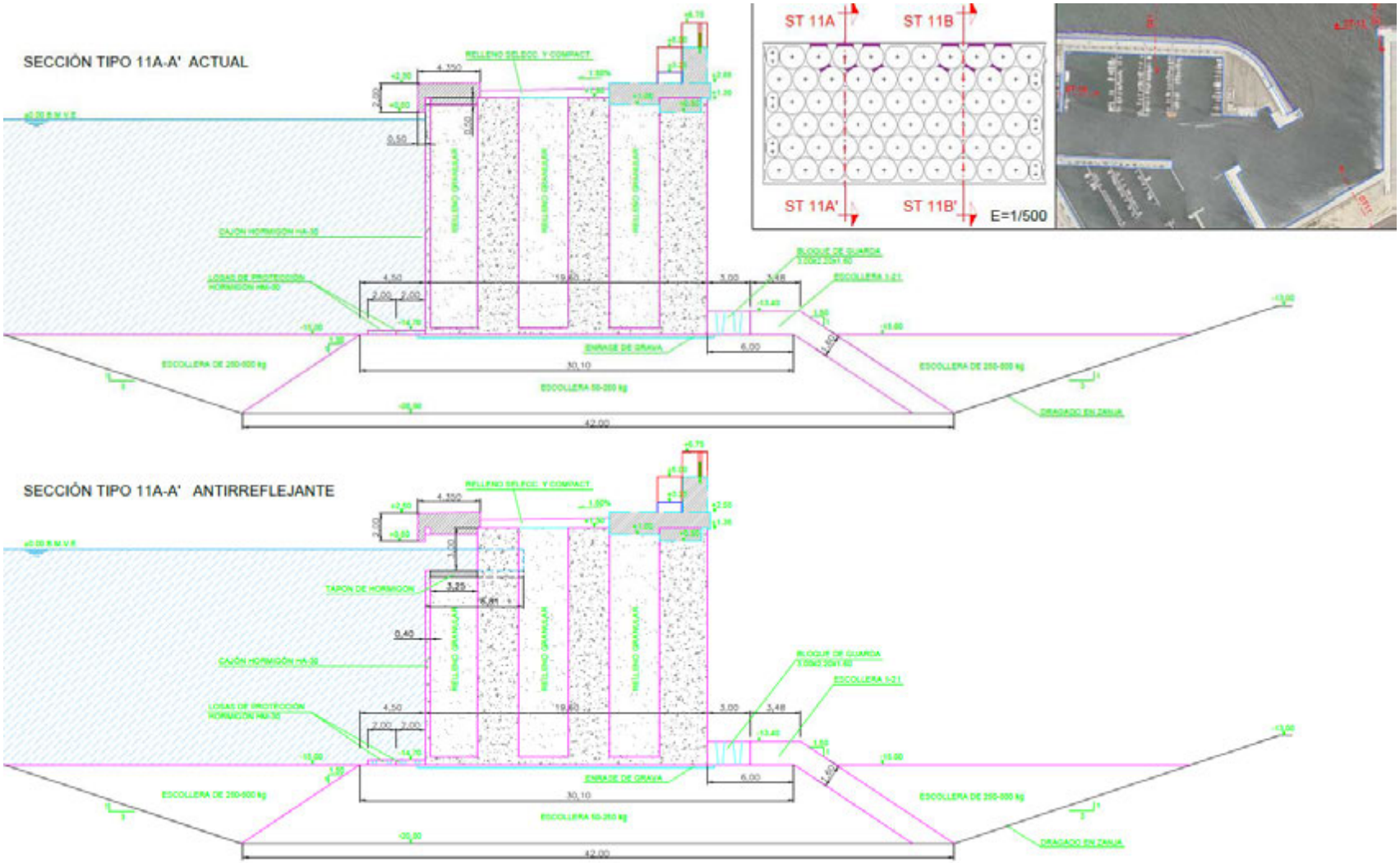


Figura 20.- Sección tipo actual del muelle vertical de cajones (Arriba) y sección tipo A-A' del cajón antirreflejante (Abajo)

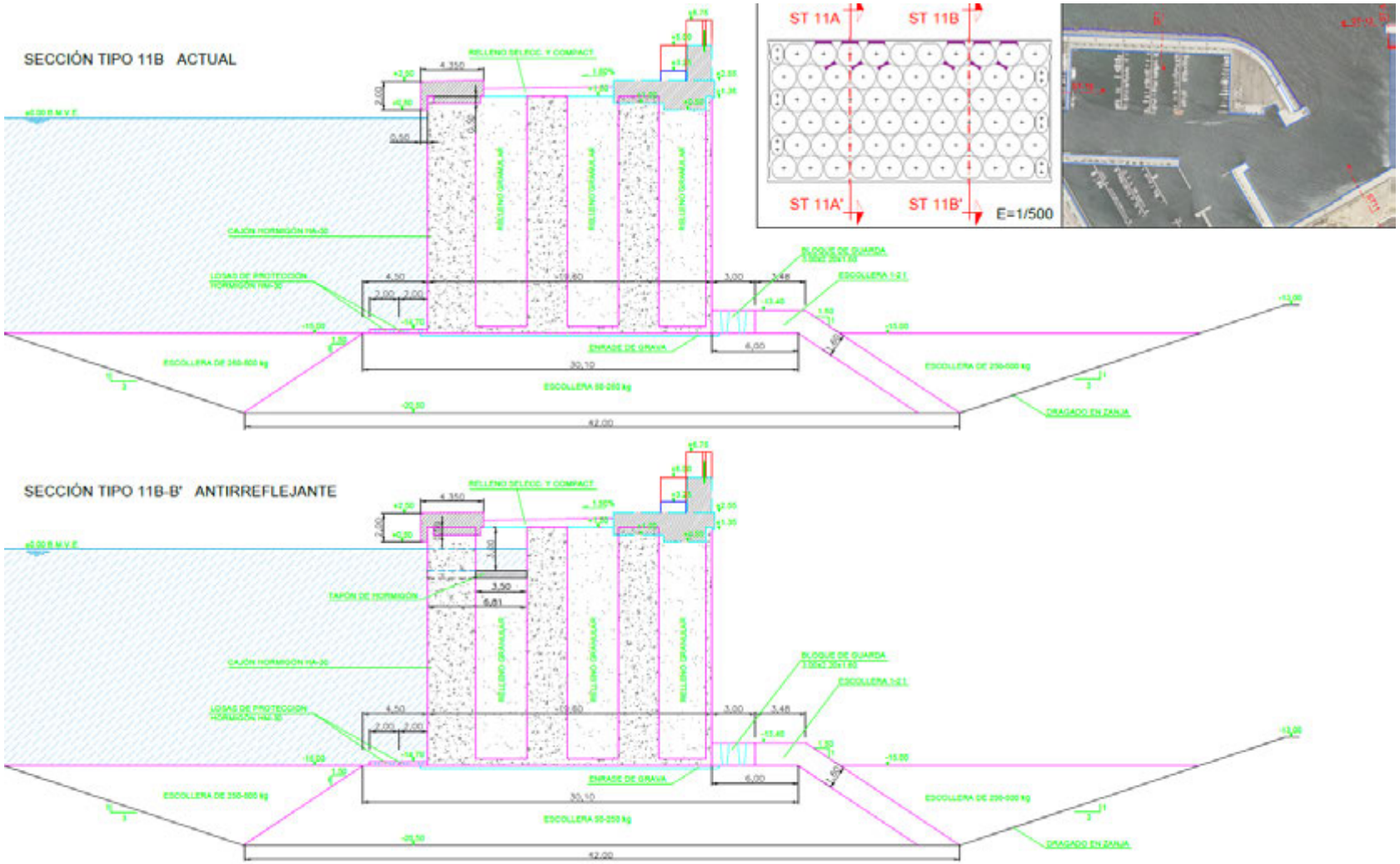


Figura 21.- Sección tipo actual del muelle vertical de cajones (Arriba) y sección tipo B-B' del cajón antirreflejante (Abajo)

3.2.2.2 Justificación de la solución

En la Zona 3 se propone la solución de cajones de celdas circulares antirreflejante como la única alternativa de mejora, ya que el calado operativo de 15.0 m de este muelle lleva a descartar otras posibles soluciones como la tipología de muelle claraboya que implicaría ejecutar una obra de elevada envergadura que impone, además, un avance elevado de la actual línea de muelle. Se descarta, asimismo, ejecutar un talud de escollera adosado al cajón para disminuir las reflexiones del oleaje ya que se pretende mantener la operatividad del muelle.

En cuanto a la estabilidad de la solución antirreflejante, la modificación en la geometría del cajón por la ejecución de las cámaras antirreflejantes implica una reducción del peso propio de la estructura. Desde el punto de vista de la estabilidad de la solución se ha analizado la variación de la densidad aparente del cajón antirreflejante respecto a la densidad del cajón original de la primera alineación del dique exterior de abrigo.

El volumen de relleno a vaciar hasta la cota -3.50 m en las 12 celdas comunicadas es de 115.44 m^3 y el volumen de hormigón a perforar es de 30.70 m^3.

	Cajón tipo Zona 3	Cajón reflejante Zona 3	
Eslora	30.92	30.92	m
Manga	19.6	19.6	m
Puntal	16.5	16.5	m
Cota de cimentación	-15	-15	m
Cota de coronación	2.5	2.5	m
Cota de coronación del cajón	1.5	1.5	m
Densidad hormigón	24	24	kN/ m^3
Volumen hormigón	2211.55	2180.83	m^3/m
Densidad seca relleno	18	18	kN/ m^3
Densidad sumergida relleno	20	20	kN/ m^3
Volumen celdas	8481.44	8366.0	m^3
Volumen total	10692.99	10551.24	m^3
Densidad promedio	**20.827**	**20.827**	kN/ m^3

Tabla 2.- Densidad del cajón antes y después de ejecutar las cámaras antirreflejantes

Se puede concluir que no se produce variación en la densidad aparente del cajón antirreflejante respecto a la del cajón tipo calculado en el Proyecto Modificado de construcción de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia".

El resto de acciones permanentes (carga muerta y empuje de tierras), y las acciones variables (sobrecargas de uso, tiro de bolardo, acciones de atraque y acciones debidas al oleaje) tampoco varían respecto a las consideradas en el citado Proyecto.

En cuanto a la variación del centro de gravedad del cajón, éste se verá desplazado en dirección tierra mar hasta una posición más alejada del punto de vuelco, por lo que en el cajón antirreflejante se producirá un incremento del brazo estabilizador.

En base a lo anterior, se puede concluir la estabilidad del cajón antirreflejante propuesto frente a los modos de fallo de tipo geotécnico, hundimiento, vuelco plástico y estabilidad global.

A nivel de diseño de la solución definitiva será necesario verificar mediante modelo numérico el armado en los elementos estructurales que se ven influenciados por las cámaras antirreflejantes.

3.2.2.3 Valoración económica

La valoración económica de las principales unidades de obra para la alternativa de muelle de cajón antirreflejante en la Zona 3 se muestra en la tabla siguiente:

ZONA 3: MUELLE ANTIRREFLEJANTE

Descripción		Medición	Precio unitario	Coste (€)
Demolición de superestructura mediante retromartillo	m3	757.19	30.30	22,942.99
Vaciado de celdas a comunicar	m3	496.37	8.48	4,209.22
Demolición de pavimento	m2	347.91	7.52	2,616.28
Excavación mecánica rellenos sobre cajón (80 cm)	m3	278.33	8.48	2,360.22
Hormigón HA-30 en viga cantil	m3	756.70	97.24	73,581.51
Acero B-500 S en armadura viga cantil	Kg	60,536.00	0.99	59,930.64
Retirada y recolocación de bolardo de 100 t	u	2.40	2,617.31	6,281.54
Retirada y recolocación defensa SC-1000 H	u	2.40	13,093.56	31,424.54
Hormigón en tapón de celdas	m3	70.91	103.03	7,305.86
Corte de conexión en pared interior de cajones	m2	28.80	3,000.00	86,400.00
Corte de conexión en pared exterior de cajones	m2	43.20	3,000.00	129,600.00
			P.E.M.	**426,652.81**

3.2.3 Zona 10 (Solución B)

En la Zona 10 se distinguen dos tramos en cuanto a geometría del muelle, la representada por la sección tipo ST1 correspondiente a la alineación Norte y la dada por la sección tipo ST15, que representa el último tramo de muelle transversal al anterior que limita la dársena por el lado Oeste.

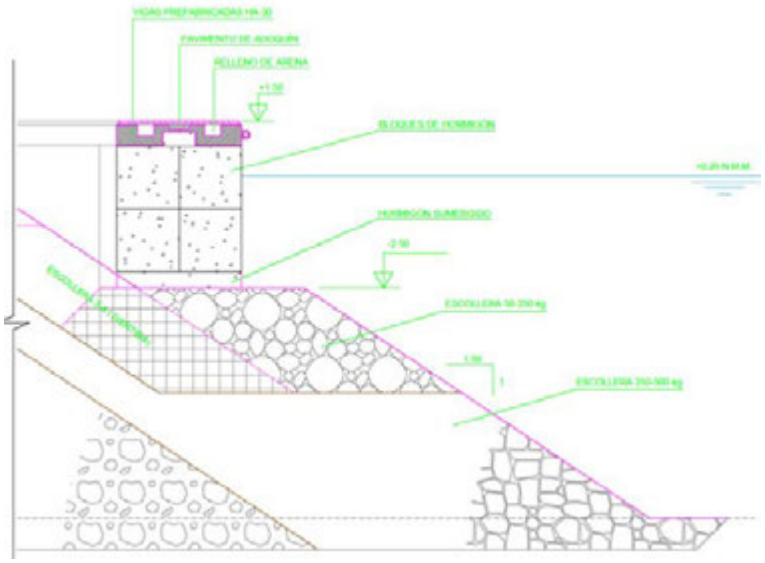


Figura 22.- Sección tipo actual de la alineación N en la Zona 10

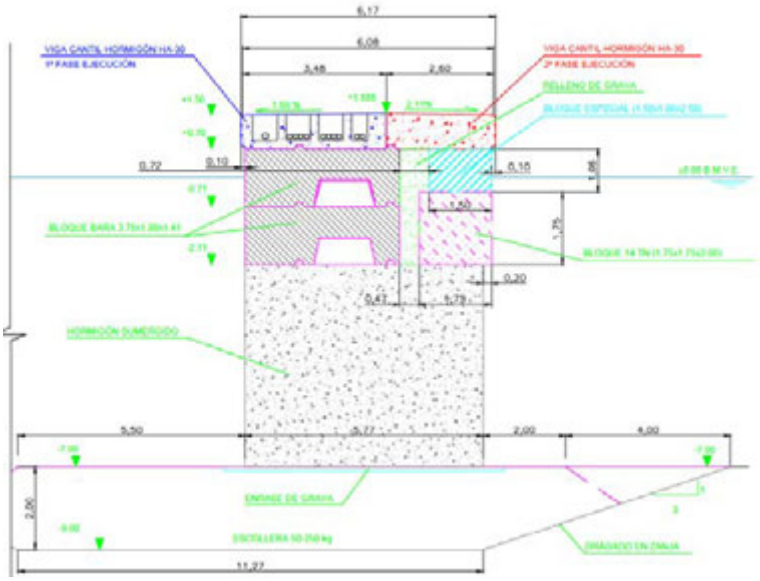


Figura 23.- Sección tipo actual de la alineación W en la Zona 10

3.2.3.1 Geometría de la sección tipo alineación N (Zona 10)

En este tramo se plantea como mejor alternativa de estructura antirreflejante la tipología de elementos modulares ranurados.

El valor de anchura mínima del cimiento y del bloque ranurado es de 3.50 metros, de acuerdo al ángulo de incidencia del oleaje obtenido de los resultados de la modelización numérica en la Zona 10-Norte (Anexo nº3). El coeficiente de reflexión máximo para esta anchura de cámara es del 50%.

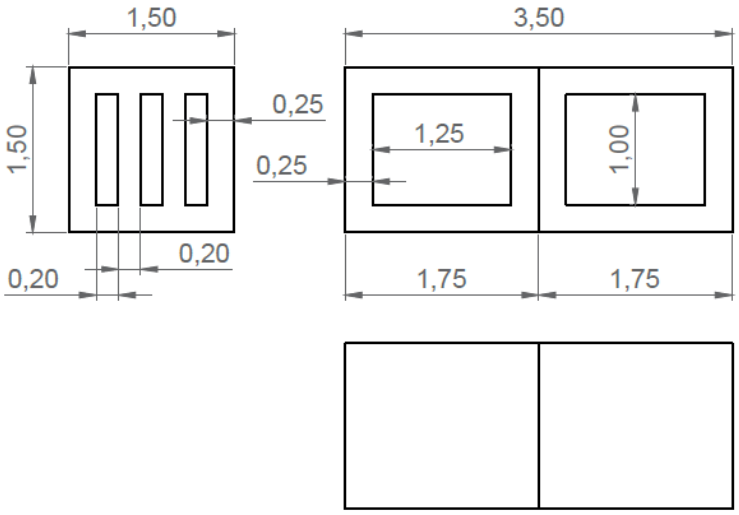


Figura 24.- Geometría de los elementos modulares prefabricados ranurados

La solución de muelle antirreflejante a desarrollar en la alineación Norte de la Zona 10 consiste en ejecutar la estructura antirreflejante adosada a los bloques de hormigón existentes. Se presentan dos posibles variantes de actuación:

El módulo ranurado se instala sobre un cimiento de hormigón sumergido cimentado a la cota -0.60 m sobre manto de escollera (ver Figura 25.-).

Para el desarrollo de la solución se requieren las siguientes operaciones:

- Vertido de escollera de 250-500 kg y de 50-250 kg para avanzar el talud del manto de escollera existente con la finalidad de que sirva de apoyo al sistema modular. El avance a realizar es de 5.0 m en coronación manteniendo el talud 1.5H:1V.
- Ejecución del macizo de hormigón sumergido de 3.50 m de anchura adosado a los bloques actuales hasta la cota -0.60 m.
- Instalación de dos módulos prefabricados de hormigón ranurado de dimensiones 1.75x1.50x1.50.

- Ejecución de la superestructura del muelle hasta la cota +1.50 m por encima de los elementos modulares.

Variación sobre la solución anterior

Los módulos perforados se unen lateralmente al muelle mediante vigas IPE, quedando en voladizo por delante de los bloques de hormigón existentes. Bajo esta solución no se requiere la ejecución del macizo de cimentación ni el avance del talud de escollera existente para dar apoyo a los módulos (ver 0).

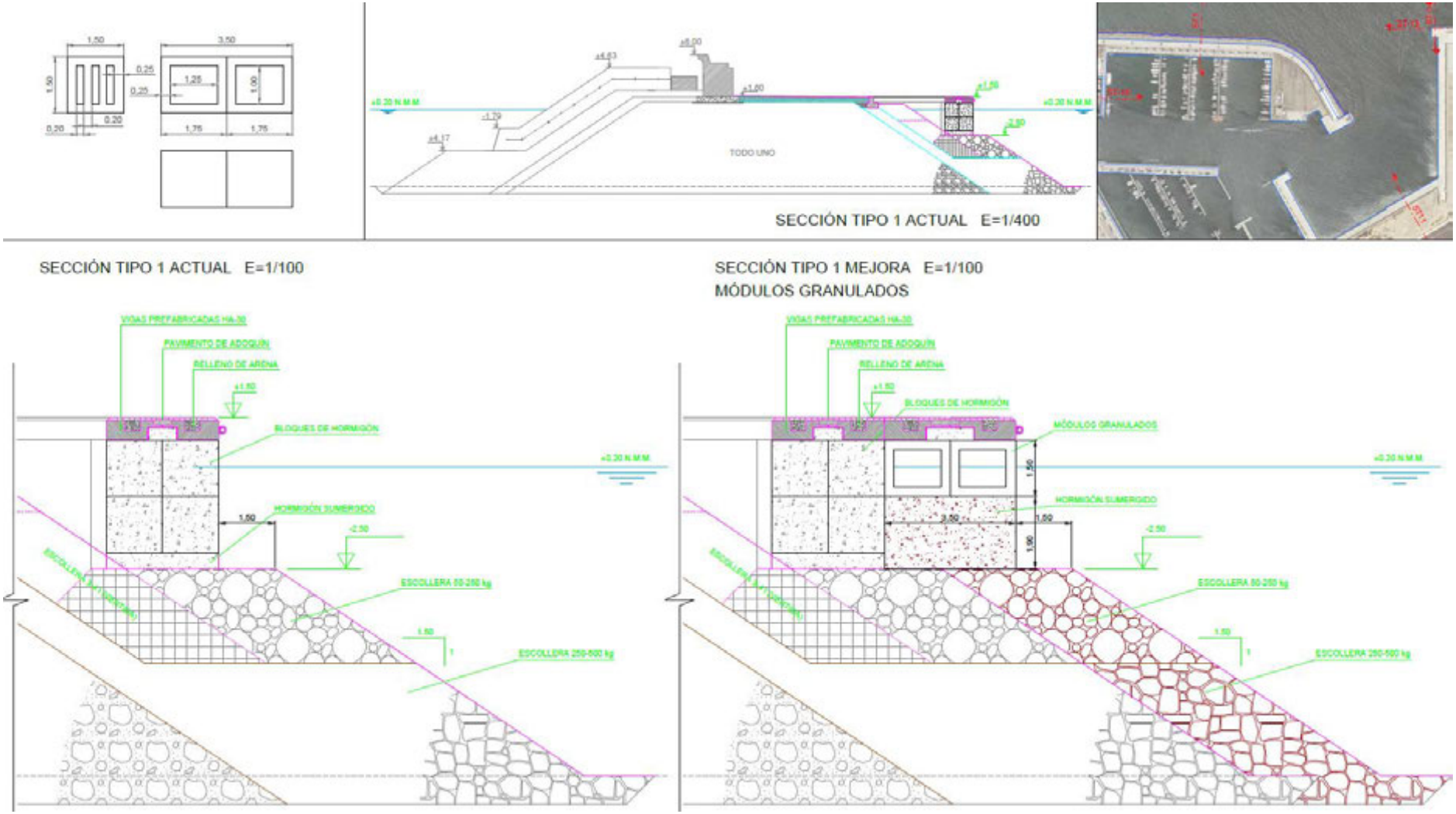
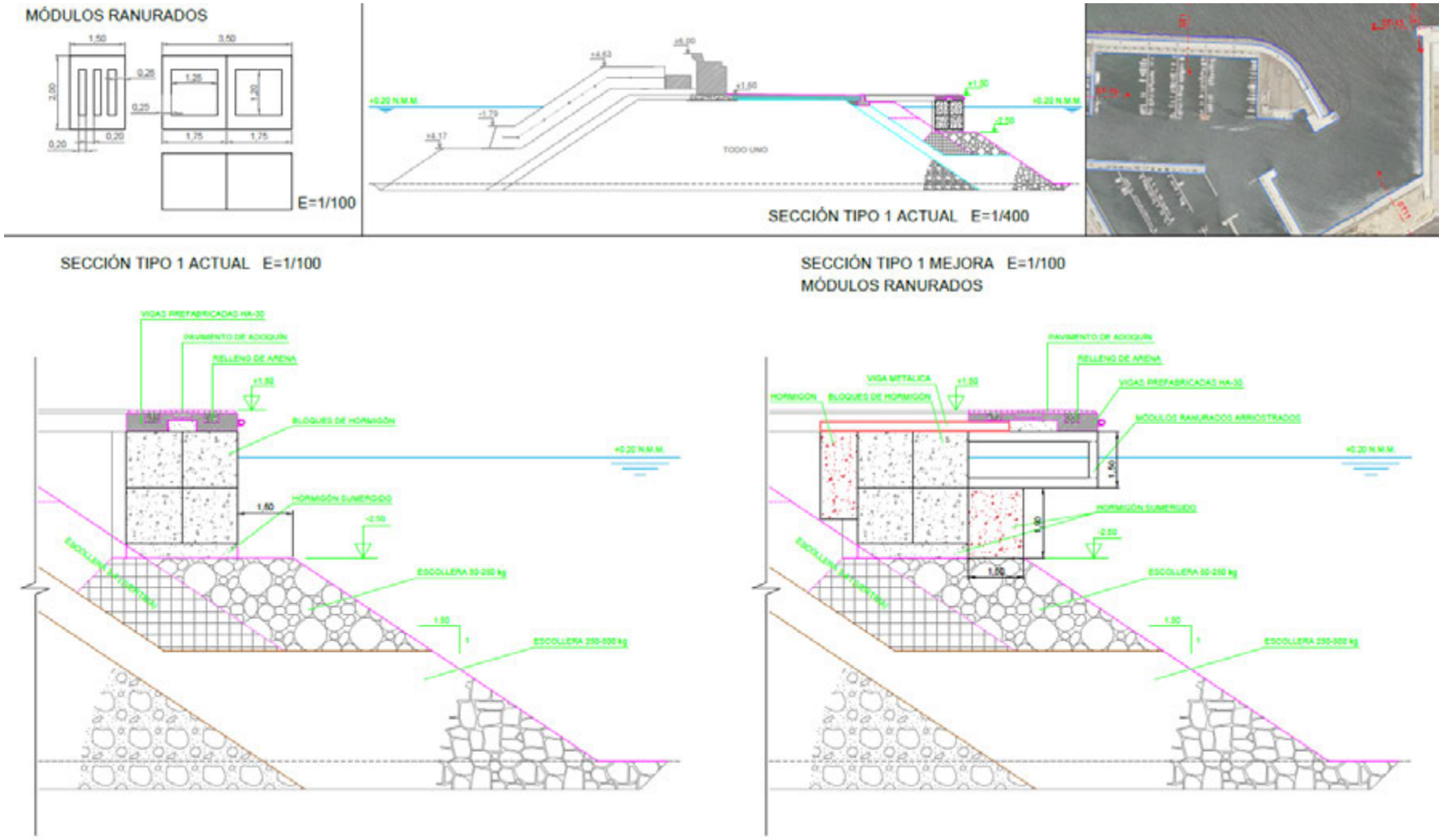


Figura 25.- Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte. (Zona 10)



Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte. (Variante voladizo) (Zona 10)

3.2.3.2 Justificación de la solución

No se considera necesario realizar la verificación de los modos de fallo geotécnicos, ya que se mantiene la geometría y peso de los elementos del manto existente, que ha demostrado un buen comportamiento para oleajes muy superiores a los que se ve sometido en el interior de la dársena. Por otro lado, el incremento de peso por metro lineal de muelle como consecuencia de la instalación del sistema antirreflejante es de 21.62 kg/m (Tabla 3.-).

	Peso por ml (kg/m)
Macizo de hormigón de cimentación	15.29
Módulos ranurados (2 por sección)	6.32
Total sistema antirreflejante	21.62

Tabla 3.- Incremento del peso por metro lineal con la instalación del sistema modular antirreflejante

En base a lo anterior, y considerando el margen que ofrecen los coeficientes de seguridad del muelle de acuerdo al "Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia", respecto a los mínimos recomendados por la ROM 0.5.05, puede concluirse que la instalación del sistema modular sobre macizo de hormigón no compromete la estabilidad geotécnica del muelle. Sin embargo, para valorar como se modificaría el círculo de rotura bajo los modos de fallo de vuelco plástico y estabilidad global, será necesario aplicar métodos númericos de equilibrio límite.

MODO DE FALLO	C.S (Zona 10-Norte)	C.S. Mínimo
Estabilidad al deslizamiento profundo	1.695	1.30

Tabla 4.- CS obtenido del Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia

La solución planteada no requiere la demolición de ningún elemento de la estructura actual pero implica el avance de la línea de cantil de muelle en 3.50 m y, por consiguiente, la pérdida de parte del espacio de dársena disponible y de operatividad en la alineación contigua.

3.2.3.3 Valoración económica

La valoración económica de las principales unidades de obra para la alternativa de muelle de cajón antirreflejante en la alineación Norte de la Zona10 se muestra en la tabla siguiente:

ZONA 10 NORTE: MUELLE ANTIRREFLEJANTE

Descripción		Medición	Precio unitario	Coste (€)
Hormigón sumergido	m3	1,168.21	106.93	124,916.21
Cajones ranurados	m	175.67	700.00	122,969.00
Escollera de 50-250 kg en banqueta	t	2,766.80	10.57	29,245.10
Escollera de 250-500 kg en zanja dragado	t	4,151.78	11.27	46,790.61
Hormigón HA-30 en viga cantil	m3	263.51	97.24	25,623.23
Acero B-500 S en armadura viga cantil	Kg	21,080.40	0.99	20,869.60
Relleno seleccionado y compactado	m3	40.40	11.56	467.07
Hormigón HP-40 en pavimento	m3	52.70	80.87	4,261.93
Dragado en zanja en dique	m3	462.01	5.48	2,531.83
Enrase de grava cajones	m2	614.85	49.21	30,256.52
			P.E.M.	**375,142.75**

Nota: No se valora la variante voladizo.

3.2.3.4 Geometría de la sección tipo alineación W (Zona 10)

En la alineación W se propone la misma alternativa de actuación que en la alineación Norte. La sección tipo existente en este tramo es vertical, por lo que se plantea la construcción del sistema de elementos modulares por delante de la línea de cantil actual.

El diseño de los módulos ranurados es el mismo que el definido en el apartado anterior, estando compuesto de 2 elementos de dimensiones 1.75x1.5x1.5 m.

La geometría de los módulos de hormigón ranurado se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Como bloque de cimentación bajo el sistema modular se requiere la ejecución de un macizo de hormigón sumergido de 6.20 m de altura.

La actuación, de forma resumida, consiste en:

- Ejecución del dragado hasta la cota -9.00 m para prolongación de la banqueta de cimentación del muelle. El talud de dragado es de 3H:1V.
- Vertido de escollera de 50-250 kg para formación de banqueta.
- Enrase de grava por debajo del bloque de hormigón sumergido adosado al muelle actual.

- Ejecución del bloque de hormigón sumergido de dimensiones 6.20 x 3.70 m.
- Instalación de los módulos ranurados sobre bloque de cimentación.
- Construcción de la viga cantil sobre los elementos ranurados hasta la cota +1.50m.

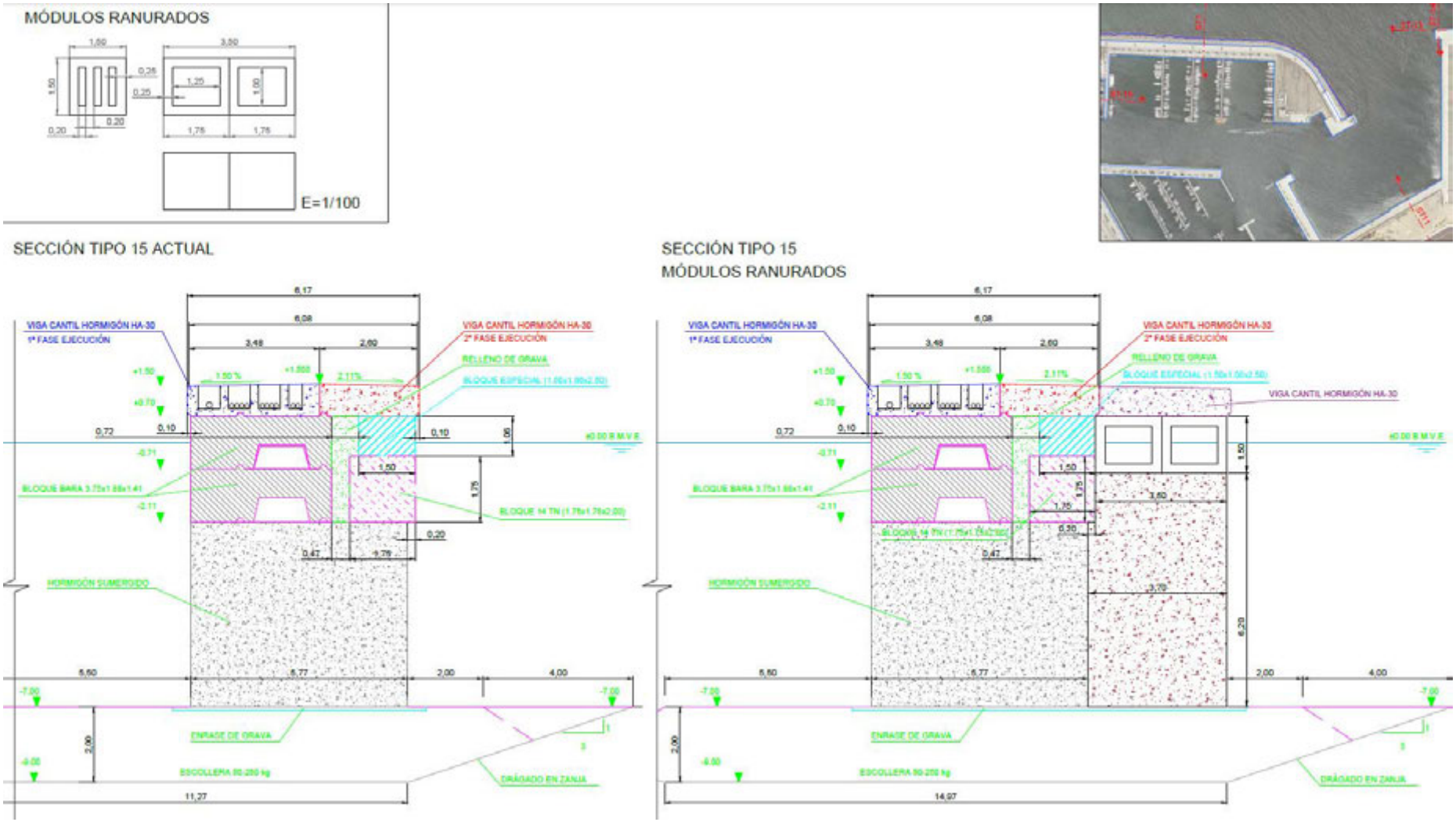


Figura 26.- Sección tipo anterreflejante de módulos ranurados en la alineación Norte (Zona 10)

Esta tipología se plantea como posible alternativa estructural a la muelle antirreflejante propuesto en la zona 10.

3.2.3.5 Justificación de la solución

La justificación de la estabilidad de la sección resultante de la actuación se basa en las siguientes premisas:

- La actuación no implica la modificación de las acciones variables (oleaje de diseño y agentes de uso y explotación del muelle), por lo que no se modifican las acciones horizontales transmitidas a la estructura.
- Al incrementar la manga de la estructura final, los coeficientes de seguridad frente a los modos de fallo de vuelco y estabilidad global serán superiores a los obtenidos en el "Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia".
- El incremento del peso propio de la estructura por metro lineal es cercano al 50%. Esto implica la mejora del nivel de seguridad de la estructura frente a al fallo de deslizamiento de la estructura sobre la banqueta de cimentación.
- El margen de seguridad frente a hundimiento es elevado, con un valor del coeficiente de seguridad de 4.04 frente al mínimo C.S=2.00 exigido por la ROM 0.5-05.

Modo de fallo	C.d.S
Vuelco en arista	1,95
Deslizamiento por la base	1,94
Hundimiento	4,04
Vuelco ROM	1,34
Tensión máxima (t/m^2)	31,54

Tabla 5.- CS obtenido del Proyecto de la nueva bocana de la Dársena Interior del Puerto de Valencia

Se podría valorar una variante de esta actuación en la que se requiere la demolición de la superestructura y el desmantelamiento de los bloques de hormigón hasta la cota -0.8 m para la instalación de los elementos modulares. Bajo esta opción, el avance de la línea cantil respecto a su posición actual es de 1.50 m.

3.2.3.6 Valoración económica

La valoración económica de las principales unidades de obra para la alternativa de muelle de cajón antirreflejante en la alineación Oeste de la Zona10 se muestra en la tabla siguiente:

ZONA 10 OESTE: MUELLE ANTIRREFLEJANTE

Descripción		Medición	Precio unitario	Coste (€)
Hormigón sumergido	m3	1,457.23	106.93	155,821.35
Cajones ranurados	m	64.28	700.00	44,996.00
Escollera de 50-250 kg en banqueta	t	856.21	10.57	9,050.14
Hormigón HA-30 en viga cantil	m3	172.27	97.24	16,751.57
Acero B-500 S en armadura viga cantil	Kg	13,781.63	0.99	13,643.82
Dragado en zanja en dique	m3	475.67	5.48	2,606.68
Enrase de grava cajones	m2	224.98	49.21	11,071.27
			P.E.M.	**242,869.55**

4 CONCLUSIONES

La solución A, consiste en la generación de celdas antirreflejantes en las dos primeras filas de celdas circulares de los cajones existentes. Esta solución consigue mejorar los coeficientes de agitación en las zonas 3y 10.

La solución B, consiste en la construcción de muelles antirreflejantes que mejoran las condiciones de agitación en la zona 10 principalmente, mediante el avance de las líneas de muelle en la zona noroeste de la Marina Norte. Como posibles opciones se plantean el avance del talud existente para apoyo de la cimentación de los módulos perforados o bien su arrriostramiento a los bloques de hormigón existentes.

La solución C, consistente en la prolongación del morro del dique principal en 40m, permite mejorar las condiciones de agitación en todas las zonas consideradas.

Las mejoras en los coeficientes de agitación y valoraciones de las soluciones y sus combinaciones se muestran en la siguiente tabla:

	A	B	C	A+C	A+B+C	A+B
	ALT 4	*ALT 8*	*ALT 9*	*ALT 4+9*	*ALT 4+9+8*	*ALT 7 = 4+8*
Zona 2	3%	7%	69%	69%	69%	7%
Zona 3	45%	24%	79%	76%	72%	45%
Zona 10	28%	31%	45%	48%	69%	55%
Coste P.E.M.	427.000	618.000	1.285.000	1.712.000	2.330.000	1.045.000

Figura 27.- Comparación de soluciones. Mejora del coeficiente de agitación y valoración

La solución que consigue mejores condiciones es la A+B+C, aunque también es la más cara. La solución que consigue una mejora importante en todas las zonas, con un coste medio, es la C. La solución más económica, mejorando únicamente las zonas 3 y 10, es la solución A.

APÉNDICE 3.1 Estudio de agitación y operatividad. Análisis de dirección norte

ÍNDICE

1 Introducción 2

2 Situación actual 2

3 Alternativa 9 (Solución C) 6

4 Conclusiones 10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Superficie libre. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 3
Figura 2.- Superficie libre zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 4
Figura 3.- Altura de ola. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 4
Figura 4.- Altura de ola zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 5
Figura 5.- Fase de onda. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 5
Figura 6.- Fase de onda zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N. 6
Figura 7.- Superficie libre. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 8
Figura 8.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 8
Figura 9.- Altura de ola. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 9
Figura 10.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 9
Figura 11.- Fase de onda. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 10
Figura 12.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N. 10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Coeficientes de agitación. Situación actual. Dirección N. 2
Tabla 2.- Coeficientes de agitación. Situación actual. Dirección NNE. 3
Tabla 3.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9. Dirección N. 6
Tabla 4.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9. Dirección NNE. 7
Tabla 5.- Comparación de los coeficientes de agitación para la situación actual y la alternativa 9 en la zona 2. Dirección N y NNE. 11
Tabla 6.- Comparación de los coeficientes de agitación para la situación actual y la alternativa 9 en la zona 10. Dirección N y NNE. 12

1 Introducción

De manera adicional, se ha analizado la agitación producida en el interior de la dársena cuando el oleaje proviene del Norte, para la situación actual de la Marina y la Alternativa 9 (Solución C), que supone una modificación de la planta. Esta dirección no se incluye en el estudio de operatividad anterior porque su probabilidad de ocurrencia es bastante baja; de modo que se analizaron las direcciones NNE, NE, ENE y E con mayor probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, debido a la orientación de la Marina, se han realizado simulaciones adicionales para dirección N y periodos entre 5 y 10 segundos. En este apartado se muestran los resultados de agitación obtenidos con el modelo numérico CGWave para estos casos, y se comparan con la dirección NNE.

2 Situación actual

La siguiente tabla muestra los coeficientes de agitación en las áreas de referencia delimitadas para la situación actual, dirección Norte y los 6 periodos considerados entre 5 y 10 segundos.

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
N	5	0.45	0.42	0.51	0.41	0.37	0.05	0.10	0.11	0.02	0.31	0.28	0.26	0.25
	6	0.76	0.61	0.77	0.74	0.37	0.07	0.11	0.12	0.02	0.40	0.36	0.38	0.39
	7	0.90	0.54	0.73	0.70	0.32	0.06	0.04	0.08	0.02	0.29	0.25	0.25	0.24
	8	0.78	0.56	0.64	0.69	0.32	0.08	0.15	0.10	0.02	0.19	0.17	0.14	0.16
	9	0.99	0.64	0.70	0.73	0.29	0.03	0.02	0.10	0.04	0.23	0.19	0.18	0.16
	10	0.86	0.69	0.81	0.84	0.36	0.10	0.12	0.14	0.03	0.21	0.17	0.16	0.08

Tabla 1.- Coeficientes de agitación. Situación actual. Dirección N.

Con el fin de poder analizar la influencia de la dirección en los niveles de agitación, se han añadido los coeficientes de agitación obtenidos para la situación actual de la Marina, periodos entre 5 y 14 segundos y la dirección NNE. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NNE	5	1.01	0.65	0.58	0.64	0.37	0.07	0.12	0.12	0.03	0.21	0.18	0.16	0.17
	6	0.94	0.68	0.50	0.58	0.31	0.05	0.09	0.07	0.01	0.14	0.13	0.13	0.14
	7	0.65	0.55	0.48	0.56	0.34	0.09	0.14	0.09	0.01	0.09	0.09	0.07	0.10
	8	0.60	0.52	0.50	0.49	0.33	0.05	0.04	0.07	0.02	0.29	0.24	0.23	0.21

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
	9	0.68	0.54	0.41	0.57	0.16	0.04	0.07	0.05	0.02	0.12	0.10	0.10	0.08
	10	0.63	0.58	0.48	0.54	0.36	0.10	0.10	0.17	0.03	0.25	0.21	0.19	0.15
	11	0.80	0.67	0.47	0.58	0.28	0.08	0.08	0.13	0.02	0.20	0.19	0.19	0.17
	12	0.62	0.57	0.40	0.60	0.20	0.04	0.05	0.08	0.01	0.17	0.17	0.15	0.14
	13	0.59	0.65	0.40	0.59	0.11	0.04	0.04	0.05	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
	14	0.68	0.63	0.42	0.56	0.14	0.04	0.07	0.05	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02

Tabla 2.- Coeficientes de agitación. Situación actual. Dirección NNE.

Al considerar la dirección Norte, la zona 10 sigue siendo la que muestra mayor agitación dentro de la Dársena Exterior Norte. Para esta dirección, los coeficientes de agitación son mayores para los periodos más pequeños (T(s)=5, 6 y 7). Por el contrario, con periodos grandes, los coeficientes de agitación son, en general, algo menores para la dirección N que para la dirección NNE. Con la dirección N, los frentes de onda entran más directos en las zonas 2, 3 y 4, produciendo más agitación en el interior de la dársena.

El mayor nivel de agitación en la zona 10 se produce para el periodo de T(s)=6. Las siguientes figuras muestran las propagaciones (superficie libre, altura de ola y fase de la onda) realizadas con el modelo CGWave para la dirección Norte y el caso de el caso de H(m)=1 y T(s)=6.

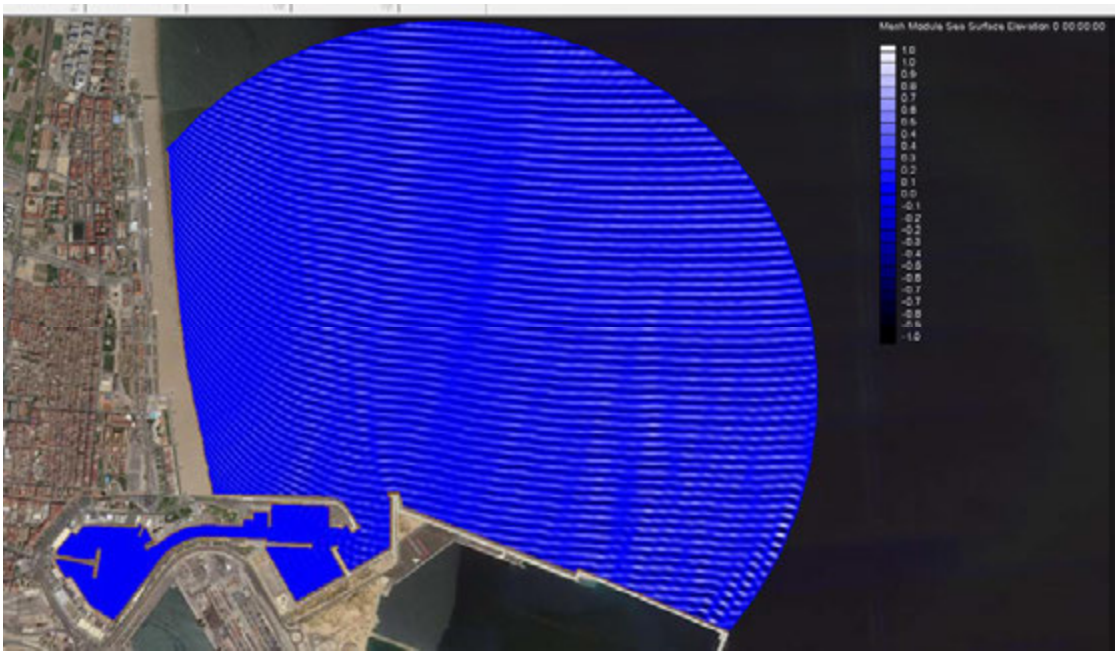


Figura 1.- Superficie libre. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

Figura 2.- Superficie libre zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

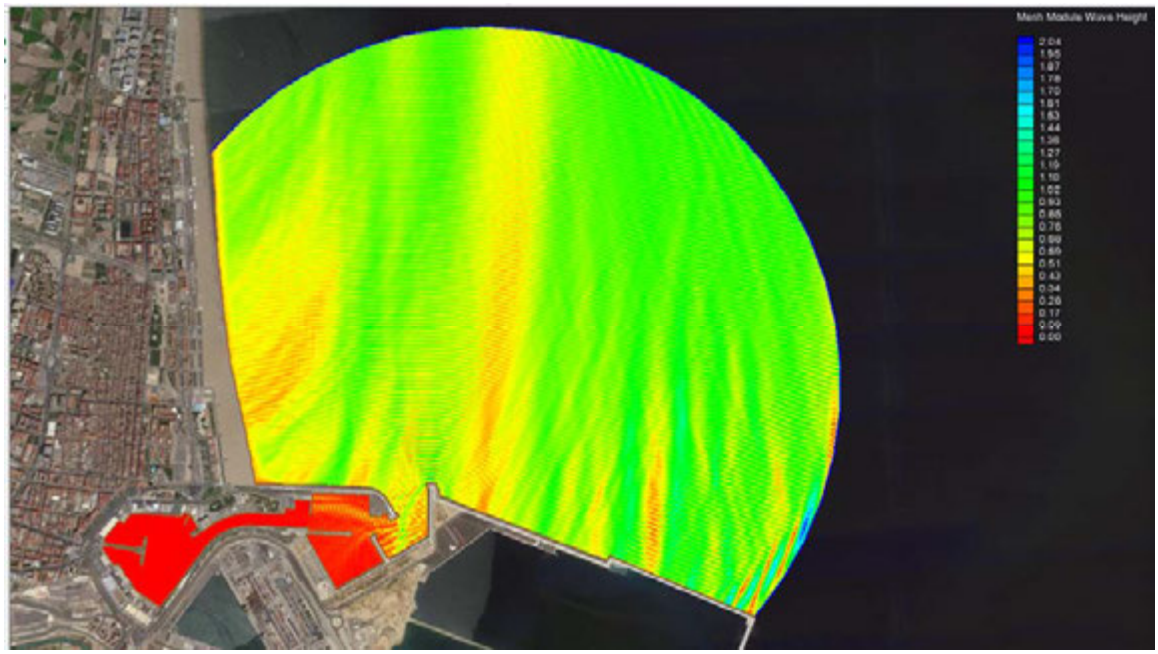


Figura 3.- Altura de ola. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

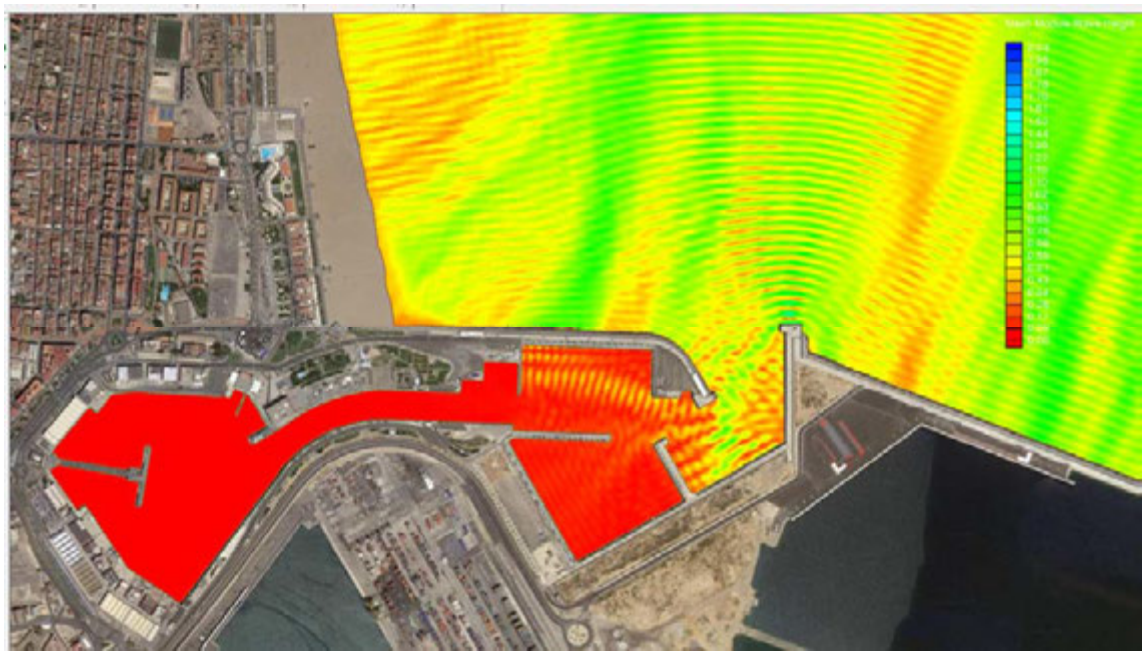


Figura 4.- Altura de ola zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

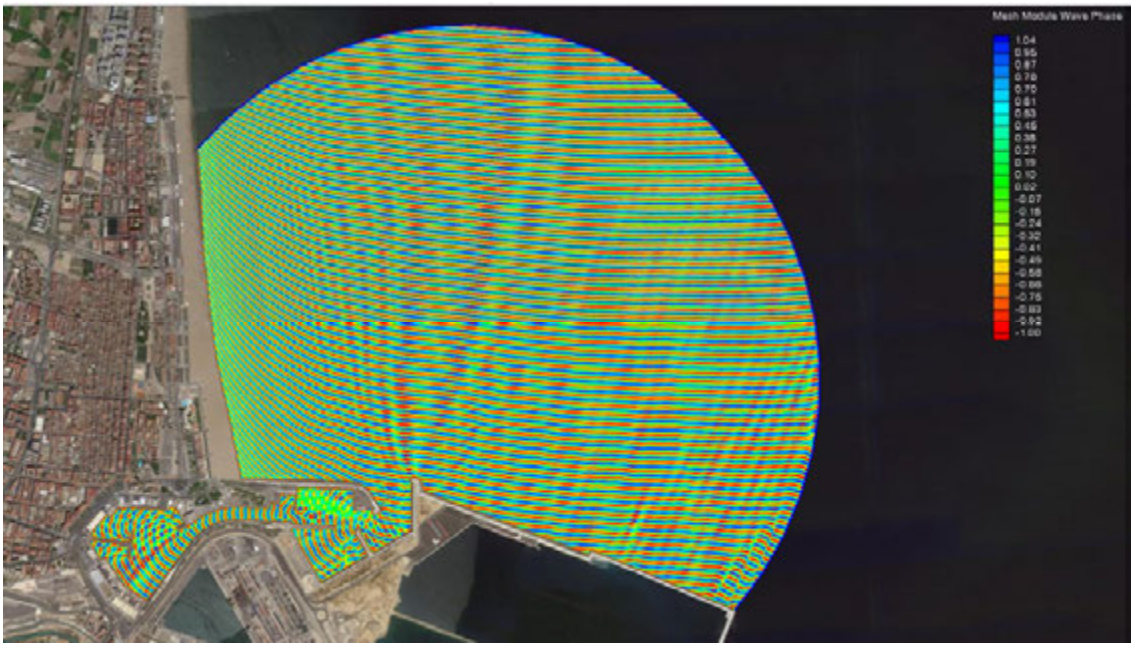


Figura 5.- Fase de onda. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

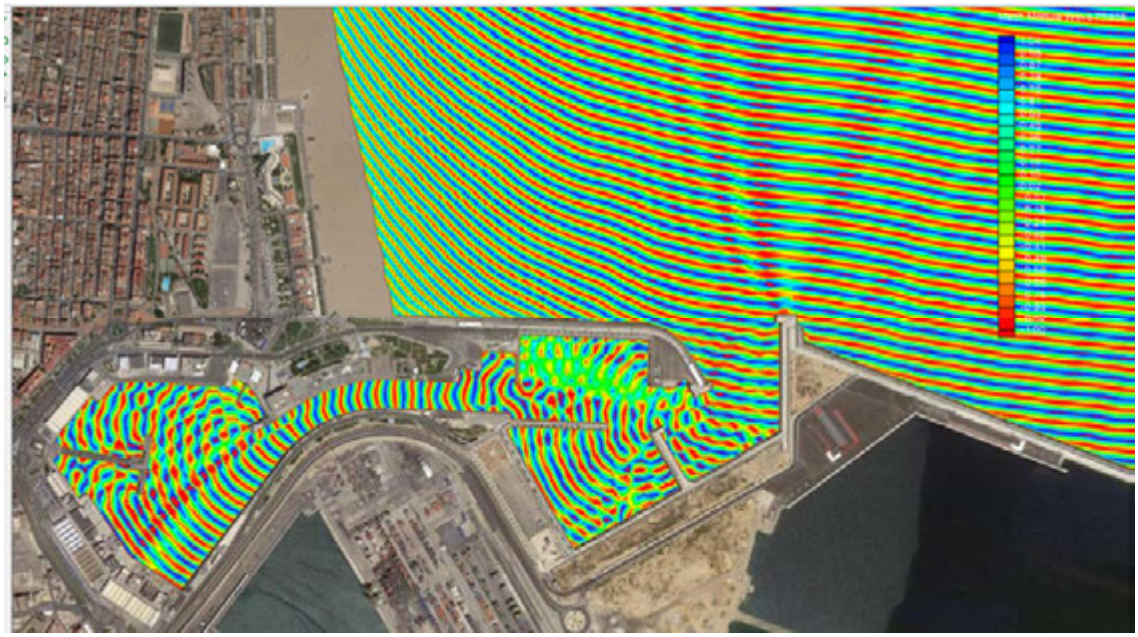


Figura 6.- Fase de onda zona ampliada. Situación actual. H(m)=1, T(s)=6, Dirección N.

3 Alternativa 9 (Solución C)

La siguiente tabla muestra los coeficientes de agitación en las áreas de referencia delimitadas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para la Alternativa 9, consistente en la prolongación del morro del dique exterior, dirección Norte y los 6 periodos considerados.

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
N	5	0.54	0.30	0.52	0.45	0.27	0.04	0.09	0.05	0.02	0.21	0.19	0.18	0.19
	6	0.78	0.34	0.55	0.61	0.22	0.03	0.05	0.05	0.02	0.17	0.16	0.16	0.17
	7	0.82	0.37	0.57	0.64	0.34	0.07	0.12	0.11	0.01	0.22	0.18	0.19	0.17
	8	0.75	0.32	0.45	0.60	0.30	0.07	0.14	0.09	0.02	0.11	0.09	0.08	0.05
	9	0.89	0.34	0.55	0.59	0.31	0.07	0.10	0.16	0.05	0.24	0.20	0.21	0.18
	10	0.75	0.38	0.58	0.62	0.18	0.05	0.06	0.08	0.03	0.18	0.15	0.15	0.14

Tabla 3.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9. Dirección N.

Con el fin de poder analizar la influencia de la dirección en los niveles de agitación, se han añadido los coeficientes de agitación obtenidos para la Alternativa 9 planteada con periodos entre 5 y 14 segundos y la dirección del NNE. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

		Ka												
Dirección	**T**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	**Zona 6**	**Zona 7**	**Zona 8**	**Zona 9**	**Zona 10**	**Zona 11**	**Zona 12**	**Zona 13**
NNE	5	1.12	0.61	0.72	0.64	0.41	0.10	0.12	0.14	0.04	0.22	0.20	0.18	0.18
	6	0.80	0.42	0.37	0.52	0.23	0.05	0.07	0.06	0.02	0.18	0.17	0.18	0.20
	7	0.53	0.31	0.36	0.40	0.21	0.05	0.03	0.06	0.01	0.16	0.13	0.14	0.13
	8	0.60	0.32	0.29	0.43	0.25	0.07	0.11	0.07	0.02	0.16	0.15	0.13	0.14
	9	0.65	0.34	0.32	0.38	0.22	0.04	0.04	0.09	0.03	0.15	0.13	0.13	0.12
	10	0.53	0.36	0.41	0.41	0.19	0.06	0.07	0.07	0.02	0.11	0.10	0.09	0.06
	11	0.57	0.41	0.37	0.41	0.25	0.06	0.08	0.13	0.03	0.14	0.12	0.11	0.07
	12	0.44	0.41	0.42	0.32	0.24	0.06	0.08	0.12	0.02	0.22	0.20	0.19	0.16
	13	0.42	0.35	0.35	0.40	0.20	0.03	0.02	0.08	0.02	0.15	0.14	0.14	0.12
	14	0.44	0.34	0.34	0.40	0.13	0.01	0.02	0.07	0.02	0.09	0.10	0.10	0.09

Tabla 4.- Coeficientes de agitación. Alternativa 9. Dirección NNE.

Con la alternativa 9, los coeficientes de agitación obtenidos en las zonas de interés 2 y 10 son similares o inferiores para la dirección Norte que para la dirección NNE. Al igual que ocurría con las simulaciones realizadas para la situación actual, en la zonas 3 y 4 los niveles de agitación son en general superiores para la dirección N que para la dirección NNE. Sin embargo, son inferiores que los obtenidos para la situación actual.

Asimismo, con la dirección Norte, la alternativa 9 sigue reduciendo considerablemente los niveles de agitación en la zona 2 de atraque de buques respecto a la situación inicial. Al prolongar el morro del dique exterior, para esta dirección, la agitación en la zona 2 disminuye entre un 30 y 45 %. La zona 10 también mejora para la mayoría de periodos.

Para en Norte, el mayor coeficiente de agitación en la zona 2 se produce con un periodo del oleaje de T(s)=10. Las siguientes figuras muestran las propagaciones (superficie libre, altura de ola y fase de la onda) realizadas con el modelo CGWave para la dirección Norte y el caso de el caso de H(m)=1, T(s)=10.

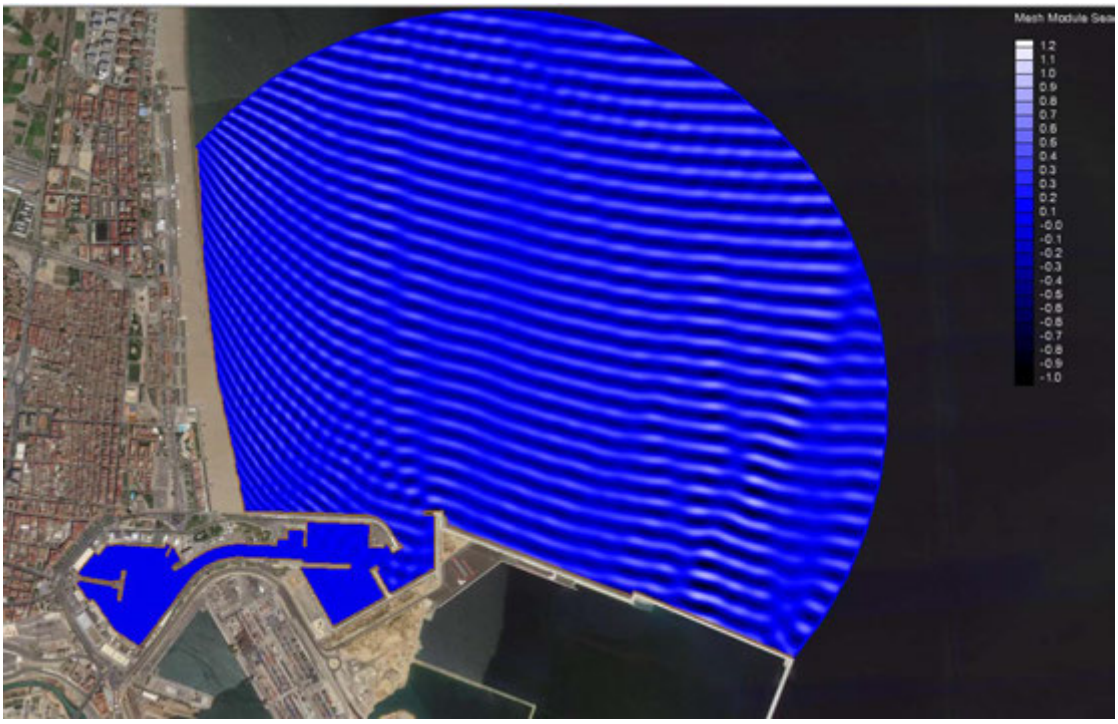


Figura 7.- Superficie libre. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

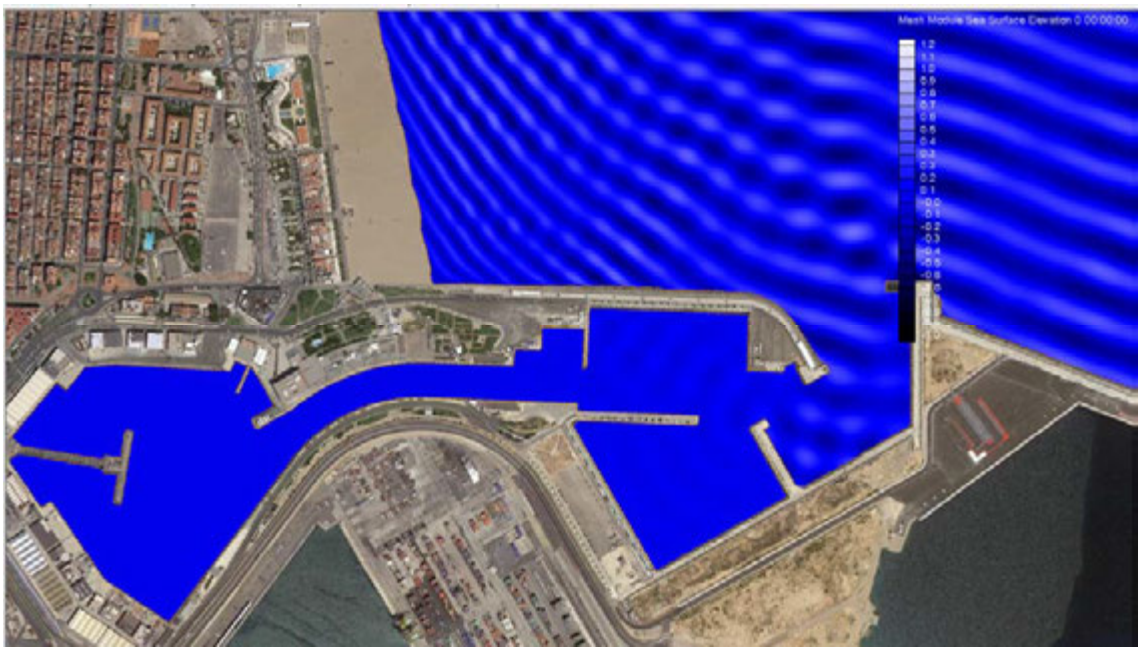


Figura 8.- Superficie libre zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

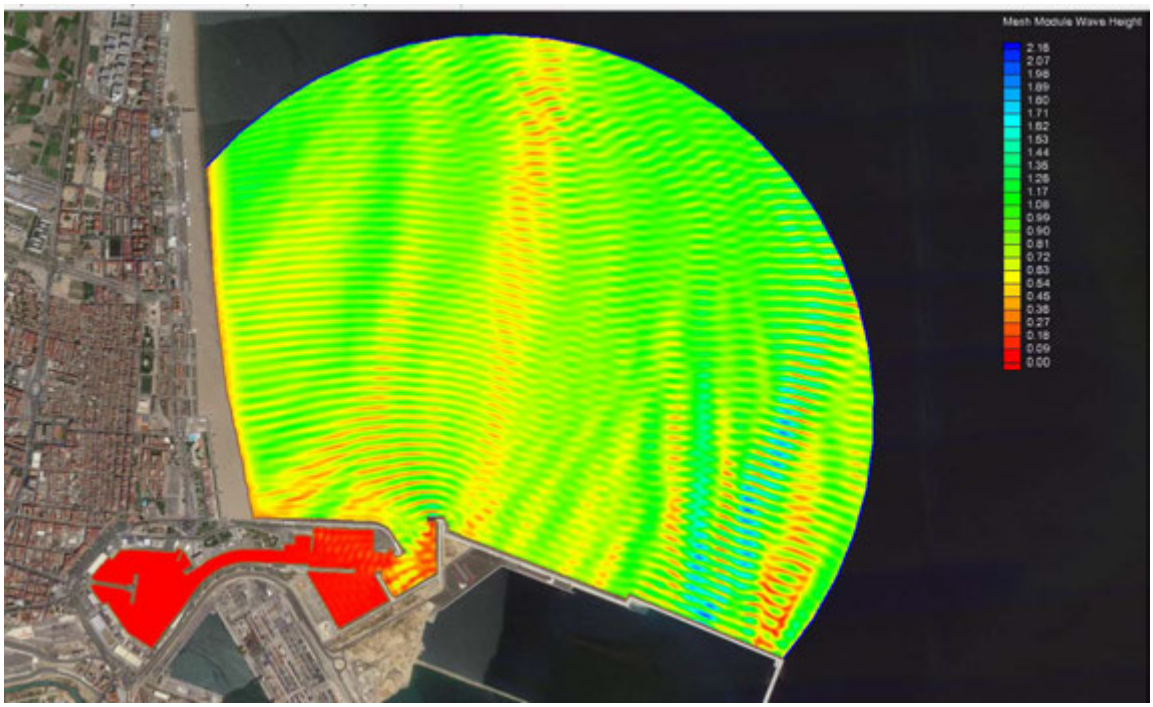


Figura 9.- Altura de ola. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

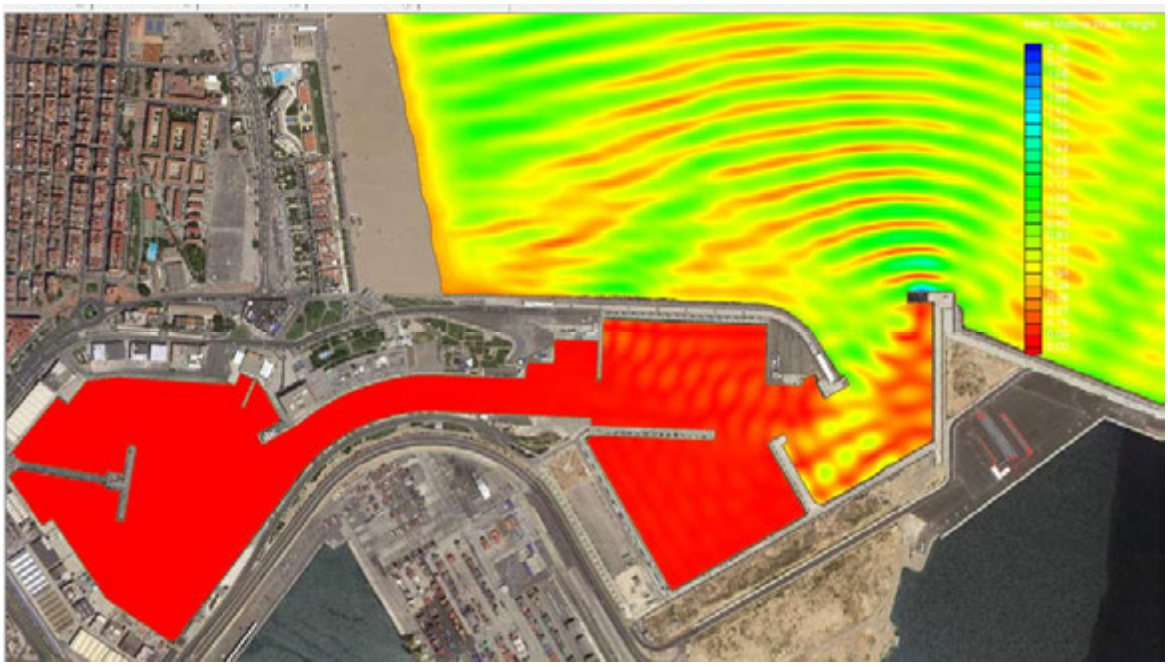


Figura 10.- Altura de ola zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

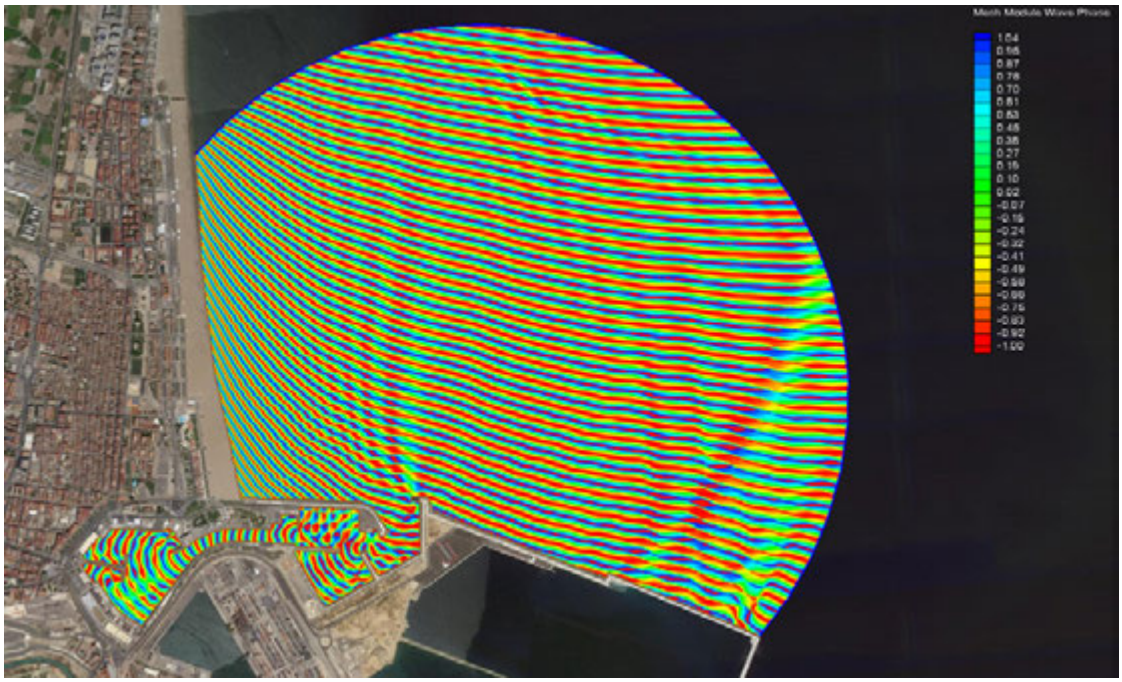


Figura 11.- Fase de onda. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

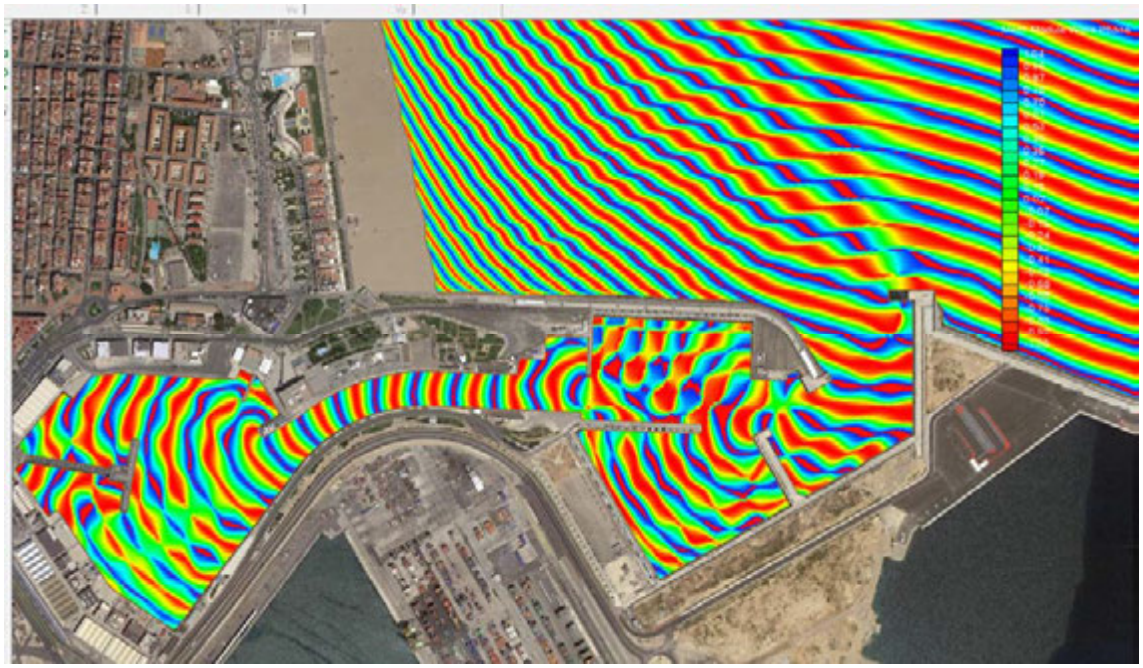


Figura 12.- Fase de onda zona ampliada. Alternativa 9. H(m)=1, T(s)=10, Dirección N.

4 Conclusiones

Se ha modelado el oleaje con diferentes periodos y dirección Norte, para la situación actual de la Marina, y la Alternativa 9 que tiene por objetivo disminuir la agitación en las zonas 2 y 10, principalmente.

Para la situación actual, la zona 10 sigue siendo la que muestra mayor agitación dentro de la Dársena Exterior Norte, al igual que ocurría con las otras 4 direcciones de oleaje analizadas anteriormente (NNE, NE, ENE y E). Para la dirección Norte, los coeficientes de agitación son mayores para los periodos más pequeños (T(s)=5, 6 y 7). Con periodos más grandes, los coeficientes de agitación son, en general, menores.

Al analizar la situación de prolongación del morro del dique exterior en 40m (Alternativa 9-Solución C), los coeficientes de agitación obtenidos con el modelo CGWave en las zonas 2 y 10, son similares o inferiores para la dirección N que para la dirección NNE, por lo que se puede concluir que esta alternativa de mejora sigue siendo válida para oleajes procedentes del Norte.

La Tabla 5.-muestra a nivel comparativo los coeficientes de agitación en la zona 2 para la situación actual y la alternativa 9 cuando el oleaje procede del N y del NNE. La agitación en la zona 2 disminuye entre un 29 y 47 % para periodos entre 5 y 10s al considerar oleaje del Norte.

Dirección N				Dirección NNE			
T	Ka: Zona 2		% mejora	T	Ka: Zona 2		% mejora
	SOL. INICIAL	Alternativa 9			SOL. INICIAL	Alternativa 9	
5	0.42	0.30	29%	5	0.65	0.61	7%
6	0.61	0.34	44%	6	0.68	0.42	38%
7	0.54	0.37	32%	7	0.55	0.31	44%
8	0.56	0.32	42%	8	0.52	0.32	38%
9	0.64	0.34	47%	9	0.54	0.34	36%
10	0.69	0.38	44%	10	0.58	0.36	38%

Tabla 5.- Comparación de los coeficientes de agitación para la situación actual y la alternativa 9 en la zona 2. Dirección N y NNE..

La zona 10 también mejora para la mayoría de periodos. La Tabla 6.-muestra a nivel comparativo los coeficientes de agitación en la zona 2 para la situación actual y la alternativa 9 cuando el oleaje procede del N y del NNE. La agitación en la zona 10 disminuye entre un 0 y 58 % para periodos entre 5 y 10s al considerar oleaje del Norte.

Dirección N			
T	Ka: Zona 10		% mejora
	SOL. INICIAL	Alternativa 9	
5	0.31	0.21	32%
6	0.40	0.17	58%
7	0.29	0.22	22%
8	0.19	0.11	43%
9	0.23	0.24	0%
10	0.21	0.18	15%

Dirección NNE			
T	Ka: Zona 10		% mejora
	SOL. INICIAL	Alternativa 9	
5	0.21	0.22	0%
6	0.14	0.18	0%
7	0.09	0.16	0%
8	0.29	0.16	44%
9	0.12	0.15	0%
10	0.25	0.11	55%

Tabla 6.- Comparación de los coeficientes de agitación para la situación actual y la alternativa 9 en la zona 10. Dirección N y NNE.

En base a los resultados obtenidos, la alternativa 9 sigue reduciendo considerablemente los niveles de agitación para oleajes procedentes del Norte.