INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

SUBSECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS

REPÚBLICA ARGENTINA

PUERTO BUENOS AIRES

ESTUDIOS HIDRÁULICOS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL PUERTO DE BUENOS AIRES

Informe Complementario



INA LHA Instituto Nacional del Agua Laboratorio de Hidráulica

Proyecto LHA366
Informe LHA 06-366-18
Ezeiza, Diciembre de 2018

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Pablo SPALLETTI

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

Jefe del Programa de Hidráulica Computacional

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Ing. Nicolás TOMAZÍN

Ing. Mag. Mariano RE

Ing. Pablo GARCÍA

ESTUDIOS HIDRÁULICOS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL PUERTO DE BUENOS AIRES

Informe Complementario

RESUMEN

Se estudian las alternativas finales de proyecto portuario establecidas por AGP, incluyendo etapas intermedias. Se desarrollan estudios de agitación por oleaje, de impacto hidráulico teniendo en cuenta el proyectado relleno de Aeroparque, de la sedimentación en el puerto, y de la estratificación térmica por la descarga de la centrales termoeléctricas.

Descriptores temáticos: agitación, sedimentación, estratificación térmica, plumas de turbidez

Descriptores geográficos e institucionales: Río de la Plata, Puerto de Buenos Aires, Administración General de Puertos

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 ESCENARIOS DE PROYECTO 5

2.1 Escenarios finales 5

2.2 Escenarios intermedios 6

3 AGITACIÓN DENTRO DE RECINTO PORTUARIO 7

3.1 Escenarios finales 7

3.2 Escenarios intermedios 10

3.2.1 Obra de avance de Escollera Sur de relleno y retiro de tablestacado 10

3.2.2 Obra de remoción parcial de escollera existente 15

3.2.3 Extensión de nueva escollera en sentido Norte-Sur 18

4 IMPACTO HIDRÁULICO 21

4.1 Consideraciones generales 21

4.2 Modelación numérica 21

4.3 Relleno costero Aeroparque 21

4.4 Aplicación del modelo 22

4.4.1 Escenarios 22

4.4.2 Indicadores de impacto hidráulico 23

4.5 Resultados 23

5 SEDIMENTACIÓN 30

5.1 Consideraciones generales 30

5.2 Tasas de sedimentación 30

5.3 Volúmenes de sedimentación 31

6 DESCARGAS TÉRMICAS 36

6.1 Distribución de sobretemperatura 36

6.2 Estratificación térmica 40

6.3 Tomas de agua 45

6.4 Cambio en las condiciones ambientales 46

6.4.1 Sobretemperatura 46

6.4.2 Estratificación 48

7 RENOVACIÓN DE LAS AGUAS 49

8 CONCLUSIONES 50

1 INTRODUCCIÓN

La Administración General de Puertos (AGP) desarrolló un proyecto de nueva configuración para el Puerto de Buenos Aires, y encargó al INA llevar a cabo estudios para evaluar y optimizar su desempeño hidráulico.

Específicamente, los estudios abarcaron los siguientes aspectos:

- Agitación por oleaje.
- Impacto hidráulico de la ampliación sobre el entorno del puerto.
- Variación en la hidrodinámica del interior portuario.
- Sedimentación en el puerto.
- Estratificación térmica por la descarga de las centrales termoeléctricas.
- Impacto de las potenciales plumas de turbidez generadas durante la construcción.
- Tiempos de residencia del puerto, como indicador de la calidad de las aguas.

Los resultados del estudio se presentaron en el Informe Final, producido en mayo de 2018.

A continuación, la AGP planteó al INA estudios complementarios para determinar, utilizando los modelos matemáticos construidos, las condiciones hidráulicas para variantes de configuraciones finales e intermedias del puerto, y el impacto hidráulico en su entorno.

En este Informe Complementario se presentan los resultados de estos estudios. La organización del Informe es como sigue:

- En el capítulo 2 se describen los escenarios de análisis.
- En el capítulo 3 se desarrolla el estudio de agitación por oleaje.
- En el capítulo 4 se desarrolla el estudio del impacto hidráulico de un relleno costero en la zona de Aeroparque en relación con la ampliación del puerto.
- En capítulo 5 se desarrolla el estudio de la sedimentación en el puerto.
- En el capítulo 6 se desarrolla el estudio de la estratificación térmica por la descarga de las centrales termoeléctricas.
- En el capítulo 7 se presentan las conclusiones del estudio.

2 ESCENARIOS DE PROYECTO

2.1 Escenarios finales

En base a una evaluación integral de los resultados obtenidos en la etapa previa de estudios en relación a la agitación, la sedimentación y las descargas térmicas, la AGP seleccionó dos condiciones posibles de finalización del Proyecto de Modernización de Puerto Buenos Aires. Estas se corresponden con los escenarios 7 y 15 definidos en esa instancia, aunque contemplando una modificación menor en la orientación de la zona de relleno, y con el agregado de una extensión de 250 metros del malecón sur. La Figura 2.1 muestra los esquemas de ambas configuraciones, que se consideran como Etapa 1 y Etapa 2, respectivamente, del proyecto definitivo.



Figura 2.1. Configuración de escenarios finales.

2.2 Escenarios intermedios

Dada la magnitud de las obras previstas para la materialización del proyecto de modernización de la planta portuaria, se analizaron condiciones intermedias correspondientes a situaciones constructivas de la Etapa 1. Específicamente, se identificaron dos situaciones prioritarias para el análisis (Figura 2.2):

- Avance en la obra de la Escollera Sur del Relleno, determinando una extensión aconsejable para realizar el retiro del tablestacado que protege actualmente la Dársena E y la Cabecera de Espigón 6.
- Remoción parcial de la escollera existente (Extremo Norte) que da protección principalmente a las Dársenas C y D.



Figura 2.2. Configuración de escenarios para etapas intermedias.

3 AGITACIÓN DENTRO DE RECINTO PORTUARIO

3.1 Escenarios finales

Se analizó la agitación con el propósito de estimar los valores promedio de alturas de ola esperables en distintas zonas del recinto portuario para ambas configuraciones finales, considerando condiciones de oleajes extremos.

Se estableció una zonificación y puntos de control, los cuales se indican en la Figura 3.1:

- Zona de control en Acceso al puerto: Canal, Boca.
- Zonas de control en muelles de dársenas: Dársena Norte (DN), Dársenas A a E (DA, DB, DC, DE) y Cabecera del Espigón 6 (CE6)
- Zonas de control en muelles nuevos: MN1 y MN2.
- Puntos de control en zonas de maniobras de los buques: Antepuerto (Ant) y Maniobras (Man).



Figura 3.1. Zonificación para configuraciones finales.

Se utilizaron los mismos escenarios hidrodinámicos establecidos en el estudio anterior, asociados a períodos de retorno de TR = 10 años. La Tabla 3.1 muestra los valores de altura significativa, período de pico y dirección de incidencia del oleaje considerados para representar el oleaje propagado desde el contorno del modelo (borde oceánico) hasta el interior del recinto. Ellos caracterizan paramétricamente a las olas generadas en esa zona por vientos de la dirección indicada como nombre del escenario.

Tabla 3.1. Parámetros del oleaje utilizados para la modelación

Escenario	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
Viento NE	1.59	5.30	71.8
Viento ENE	1.77	5.60	93.1
Viento E	1.96	6.14	100.8
Viento ESE	1.94	6.14	109.7
Viento SE	1.90	6.14	114.0

La distribución de densidad de energía de las olas se representó mediante la función de Jonswap. Los escenarios de análisis para cada simulación se completaron con la consideración de un nivel de marea de N = 3,50 MOP, asociado también al valor de TR = 10 años.

Las características referidas a la conformación de las mallas de cálculo para la aplicación del modelo CGWAVE, tamaños y cantidad de elementos, propiedades reflejantes y demás, responden a las mismas consideraciones presentadas en el Informe Final de los estudios anteriores.

Para el presente análisis se realizó un total de 10 simulaciones numéricas, evaluando la agitación interna producida por cada uno de los escenarios de la Tabla 3.1 para las 2 configuraciones portuarias finales. Los resultados son presentados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Agitación promedio Hs (m) para configuraciones finales del proyecto. TR=10 años

Config.	Dir	Promedio Hs (m) para cada sector											
		Canal	Boca	DN	DA	DB	DC	DE	CE6	MN1	MN2	Ant	Man
Etapa 1	NE	1.65	1.67	0.44	0.30	0.09	0.06	0.05	0.09	0.10	0.13	0.73	0.19
	ENE	1.67	1.68	0.42	0.31	0.09	0.05	0.05	0.11	0.11	0.14	0.93	0.17
	E	1.81	1.75	0.45	0.34	0.10	0.06	0.06	0.12	0.10	0.13	1.01	0.16
	ESE	1.74	1.59	0.41	0.32	0.10	0.05	0.05	0.11	0.10	0.11	0.95	0.14
	SE	1.68	1.48	0.38	0.31	0.09	0.05	0.05	0.10	0.09	0.11	0.90	0.13
Etapa 2	NE	1.65	1.67	0.44	0.30	0.09	0.06	0.04	0.10	0.10	0.13	0.73	0.17
	ENE	1.67	1.68	0.42	0.31	0.09	0.05	0.04	0.12	0.10	0.13	0.93	0.16
	E	1.81	1.75	0.45	0.34	0.10	0.06	0.05	0.05	0.09	0.12	1.01	0.15
	ESE	1.74	1.59	0.41	0.32	0.10	0.05	0.04	0.05	0.09	0.11	0.95	0.13
	SE	1.68	1.48	0.38	0.31	0.09	0.05	0.05	0.06	0.08	0.10	0.90	0.13

Los valores de Hs presentados en la Tabla 3.2 muestran que los niveles de agitación esperables para ambas configuraciones resultan muy similares, señalando que el efecto de la ampliación del relleno no produce cambios sustanciales en ese sentido.

Estos resultados indican además que los cambios generados en la planta portuaria respecto de la configuración actual no alteran de manera significafiva las condiciones de agitación esperables en la Zona de Acceso y en el Antepuerto. En efecto, comparando los valores promedio señalados en la Tabla 3.2 con los análogos para el Escenario E6 (Configuración coincidente con la planta portuaria actual en la zona de acceso) presentados en el Informe Final del estudio antecedente, se observan variaciones porcentuales promedio de +1,7% para el Canal, +1,6% para la Boca, y -11,5% para el Antepuerto. Esto se interpreta como que el efecto del corrimiento de la nueva Escollera tiende a compensarse con el efecto de la extensión del Malecón Sur.

Al mismo tiempo, se observan variaciones leves de la agitación en la Dársena N y en la Dársena A, con porcentajes respectivos de +9,5% y +13,3%, que en términos absolutos representan incrementos del orden de 0,05 m.

En la zona interna del recinto portuario (Dársenas B, C, E y CE6; muelles MN1 y MN2; y área de Maniobras) los niveles de agitación esperables resulta muy bajos, perfectamente compatibles con el desarrollo de las operaciones portuarias.

3.2 Escenarios intermedios

Se evaluó el grado de exposición frente a la acción del oleaje al que podrían quedar sometidos, en forma temporaria, diferentes sectores del puerto de acuerdo al nivel de avance de las obras. Dado el carácter temporario de las configuraciones a ser analizadas, se decidió utilizar escenarios hidrodinámicos representativos de situaciones de "temporal frecuente". En consecuencia, se seleccionaron condiciones de oleaje asociadas a períodos de retorno de TR = 2 años, con distintas direcciones de incidencia. El mismo nivel de recurrencia fue considerado para el nivel de la marea (N = 3,0 m MOP).

Los resultados del análisis estadístico realizado sobre la serie temporal del registro mareográfico del Puerto de Buenos Aires (período 1989-2013) indica que el nivel de marea señalado (N = 3,0 m MOP) presenta una ocurrencia promedio de 9 horas al año.

Los escenarios de oleaje considerados para este análisis corresponden a los resultados obtenidos en la modelación del oleaje en la zona externa del puerto (presentados en el Informe Final del estudio anterior). Se indican en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Escenarios de oleaje utilizados para evaluar la agitación interna del puerto

Escenario (Dir Viento)	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
NE	1.07	4.6	65.7
ENE	1.16	4.6	93.7
E	1.42	5.3	104.0
ESE	1.63	5.3	111.2
SE	1.42	5.3	120.0

3.2.1 Obra de avance de Escollera Sur de relleno y retiro de tablestacado

El propósito de esta primera etapa de análisis consistió en evaluar los patrones de agitación interna que se producirían en la zona más expuesta del recinto portuario debido al eventual retiro del tablestacado, considerando el avance gradual de las obras de relleno y la nueva escollera. Más específicamente, se buscó determinar cuál sería la extensión de escollera nueva necesaria para garantizar niveles de agitación razonables en los sectores más comprometidos debido a la acción del oleaje.

A tal efecto, se analizaron 5 configuraciones portuarias diferentes, todas sin tablestacado, las cuales se representan en la Figura 3.2. En la misma se muestran además la ubicación de zonas y puntos de control seleccionados para evaluar los resultados en las zonas de mayor interés.



a) Extensión de relleno 1050 m (R1050)



b) Extensión de relleno 1300 m (R1300)



c) Extensión de contorno inclinado 200 m (CE200)



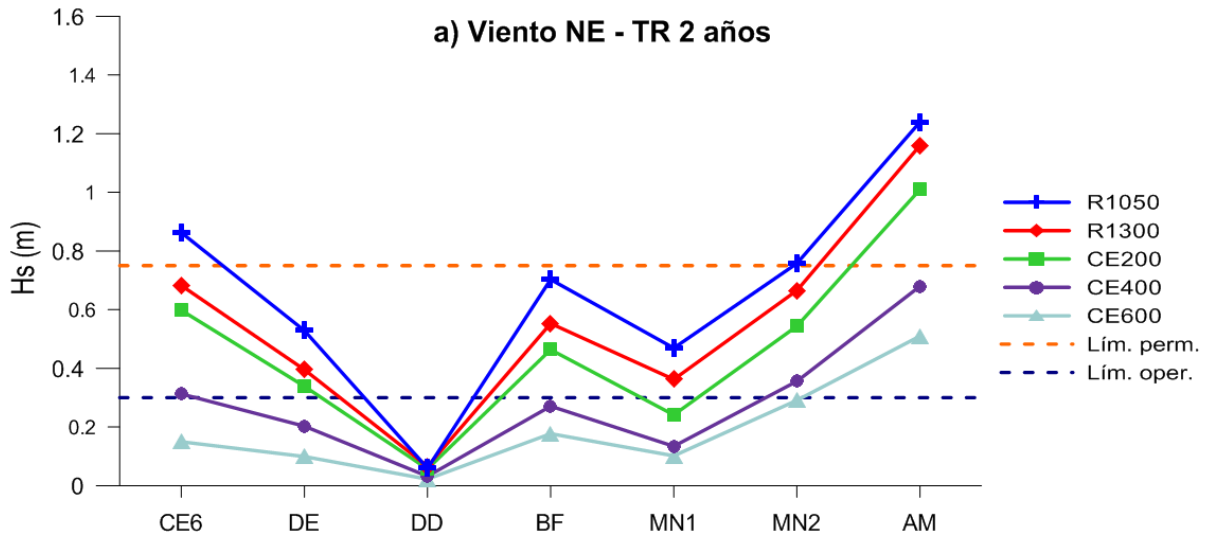
d) Extensión de contorno inclinado 400 m (CE400)

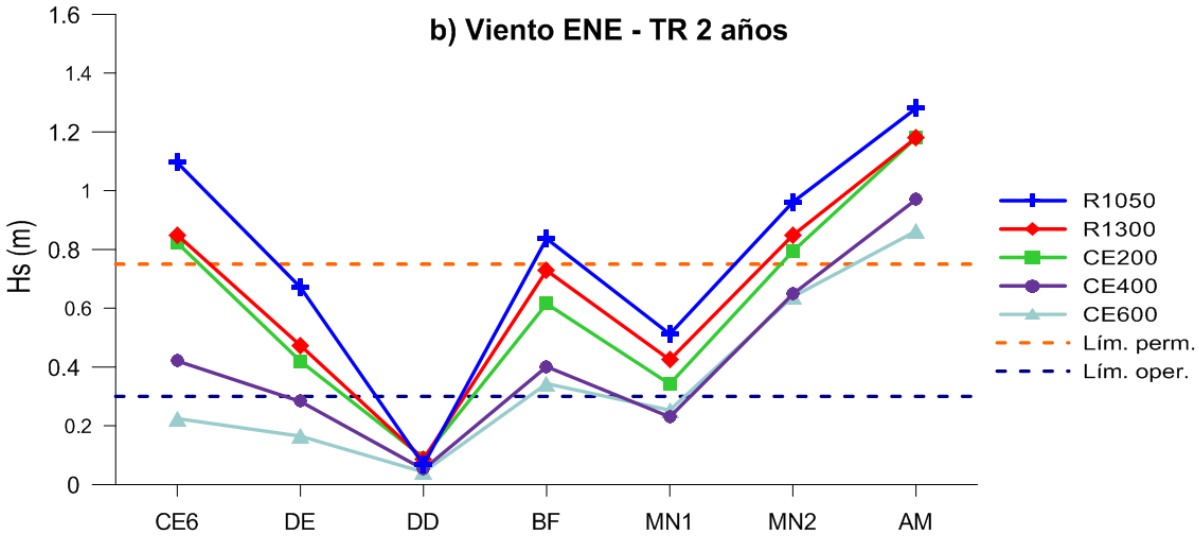


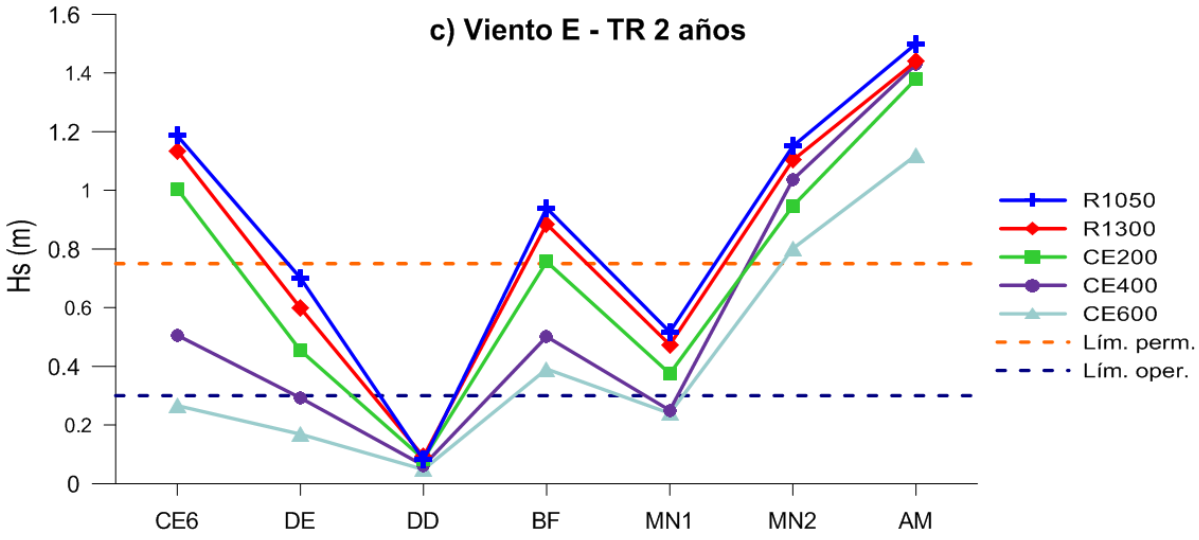
e) Extensión de contorno inclinado 600 m (CE600) f) Ubicación de puntos y zonas de control en el modelo

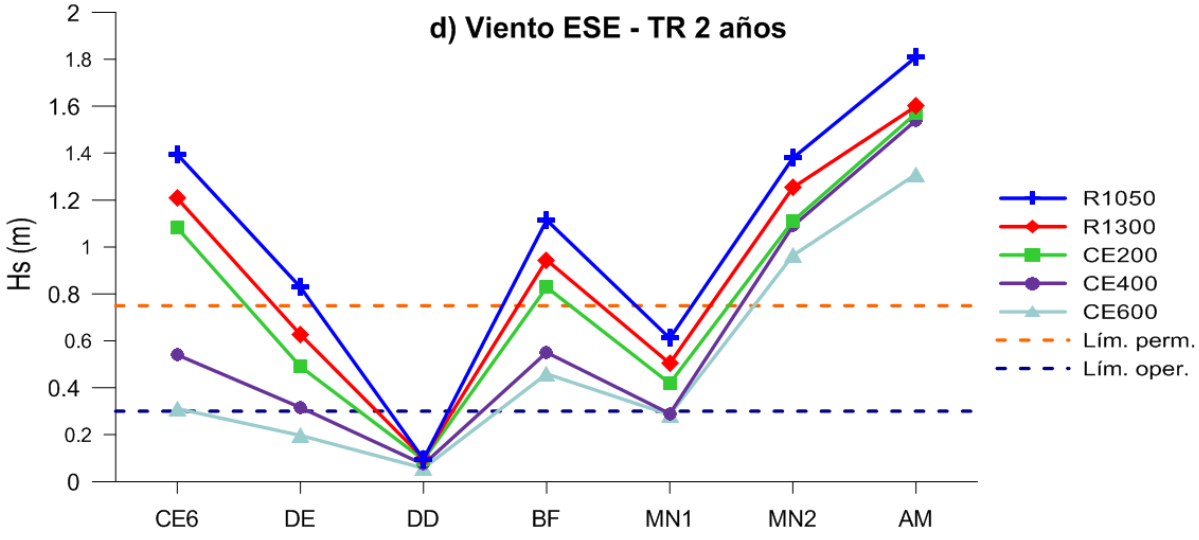
Figura 3.2. Configuraciones analizadas y ubicación de zonas y puntos de control.

Cada una de las configuraciones fue evaluada frente a la acción de los 5 escenarios hidrodinámicos indicados en la Tabla 3.3. Los resultados de este análisis se presentan en la Figura 3.3.




b) Viento ENE - TR 2 años
Hs (m)
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
CE6
DE
DD
BF
MN1
MN2
AM
R1050
R1300
CE200
CE400
CE600
Lím. perm.
Lím. oper.


c) Viento E - TR 2 años
Hs (m)
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
CE6
DE
DD
BF
MN1
MN2
AM
R1050
R1300
CE200
CE400
CE600
Lím. perm.
Lím. oper.


d) Viento ESE - TR 2 años
Hs (m)
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
CE6
DE
DD
BF
MN1
MN2
AM
R1050
R1300
CE200
CE400
CE600
Lím. perm.
Lím. oper.

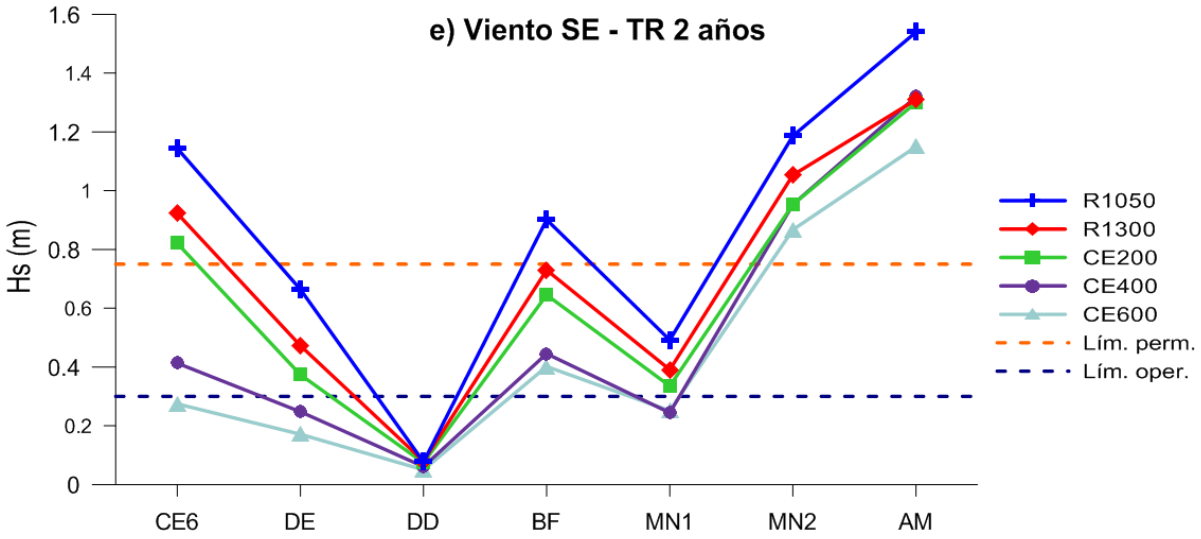


Figura 3.3. Agitación promedio para distintas zonas del recinto portuario.

Como parámetros para la evaluación, se establecieron dos umbrales de agitación promedio para zonas de amarre, los cuales definen los límites de altura del oleaje admisibles para las embarcaciones. Según las normas ROM 2.0, para buques portacontenedores se consideran los siguientes valores:

- Hs = 0,3 m: Límite de altura de ola admisible para las operaciones de carga y descarga.
- Hs = 0,75 m: Límite de altura de ola admisible para la permanencia del buque en la zona de amarre.

Este primer conjunto de resultados (Figura 3.3) permite apreciar de manera integral la disminución en los niveles de agitación de diferentes sectores del recinto en virtud del avance de la obra de abrigo (Escollera Nueva). Los gráficos muestran algunos sectores donde los valores promedio de Hs se reducen más fuertemente que en otros al pasar de la configuración R1050 a la configuración CE600. El caso más destacado lo constituyen la Dársenas CE6 y la Dársena E, donde la variación en los niveles de agitación va desde valores que se encuentran por encima del Límite de Permanencia (LP) hasta valores por debajo del Límite de Operación (LO) en la condición de mayor abrigo, aún para el caso del escenario más desfavorable (Viento ESE, Figura 3.3 d).

La Dársena D no se ve comprometida en ningún caso, manteniendo los valores de agitación promedio por debajo de LO para todos los escenarios analizados.

La situación de los muelles nuevos previstos por el proyecto, MN1 y MN2, resulta diferente. En el caso de MN1, los resultados muestran que en este sector se obtienen siempre niveles de agitación por debajo del LP, pero la extensión de la obra de abrigo en el tramo inclinado (CE400 y CE600) podría generar un beneficio importante reduciendo los valores por debajo del LO.

Por el contrario, MN2 muestra ser un sector mucho más expuesto a la acción de los temporales, quedando en la mayoría de los casos con valores promedio de Hs por encima del LP, a excepción de los escenarios con oleaje den NE y ENE, donde dicho sector queda con mayor resguardo (Figura 3.3.a y b).

Estos resultados ponen también en evidencia que los escenarios más comprometidos para la zona de estudio resultan ser el E, el ESE y el SE.

3.2.2 Obra de remoción parcial de escollera existente

El propósito de este análisis consistió en evaluar el grado de avance requerido en la obra Escollera Nueva para poder comenzar con la remoción de la Escollera Existente, sin afectar sensiblemente las condiciones de exposición frente a la acción del oleaje en la zona de influencia.

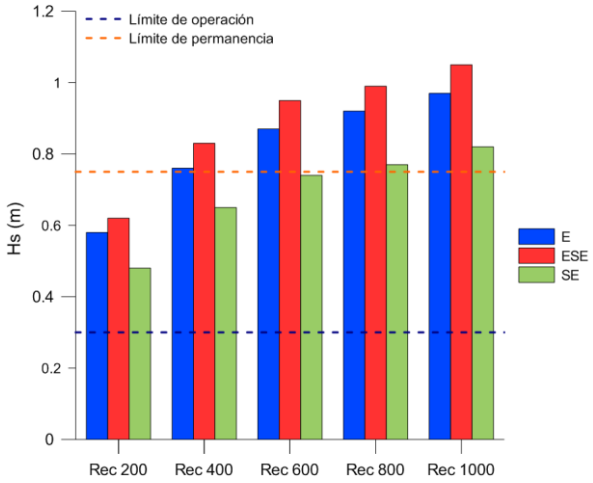
Para ello, se estudiaron remociones parciales de 200 m de longitud de la Escollera Existente sobre las 2 configuraciones que mostraron mayor nivel de resguardo en la sección anterior, es decir, la Escollera Nueva extendida en su tramo inclinado con longitudes de 400 m y 600 m (configuraciones CE400 y CE600). La Figura 3.4 muestra un esquema de las configuraciones analizadas para esta evaluación. Se utilizaron los escenarios de oleaje E, ESE y SE, dado que fueron los que mostraron mayor incidencia sobre la zona de estudio.



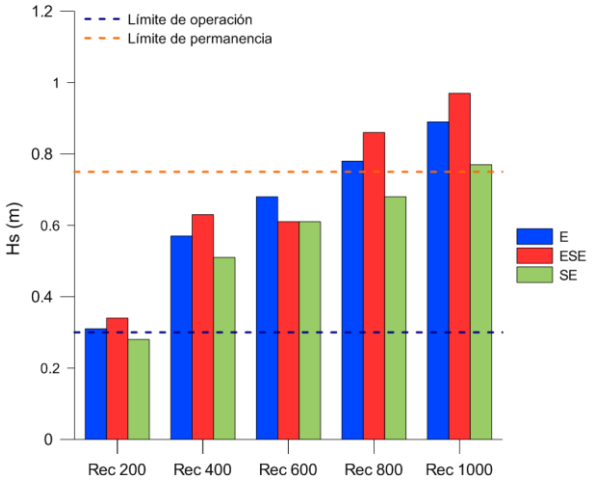
a) Recortes parciales de 200 m en CE400 b) Recortes parciales de 200 m en CE600

Figura 3.4. Esquemas utilizados para el estudio de la remoción de la Escollera Existente.

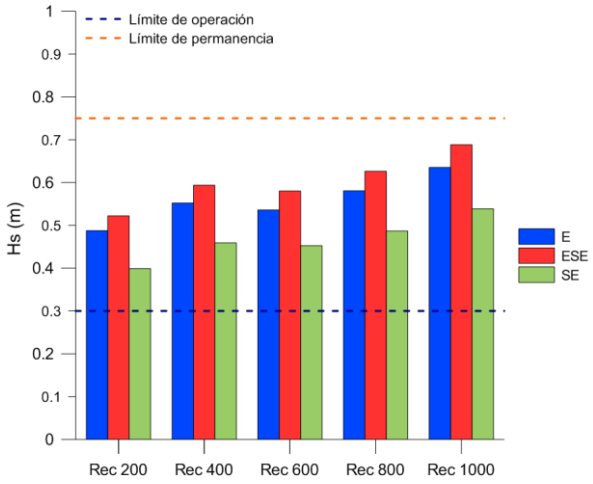
Los resultados de la modelación son presentados en la Figura 3.5. En este caso, los gráficos de barras, correspondientes a cada uno de los sectores de amarre de la zona de estudio, muestran la comparación entre valores promedio de Hs (m) obtenidos para los diferentes escenarios analizados en ambas configuraciones de estudio.



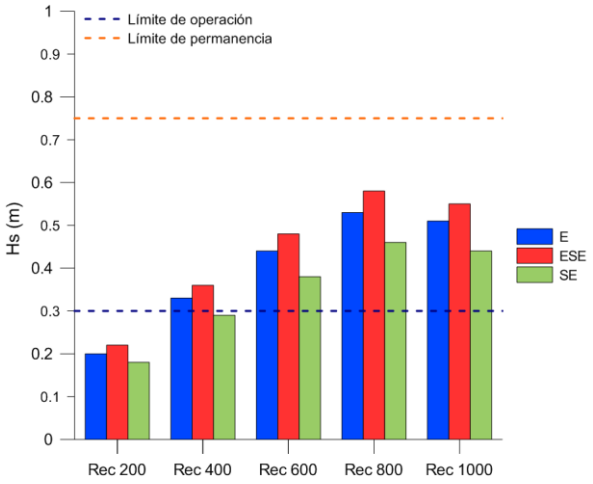
a) Agitación promedio en CE6 para CE400 recortada



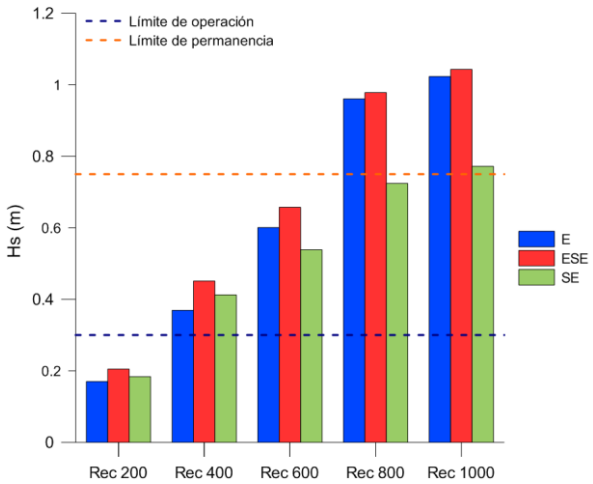
b) Agitación promedio en CE6 para E600 recortada



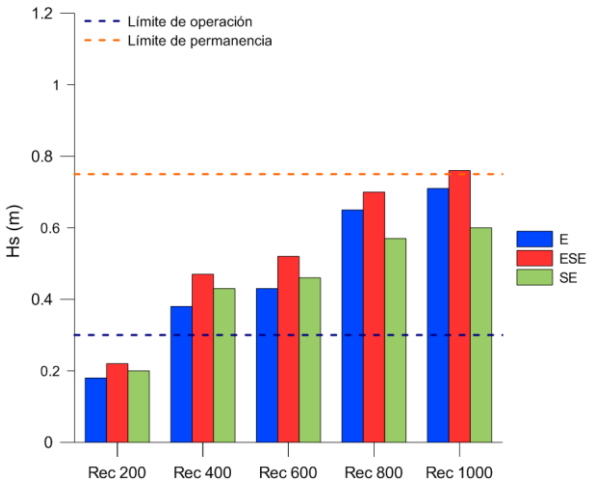
c) Agitación promedio en DE para CE400 recortada



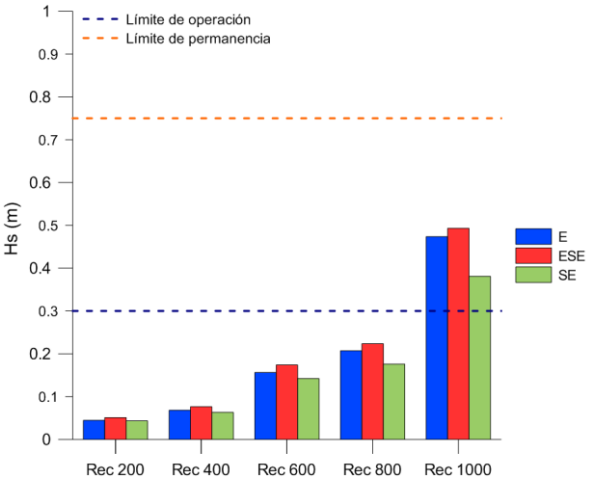
d) Agitación promedio en DE para E600 recortada



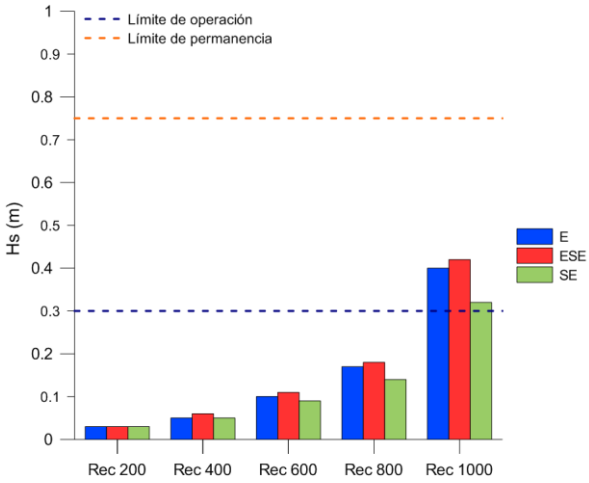
e) Agitación promedio en DD para CE400 recortada



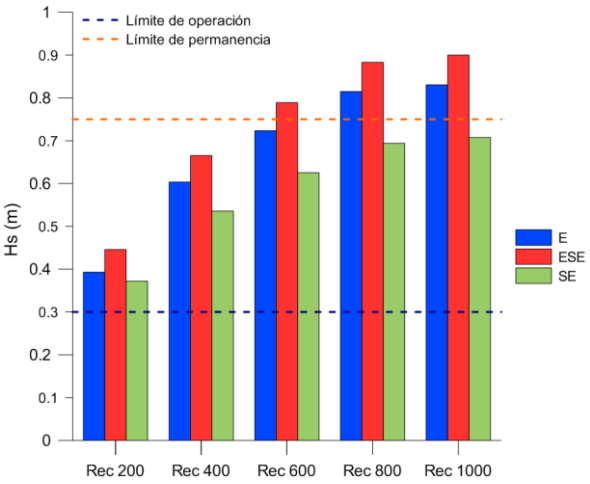
f) Agitación promedio en DD para E600 recortada



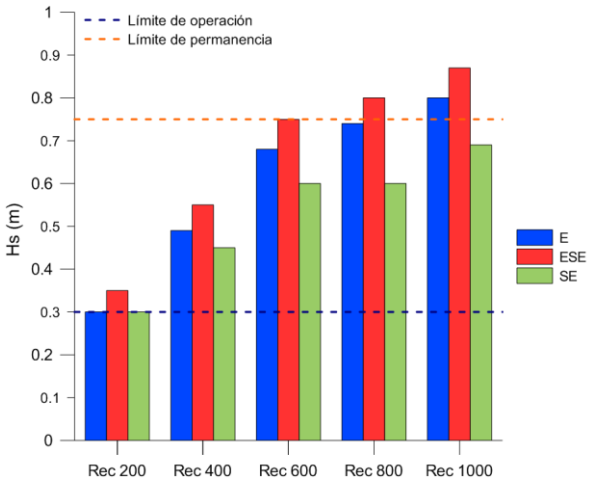
g) Agitación promedio en DC para CE400 recortada



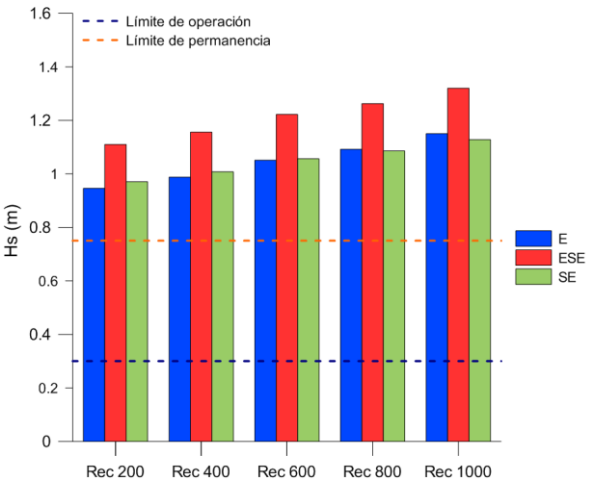
h) Agitación promedio en DC para E600 recortada



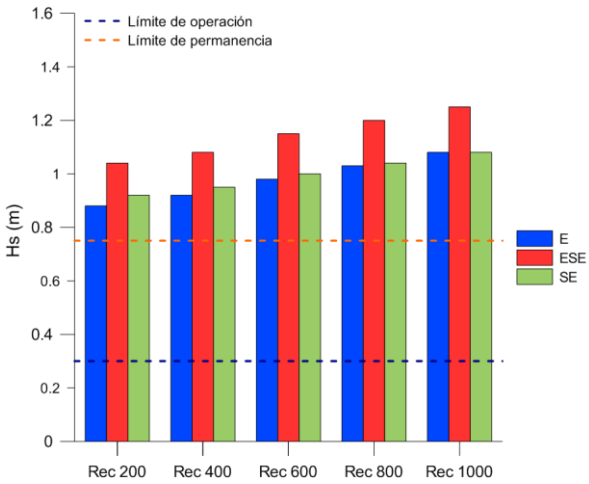
i) Agitación promedio en MN1 para CE400 recortada



j) Agitación promedio en MN1 para E600 recortada



k) Agitación promedio en MN2 para CE400 recortada



l) Agitación promedio en MN2 para E600 recortada

Figura 3.5. Agitación promedio para distintas zonas del recinto portuario con recorte de la Escollera Existente sobre Configuraciones CE400 y CE600.

Los gráficos obtenidos del análisis (Figura 3.5) muestran en términos generales que la zona de estudio resulta muy sensible al recorte de la Escollera Existente (EE), viéndose esto reflejado en el incremento de la agitación promedio en todos los sectores de interés para ambas configuraciones.

Para el caso de la Dársena CE6, ninguna condición de recorte permite obtener niveles de agitación por debajo de LO. Mientras que para garantizar niveles que no superen el valor LP se admiten recortes sólo de 200 m con la configuración CE400 y de hasta 600 m para la configuración CE600.

La Dársena E resulta menos afectada que la anterior, mostrando valores promedio de Hs por debajo del LP en ambas configuraciones, aún para recortes de 1000 m. Para garantizar niveles de agitación inferiores a LO en este sector se requiere un recorte no mayor a 200 m con la configuración CE600.

Los resultados obtenidos para la Dársena D muestran una alta sensibilidad al recorte de la escollera. Fundamentalmente, para la configuración CE400 los niveles de agitación promedio en ese sector se incrementan fuertemente con el avance en el recorte de la EE (Figura 3.5e), mientras que para la configuración CE600 pueden obtenerse valores promedio de Hs por debajo de LP aún con recortes de 1000 m.

La dársena C sólo se vería afectada sustancialmente por recortes superiores a los 1000 m. En ese caso, los niveles de agitación se ubicarían entre LO y LP para ambas configuraciones.

La situación en MN1 muestra que en este sector tampoco es posible garantizar el LO con el recorte de la EE. Sí, en cambio, se admiten recortes de hasta 400 m y 600 m, respectivamente, para mantener la agitación promedio por debajo de LP en las configuraciones C400 y C600.

La zona del muelle MN2 resulta ser el sector menos afectado por el recorte de la EE. En efecto, los gráficos de la Figura 3.5i y Figura 3.5j muestran muy poca variación frente al avance del recorte. Para ambas configuraciones los niveles de agitación se encuentran siempre por encima de LP.

3.2.3 Extensión de nueva escollera en sentido Norte-Sur

Dada la idea preliminar planteada por AGP respecto de planificar una primera etapa de remoción de la Escollera Existente en una extensión de 800 m, se estudió el grado de protección sobre la zona de estudio generado por la prolongación adicional de la Escollera Nueva.

En esta nueva instancia de evaluación dichas prolongaciones tienen desarrollo norte-sur, estudiándose extensiones de 200 m, 400 m, 600 m y 800 m. La denominación correspondiente a estas configuraciones es CE800, CE1000, CE1200, y CE1400, respectivamente, respondiendo a los esquemas presentados en la Figura 3.6.



a) Remoción de 800 m de Escollera en CE800



b) Remoción de 800 m de Escollera en CE1000



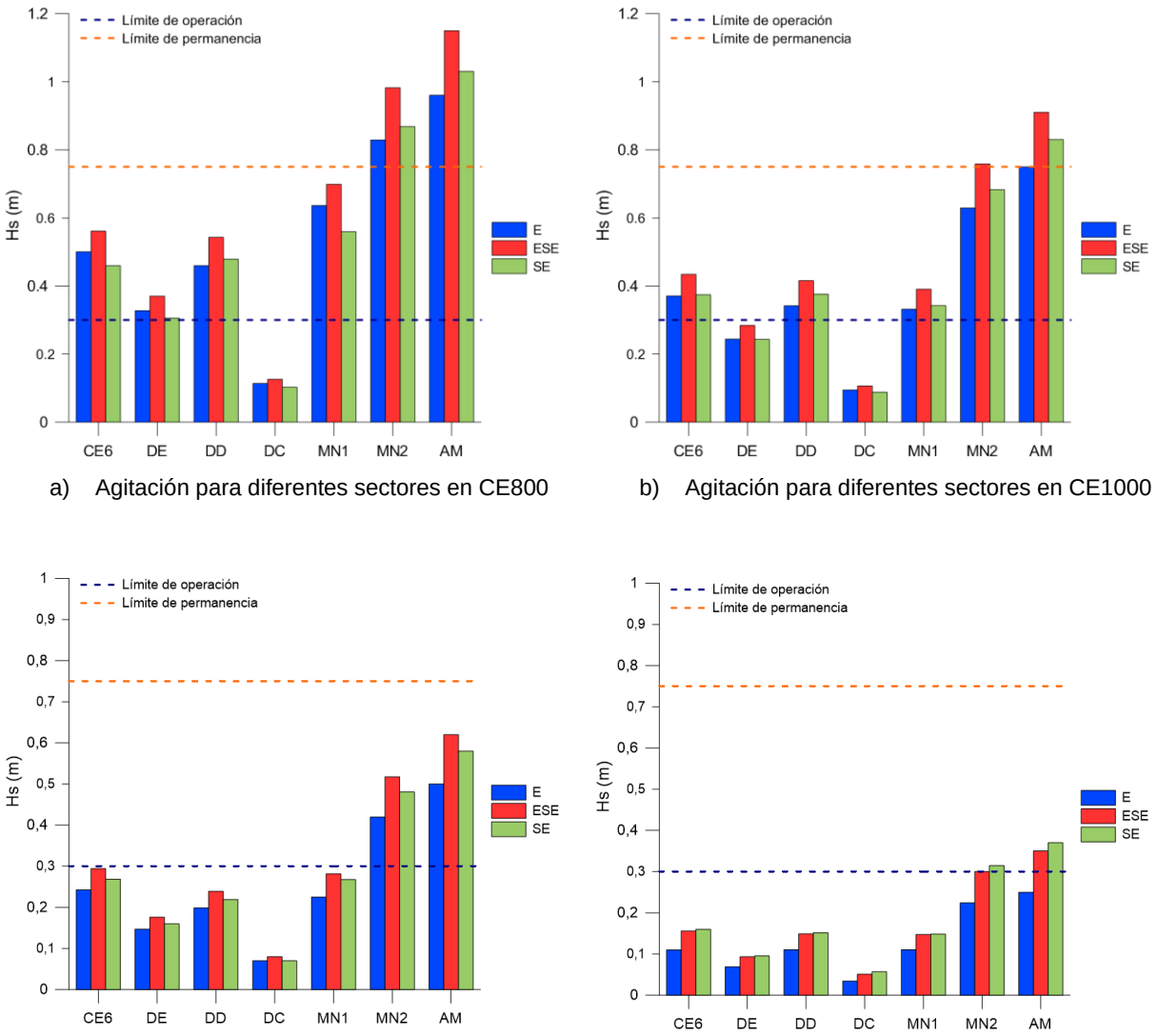
c) Remoción de 800 m de Escollera en CE1200



d) Remoción de 800 m de Escollera en CE1400

Figura 3.6. Esquemas para el estudio de la prolongación de la Escollera Nueva tramo Norte-Sur.

Los resultados de la modelación son presentados en la Figura 3.7, con gráficos de barras correspondientes a cada uno de los sectores de amarre de la zona de estudio. Estos muestran la comparación entre valores promedio de Hs (m) obtenidos para los diferentes escenarios analizados en las cuatro configuraciones de estudio.



a) Agitación para diferentes sectores en CE800

b) Agitación para diferentes sectores en CE1000

c) Agitación para diferentes sectores en CE1200

d) Agitación para diferentes sectores en CE1400

Figura 3.7. Valores promedio de agitación Hs para las configuraciones analizadas

El incremento en el nivel de protección contra el oleaje debido al avance en la obra de abrigo exterior se ve claramente reflejado en la reducción de los valores de agitación promedio presentados en la Figura 3.7 para todos los sectores del recinto portuario.

En particular, se destaca la disminución en los valores promedio de Hs correspondientes al muelle MN2, en comparación con los resultados obtenidos en el apartado anterior (Figura 3.5k y Figura 3.5l). Estos nuevos resultados muestran que el avance de la EE en sentido norte-sur posibilita reducir fuertemente la agitación promedio en dicho sector, ubicándose por debajo del LP para el caso de la configuración CE1000 y alcanzando el LO para la configuración CE1400.

En consecuencia, la configuración CE1400 muestra niveles de agitación por debajo de LO en todos los sitios de amarre para los escenarios de oleaje incidente estudiados.

4 IMPACTO HIDRÁULICO

4.1 Consideraciones generales

En el Informe Final del estudio antecedente se estudiaron los impactos que la ampliación del puerto producirá sobre las condiciones hidráulicas en su entorno; en particular, sobre las corrientes y sobre el patrón de sedimentación. Sin embargo, esta obra no es el único emprendimiento que implicas una modificación de la línea de costa en la ciudad de Buenos Aires. Efectivamente, se prevé un relleno costero en inmediaciones del Puerto de Buenos Aires frente al Aeroparque Jorge Newbery. En este capítulo se generan indicadores del impacto combinado.

4.2 Modelación numérica

Para la determinación de los impactos se utilizó el modelo numérico hidrodinámico implementado, calibrado y validado que fue descripto en el Informe Final del estudio antecedente.

Este modelo, construido en base al software MOHID, está desarrollado sobre tres dominios anidados, llegando a resolver la zona-problema con una discretización espacial de 40 m y temporal de 6 segundos. Los principales forzantes del modelo corresponden a la marea oceánica (obtenida a partir de resultados provistos por el modelo regional RPP2D[1]) y el aporte de los tributarios principales (ríos Paraná y Uruguay).

El modelo fue validado para condiciones normales (situación de vientos suaves, representativa de un escenario hidrometeorológico normal) y para condiciones extremas (una Sudestada y una bajante) en las que se incorporó el forzado del viento.

4.3 Relleno costero Aeroparque

Se prevé la ejecución de un relleno costero en la zona del Aeroparque Jorge Newbery, a aproximadamete 2000 m del Puerto de Buenos Aires, que representa un avance medio de entre 50 y 100 m de la costa, completando alrededor de 9 ha (Figura 4.1).

[1]Re, M., Menéndez, A.N., 2007, Impacto del Cambio Climático en las Costas del Río de la Plata, Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 7 (1).

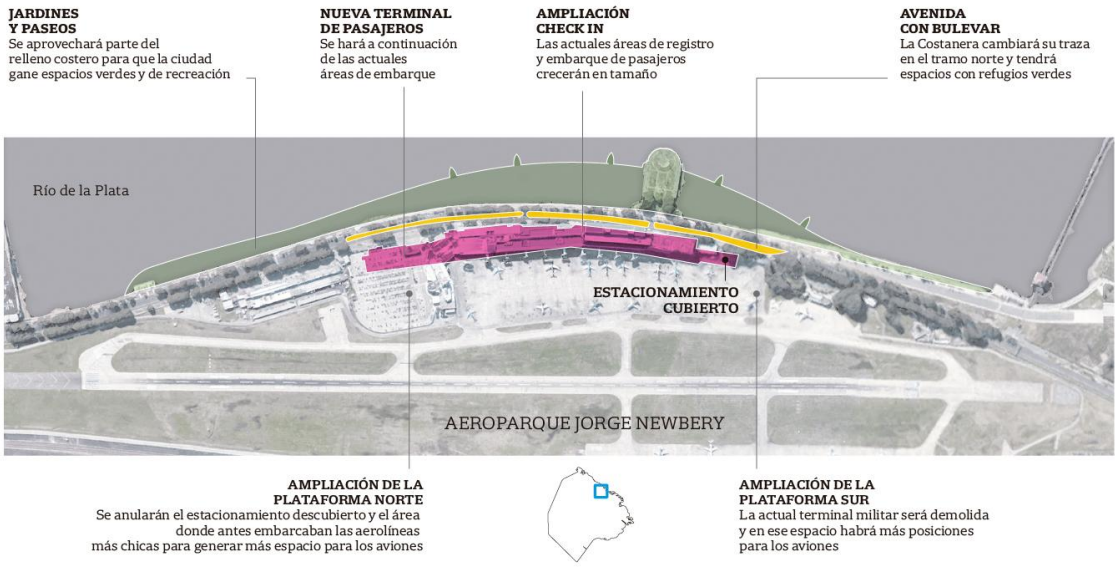


Figura 4.1. Proyecto de relleno costero en la zona del Aeroparque Jorge Newbery (Buenos Aires) (*Fuente: La Nación*).

4.4 Aplicación del modelo

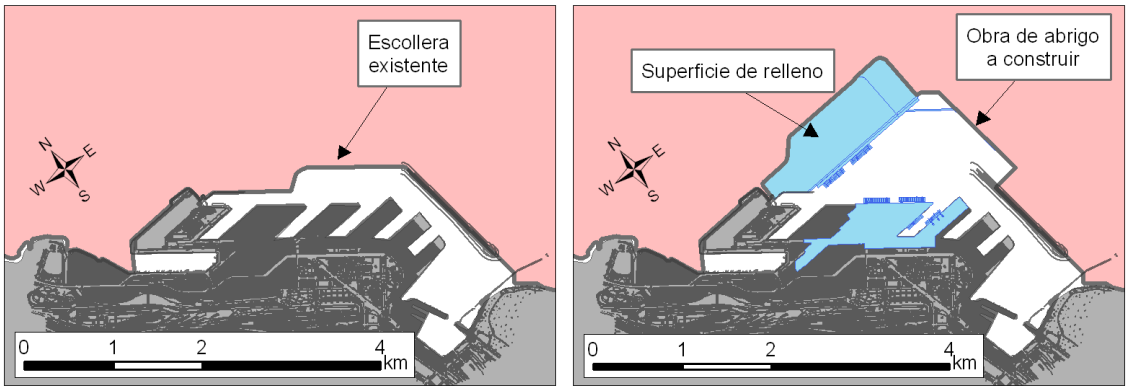
4.4.1 Escenarios

Se modelaron dos escenarios de configuración del puerto, a saber (Figura 4.2):

a) **Escenario CA:** Representa la configuración actual del puerto.

b) **Escenario CP:** Corresponde a una situación representativa de la configuración final de proyecto, con los rellenos afectando una superficie aproximada de 1040 m^2, y la construcción de una nueva obra de abrigo de aproximadamente 1400 m.

Estos escenarios fueron combinados con la presencia del relleno costero en Aeroparque.



a) Escenario CA **b)** Escenario CP

Figura 4.2. Escenarios de configuración del puerto.

4.4.2 Indicadores de impacto hidráulico

Se utilizaron para la evaluación los tres indicadores de impacto hidráulico ya presentados en el Informe Final del estudio antecedente:

I. Módulo de la diferencia de velocidades para los instantes de máxima velocidad (cuando es máximo el impacto del cambio de configuración), que es un indicador del cambio tanto de la intensidad como de la dirección de la velocidad. Este indicador es significativo para analizar impactos sobre la navegación. **[IND 1]**

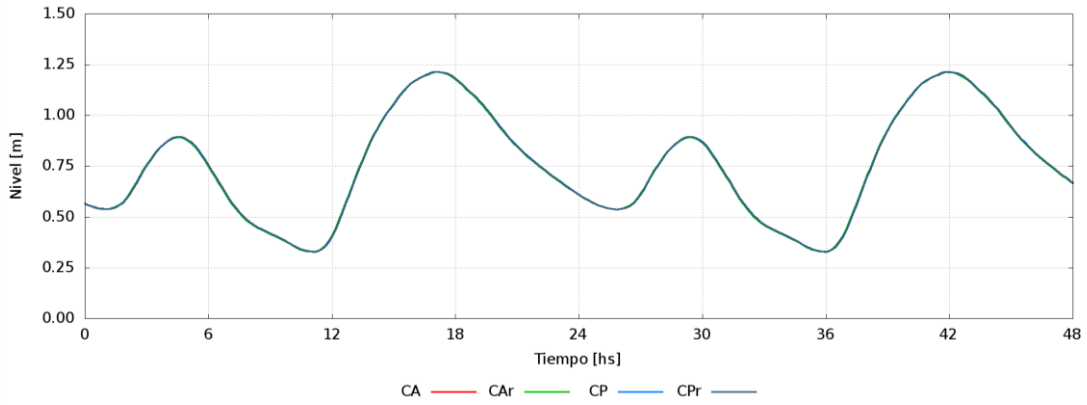
II. Diferencia del módulo de las velocidades para los instantes de máxima velocidad, que es un indicador del cambio de intensidad de la velocidad. Este indicador también es relevante para analizar afectación a la navegación. **[IND 2]**

III. Diferencia entre el valor medio del factor de Krone para un ciclo de mareas, que es un indicador del cambio en la tasa de sedimentación. El factor de Krone afecta la tasa máxima potencial de sedimentación, que es el producto de la concentración de sedimento en suspensión y la velocidad de caída correspondiente a su diámetro medio, y constituye la parte de la tasa de sedimentación más directamente afectada por la hidrodinámica. **[IND 3]**

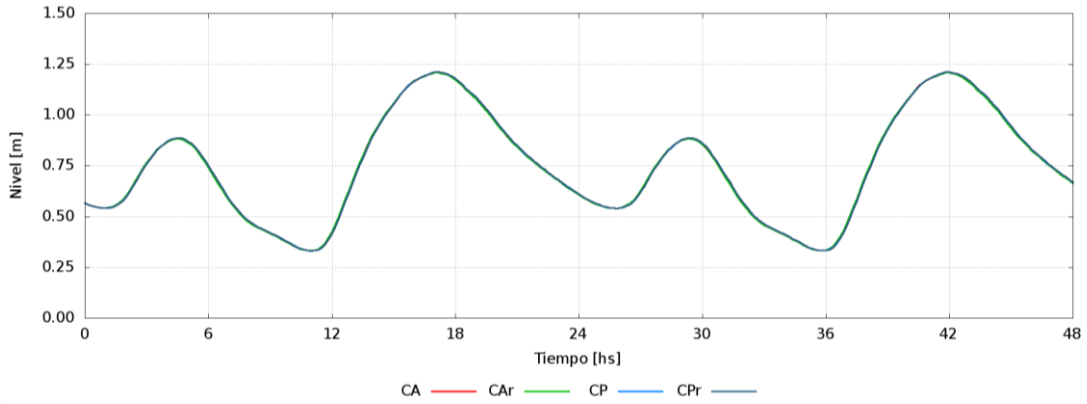
Las simulaciones se realizaron para cuatro escenarios: CA (puerto actual sin relleno aeroparque), CP (puerto proyectado sin relleno aeroparque), CAr (puerto actual con relleno Aeroparque) y CPr (puerto proyectado con relleno Aeroparque).

4.5 Resultados

En la Figura 4.3 se muestra el nivel de marea costero en las estaciones Aeroparque (a aproximadamente 1500 m de Aeroparque) y Costa Salguero (a alrededor de 500 m del Puerto) sobre la ventana de tiempo de 48 horas utilizada para el análisis, correspondiente a condiciones normales (representativas de una situación media), para todos los escenarios de análisis. No se observa ninguna diferencia entre las distintas series.



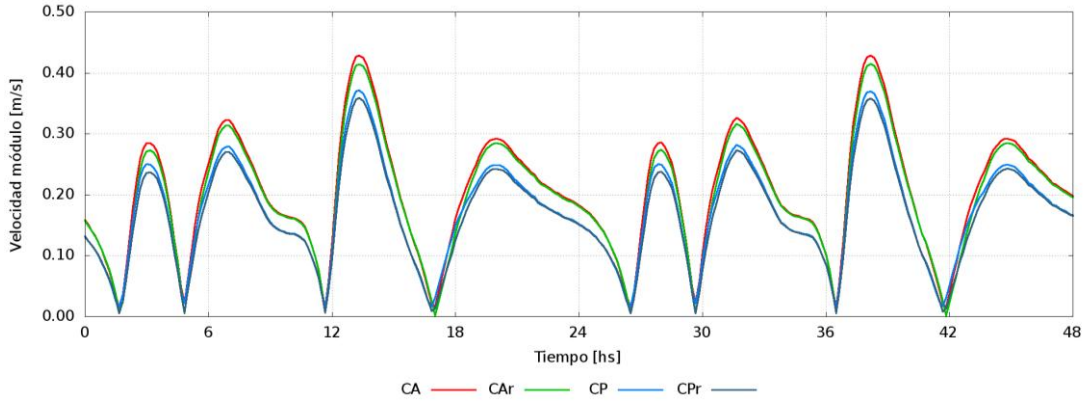
a) Aeroparque



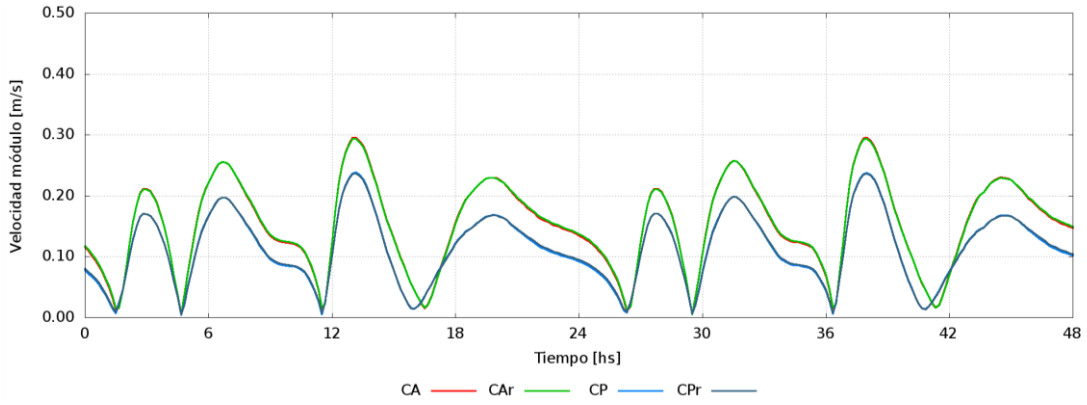
b) Costa Salguero

Figura 4.3. Niveles de marea costeros para todos los escenarios.

La Figura 4.4 presenta la evolución del módulo de la velocidad para las dos estaciones de seguimiento, donde sí se detectan diferencias tanto para la situación de puerto actual como de puerto proyectado por la presencia del relleno de Aeroparque, aunque leves.



a) Aeroparque



b) Costa Salguero

Figura 4.4. Velocidades módulo.

Los indicadores de velocidad se construyeron para el instante de máxima velocidad en creciente, que es el mayor valor dentro de la ventana de tiempo de simulación.

La Figura 4.7, Figura 4.8 y Figura 4.9 muestran el indicador de cambio de velocidad por implementar el relleno con el puerto actual, por implementar el relleno con el puerto proyectado, y por implementar el puerto con el relleno ejecutado, respectivamente. Los dos primeros muestran variaciones minúsculas en alcance (concentradas en la zona adyacente al relleno) y muy leves en magnitud (con valores máximos del orden de los 4 cm/s), poniendo de manifiesto la poca relevancia de la implementación del relleno. Por su parte, la implementación del puerto luego de haberse ejecutado el relleno (Figura 4.9) muestra variaciones en el entorno portuario, sin alcanzar a la zona del relleno.

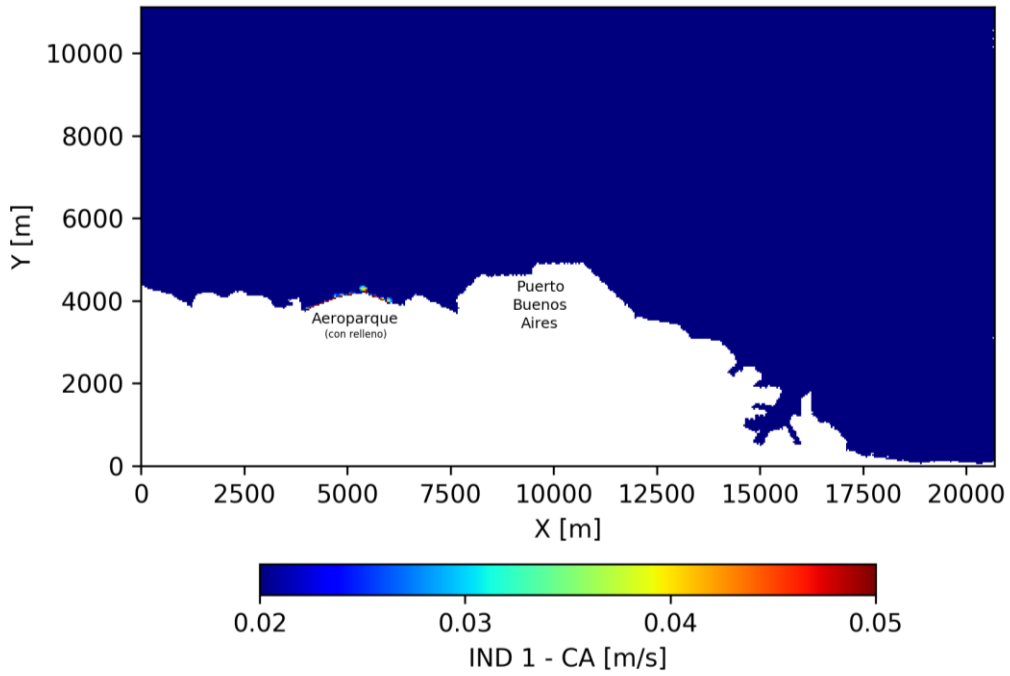


Figura 4.5. Indicador de cambio de velocidad *[IND 1]* entre escenarios CAr y CA.

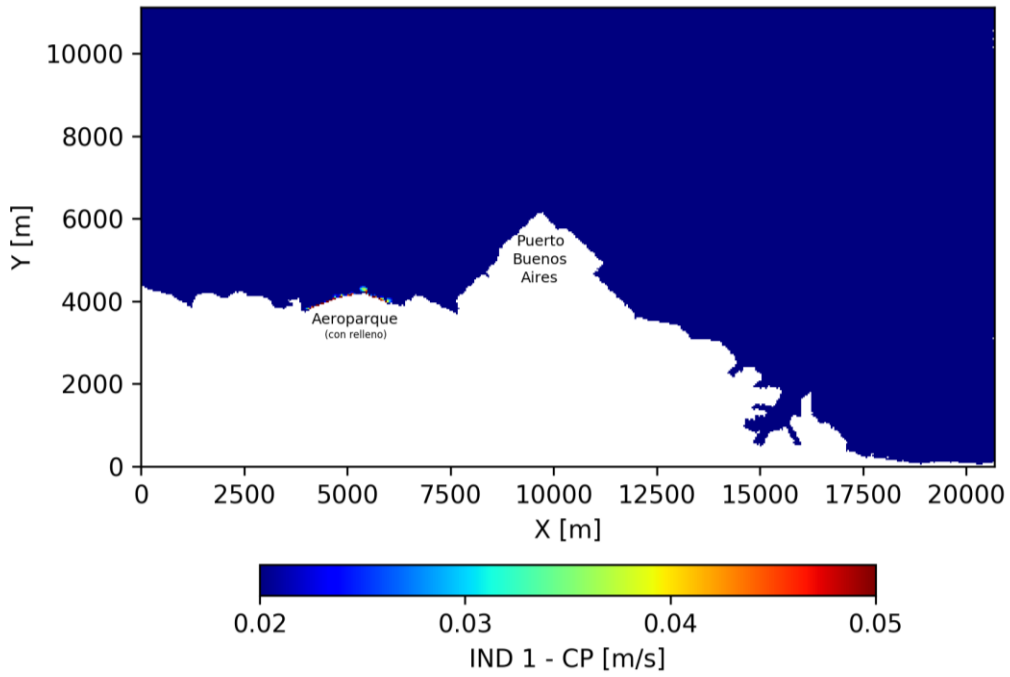


Figura 4.6. Indicador de cambio de velocidad *[IND 1]* entre escenarios CPr y CP.

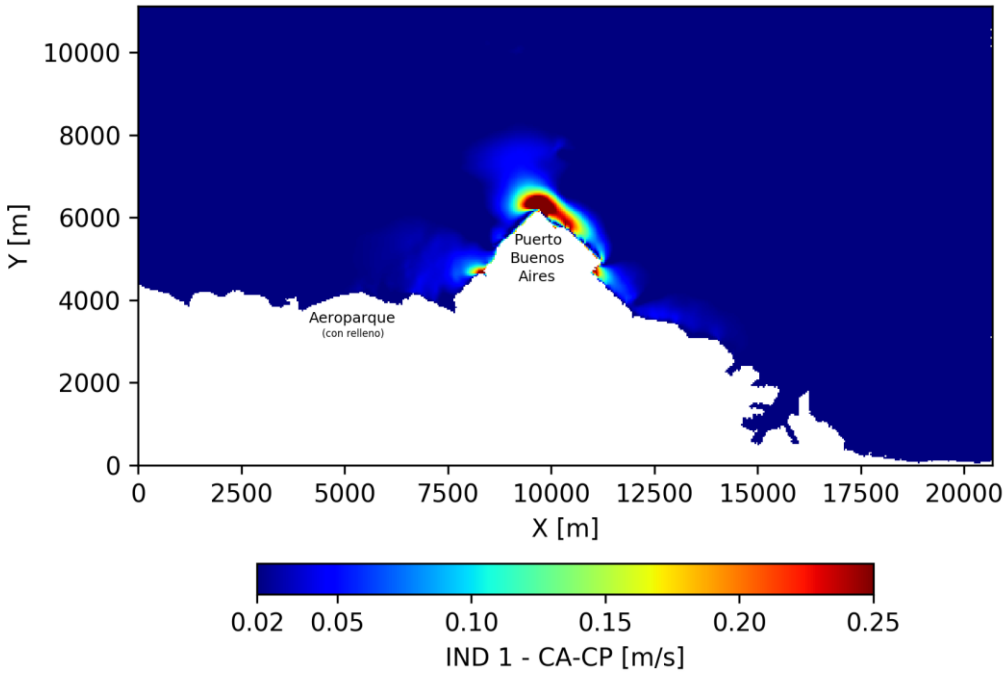


Figura 4.7. Indicador de cambio de velocidad *[IND 1]* entre escenarios CPr y CAr.

Para el indicador de cambio del módulo de la velocidad (Figura 4.8, Figura 4.9 y Figura 4.10) se observa un comportamiento similar al observado con el indicador anterior. Los cambios son de a lo sumo 4 cm/s y concentrados alrededor del relleno de Aeroparque (aunque sobre una zona algo más extendida) cuando éste se implementa, y hay ausencia de afectación en la zona de relleno por la implementación del puerto.

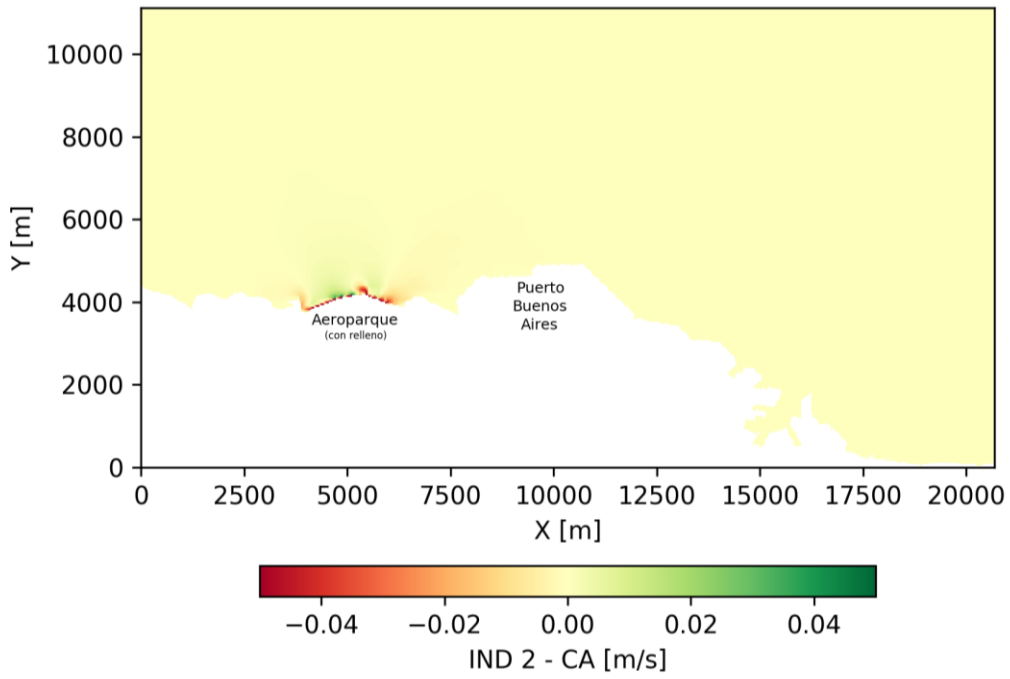


Figura 4.8. Indicador de cambio del módulo de velocidad *[IND 2]* entre escenarios CAr y CA.

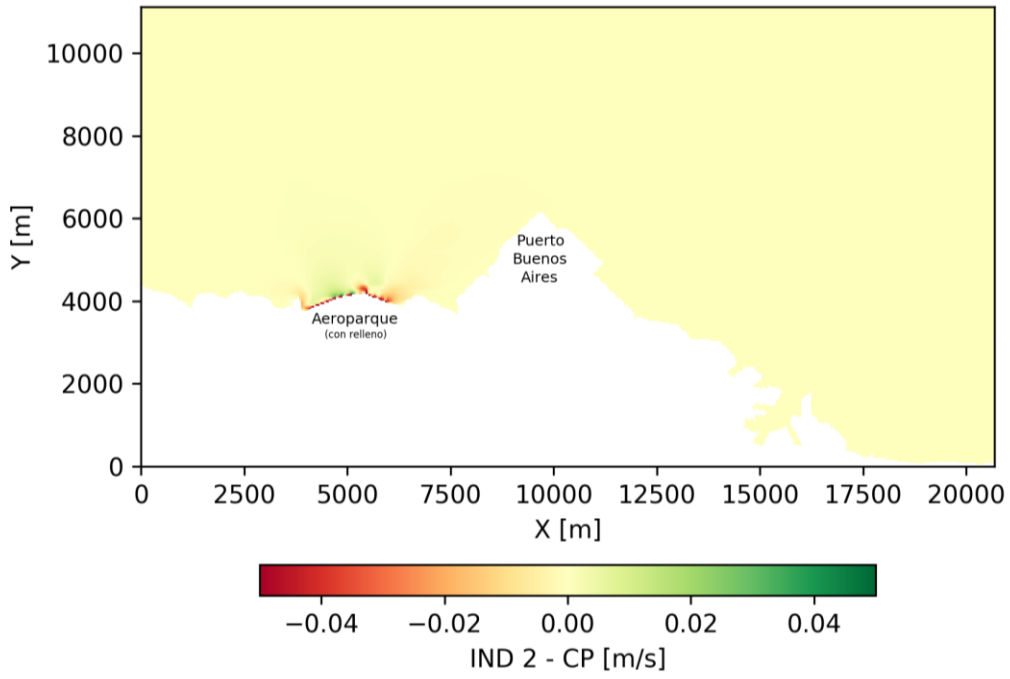


Figura 4.9. Indicador de cambio del módulo de velocidad *[IND 2]* entre escenarios CPr y CP.

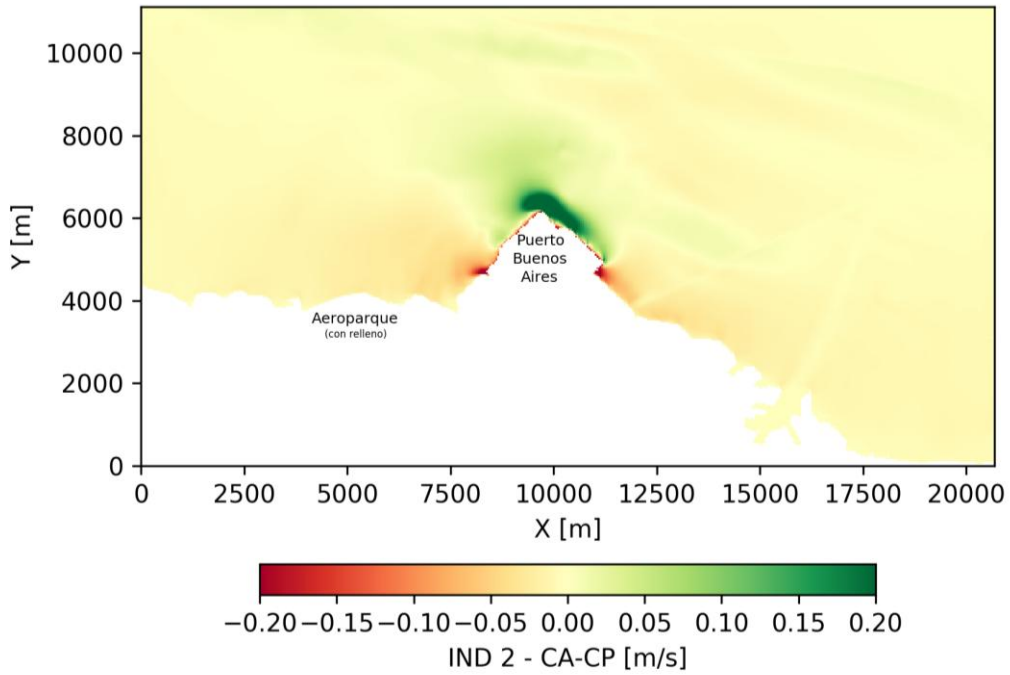


Figura 4.10. Indicador de cambio del módulo de velocidad *[IND 2]* entre escenarios CPr y CAr.

El indicador de sedimentación muestra variaciones máximas apenas por encima del límite de perceptibilidad (0,1), y concentradas en torno al relleno (Figura 4.11 y Figura 4.12), por la implementación del relleno, y variaciones de a lo sumo 0,1 en el entorno del relleno por la implementación del puerto (Figura 4.13).

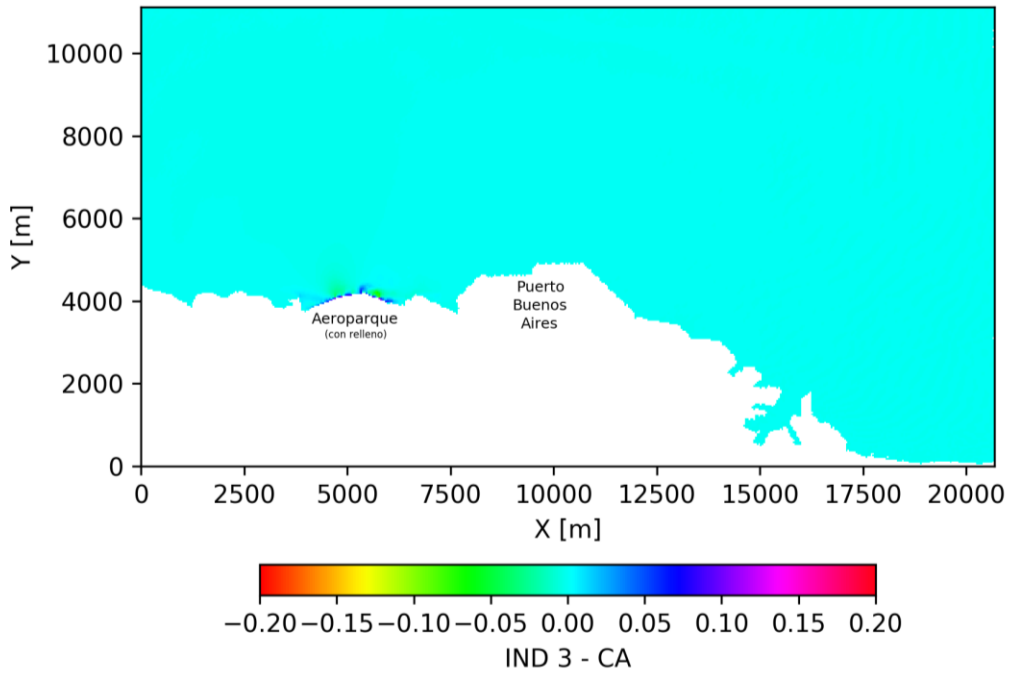


Figura 4.11. Indicador de cambio de tasa de sedimentación *[IND 3]* entre escenarios CAr y CA.

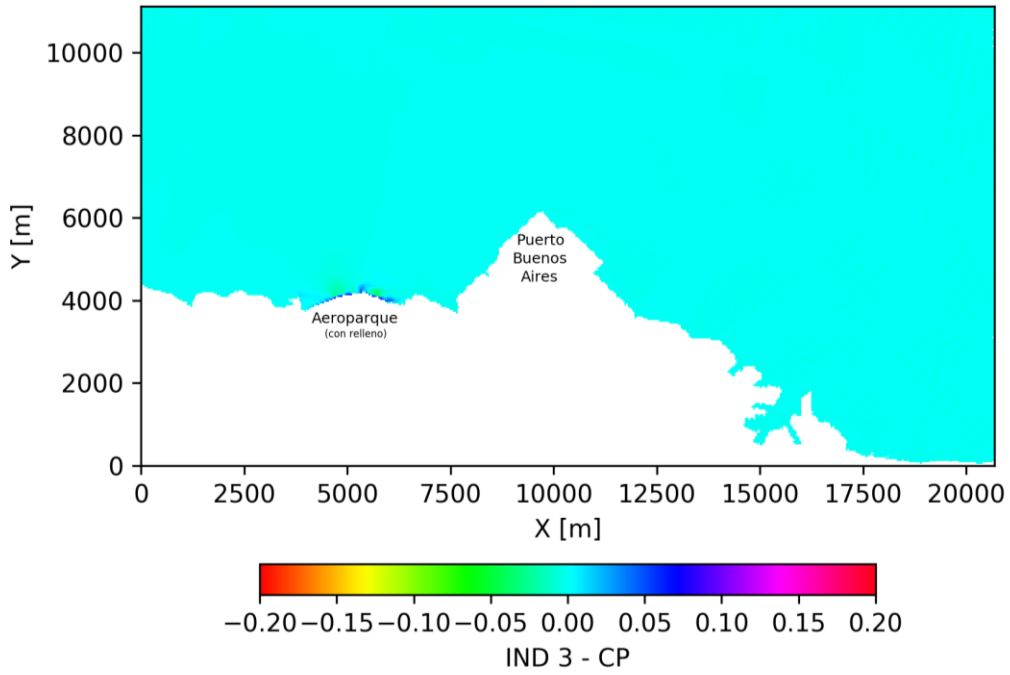


Figura 4.12. Indicador de cambio de tasa de sedimentación *[IND 3]* entre escenarios CPr y CP.

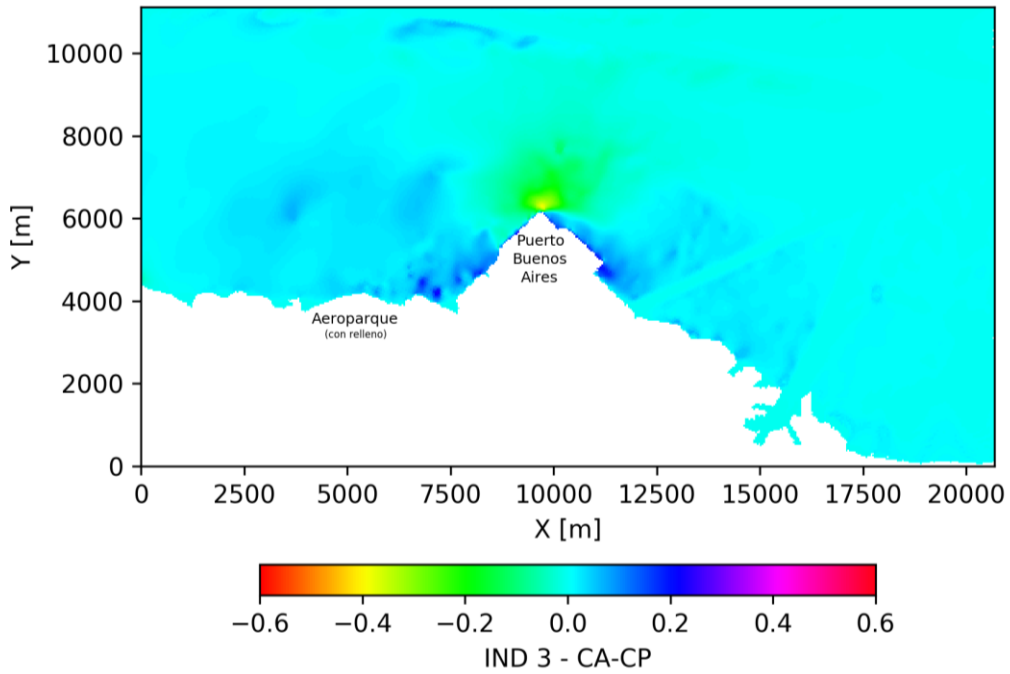


Figura 4.13. Indicador de cambio de tasa de sedimentación *[IND 3]* entre escenarios CPr y CAr.

En síntesis, la implementación del relleno tiene un impacto hidráulico muy poco significativo, y la implementación del puerto no impacta hidráulicamente sobre la ubicación del relleno.

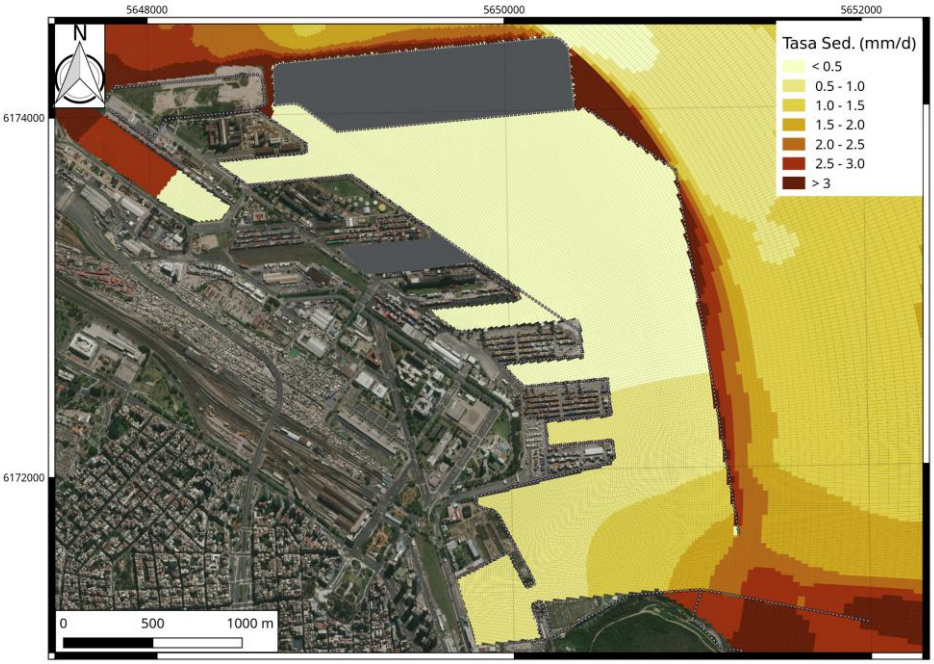
5 SEDIMENTACIÓN

5.1 Consideraciones generales

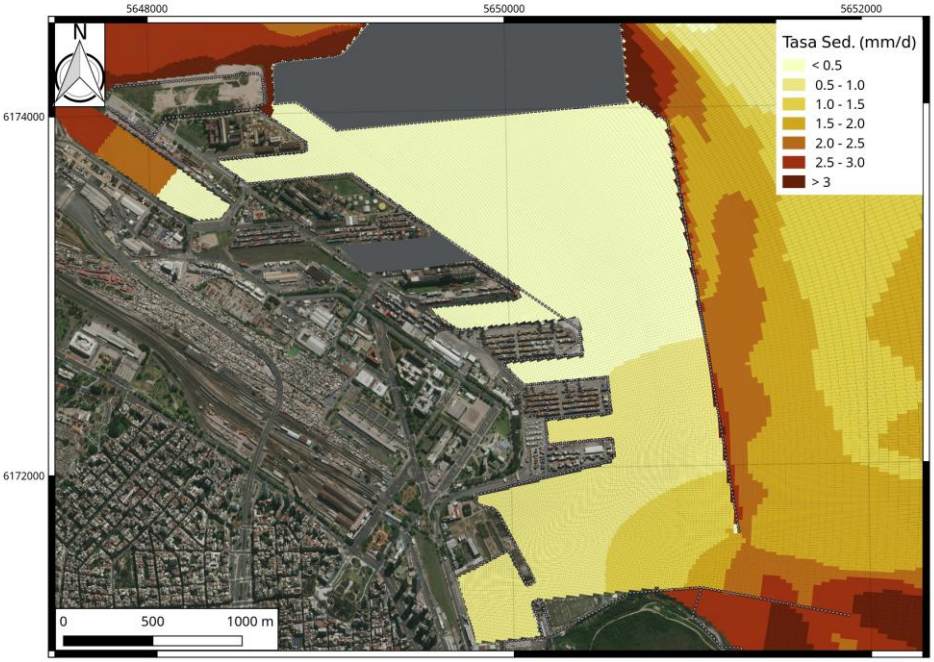
Se determinaron las tasas de sedimentación y volúmenes anuales de sedimentación para las configuraciones finales, utilizando la metodología de modelación descripta en el Informe Final del estudio antecedente.

5.2 Tasas de sedimentación

La Figura 5.1 muestra los mapas de distribución espacial de las tasas medias de sedimentación para las dos etapas de la configuración final del puerto. Se observa que ellas son menores a 1 mm/d en la mayor parte del puerto.



a) Etapa 1



b) Etapa 2

Figura 5.1. Tasas de sedimentación para las Etapas de Proyecto

5.3 Volúmenes de sedimentación

Se determinaron los volúmenes anuales sedimentados medios esperados en los sectores que se indican en la Figura 5.2. Los resultados para ambas etapas se muestran en la Figura 5.3 y la Tabla 5.1, donde también se indican los correspondientes a la situación actual como referencia. En la Figura 5.4 se comparan los volúmenes totales. Se observa que:

- Los volúmenes esperados para las dársenas A, B, E, la Terminal 6 y el Canal de Pasaje son significativamente menores a los actuales para ambas etapas.
- Las etapas de proyecto presentan un volumen sedimentado mayor al actual sólo sobre el Canal de Acceso (entre el km 1100 y 1750 del Canal Norte).
- Para las etapas de proyecto los volúmenes sedimentados en la zona de maniobras y en el Canal de Pasaje representan más del 70% del volumen total sedimentado.
- El volumen total sedimentado para las dos etapas de proyecto es menor al de la situación actual en alrededor del 30%.

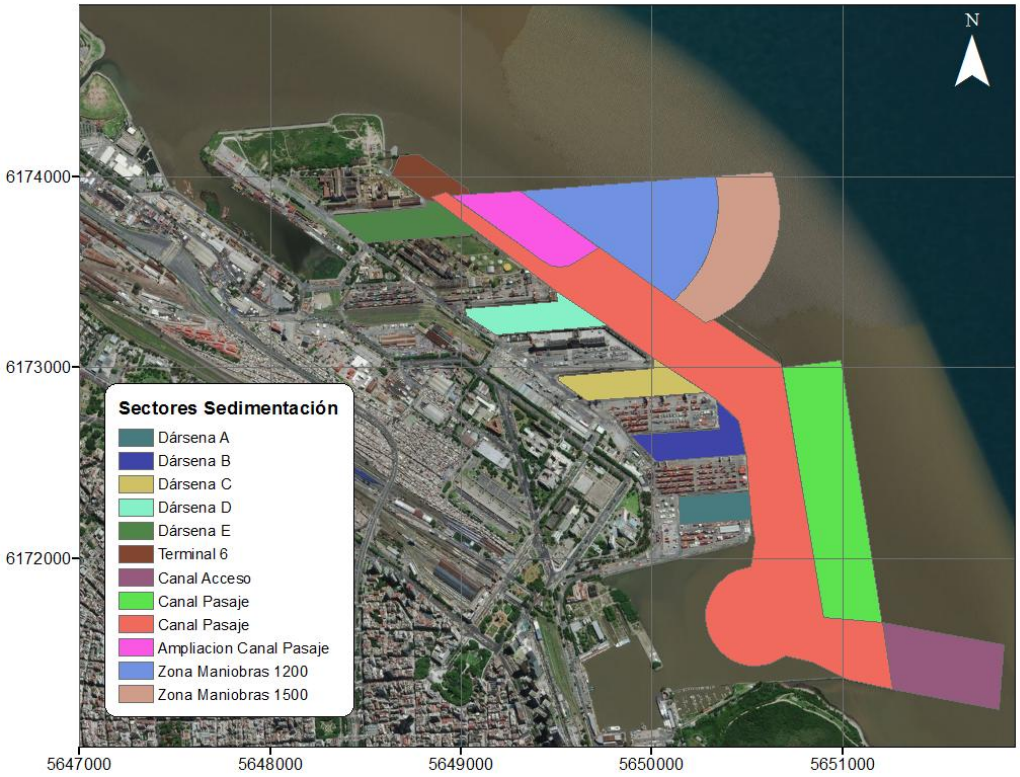


Figura 5.2. Sectores de análisis de volúmenes de sedimentación.

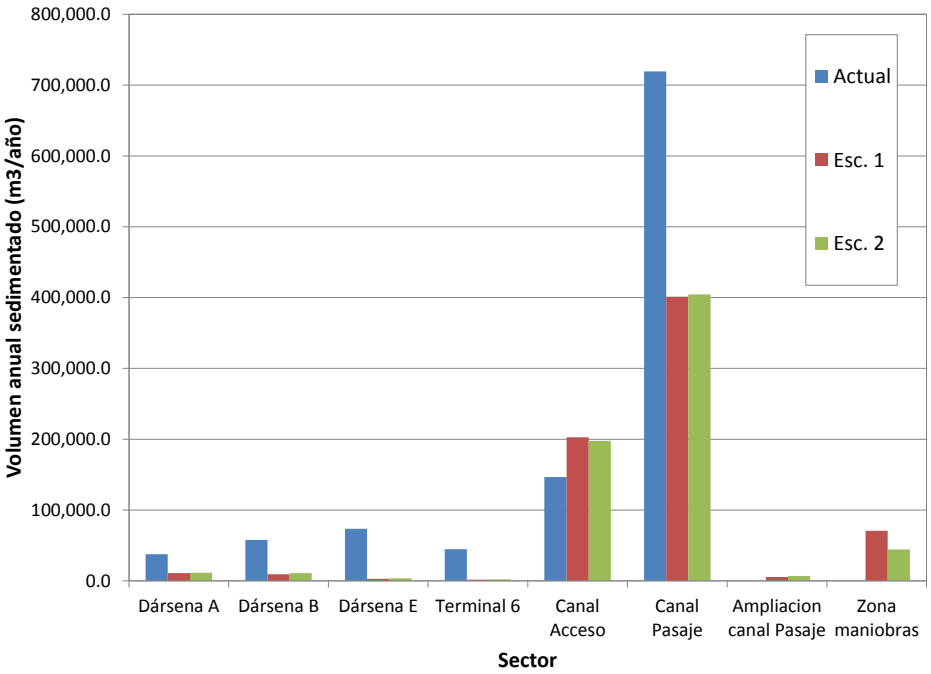


Figura 5.3. Volúmenes medios anuales sedimentados por sector.

Tabla 5.1. Volúmenes medios anuales sedimentados para las etapas de proyecto

Sector	Actual [m^3/año]	Etapa 1 [m^3/año]	Etapa 2 [m^3/año]
Dársena A	37600	11000	11600
Dársena B	58000	9300	11000
Dársena E	73700	2900	3700
Terminal 6	44800	1700	2200
Canal Acceso	146700	202700	197700
Canal Pasaje	719300	401300	404600
Ampliación Canal Pasaje	-	5600	7100
Zona maniobras	-	70700	44300
TOTAL	**1080100**	**705200**	**682200**

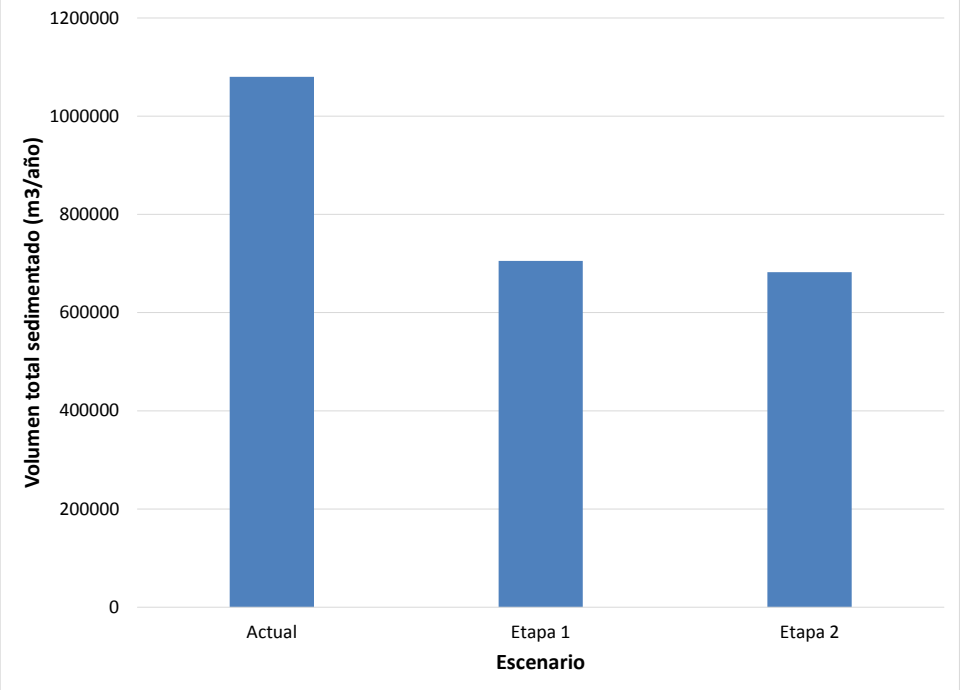


Figura 5.4. Volúmenes anuales totales sedimentados.

Incorporando los márgenes de incertidumbre establecidos en el Informe Final del estudio antecedente (±25% para la zona de dársenas y ±40% para el Canal de Pasaje), se obtienen los volúmenes anuales máximos y mínimos esperados mostrados en la Tabla 5.2 y representados en la Figura 5.5.

Tabla 5.2. Volúmenes mínimos y máximos anuales sedimentados para las etapas de proyecto

Sector		**Actual [m^3/año]**	**Etapa 1 [m^3/año]**	**Etapa 2 [m^3/año]**
Dársena A	Mínimo	37600	8250	8700
	Máximo		13750	14500
Dársena B	Mínimo	58000	6975	8250
	Máximo		11625	13750
Dársena E	Mínimo	73700	2175	2775
	Máximo		3625	4625
Terminal 6	Mínimo	44800	1275	1650
	Máximo		2125	2750
Canal Acceso	Mínimo	146700	121620	118620
	Máximo		283780	276780
Canal Pasaje	Mínimo	719300	240780	242760
	Máximo		561820	566440
Ampliación Canal Pasaje	Mínimo	-	3360	4260
	Máximo		7840	9940
Zona maniobras	Mínimo	-	53025	33225
	Máximo		88375	55375
TOTAL	**Mínimo**	**1080100**	**437460**	**420240**
	Máximo		**972940**	**944160**

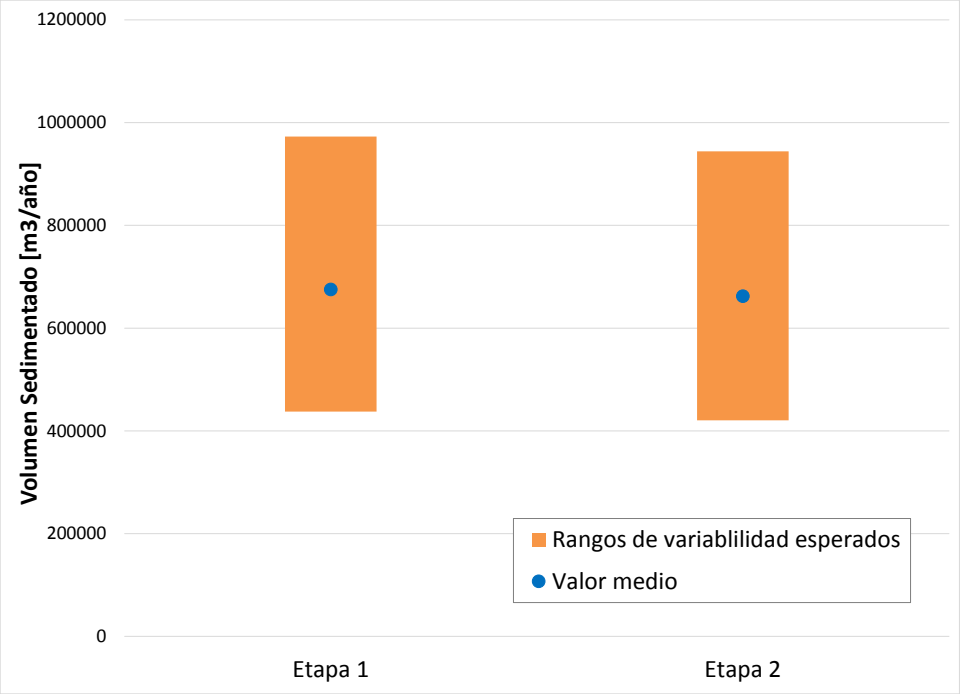


Figura 5.5. Rango de variabilidad de los volúmenes anuales totales sedimentados.

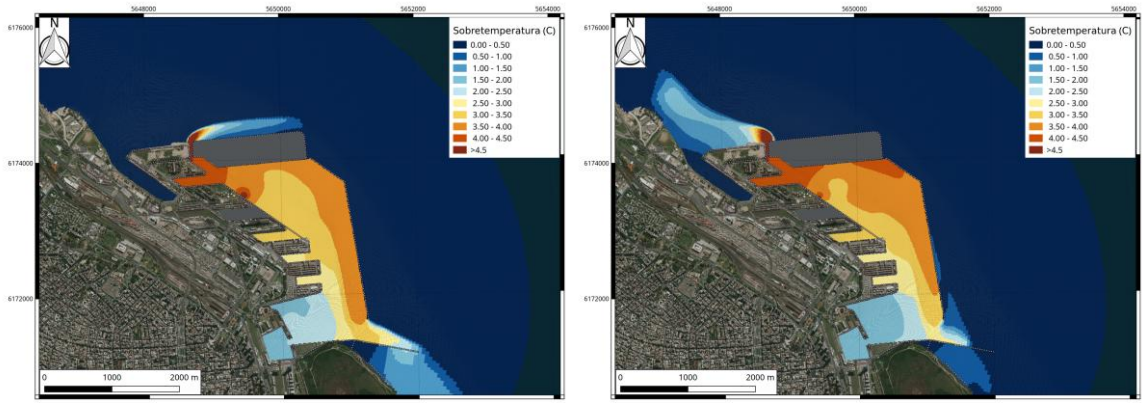
6 DESCARGAS TÉRMICAS

6.1 Distribución de sobretemperatura

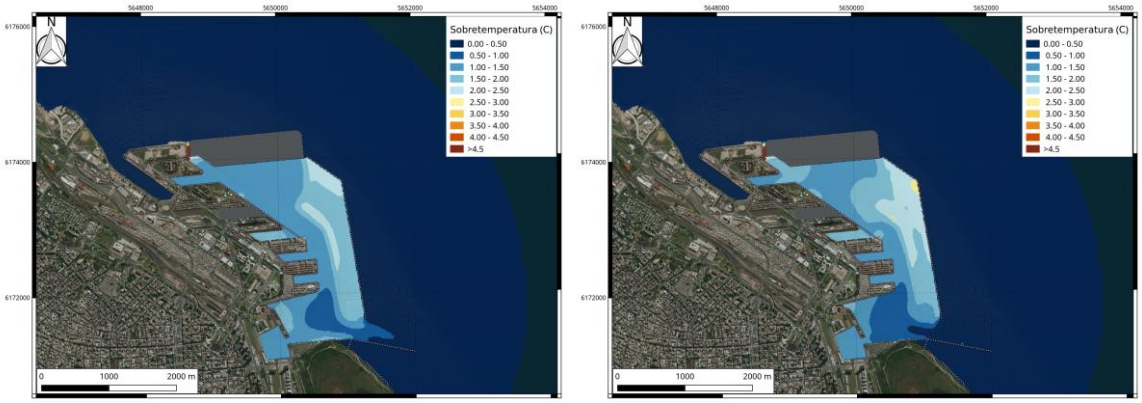
Se efectuaron ensayos con el modelo de estratificación térmica para las dos etapas de configuración final del puerto y para etapas intermedias, de modo de establecer el alcance del proceso de estratificación por la descarga térmica.

En la Figura 6.1 se muestran las distribuciones de sobretemperatura para la Etapa 1 de la configuración final. Para el interior portuario se observa que, bajo el influjo de la descarga de la Central Puerto Nuevo (CPN), las sobretemperaturas resultan inferiores que en el caso actual, superando los 3,5°C en superficie en zonas próximas a la descarga de la CPN y dársena E, pero inferiores a ese valor para el resto del recinto portuario. En el fondo, la sobretemperatura es siempre menor a 1,5°.

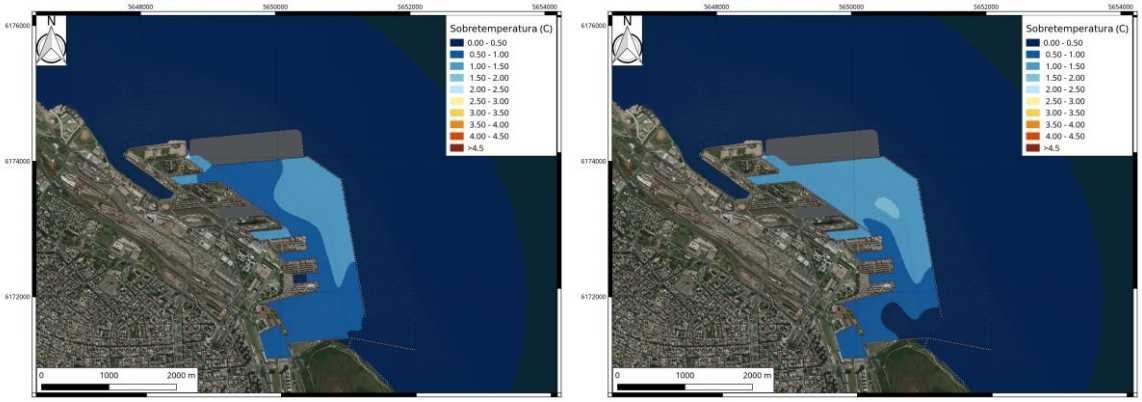
La Figura 6.2 presenta los resultados para la Etapa 2 de la configuración final. Se observa que son cualitativamente similares a los de la Etapa 1 (Figura 6.1), aunque con una caída de la sobretemperatura, que en el fondo llega a aproximadamente 0,5°C, lo cual se explica por una mayor extensión del recinto portuario.



a) Capa Superior

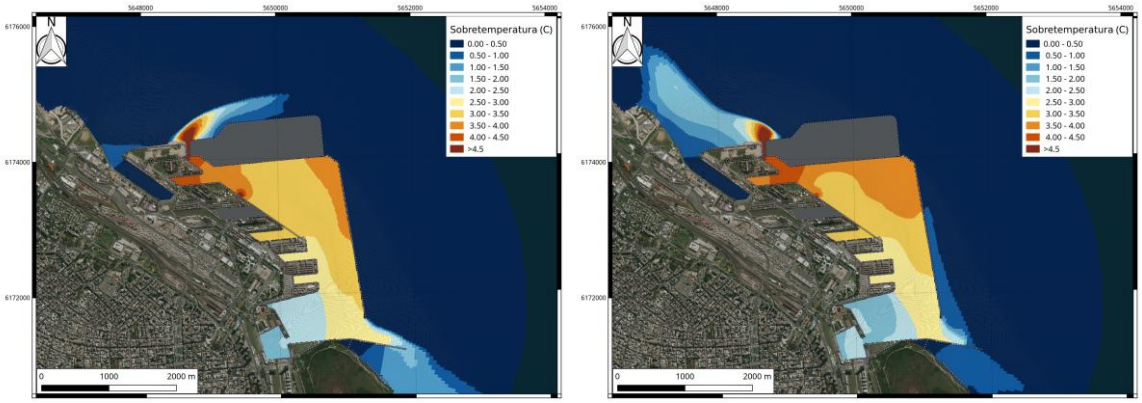


b) Capa de profundidad media

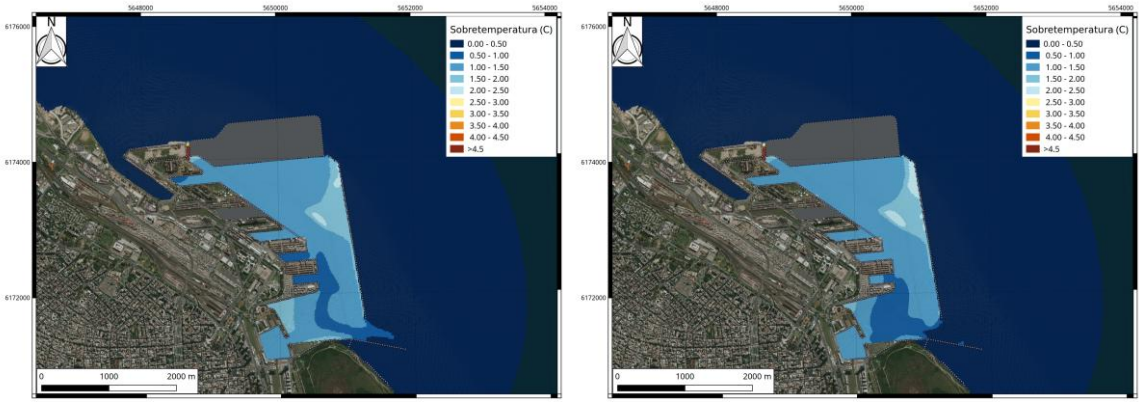


c) Capa de fondo

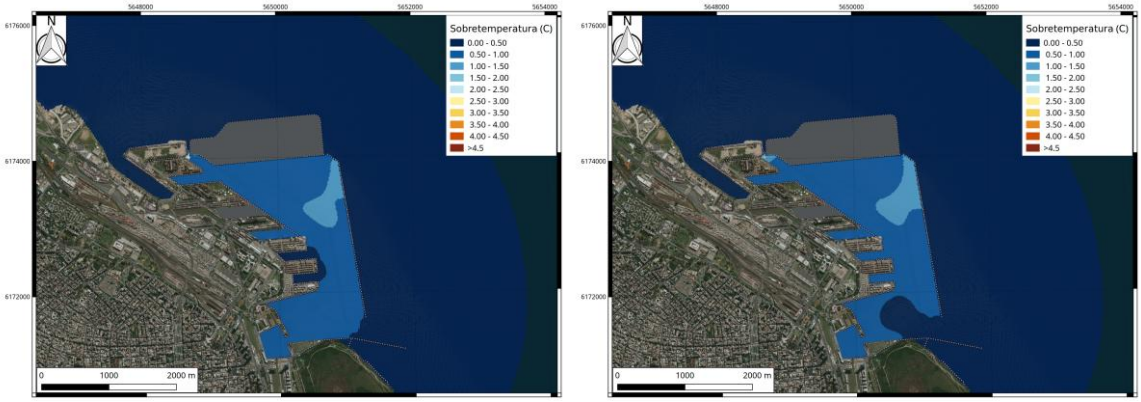
Figura 6.1. Distribución de sobretemperatura para la Etapa 1 (izq.: bajante; der.: creciente).



a) Capa Superior



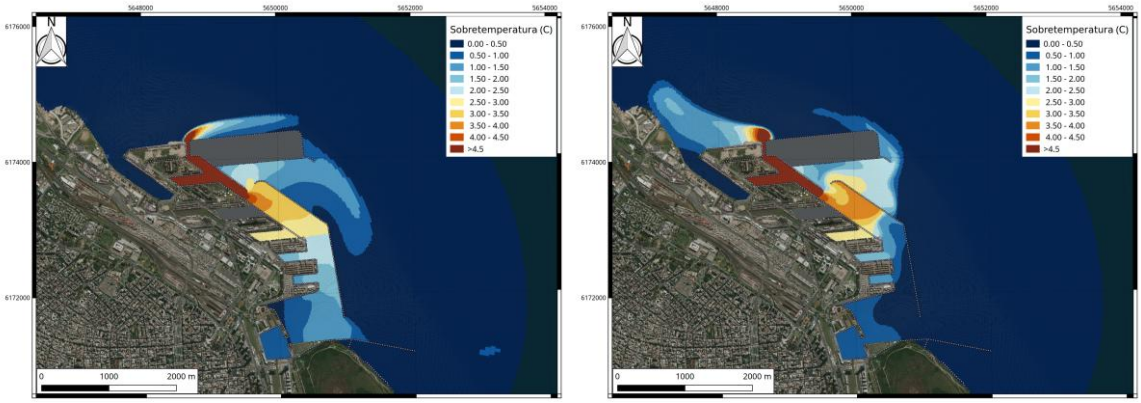
b) Capa de profundidad media



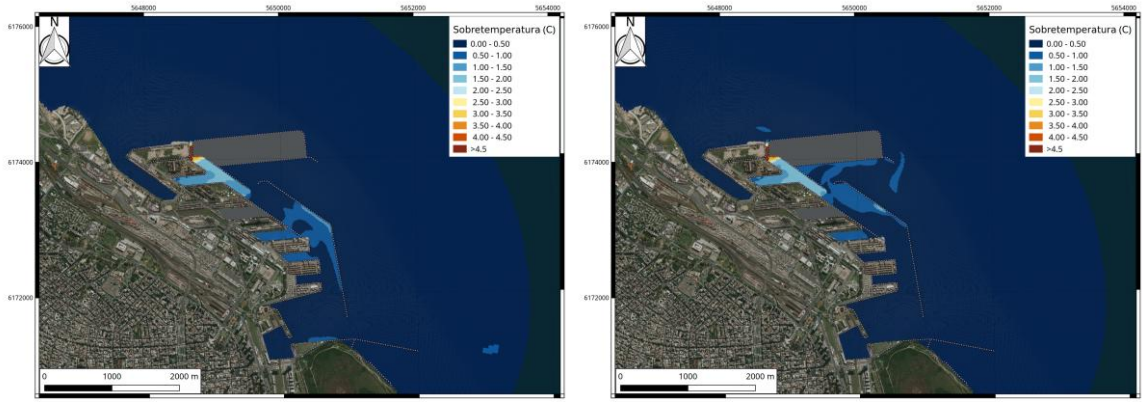
c) Capa de fondo

Figura 6.2. Distribución de sobretemperatura para la Etapa 2 (izq.: bajante; der.: creciente).

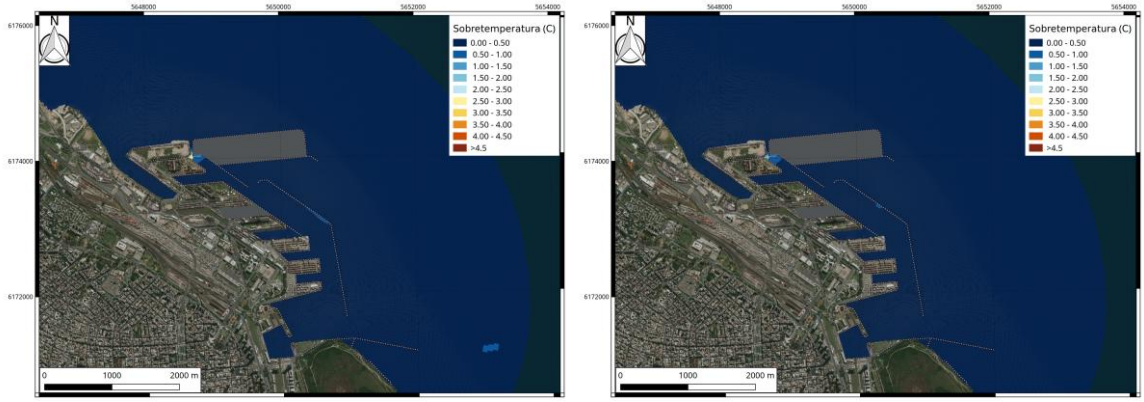
La Figura 6.3 muestra la distribución de sobretemperatura para la configuración intermedia con una extensión de 200 m de la obra de abrigo (CE200), pero todavía con el tablestacado en su lugar. Se observan sobretemperaturas similares a las de la configuración actual (ver Informe Final del estudio anterior), pero con una mayor extensión lateral de la pluma térmica debido al efecto de bloqueo de las corrientes ejercido por el relleno.



a) Capa Superior



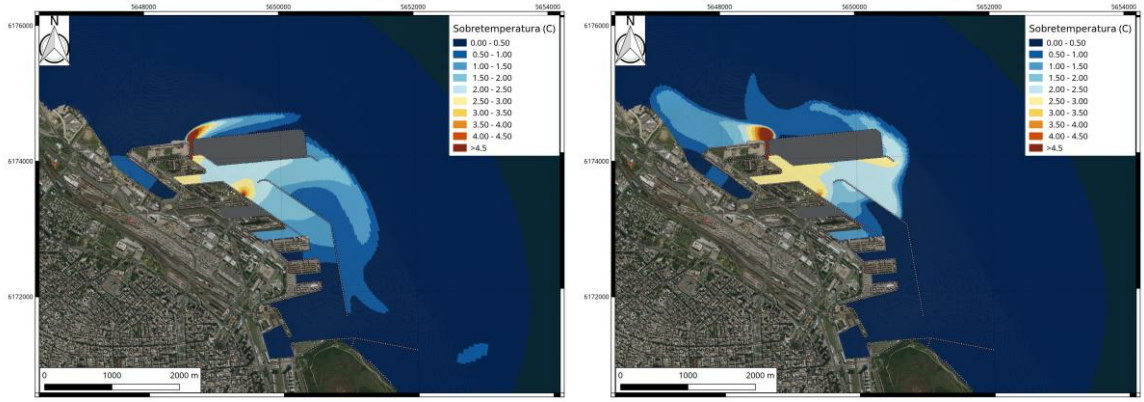
b) Capa de profundidad media



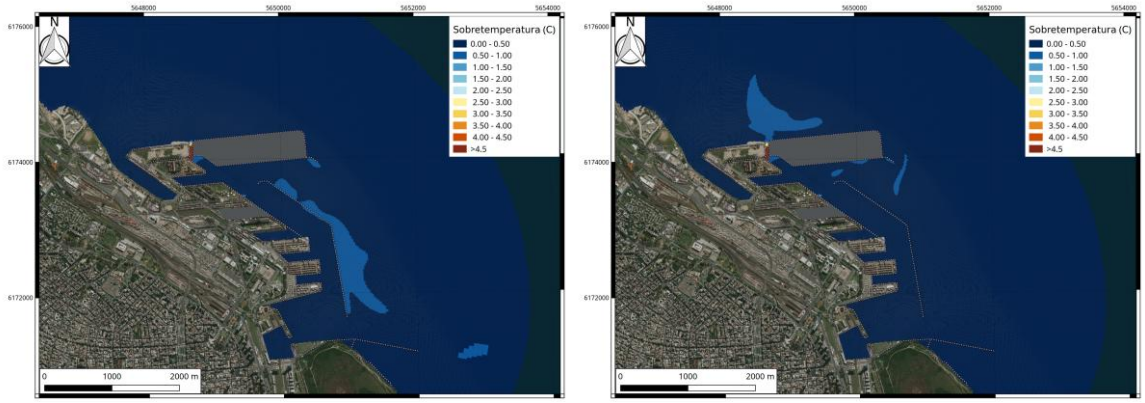
c) Capa de fondo

Figura 6.3. Distribución de sobretemperatura para el Etapa 1 (pre remoción) (izq.: bajante; der.: creciente)

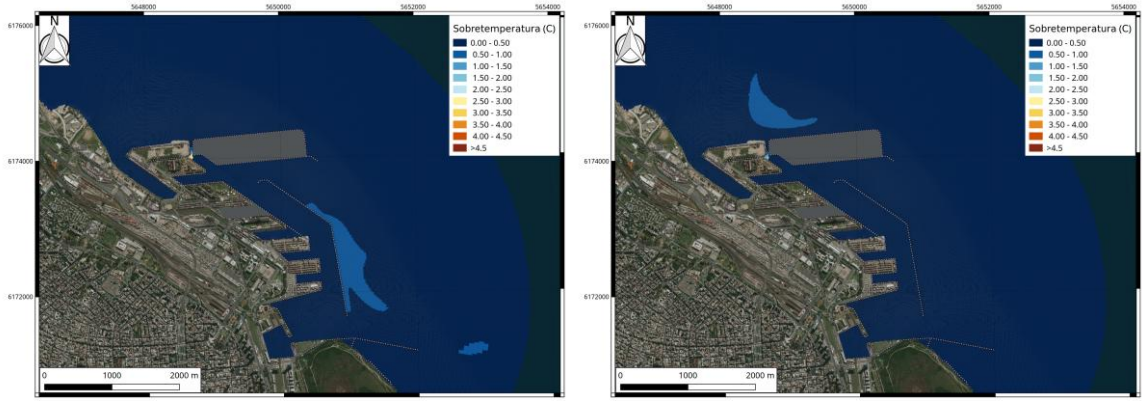
Luego del retiro del tablestacado (Figura 6.4) se observa una caída de las sobretemperaturas, que ahora no superan los 3,0°C en superficie y 1,0°C en el fondo. Esto se debe a la dilución en un volumen mayor de agua al desparecer la restricción que imponía esa pared.



a) Capa Superior



b) Capa de profundidad media



c) Capa de fondo

Figura 6.4. Distribución de sobretemperatura para el Etapa 1 (post remoción) (izq.: bajante; der.: creciente)

6.2 Estratificación térmica

Como un indicador de la estratificación térmica, se determinó la diferencia de temperatura entre la capa de superficie y la de fondo. La Figura 6.5 muestra los resultados correspondientes a las dos configuraciones finales, junto con la situación actual como referencia. Se han distinguido tres umbrales de salto térmico, a saber, 0,5ºC, 1ºC y 3°C, que establecen una zona sin estratificación (diferencia < 0,5ºC), una con baja estratificación (diferencia entre 0,5ºC y 1ºC), una con estratificación moderada (diferencia entre 1ºC y 3ºC), y una con estratificación significativa (> 3ºC). Se observa que, mientras que para la configuración actual la estratificación térmica desaparece más allá de la boca falsa debido al efecto de refresco, en el caso de las Etapas 1 y 2 básicamente todo el recinto portuario estará moderadamente estratificado, salvo en la zona del Antepuerto durante la creciente.



a) Configuración actual



b) Etapa1



c) Etapa 2

Figura 6.5. Distribución de diferencia de temperatura entre superficie y fondo (izq.: bajante; der.: creciente).

La Figura 6.6 presenta el indicador de estratificación para las etapas intermedias. Se observa que el alcance de la estratificación sólo supera ligeramente los límites del futuro recinto portuario.



a) Etapa intermedia – pre-remoción de tablestacado



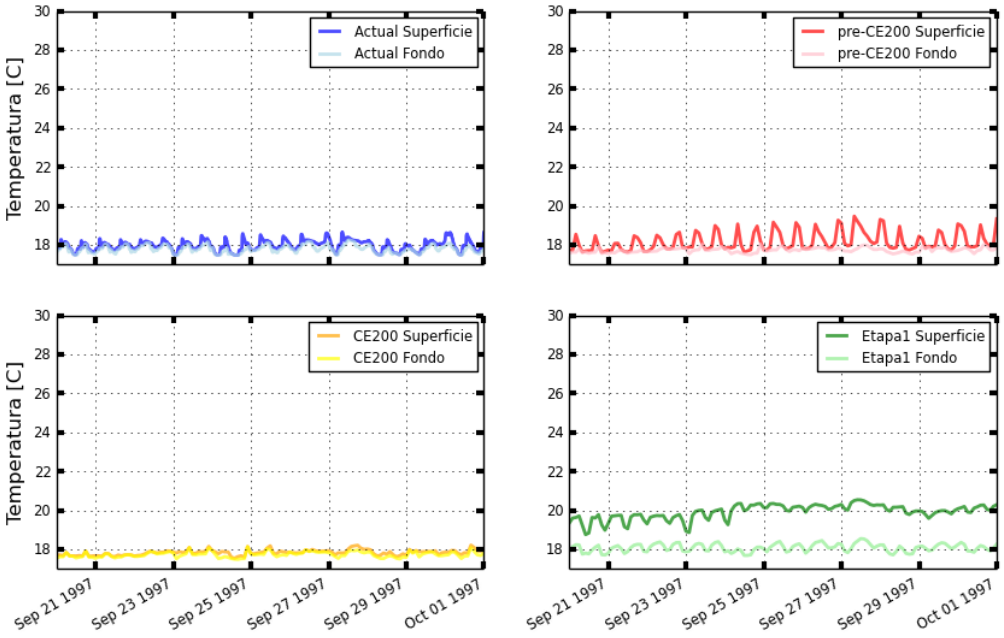
b) Etapa intermedia – pos-remoción del tablestacado



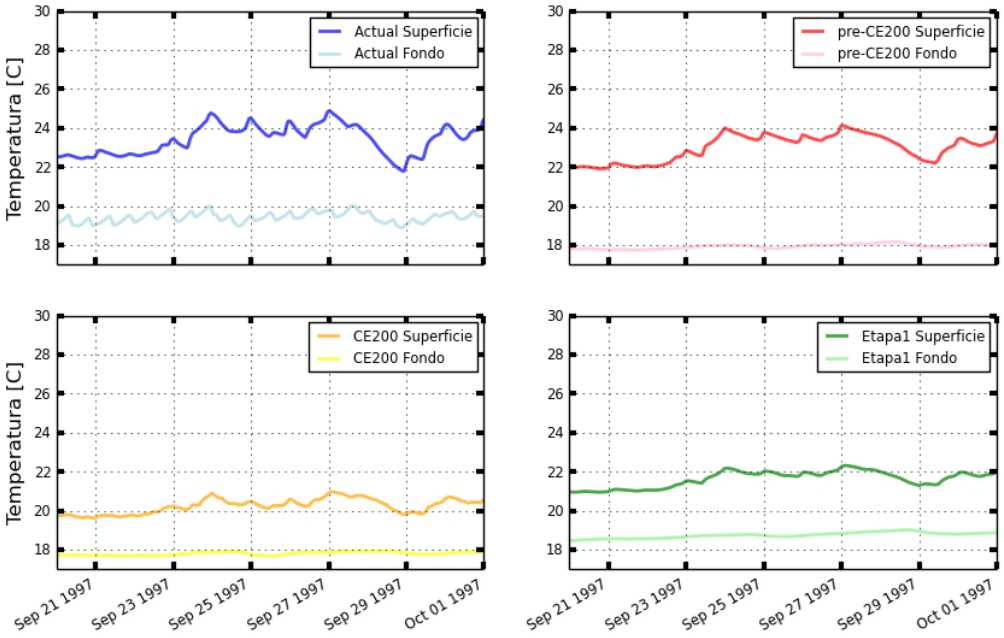
a) Etapa1

Figura 6.6. Distribución de diferencia de temperatura entre superficie y fondo (izq.: bajante; der.: creciente).

En la Figura 6.7 se presentan las series temporales de temperatura para la capa superior y de fondo en el Canal de Acceso y la Dársena E asociadas a la progresión de avance desde la configuración actual hasta la Etapa 1. Se observa que la variabilidad es relativamente moderada. La máxima variabilidad se da en el Canal de Acceso para el Etapa 1, con amplitudes del orden de 2°C.



a) Canal de Acceso

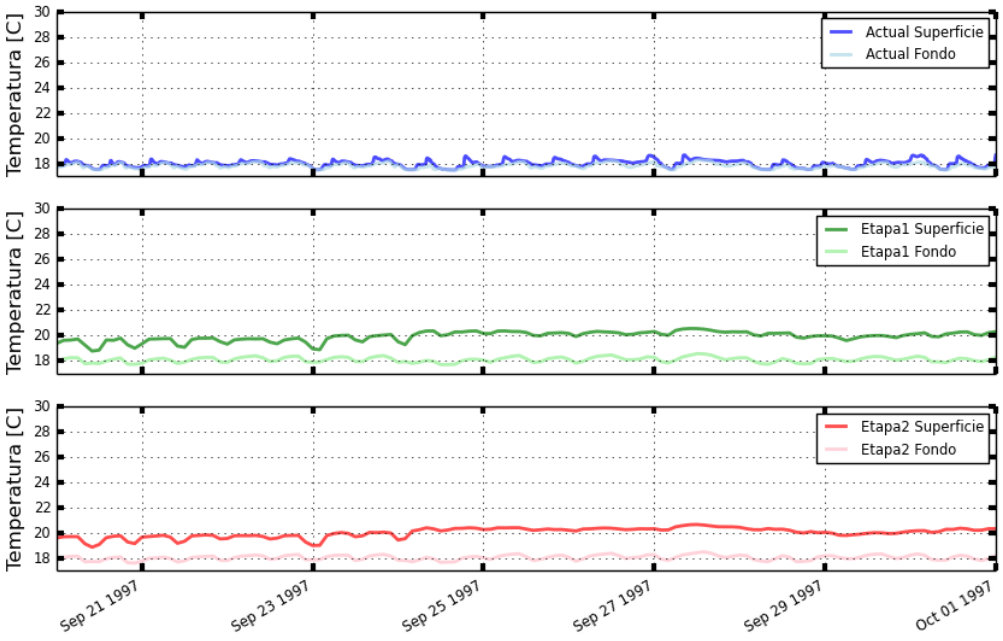


b) Dársena E

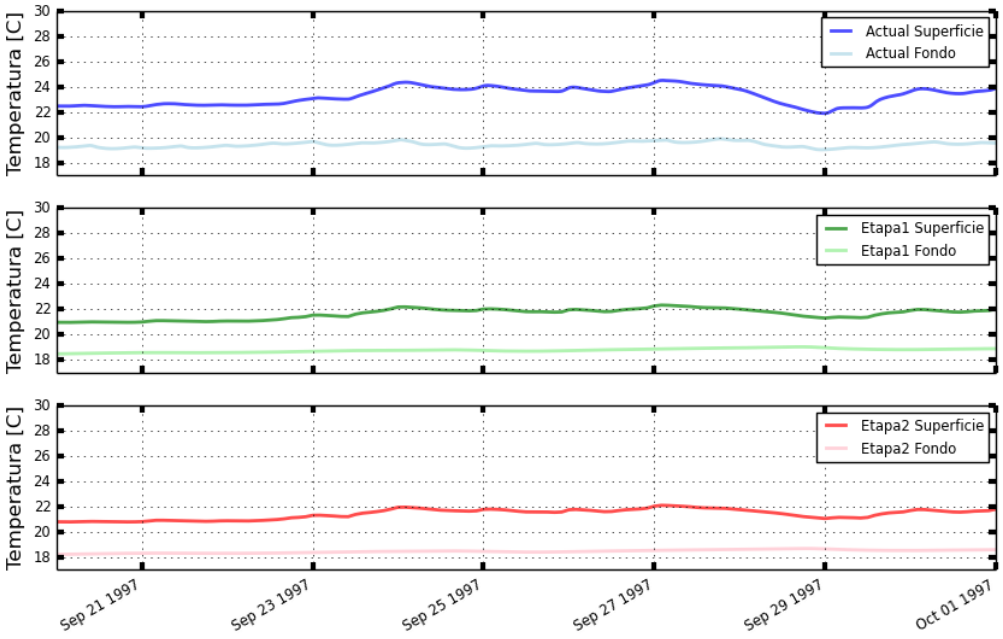
Figura 6.7. Series temporales de temperatura para etapas intermedias.

Análogamente, la Figura 6.8 presenta la progresión de series temporales para un desarrollo

entre la configuración actual y la Etapa 2, pasando por la Etapa 1. Se observa que, tanto para el Canal de acceso como para la Dársena E, los resultados son similares entre sí en cuanto a variabilidad.



a) Canal de Acceso

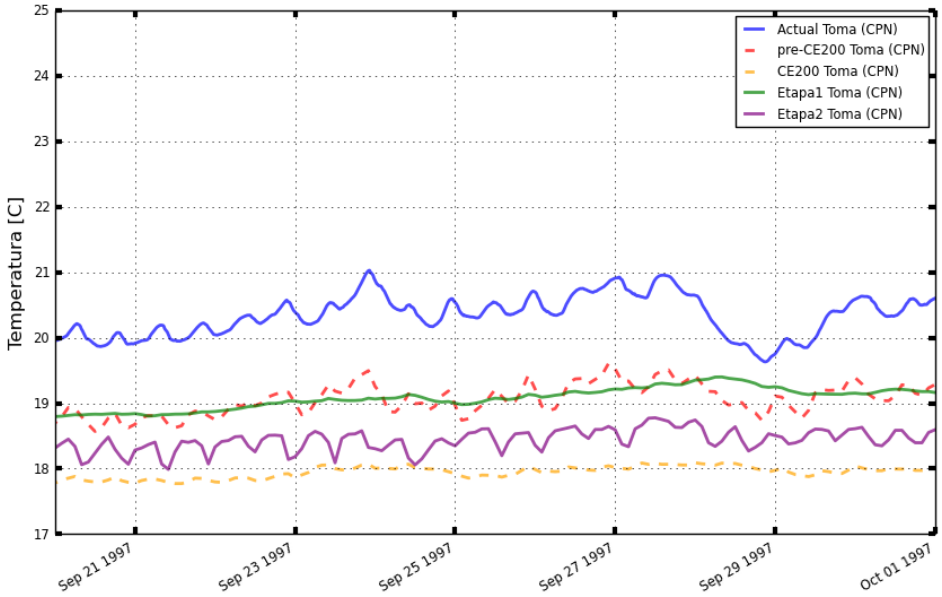


b) Dársena E

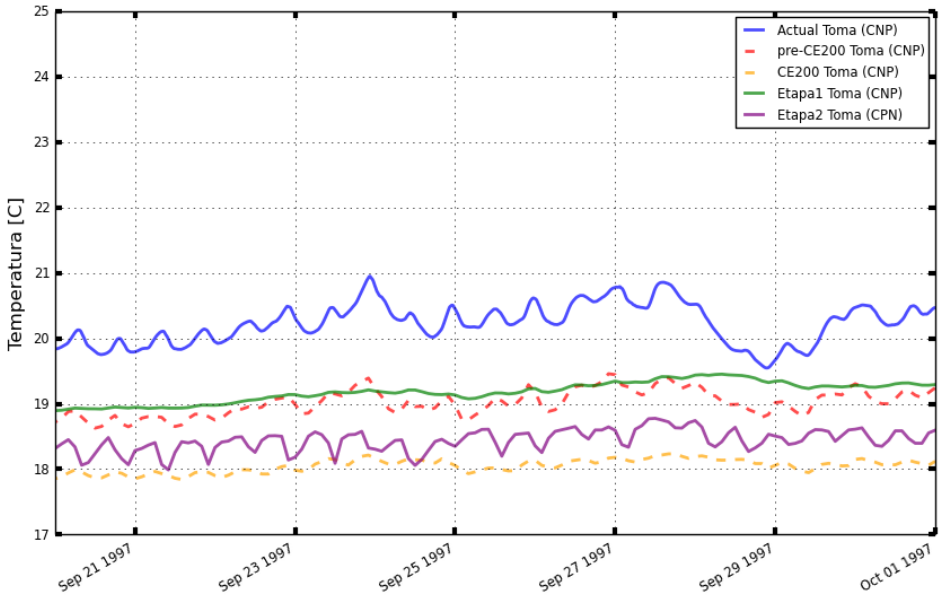
Figura 6.8. Series temporales de temperatura para etapas finales.

6.3 Tomas de agua

La Figura 6.9 presenta las series temporales de temperatura en las tomas de agua de las centrales térmicas para la condición actual y las distintas etapas. Se observa que en todos los escenarios de obras las temperaturas son significativamente menores, siendo la configuración intermedia (CE200) la de menores temperaturas debido al menor confinamiento. Las sobretemperaturas en las tomas de agua (respecto de la temperatura de base de 17.7°C), que son de entre 3,5°C y 5°C para las condiciones actuales, bajan al rango de entre 1°C y 1,5°C para las Etapas 1 y 2.



a) Toma CPN (Estación E5)



b) Toma CPN (Estación E6)

Figura 6.9. Series temporales de temperatura en las tomas de agua

6.4 Cambio en las condiciones ambientales

La descarga de agua sobrecalentada genera dos efectos sobre el agua ambiente:

- La sobretemperatura respecto del río impacta sobre la biota.
- La estratificación térmica puede potencialmente impactar sobre la calidad del agua de la capa inferior.

6.4.1 Sobretemperatura

Según criterios internacionales relacionados a descargas térmicas, se recomienda que la sobretemperatura máxima respecto de la del río no supere los 3ºC, de modo de proteger las especies biológicas más sensibles (contemplando peces, plancton, organismos bénticos, etc.)[2].

Para el presente problema se analizó la verificación de este criterio en relación a la descarga hacia el exterior proveniente de la CNP, dado que el interior portuario ya se encuentra comprometido en la calidad del agua por otros factores.

Los resultados del modelo muestran que el valor umbral de 3ºC sólo se ve superado en una relativamente pequeña zona fuera del recinto portuario (Figura 6.10), de aproximadamente 250 m de radio para la situación actual. Esta zona se extiende como dos lóbulos para los escenarios futuros, el mayor de los cuales tiene una extensión de alrededor de 400 m para la Etapa I, y de 550 m para la Etapa II.



a) Configuración actual

[2] Thermal standards for cooling water from new build nuclear power stations. British Energy Estuarine & Marine Studies. Scientific Advisory Report Series 2011 no. 008



b) Etapa I



c) Etapa II

Figura 6.10. Zona de sobretemperatura mayor a 3°C en la capa superior.

6.4.2 Estratificación

La presencia de una estratificación térmica permanente, incluyendo una relativamente brusca termoclina, es indicativo de una muy débil transferencia de masa y energía entre las capas superficial y de fondo. Esto puede conducir a condiciones de calidad de agua insatisfactorias en la capa inferior, en la medida en que tienda agotarse el oxígeno disuelto.

La zona estratificada crecerá sensiblemente para el puerto futuro en relación al actual. De hecho, la mayor parte del puerto permanecerá estratificado. De todos modos, las implicancias ambientales de esta limitación son relativas en el interior portuario, ya sujeto a múltiples solicitaciones que comprometen la calidad del agua.

7 RENOVACIÓN DE LAS AGUAS

En el Informe Final se implementó una metodología para cuantificar los tiempos de residencia en el recinto portuario, que constituyen un indicador de la calidad de agua esperable. Obviamente, el aumento del tiempo de residencia incrementa el riesgo de una calidad de agua inferior.

De los resultados surgió que para la configuración actual del puerto el tiempo de residencia es del orden de los 2 días. Para la configuración final, este valor aumenta en el orden de 10 veces.

El tiempo de residencia debe aumentar necesariamente cuando se incrementa el área portuaria, ya que entonces crece el volumen de agua a renovar. Se planteó entonces un indicador adicional de calidad de agua esperable que trata de independizarse de este aumento inevitable: la tasa de renovación. Esta se definió como el volumen medio de agua contenido en el puerto dividido por el tiempo de residencia. Ahora, la disminución de la tasa de renovación incrementa el riesgo de una calidad de agua inferior.

Se determinó que para la configuración actual del puerto la tasa de renovación es del orden de 175 m^3/s, y que este valor disminuye a aproximadamente 35 m^3/s para la Etapa II, es decir, hay una reducción en un factor 5 en lugar del factor 10 para el tiempo de residencia. Esto muestra que, aunque el cambio relativo con este indicador es menor, todavía se verifica una deriva hacia condiciones menos favorables en cuanto a calidad de agua. Esto se explica por la disminución de la intensidad de las corrientes en el interior del puerto para la configuración futura, mostrado en el Informe Final.

8 CONCLUSIONES

Las siguientes son las principales conclusiones del estudio.

Sobre agitación:

- Con respecto a la evaluación de los Escenarios Finales (Etapa 1 y 2) no se esperaran grandes incrementos sobre los valores promedios de altura significativa de olas en los distintos sectores de interés para la operación del puerto respecto de las condiciones actuales. Los resultados del análisis indican que los sectores donde podría esperarse un aumento en los valores medios de Hs son la Dársena Norte y la Dársena A, siendo éstos incrementos del orden de 0,05 m.
- En la zona interna del recinto portuario (Dársenas B, C, E y CE6; muelles MN1 y MN2; y área de Maniobras) los niveles de agitación esperable resultan muy bajos, perfectamente compatibles con el desarrollo de las operaciones portuarias.
- El análisis de Escenarios Intermedios bajo la representación de condiciones de "temporales frecuentes" permitió obtener un conjunto de resultados de interés para la toma de decisiones vinculadas a los requerimientos de avance de las obras en distintas etapas de ejecución del Proyecto.
- Los resultados mostraron que el retiro del tablestacado actual requeriría un avance previo en la obra de Escollera Nueva del orden de 400 a 600 m en el tramo inclinado para garantizar condiciones de agitación promedio aceptables en las Dársenas CE6 y E, y en la zona del muelle MN1. Al mismo tiempo, este grado de abrigo no resulta suficiente para garantizar valores promedio de agitación compatibles con los límites admisibles para la permanecia de embarcaciones (LP) en la zona del muelle MN2, la cual quedaría expuesta a la acción de oleajes del E, ESE y SE.
- La configuración de abrigo necesaria para alcanzar niveles de agitación por debajo de LP en MN2 requeriría el avance de la Escollera Nueva en el tramo norte-sur con una extensión de al menos 400 m. Mientras que con una extensión de la misma de 800 m se obtendrían niveles de agitación por debajo de LO, al igual que en el resto de los sitios de amarre.
- El análisis de la remoción parcial de la Escollera existente mostró una alta sensibilidad de los valores de agitación promedio en las Dársenas CE6, E y D, como así también en MN1, frente al avance del recorte. Los resultados indican que para mantener dichos valores por debajo de LP en los sectores mencionados, asumiendo una extensión de escollera nueva compatible con la configuración CE6, la longitud de la remoción no debe superar los 600 m. La extensión del recorte hasta los 800 m, sobre la misma configuración, compromete levemente los niveles de agitación admisible en CE6 y MN1.

Sobre impacto hidráulico:

- El indicador de cambio de velocidad por implementar el relleno con el puerto actual y por implementar el relleno con el puerto proyectado, muestran variaciones minúsculas en alcance, concentradas en la zona adyacente al relleno, y muy leves en magnitud, con valores máximos del orden de los 4 cm/s, poniendo de manifiesto la poca relevancia de la implementación del relleno.
- El indicador de cambio de velocidad por implementar el puerto con el relleno ejecutado muestra variaciones en el entorno portuario, sin alcanzar a la zona del relleno.
- El indicador de cambio del módulo de la velocidad muestra cambios de a lo sumo 4 cm/s y concentrados alrededor del relleno (aunque sobre una zona algo más extendida) cuando éste se implementa, y ausencia de afectación en la zona de relleno por la implementación del puerto.
- El indicador de sedimentación muestra variaciones máximas apenas por encima del límite de perceptibilidad (0,1), y concentradas en torno al relleno por la implementación del relleno, y variaciones de a lo sumo 0,1 en el entorno del relleno por la implementación del puerto.
- En síntesis, la implementación del relleno tiene un impacto hidráulico muy poco significativo, y la implementación del puerto no impacta hidráulicamente sobre la ubicación del relleno.

Sobre sedimentación en el puerto:

- Los volúmenes de sedimentación esperados para las dársenas A, B, E, la Terminal 6 y el Canal de Pasaje son significativamente menores a los actuales para ambas etapas de configuración final del puerto.
- Las etapas de proyecto presentan un volumen sedimentado menor al actual, excepto sobre el Canal de Acceso.
- Para las etapas de proyecto los volúmenes sedimentados en la zona de maniobras y en el Canal de Pasaje representan más del 70% del volumen total sedimentado.
- El volumen total sedimentado para las dos etapas de proyecto es menor al de la situación actual en alrededor del 30%.

Sobre las descargas térmicas en el puerto:

- Para la Etapa 1 de la configuración final del puerto, en el interior portuario, las sobretemperaturas, bajo el influjo de la descarga de la CPN, resultan inferiores que en el caso actual, superando los 3,5°C en superficie en zonas próximas a la descarga de la CPN y dársena E, pero inferiores a ese valor para el resto del recinto portuario. En el fondo, la sobretemperatura es siempre menor a 1,5°.
- Para la Etapa 2 de la configuración final, las sobretemperaturas son cualitativamente similares a los de la Etapa 1, aunque con una caída que en el fondo llega a aproximadamente 0,5°C, lo cual se explica por una mayor extensión del recinto portuario.

- La distribución de sobretemperatura para la configuración intermedia, pero todavía con el tablestacado en su lugar, resulta similar a la de la configuración actual, pero con una mayor extensión lateral de la pluma térmica debido al efecto de bloqueo de las corrientes ejercido por el relleno.
- Luego del retiro del tablestacado se produce una caída de las sobretemperaturas, que entonces no superan los 3,0°C en superficie y 1,0°C en el fondo. Esto se debe a la dilución en un volumen mayor de agua al desparecer la restricción que imponía esa pared.
- Mientras que para la configuración actual la estratificación térmica desaparece más allá de la boca falsa debido al efecto de refresco, en el caso de las Etapas 1 y 2 básicamente todo el recinto portuario estará estratificado, salvo en la zona del Antepuerto durante la creciente.
- Para las etapas intermedias el alcance de la estratificación sólo supera ligeramente los límites del futuro recinto portuario.
- La variabilidad de la temperatura es relativamente moderada en las etapas finales e intermedias. La máxima variabilidad se da en el Canal de Acceso para el Etapa 1, con amplitudes del orden de 2°C.
- Las temperaturas en las tomas de agua de las centrales térmicas para todos los escenarios de obras son significativamente menores que para la situación actual, siendo la configuración intermedia la que muestra menores temperaturas debido al menor confinamiento. Las sobretemperaturas, que son de entre 3,5°C y 5°C para las condiciones actuales, bajan al rango de entre 1°C y 1,5°C para las Etapas 1 y 2.
- El valor umbral de 3ºC de sobretemperatura sólo se ve superado en una relativamente pequeña zona fuera del recinto portuario, de aproximadamente 250 m de radio para la situación actual, extendiéndose como dos lóbulos para los escenarios futuros, el mayor de los cuales tiene una extensión de alrededor de 400 m para la Etapa I, y de 550 m para la Etapa II.
- La zona estratificada crecerá sensiblemente para el puerto futuro en relación al actual. De hecho, la mayor parte del puerto permanecerá estratificado. De todos modos, las implicancias ambientales de esta limitación son relativas en el interior portuario, ya sujeto a múltiples solicitaciones que comprometen la calidad del agua.

Sobre la renovación de las aguas:

- Se planteó a la tasa de renovación como un indicador de calidad de agua esperable adicional al tiempo de residencia, que trata de independizarse del efecto causado por el aumento del volumen de agua contenido en el recinto portuario.
- Para la configuración actual del puerto la tasa de renovación es del orden de 175 m^3/s. Esta disminuye a aproximadamente 35 m^3/s para la Etapa II, es decir, hay una reducción en un factor 5 (en lugar del factor 10 para el tiempo de residencia). A pesar de que el cambio relativo es menor, todavía se verifica una deriva hacia condiciones menos favorables en cuanto a calidad de agua, lo cual se debe a la disminución de la intensidad de las corrientes en el interior del puerto para la configuración futura.