



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS

REPÚBLICA ARGENTINA

**PUERTO
BUENOS AIRES**

ESTUDIOS HIDRÁULICOS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL PUERTO DE BUENOS AIRES

Primer Informe de Avance



**Proyecto LHA366
Informe LHA 01-366-17
Ezeiza, Junio de 2017**

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Julio C. DE LÍO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Jorge A. MAZA

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

Ing. Lucas STORTO

ESTUDIOS HIDRÁULICOS PARA LA MODERNIZACIÓN DEL PUERTO DE BUENOS AIRES

Primer Informe de Avance

RESUMEN

Se resumen los antecedentes de estudios para la ampliación del Puerto de Buenos Aires. Se presentan las metodologías que se están implementando para los estudios hidráulicos del proyecto portuario. En particular, las relacionados a la determinación de las olas de diseño y la agitación asociada en el interior del puerto, del impacto hidráulico del cambio de configuración del puerto, del cambio en las condiciones hidrodinámicas en el interior del puerto, y de la sedimentación asociada a las condiciones actuales. Se presentan algunos resultados preliminares.

Descriptor temático: ola de diseño, impacto hidráulico, hidrodinámica portuaria, sedimentación

Descriptor geográfico e institucional: Río de la Plata, Puerto de Buenos Aires, Administración General de Puertos

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ANTECEDENTES	5
2.1	Alcance del estudio de 1997	5
2.2	Efectos del proyecto	6
2.3	Alternativa	8
2.4	Conclusiones del capítulo	10
3	OLAS	11
3.1	Consideraciones generales	11
3.2	Modelación de la generación y propagación del oleaje	11
3.2.1	Características de la modelación	11
3.2.2	Validación del modelo	13
3.2.3	Caracterización del oleaje en la zona de acceso al Puerto de Buenos Aires	14
3.3	Agitación dentro del recinto portuario	15
3.3.1	Características de la modelación	15
3.3.2	Resultados de la modelación	17
3.4	Conclusiones del capítulo	18
4	IMPACTO HIDRÁULICO	20
4.1	Implementación del modelo	20
4.1.1	Sistema de Modelación MOHID	20
4.1.2	Dominios de cálculo	20

4.1.3	Batimetría	22
4.1.4	Forzantes	24
4.2	Validación del modelo	25
4.2.1	Condiciones normales	25
4.2.2	Condiciones extremas	27
4.3	Aplicación del modelo	29
4.3.1	Escenarios	29
4.3.2	Indicadores de impacto hidráulico	29
4.4	Conclusiones del capítulo	32
5	HIDRODINÁMICA DEL PUERTO	33
5.1	Dominio de modelación	33
5.2	Condiciones de borde	34
5.3	Escenario Actual	34
5.4	Etapas II	37
5.5	Conclusiones del capítulo	39
6	SEDIMENTACIÓN	40
6.1	Datos de base	40
6.2	Análisis de relevamientos batimétricos	44
6.3	Conclusiones del capítulo	50

1 INTRODUCCIÓN

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

En este Primer Informe de Avance se efectúa una primera descripción expeditiva de las metodologías que se están implementando para llevar adelante esos estudios, y se presentan algunos resultados preliminares sólo a título de ilustración del tipo de productos a obtener. Previamente, se resumen los antecedentes de estudios para la ampliación del Puerto de Buenos Aires.

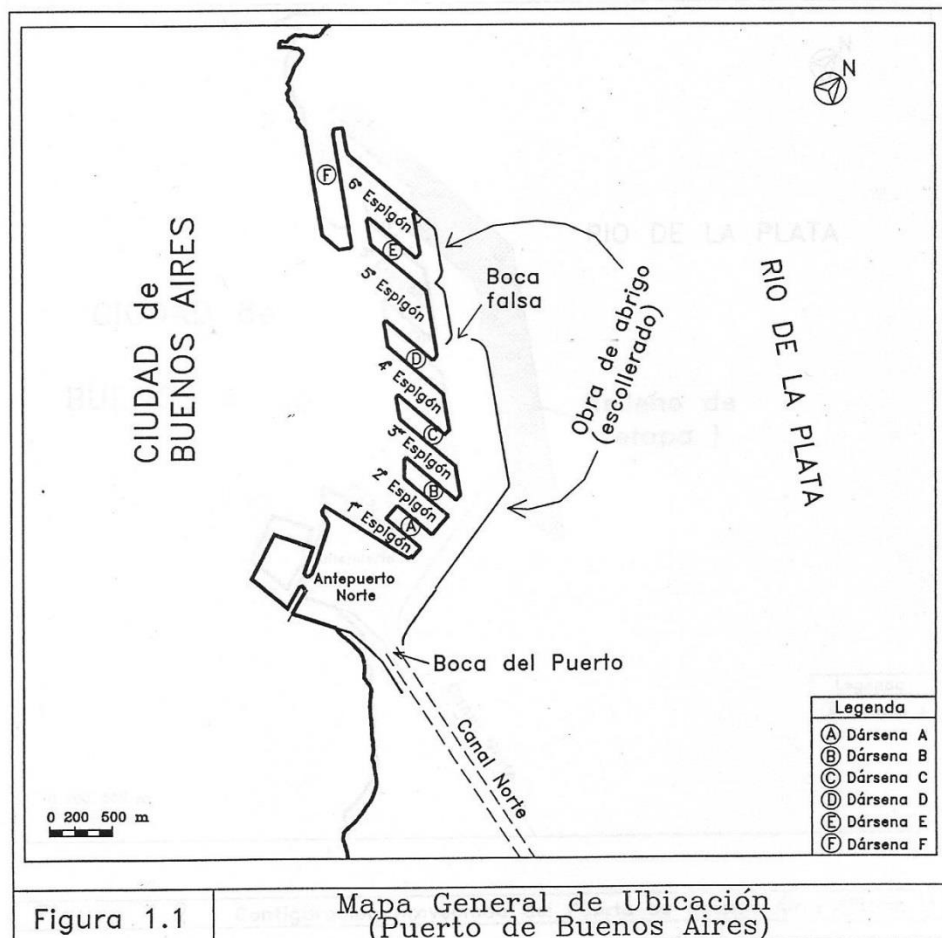
La organización del Informe es como sigue:

- En el capítulo 2 se describen los principales resultados de los estudios antecedentes llevados a cabo por el INA para la AGP en oportunidad del proyecto de ampliación del puerto de Buenos Aires.
- En capítulo 3 se presenta y aplica la metodología para determinar las olas de diseño en el entorno del puerto y la agitación en su interior.
- En el capítulo 4 se efectúa una primera estimación del impacto hidráulico ejercido sobre el entorno por el cambio de configuración del puerto.
- En el capítulo 5 modela la hidrodinámica en el interior del puerto, tanto para condiciones actuales como para una situación de proyecto.
- En el capítulo 6 se describe la metodología que se está aplicando para determinar tasas de sedimentación en el recinto portuario.

2 ANTECEDENTES

2.1 Alcance del estudio de 1997

En el año 1997 el INA desarrolló para la AGP el “Estudio de la afectación del régimen de sedimentación y del transporte de contaminantes y temperatura en el proyecto de profundización del Puerto del Buenos Aires”. El proyecto consistía en la profundización del puerto, acompañada de obras de relleno (con el material refulado), de acuerdo a lo mostrado en la Figura 2.1.



a. Actual



b. Proyecto de 1997

Figura 2.1. Configuración del Puerto de Buenos Aires.

El estudio determinó, en base a la modelación matemática, las variaciones que la nueva configuración del puerto generaría sobre las condiciones en su interior, en lo que hace a la hidrodinámica, la sedimentación, la calidad del agua la estratificación térmica debido a la descarga de la Central Puerto Nuevo.

2.2 Efectos del proyecto

Una de las principales conclusiones del estudio fue que, al eliminarse la actual boca falsa, el puerto proyectado generaría la desaparición de un mecanismo de circulación hidrodinámica en el corredor que se desarrolla entre ambas bocas del puerto, mecanismo que al mismo tiempo es un artefacto de dilución térmica de las aguas sobrecalentadas descargadas por la Central Puerto Nuevo. Entonces, se producirían consecuencias significativas en el transporte de calor, de sedimentos y de contaminantes.

Más específicamente, los principales efectos serían los siguientes:

❖ Sobre el régimen hidrodinámico:

- La intensidad de las corrientes disminuirá significativamente en el canal de pasaje respecto de las condiciones actuales. El indicador del grado de atenuación de la corriente en el interior del puerto (definido como la relación entre el caudal pico

entrante a través de la boca principal del puerto proyectado y el caudal pico correspondiente al puerto actual) vale 0,45, es decir, las corrientes se atenuarían en un 54%.

❖ Sobre el régimen hidrotérmico:

- La descarga de las aguas sobrecalentadas desde la Central Puerto Nuevo producirían una estratificación prácticamente total del puerto, con la sobretemperatura de la capa cálida sensiblemente uniforme a través de todo el puerto. Esto contrastaría con la situación actual, en la que la corriente generada en el corredor entre ambas bocas produce una rápida caída de la sobretemperatura de la capa cálida en el canal de pasaje a un 8% del valor que tiene en el puerto interior, y una desestratificación completa al llegar al Antepuerto.
- La sobretemperatura de las aguas tomadas por las dos centrales de Central Puerto crecería, para la situación de máxima operación, desde alrededor de 1,5°C en las condiciones actuales a 2,3°C en el puerto proyectado, es decir, se produciría un aumento de alrededor de 0,8°C (53%).

❖ Sobre la sedimentación:

- Las tasas de sedimentación en las dársenas y en el Antepuerto serían similares a las actuales, pero sufrirían variaciones relevantes (entre -15 y +70%) en el canal de pasaje, con un patrón de cambio relativamente complicado ya que se combinan los efectos contrapuestos de la disminución de la velocidad de la corriente (que tiende a aumentar la tasa) y la disminución de la concentración de sedimento en suspensión (que tiende a disminuir la tasa).
- El volumen anual sedimentado en todo el puerto aumentaría en un 13%. Este aumento, contenido básicamente en el canal de pasaje, es prácticamente proporcional al aumento de área del puerto, lo que muestra que existirá un balance efectivo entre los efectos contrapuestos de la disminución de corrientes y de concentración de sedimentos en el canal de pasaje.
- El volumen de mantenimiento de las dársenas y el canal de pasaje aumentaría en un 21%. Nuevamente, este aumento está contenido básicamente en el canal de pasaje y es proporcional al aumento de área.

❖ Sobre el transporte de contaminantes:

- La dilución física en el canal de pasaje, durante el tiempo de descarga de sustancias contaminantes, disminuiría significativamente respecto de la situación actual. El indicador de dilución relativa (definido como la relación entre las masas de contaminante que se encuentra comprendida dentro de un área establecida para el puerto proyectado y el puerto actual) variaría (media temporal) entre 1,7 a la altura de la dársena A a 2,7 a la altura de la dársena C. Es decir, habría en término medio una dilución 2,2 veces menor en el puerto proyectado respecto del actual debido a la disminución de las corrientes.
- El tiempo de dilución física a lo largo del canal de pasaje, al finalizar la descarga de sustancias contaminantes, disminuiría de 9 días en la situación actual a 1½ días para el puerto proyectado (disminución del 83%). Es decir, la homogeneización sería casi 6 veces más rápida dentro del puerto proyectado, debido a la acción de la difusión sobre una distribución inicial más aguda.
- El tiempo de renovación de las aguas del puerto pasaría de 3½ días en la situación actual a 16 días para el puerto proyectado. Es decir, aumentaría 4,5 veces debido a la disminución de las corrientes.
- No habría efecto mensurable sobre el tiempo de renovación de las aguas de las

dársenas, que se mantendría en alrededor de 1 mes.

2.3 Alternativa

Las modificaciones significativas que introduce el puerto proyectado sobre la dinámica del flujo, asociadas principalmente a la desaparición de la actual boca falsa, provoca algunos impactos negativos, a saber:

- La estratificación térmica casi total del puerto deterioraría la performance de las centrales térmicas, además de generar otros posibles impactos ambientales.
- La significativa disminución de las corrientes en el interior del puerto produciría una disminución de la capacidad de dilución y un aumento del tiempo de renovación de las aguas, impactando sobre la calidad de las aguas.

Para disminuir esos impactos se planteó la alternativa de implementar una boca de refresco a la altura de donde hoy se ubica esa boca falsa, tal como se esquematiza en la Figura 2.2.

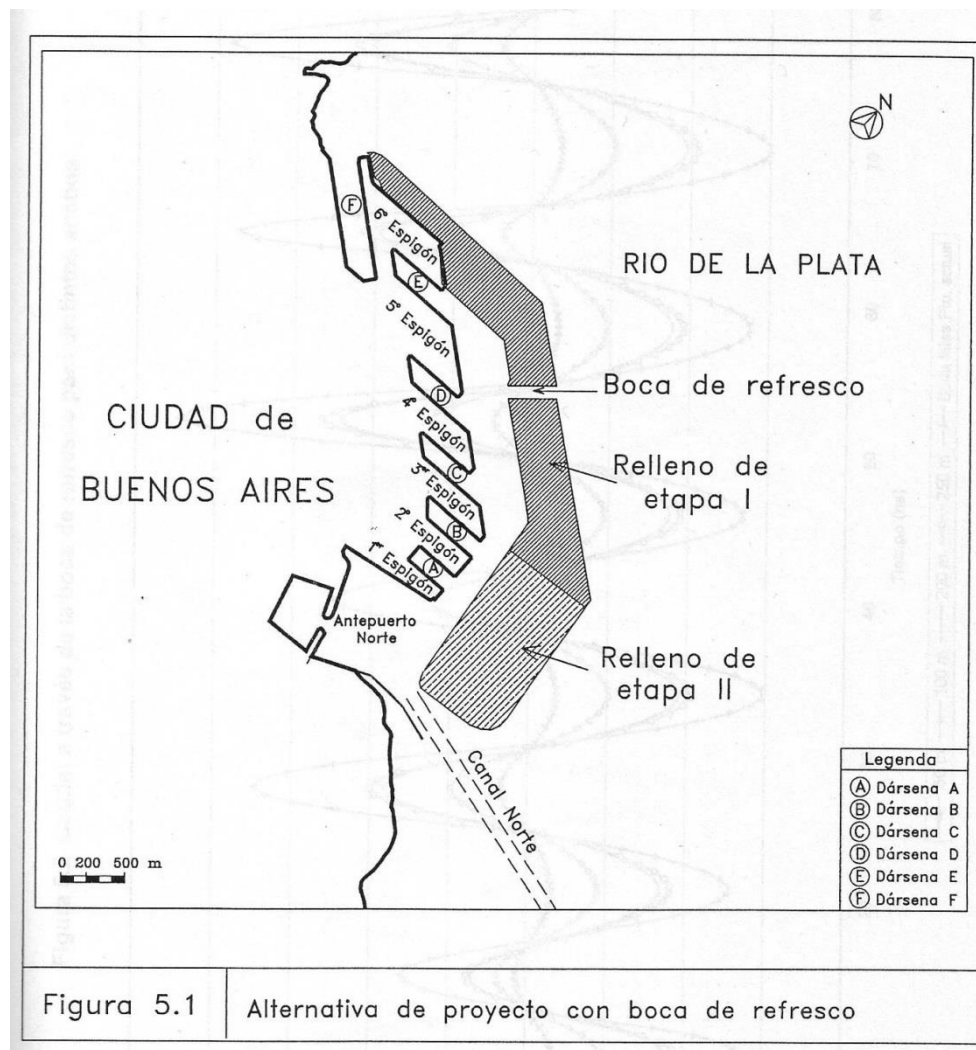


Figura 2.2. Proyecto alternativo.

Para este proyecto alternativo los principales efectos serían los siguientes:

- ❖ Sobre el régimen hidrodinámico:
 - La intensidad de las corrientes en el canal de pasaje sería intermedia entre las del puerto proyectado y el actual. El indicador del grado de atenuación de la corriente en el interior del puerto vale 0,51 para un ancho de la boca de refresco de 50 m (atenuación del 49%), 0,59 para 100 m (-41%) y 0,69 para 200 m (-31%).
- ❖ Sobre el régimen hidrotérmico:
 - La estratificación térmica del puerto principal, debida a la descarga de las aguas sobrecalentadas desde la Central Puerto Nuevo, se extendería hasta llegar al Antepuerto, donde la desestratificación sería total. La sobretemperatura de la capa cálida en el puerto principal caería a los siguientes porcentajes respecto de la del puerto interior: 39% para 50 m, 20% para 100 m y 12% para 200 m, alejándose de las condiciones para el puerto proyectado (100%) y acercándose a la situación actual (8%).
 - El aumento de la sobretemperatura de las aguas tomadas por las dos centrales de Central Puerto, respecto de la situación actual, sería de 17% para 50 m, 5,3% para 100 m y sólo 0,6% para 200 m, en comparación con el 55% para el puerto proyectado.
- ❖ Sobre la sedimentación:
 - El volumen anual sedimentado en todo el puerto aumentaría a medida que crece el ancho de la boca de refresco: 15% respecto del puerto actual (1,8% respecto del proyectado) para 50 m; 17% respecto del actual (3,3% respecto del proyectado) para 100 m; y 18,5% respecto del actual (4,7% respecto del proyectado) para 200 m.
 - El volumen de mantenimiento de las dársenas y el canal de pasaje aumentaría el 24% respecto del puerto actual (2,7% respecto del proyectado) para 50 m; 27% respecto del actual (5,0% respecto del proyectado) para 100 m; y 30% respecto del actual (7,2% respecto del proyectado) para 200 m.
- ❖ Sobre el transporte de contaminantes:
 - La dilución física en el canal de pasaje, durante el tiempo de descarga de sustancias contaminantes, sería similar a la del puerto proyectado, es decir, el indicador de dilución relativa será (media temporal y espacial) de alrededor de 2,2.
 - El tiempo de dilución física a lo largo del canal de pasaje, al finalizar la descarga de sustancias contaminantes, sería de 2 días para 50 m, 3 días para 100 m y 6½ días para 200 m, es decir, la homogeneización sería 4,6, 3,2 y 1,4 veces más rápida que en el puerto actual, respectivamente, para cada variante.
 - El tiempo de renovación de las aguas del puerto sería de 12½ días para 50 m (aumento de 3,6 veces respecto de la situación actual y disminución del 21% respecto del puerto proyectado), 9¼ días para 100 m (2,6 veces respecto de la situación actual y -42% respecto del puerto proyectado) y 7 días para 200 m (2 veces respecto de la situación actual y -57% respecto del puerto proyectado).
 - No habría cambios en el tiempo de renovación de las aguas de las dársenas, que se mantendría en alrededor de 1 mes.

2.4 Conclusiones del capítulo

El estudio antecedente pone de manifiesto que el cambio de configuración del puerto puede llevar a variaciones significativas sobre los regímenes hidrodinámico, hidrotérmico, de sedimentación y de transporte de contaminantes en su interior, con implicancias sobre su gestión. Esto justifica el desarrollo del presente estudio.

3 OLAS

3.1 Consideraciones generales

El estudio del oleaje comprende dos aspectos fundamentales de interés para el proyecto que requieren un abordaje particular en cada caso. El primer aspecto se refiere a la caracterización del clima de olas en el entorno del área portuaria, mientras que el segundo apunta a la evaluación de la agitación dentro del recinto para diferentes alternativas de configuración.

La caracterización del clima de olas tiene el propósito de determinar valores de alturas, períodos y direcciones de propagación de oleaje que pueden esperarse en la zona de acceso al puerto con relativa frecuencia, como así también el análisis de eventos extremos que resulta fundamental en la identificación condiciones de diseño para las obras de defensa. Este análisis demanda la necesidad de modelar una extensa región que abarca la totalidad del Río de La Plata y parte de la plataforma continental, posibilitando tanto el estudio de olas generadas por vientos locales, como el de las que puedan propagarse desde la zona exterior.

El estudio de la agitación portuaria consiste en una modelación de detalle que apunta a reproducir la interacción entre las olas que ingresan al puerto y las estructuras internas del mismo. El propósito principal de este análisis es la determinación de alturas de olas en diferentes zonas de operación portuaria, considerando distintas alternativas para la configuración del recinto, o bien evaluando modificaciones en las propiedades reflejantes de las estructuras.

3.2 Modelación de la generación y propagación del oleaje

3.2.1 Características de la modelación

Para representar la generación de olas dentro por acción del viento y la propagación desde la zona exterior del estuario se utilizó el modelo matemático SWAN (Simulating WAVes Nearshore) desarrollado en Delft University of Technology¹. SWAN es una herramienta utilizada ampliamente en el campo de la ingeniería de costas y cuenta con una numerosa lista de aplicaciones documentadas en la bibliografía internacional referidas a la modelación del oleaje en zonas de costa marítima, lagos y estuarios.

¹<http://www.swan.tudelft.nl>

La implementación del modelo requirió esencialmente la confección de una malla de cálculo sobre la cual se representó en forma adecuada el mapa digital de profundidades del lecho marino para la totalidad del área de interés considerada en la modelación, El área de estudio abarca parte de la plataforma continental y la zona del Río de la Plata, como se muestra en la Figura 3.1. Para esta tarea se utilizaron las siguientes cartas Náuticas publicadas por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN):

- Carta 50 Mar Argentino de Río de la Plata a Cabo de Hornos (1:3.000.000)
- Carta H-113 Río de la Plata Exterior (1:250.000).
- Carta H-116 Río de la Plata Medio y Superior (1:250.000).
- Carta H-118 : Río de la Plata Superior (1:100.000)

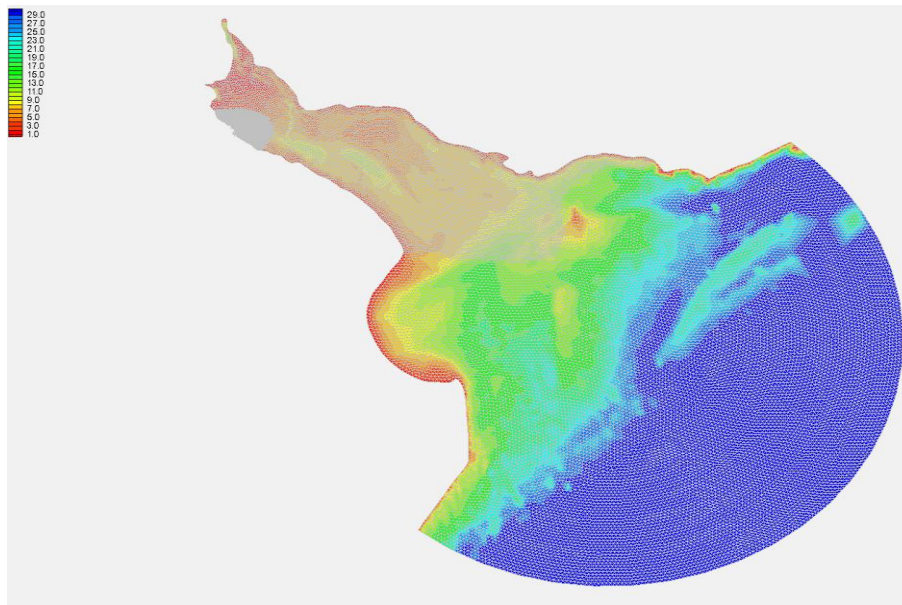


Figura 3.1. Dominio de cálculo para la aplicación de SWAN

Como información de base para trabajo se utilizaron series temporales de olas provenientes del proyecto IOWAGA (IntegratedOceanWavesforGeophysical and otherApplications), desarrollado por el instituto de investigación IFREMER (Francia)².

Los datos provistos por el programa IOWAGA son de libre uso, y están disponibles a través de un servidor FTP en formato NetCDF. La información corresponde a resultados de la aplicación del modelo numérico global WAVE-WATCH III, calibrados mediante el uso de altímetros satelitales. Estos datos están organizados por mes y con un intervalo de tiempo de 3 horas. Dicha información está conformada por valores de altura significativa, período medio espectral, período pico espectral, y dirección del oleaje. Del mismo modo, el programa brinda información de vientos consistente en series de intensidad y dirección con el mismo intervalo de tiempo.

²<http://wwz.ifremer.fr/iowaga/Products>

Las simulaciones de la propagación del oleaje fueron realizadas utilizando el modelo en modo no estacionario, representando de manera continua la serie cronológica de datos disponibles en el nodo de IFREMER para trasladar la información del oleaje hasta la zona de acceso al Puerto de Buenos Aires.

3.2.2 Validación del modelo

Las series de datos utilizadas para este estudio corresponden a un punto ubicado sobre la plataforma continental del Mar Argentino (coordenadas: Lat 36° 30' S, 54° W), en zona de aguas profundas (profundidad aproximada de 170 m), donde se cuenta una base de datos extensa que abarca en forma ininterrumpida el período de tiempo 1990-2013. A una distancia aproximada de 190 km del mismo, dentro de la zona modelada, se encuentra la ubicación de un olígrafo instalado por la empresa HIDROVIA S.A que registró datos del oleaje entre 1996 y 2010 (Figura 3.2).

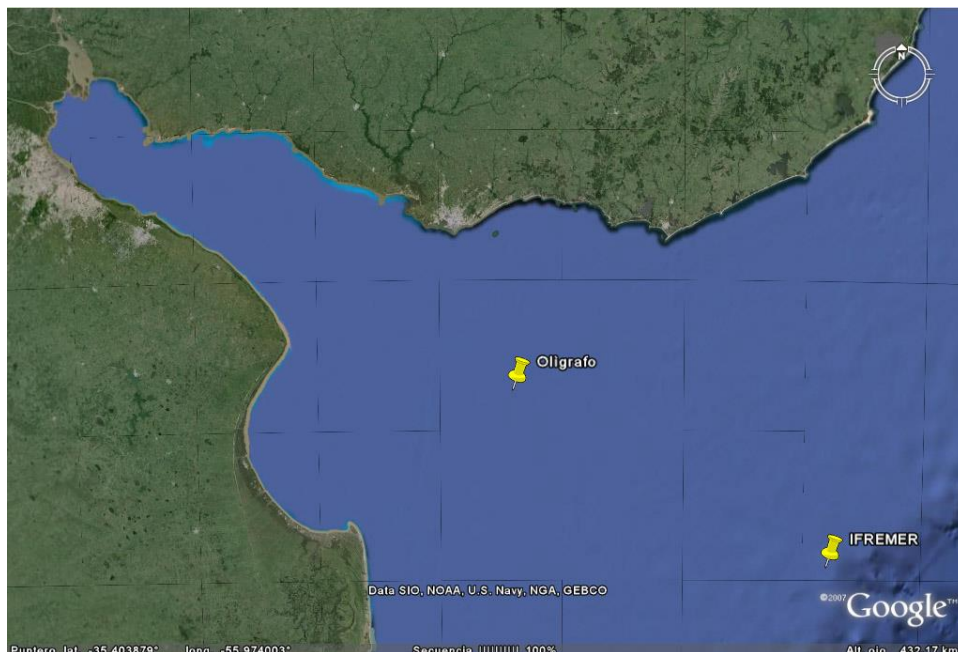


Figura 3.2.Ubicación de fuentes de información

La disponibilidad un volumen importante de información simultánea con datos referidos a mediciones del olígrafo coincidentes en tiempo con datos de IFREMER permitió desarrollar un proceso de calibración-validación destinado a ajustar de manera conveniente el valor de los parámetros que utiliza el modelo para la representación de los distintos procesos físicos intervinientes en la propagación de las olas.

Para esta tarea se decidió reproducir en forma continua la serie total del oleaje correspondiente al año 2005, siendo éste un año en el que se cuenta con el registro de datos del olígrafo de manera ininterrumpida. La Figura 3.3 muestra el resultado de esta aplicación, comparando las series de alturas significativas del oleaje (H_s) registrada (Olígrafo) y simulada (Swan AGP) para ese año en la ubicación del olígrafo. Se observa una buena aproximación entre ambas series de tiempo, dando cuenta de la eficiencia de la

metodología propuesta y de la calidad de la información de base utilizada para el desarrollo de la modelación. Del mismo modo, se pudo comprobar la capacidad del modelo para reproducir situaciones de temporal. La Figura 3.4 muestra un ejemplo que da cuenta de ello.

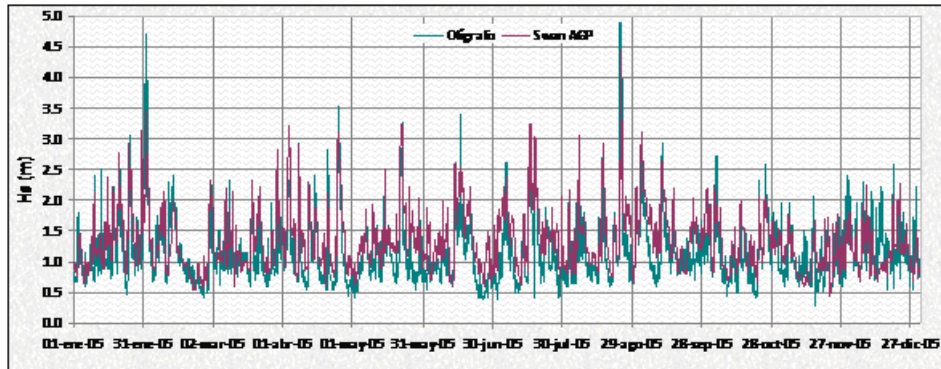


Figura 3.3.Alturas de ola medidas en el olígrafo y modeladas con SWAN para el año 2005

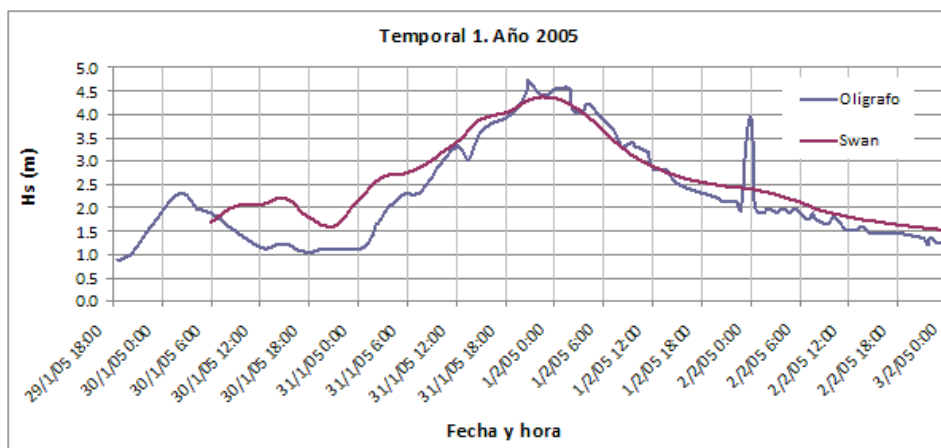


Figura 3.4.Resultado de la modelación SWAN en para el Temporal de enero-febrero 2005

3.2.3 Caracterización del oleaje en la zona de acceso al Puerto de Buenos Aires

La aplicación del modelo ajustado permite reproducir el oleaje en la el área de entorno del Puerto de Buenos Aires, con lo cual puede realizarse la caracterización del oleaje de acuerdo con los requerimientos planteados para el estudio. Como parte de los resultados preliminares para esta etapa de evaluación, la Figura 3.5 muestra la serie de tiempo cronológica de alturas de ola significativa para el año 2005 en una ubicación cercana al acceso al puerto.

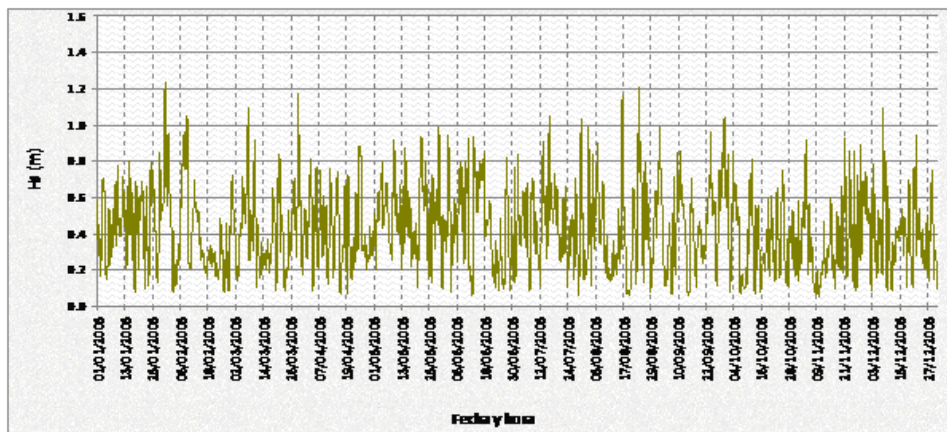


Figura 3.5. Serie de altura de ola significativa en el acceso al Puerto de Buenos Aires para el año 2005

El procesamiento de esta información permite analizar diferentes aspectos referidos al clima de olas. A modo de ejemplo, la Figura 3.6 presenta un histograma con rangos de alturas de ola y su correspondiente frecuencia de ocurrencia. Esta figura muestra que las alturas de olas más frecuentes se encuentran en el rango de $H_s=0.2-0.4$ m, y que valores por encima de $H_s=1.0$ m sólo ocurren en un 2 % del tiempo.

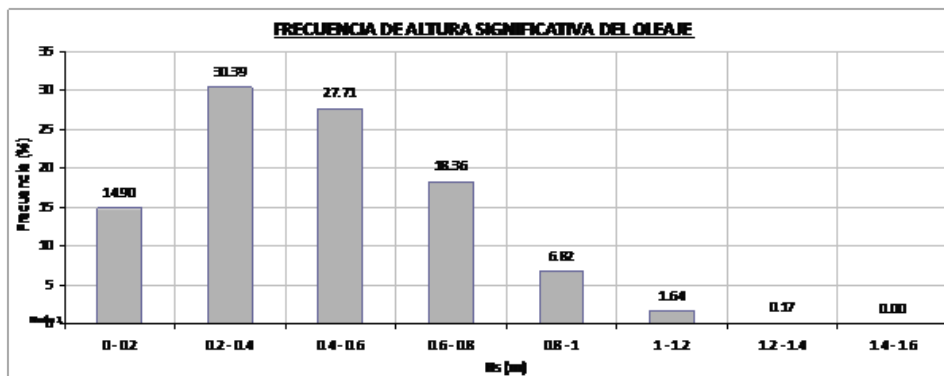


Figura 3.6. Distribución de alturas de ola. Resultado preliminar

3.3 Agitación dentro del recinto portuario

3.3.1 Características de la modelación

La simulación numérica de la agitación en un recinto portuario requiere de un modelo matemático capaz de reproducir los mecanismos dominantes para la transformación de las olas en este tipo de aplicaciones: la difracción, la reflexión y la refracción.

El modelo matemático básico de agitación en recintos portuarios fue desarrollado por Berkhoff (1972). Combinando su ecuación para los taludes suaves con apropiadas condiciones de borde, es posible simular adecuadamente cualquier problema práctico, una vez definida la ola incidente. Para este estudio se utilizó CGWAVE (Panchang & Xu 1995), modelo de elementos finitos 2D basado en la formulación inicial de Berkhoff. CGWAVE se

encuentra incorporado dentro de la plataforma SMS (Surface-Water Modeling System), lo cual agiliza su implementación facilitando considerablemente las tareas de pre y post-procesamiento de cálculo.

El dominio de cálculo se genera ajustando el contorno de la región de interés para la modelación con un paso de discretización espacial suficientemente pequeño respecto de la longitud de onda de la ola más corta, de modo de representarla adecuadamente. El contorno de la región de cálculo está caracterizado por bordes físicos coincidentes con tramos de costa, muelles, escolleras, u otras estructuras, y por bordes radiantes en los que se impone la condición de ola del caso, es decir su altura, período y dirección de propagación.

La Figura 3.7 muestra el dominio de cálculo utilizado para evaluar la agitación en el interior de la configuración actual del Puerto de Buenos Aires. La información batimétrica incorporada en esta modelación corresponde a relevamientos locales suministrados por AGPSE, La malla de cálculo utilizada en esta etapa inicial del estudio contiene una cantidad de 412215 elementos triangulares, con 207701 nodos. La distancia entre nodos resulta del orden de 10 m.

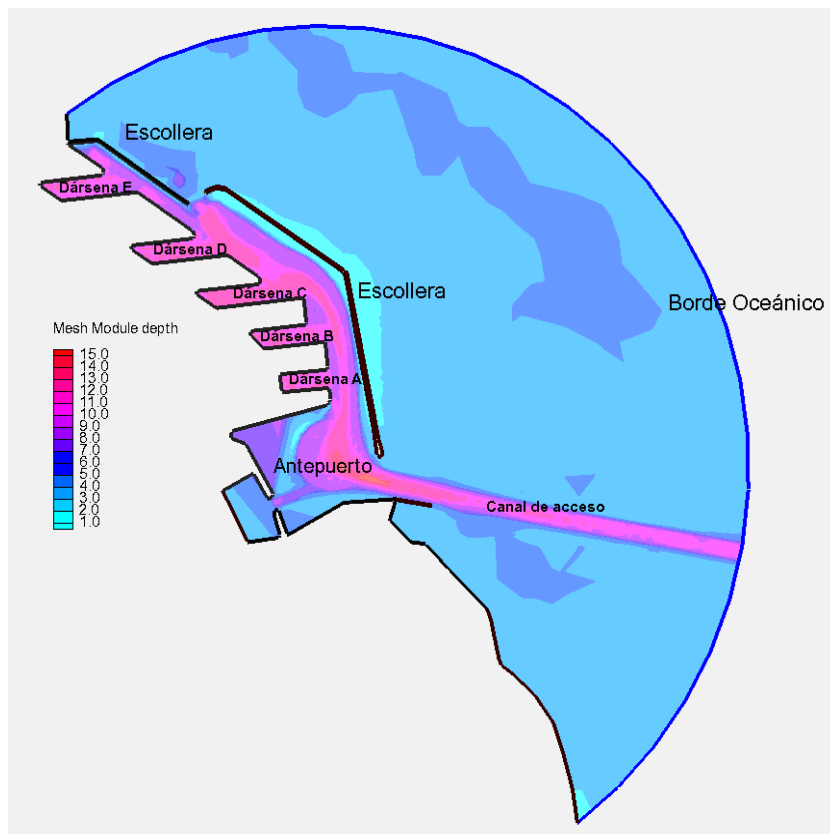


Figura 3.7. Dominio de cálculo para la aplicación de CGWAVE

Como resultado de la aplicación del modelo se obtiene la distribución espacial de alturas de ola la totalidad del área modelada, siendo éste el resultado de mayor interés desde el punto de vista ingenieril. Eventualmente, también es posible conocer el campo de direcciones de propagación y corrientes generadas por el oleaje.

Este modelo puede ser aplicado a olas que responden a una distribución espectral en

frecuencia y dirección, apelando al principio de superposición, dado el carácter lineal de las ecuaciones. Para ello los espectros se discretizan y se obtienen soluciones para todas las combinaciones de frecuencias y dirección. La solución final resulta de la suma de las soluciones particulares para cada banda de frecuencia en que se ha discretizado el espectro.

3.3.2 Resultados de la modelación

Se realizaron un conjunto de ensayos preliminares con el propósito de comparar patrones generales de agitación portuaria entre la Configuración Actual (CAct) y una Configuración Alternativa (CAIt).

Los escenarios analizados corresponden a ondas unitarias propagándose desde el borde oceánico con valores de $H_s = 1$ m, $T_p = 4$ seg, y direcciones de incidencia variables entre 30° y 90° (direcciones desde NNE a E, respectivamente). La Figura 3.7 muestra los campos de alturas de ola obtenidos para dos casos simulados. En todos los casos se consideró una marea coincidente con el nivel medio.

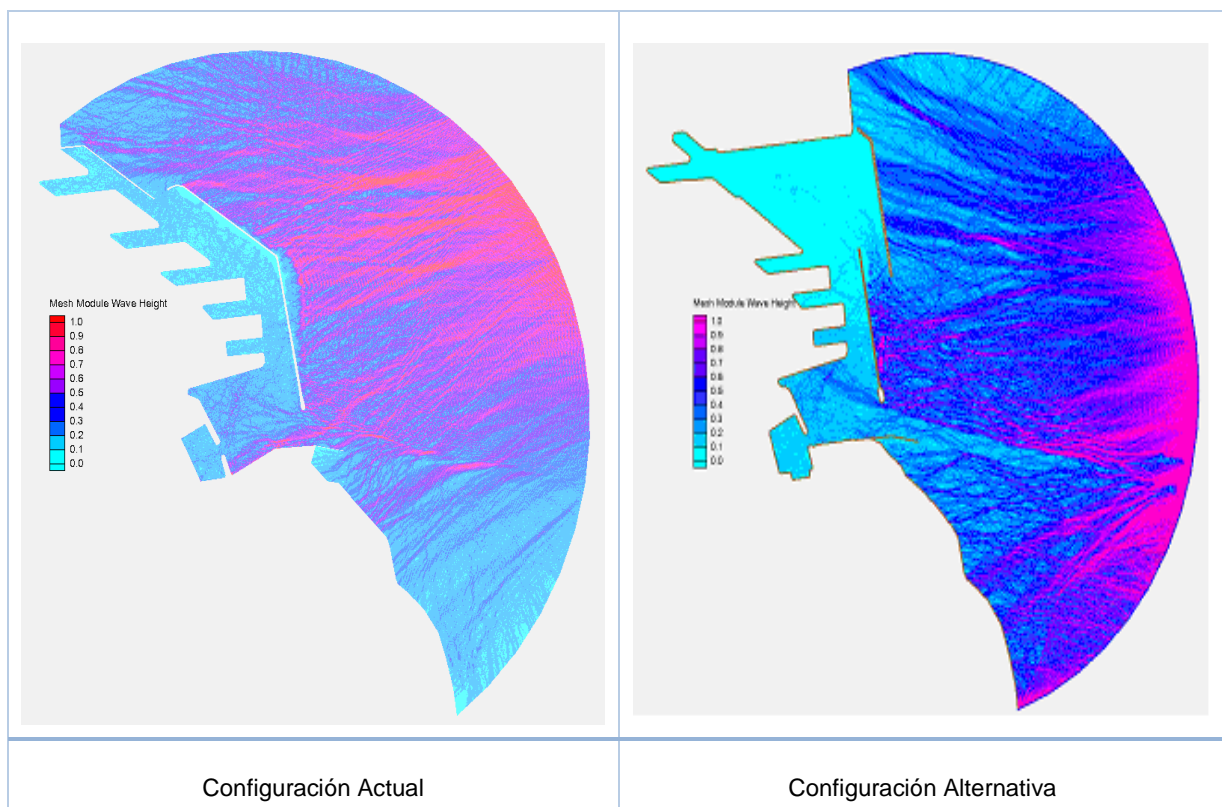


Figura 3.8. Distribución de H_s (m) para las configuraciones analizadas

El cómputo de las alturas medias para diferentes sectores del recinto portuario permite realizar la comparación de indicadores de agitación obtenidos para los diferentes escenarios

analizados. La Figura 3.9 muestra el resultado de la comparación mencionada.

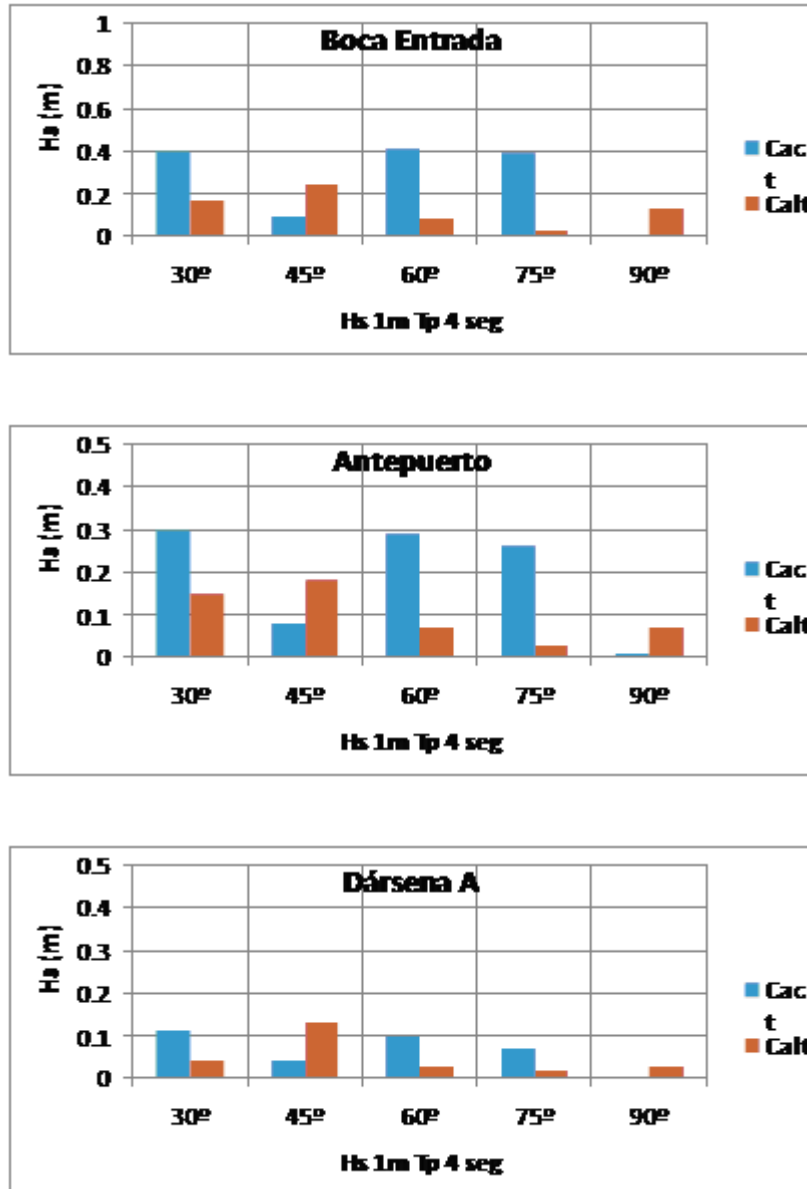


Figura 3.9. Comparación entre niveles de agitación correspondientes a las configuraciones analizadas

Los resultados de este análisis preliminar serán completados a lo largo del desarrollo de los estudios incorporando otros otros escenarios hidrodinámicos para la evaluación, como así también introduciendo modificaciones en las propiedades reflejantes de los contornos.

3.4 Conclusiones del capítulo

Las tareas referidas a la propagación del oleaje para la caracterización del clima de olas en el entorno del Puerto de Buenos Aires mostraron un avance significativo consistente en la configuración del modelo SWAN y su validación mediante el contraste de datos registrados

por el olígrafo de Hidrovía en la zona exterior del Río de La Plata. En este aspecto, se pudo observar una buena representación del modelo tanto en situaciones de oleaje frecuente como para eventos de temporal.

En la siguiente etapa de estudio se prevé la utilización del modelo para la propagación del oleaje hasta la zona de interés permitiendo generar un amplio volumen de información destinada a caracterizar el clima de olas en proximidades del puerto mediante el análisis estadístico de los datos obtenidos. Al mismo tiempo, se prevé el estudio particular de situaciones de temporal, incorporando el fenómeno de incremento de niveles por efecto meteorológico, con el propósito de definir adecuadamente la relación entre alturas de ola y períodos de retorno.

El estudio de la agitación dentro del recinto portuario mostró una etapa preliminar de análisis donde comenzaron a evaluarse patrones que permiten comparan diferencias entre la situación actual del puerto y una configuración alternativa de proyecto. El avance de esta tarea permitirá ajustar los dominios de cálculo para la implementación del modelo CGWAVE de manera tal que permita realizar un importante número de simulaciones numéricas para diferentes escenarios de análisis y distintas configuraciones, manteniendo acotados los tiempos de cálculo dentro de duraciones compatibles con los requerimientos del estudio.

4 IMPACTO HIDRÁULICO

4.1 Implementación del modelo

4.1.1 Sistema de Modelación MOHID

Se utilizó para el presente estudio el software de modelación MOHID, desarrollado por MARETEC (*Marine and Environmental Technology Research Center*) en el Instituto Superior Técnico (IST) de la Universidad Técnica de Lisboa. El mismo resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes en tres dimensiones utilizando las aproximaciones hidrostáticas y de Boussinesq.

La técnica numérica de resolución de estas ecuaciones se formula mediante volúmenes finitos, con una discretización vertical general que permite la implementación simultánea de varios tipos de coordenadas. En el plano horizontal, las ecuaciones se discretizan utilizando una grilla escalonada Arakawa-C. La discretización temporal se lleva a cabo por medio de un algoritmo semi-implícito (ADI), con dos niveles por iteración.

El sistema MOHID también incluye la posibilidad de efectuar una modelación hidrodinámica bidimensional, resultante de integrar las ecuaciones anteriores sobre la profundidad, y válida para el caso en que la escala de estudio es mucho mayor que la profundidad. Esta es la aproximación utilizada para esta parte del estudio.

4.1.2 Dominios de cálculo

El modelo está implementado sobre tres dominios anidados (Figura 4.1). El Dominio 1, que es el de mayor extensión (y menor resolución), provee de condiciones de borde al Dominio 2 y éste a su vez al Dominio 3, que es el de menor extensión (y mayor resolución). La zona-problema se resuelve detalladamente en el Dominio 3.

El Dominio 1 abarca prácticamente todo el Río de la Plata Interior, llegando hasta la línea imaginaria Punta Piedras (Argentina) – Punta del Tigre (Desembocadura del río Santa Lucía, Uruguay). Sus dimensiones son de 210 km x 98 km; fue discretizado con un paso espacial de 1 km en ambas direcciones, resultando 210 celdas en la dirección x y 98 en la dirección y. El Dominio 2 se ubica sobre la Franja Costera Sur del Río de la Plata, aproximadamente desde San Isidro hasta Ensenada, con una longitud de 62 km y un ancho de 30 km, y fue discretizado con un paso de 200 m en ambas direcciones, resultando 310 celdas en x y 150 celdas en y. El Dominio 3 tiene 20 km de largo y 11 km de ancho, y fue discretizado con un paso de 40 m en ambas direcciones, resultando en 517 columnas y 278 filas, comenzando en el límite entre la Ciudad de Buenos Aires y el partido de Vicente López (Av. Gral Paz) y llegando hasta Quilmes, focalizándose en la zona-problema.

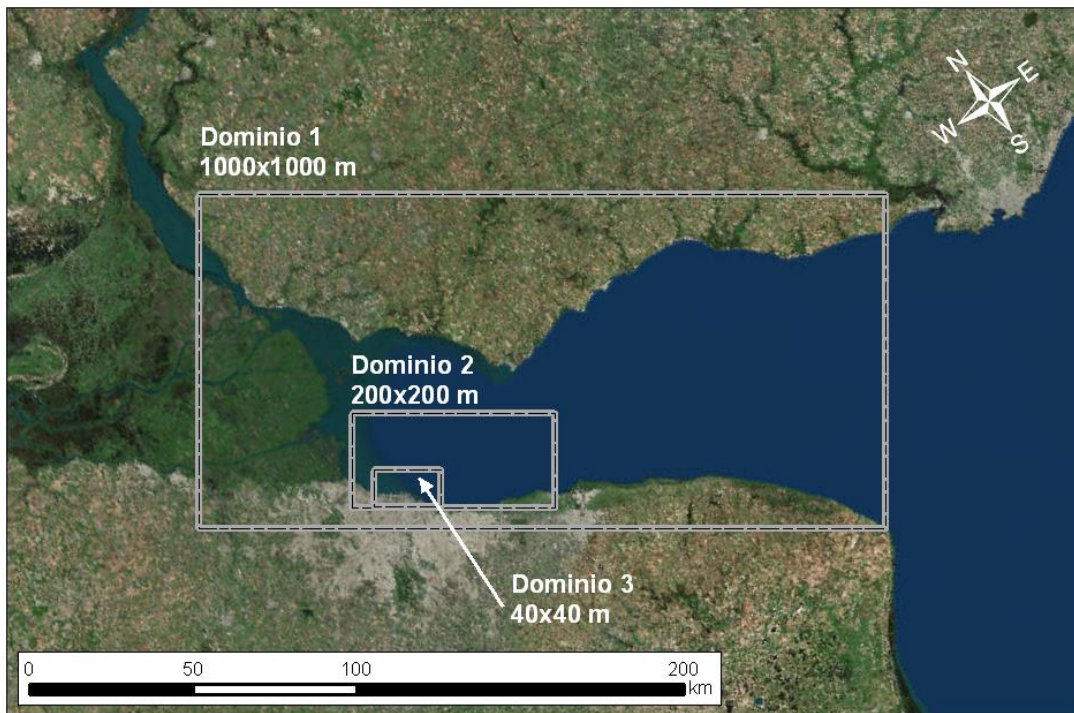


Figura 4.1. Dominios de cálculo.

Por razones de precisión (y, eventualmente, de estabilidad numérica), el paso de discretización temporal (Δt) depende del paso espacial, de modo que este resulta distinto en cada uno de los dominios. La relación entre ellos tiene que ser del orden de la celeridad de propagación de la onda de marea. Para el presente problema se seleccionaron los valores mostrados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Paso temporal para cada dominio.

Dominio	Δx [m]	Δt [seg]
1	1000	180
2	200	30
3	40	6

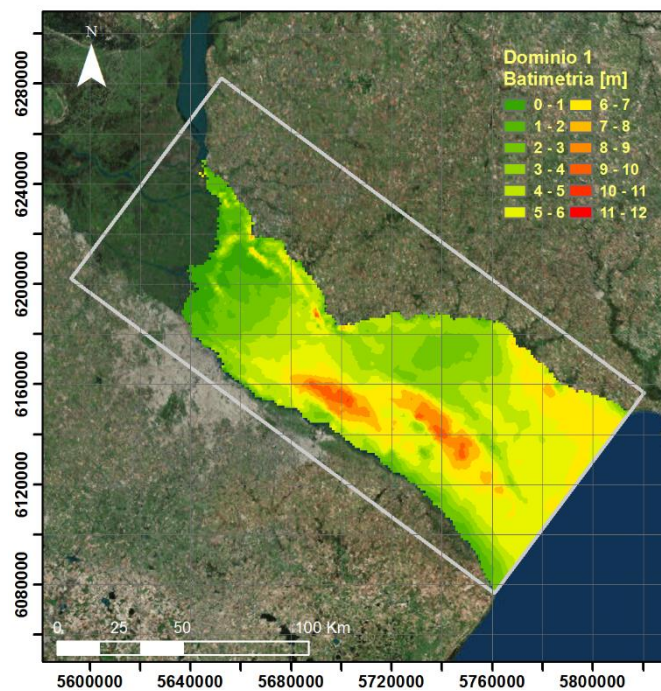
4.1.3 Batimetría

Para representar la batimetría del Río de la Plata se utilizó una base de datos altimétricos puntuales, digitalizados a partir de las siguientes cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval (SHN):

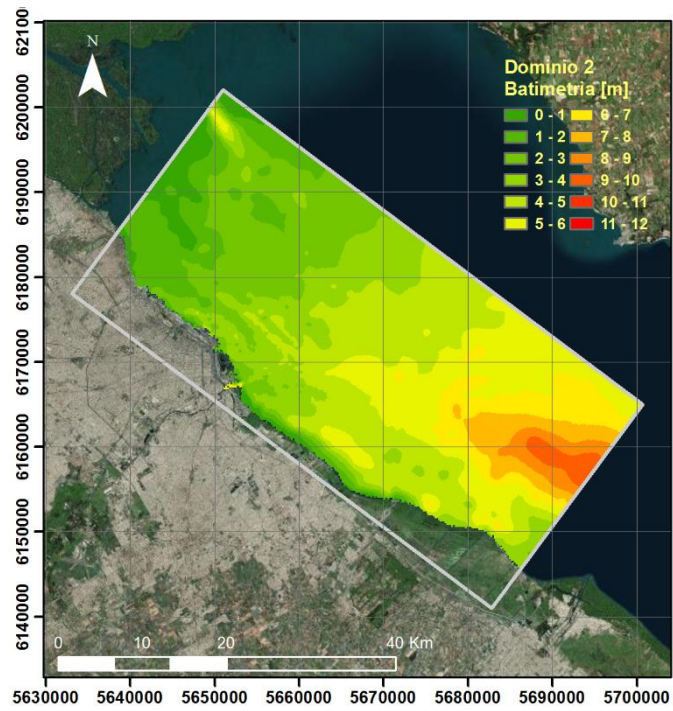
- o SHN-H116, Río de la Plata Medio y Superior
- o SHN-H118, Río de la Plata Superior
- o SHN-H130, Delta del Paraná
- o SHN-H156, Puerto de Buenos Aires

Estas cartas representan distintas escalas de resolución, de modo que incluyen diferentes densidades de puntos. En las zonas de superposición entre cartas se seleccionaron los puntos con mayor densidad. En total, se digitalizaron 5.679 puntos.

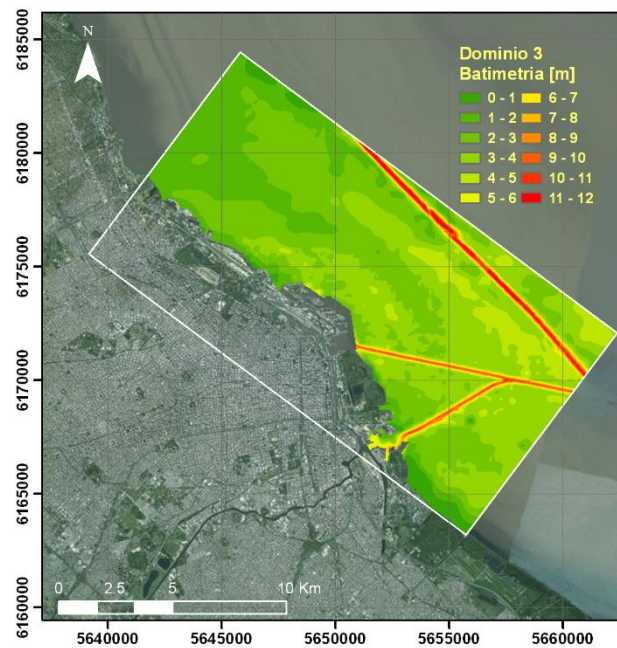
La Figura 4.2 muestra los Modelos Digitales de Elevación (MDE) del fondo resultantes para cada dominio, cada uno con el paso de discretización correspondiente.



a.Dominio 1



b.Dominio 2



c.Dominio 3

Figura 4.2.MDE del fondo para cada dominio.

4.1.4 Forzantes

Los principales forzantes del movimiento son la marea oceánica y el aporte de los tributarios, los cuales fueron implementados en el Dominio 1 como condiciones de borde.

La onda de marea oceánica se especifica en la línea Punta Piedras – Punta del Tigre, a partir de resultados provistos por el modelo regional RPP2D³.

El aporte de los tributarios se materializa como ingresos de caudal en la cabecera del Río de la Plata, habiéndose representado las bocas de los ríos Uruguay, Sauce - Paraná Bravo, Paraná Guazú, Paraná Mini, Paraná de las Palmas, Barca Grande y Luján (Figura 4.3). Las series temporales de caudales de los ríos Uruguay y Paraná fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información Hídrica (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación). A partir del caudal del río Paraná, los correspondientes a sus diversos brazos se obtuvieron a través de un esquema de partición establecido⁴. Por su parte, se adoptó 15 m³/s como caudal medio del río Luján⁵.

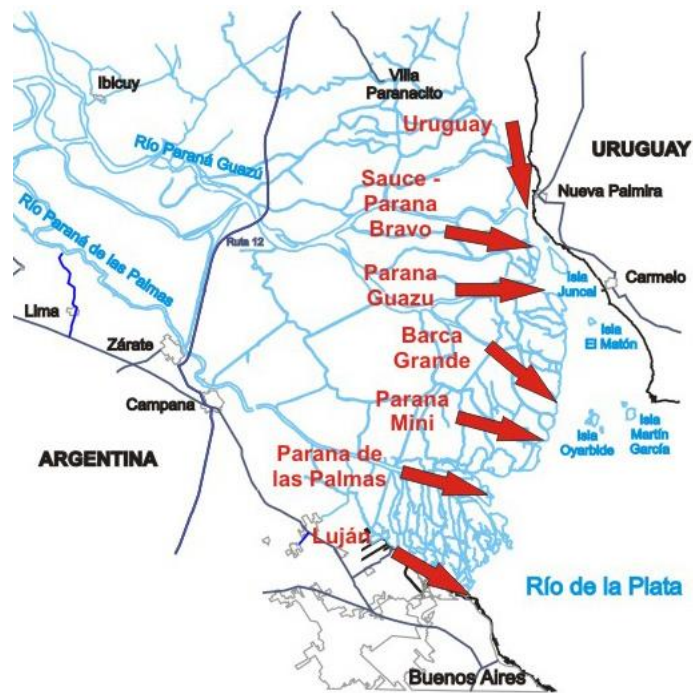


Figura 4.3. Tributarios del Río de la Plata.

³Re, 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).

⁴ Bombardelli, F.A, Menéndez, A.N, Brea, J.D., Lapetina, M.R., UriburuQuirno, M., 1995, Estudio hidrodinámico del Delta del Río Paraná mediante modelación matemática, Informe LHA-INCYTH 137-03-95.

⁵Menéndez, A.N., Lopolito, M.F., Badano, N.D., Re, M., “Evaluación de la Calidad del Agua en la Franja Costera Sur del Río de la Plata mediante Modelación Numérica”, Informe INA-LHA 02-1.207-11, enero de 2011

4.2 Validación del modelo

4.2.1 Condiciones normales

Se dispuso de mediciones de velocidad de corriente realizadas por Aguas Argentinas S.A. (actual AySA, Agua y Saneamientos Argentinos S.A.) en las ubicaciones que se presentan en la Figura 4.4, cercanas a las tomas de agua de Palermo y de Bernal para el período 10/Mar al 20/Abr de 2004. Para la validación se utilizó la ventana temporal 19/Mar/04 – 24/Mar/04, que es un período durante el cual la situación es de vientos suaves, que puede considerarse como representativo de un escenario hidrometeorológico normal.

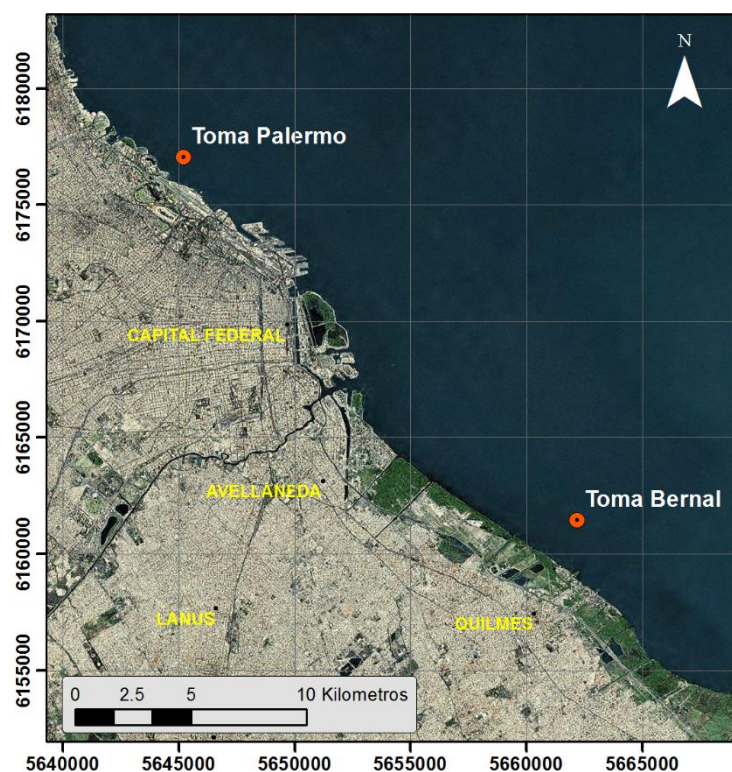
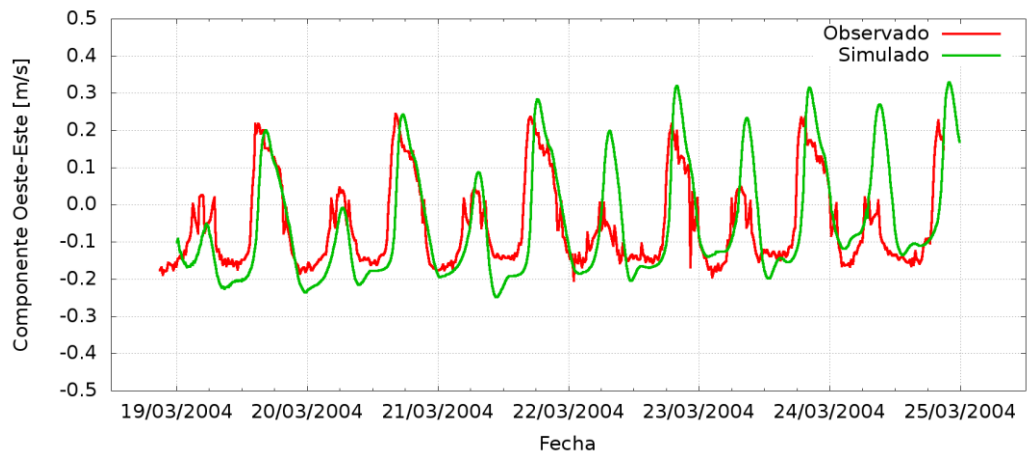


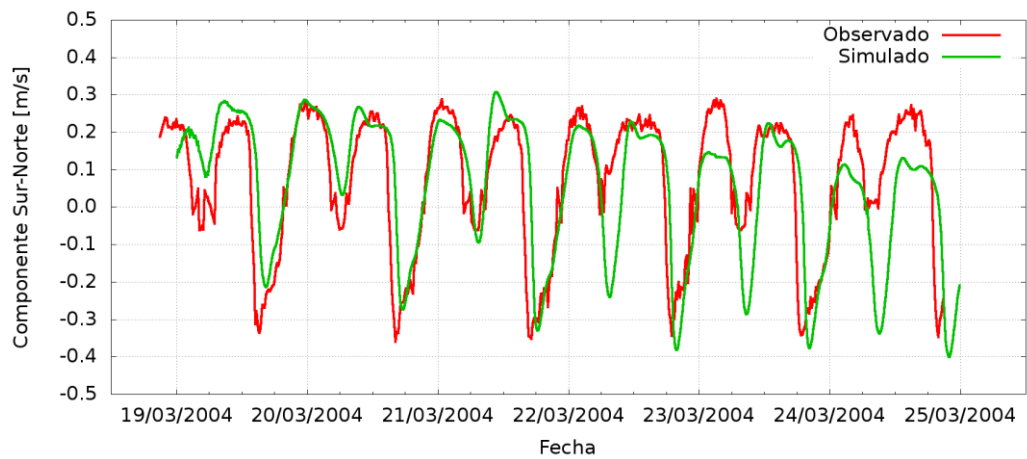
Figura 4.4. Ubicación de puntos de medición de velocidades.

En la Figura 4.5 y la b. Componente Sur-Norte

Figura 4.6 se muestran las comparaciones entre las series temporales de las dos componentes de la velocidad de la corriente para las estaciones Palermo y Bernal, respectivamente. Se observa un acuerdo general satisfactorio. La Figura 4.7 presenta la comparación entre las rosas de corrientes para el mismo intervalo de tiempo. Se observa que existe compatibilidad general en cuanto a la dirección principal de movimiento y la magnitud de los picos de corriente en ambos sentidos. La leve diferencia de dirección que se observa para la estación Palermo, la más cercana a la costa, es un efecto de la representación discreta del contorno costero.

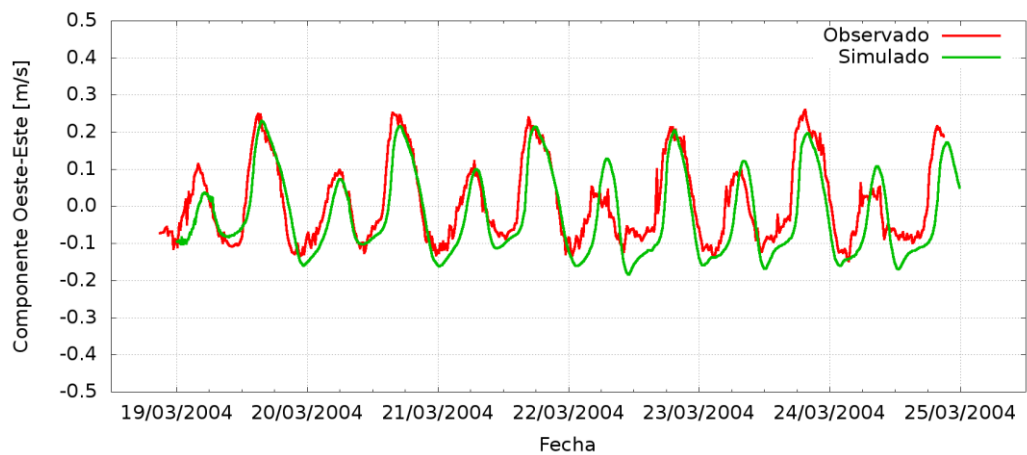


a. Componente Oeste-Este

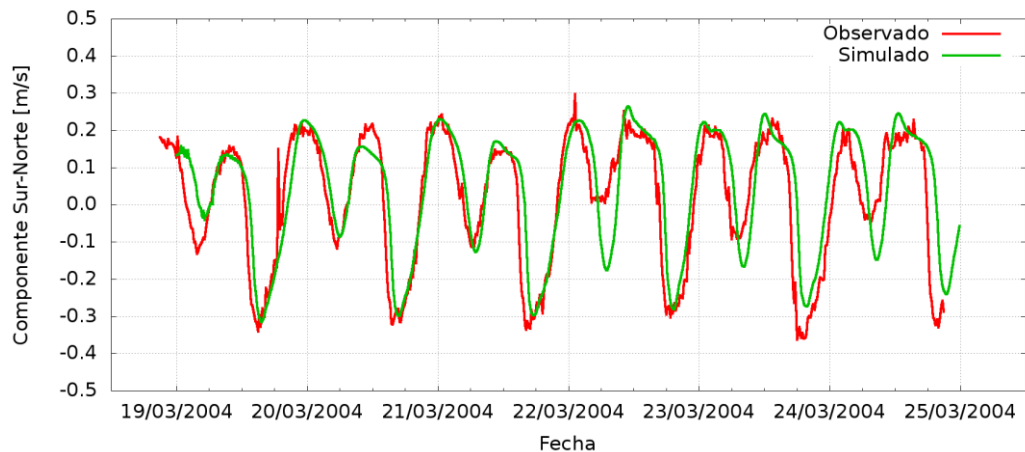


b. Componente Sur-Norte

Figura 4.5. Comparación de velocidades medidas y calculadas en estación Palermo.

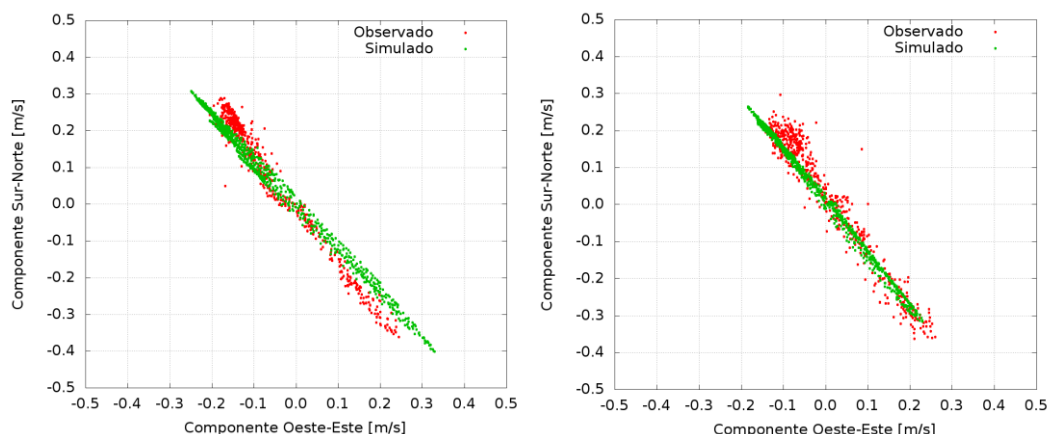


a. Componente Oeste-Este



b. Componente Sur-Norte

Figura 4.6. Comparación de velocidades medidas y calculadas en estación Bernal.



a. Palermo

b. Bernal

Figura 4.7. Comparación de rosas de corrientes medidas y calculadas.

4.2.2 Condiciones extremas

La Sudestada es un fenómeno que se localiza en la región del Río de la Plata y su Frente Marítimo, y está caracterizada por vientos persistentes, regulares a fuertes, del sector Sudeste. La Sudestada genera una onda de tormenta que penetra en el Río de la Plata, incrementando su nivel, efecto que además se potencia por la propia acción local del viento, alineado con el eje del río.

Por su parte, los eventos de bajante se registran a raíz de la persistencia de vientos fuertes de los sectores NNE, N y NNO sobre el Río de la Plata.

Para validar la modelación en estas condiciones extremas se dispuso de mediciones del nivel del agua en Buenos Aires, provistos por el Servicio de Hidrografía Naval, para cada uno de los siguientes dos eventos: bajante de Noviembre 2002 (9 al 11 de noviembre) y Sudestada de Mayo 2000 (14 al 19 de mayo). Se utilizaron datos de vientos de NCEP/NCAR, debidamente corregidos para representar su valor en la superficie del

agua. La Figura 4.8 y la Figura 4.9 muestran las comparaciones de la Sudestada y la bajante, respectivamente, observándose un acuerdo satisfactorio.

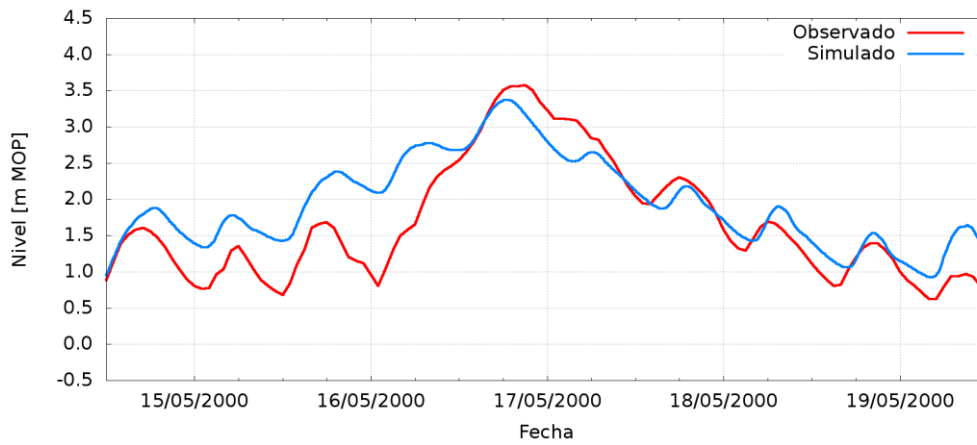


Figura 4.8. Comparación de niveles en Buenos Aires. Sudestada de Mayo 2000.

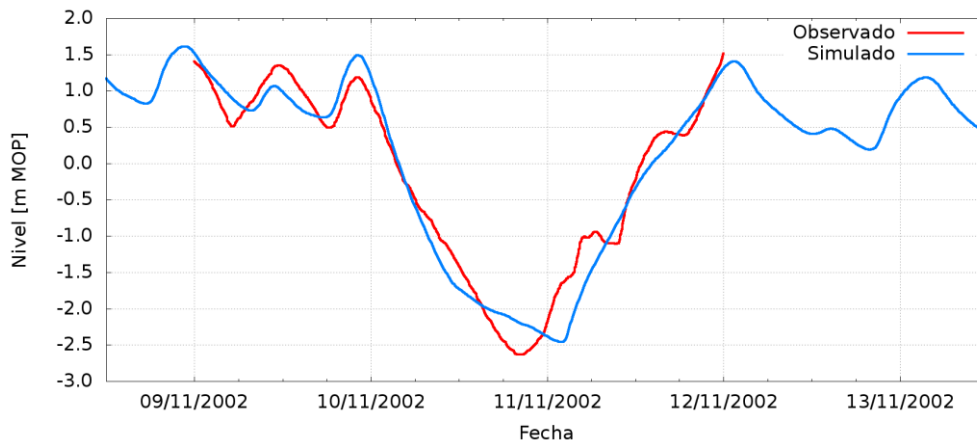


Figura 4.9. Comparación de niveles en Buenos Aires. Bajante de Noviembre 2002.

4.3 Aplicación del modelo

4.3.1 Escenarios

En esta primera etapa de estudios, semodelarondos escenarios de configuración del puerto, a saber (Figura 4.10):

- a) **Escenario CA:** Representa la configuración actual del puerto.
- b) **Escenario CP:** Corresponde a la situación de proyecto, con los rellenos de las Etapa IA, IB y II, afectando una superficie aproximada de 1040 m², y la construcción de una nueva obra de abrigo de aproximadamente 1400 m.

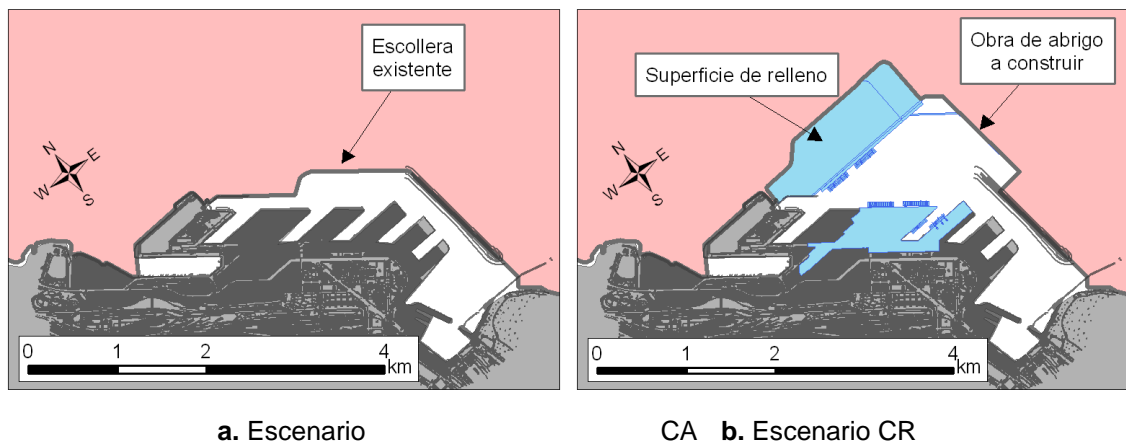


Figura 4.10. Escenarios de configuración del puerto.

4.3.2 Indicadores de impacto hidráulico

Se construyeron tres indicadores de impacto hidráulico, basados en la comparación de los resultados del modelo para el escenario CP con los del escenario CA. Estos indicadores son los siguientes:

- I. Módulo de la diferencia de velocidades para los instantes de máxima velocidad en creciente y máxima velocidad en bajante (que son los instantes de máximo 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.
- II. Diferencia del módulo de las velocidades para los instantes de máxima velocidad en creciente y máxima velocidad en bajante, que es un indicador del cambio de intensidad de la velocidad. Este indicador también es relevante para analizar afectación a la navegación.
- 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 se calcula como⁶:

$$T_d = \begin{cases} 1 - \left(\frac{u_*}{u_{*cr,d}} \right)^2 & \text{si } u_* < u_{*cr,d} \\ 0 & \text{si } u_* \geq u_{*cr,d} \end{cases}$$

donde u_* es la velocidad de corte, y $u_{*cr,d}$ su valor crítico de deposición. Nótese que $0 \leq T_d \leq 1$; un valor de T_d cercano a 0 significa escasa sedimentación, mientras que un valor cercano a 1 indica sedimentación cercana a la máxima tasa potencial. A partir de estudios antecedentes⁷ se ha establecido para esta zona un valor $u_{*cr,d} = 0,8$ cm/s. 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.

La Figura 4.11 presenta el módulo de la diferencia de velocidades entre ambos escenarios (indicador I). Si se toma una velocidad de 2 cm/s como el umbral de detección, se obtienen los valores estimados de extensión longitudinal total y extensión lateral (desde la costa actual) de la zona de impacto, resultando en 12,5 km y 6,5 km, respectivamente.

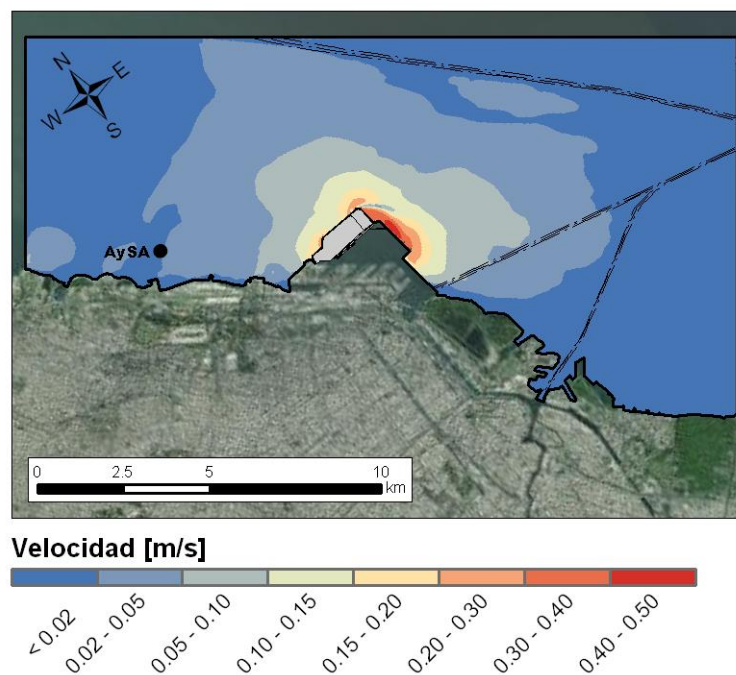


Figura 4.11. Indicador de cambio de la velocidad.

⁶van Rijn, L.C., 1993, Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas, Aqua Publ.

⁷Menéndez, A.N., Castellano, R., 2000. Simulation of sedimentation in an estuary due to an artificial island, 4th International Conference Hydroinformatics 2000, Cedar Rapids, Iowa, USA, July.

En la Figura 4.12 se muestra la diferencia entre los módulos de las velocidades para los mismos escenarios (Indicador II). Se detectan dos lóbulos de disminución de velocidad en las direcciones sudeste y noroeste. La extensión lateral de los mismos es de aproximadamente 2 y 3 km, respectivamente. Por otro lado, también se produce un lóbulo de aumento de velocidad en la dirección noreste.

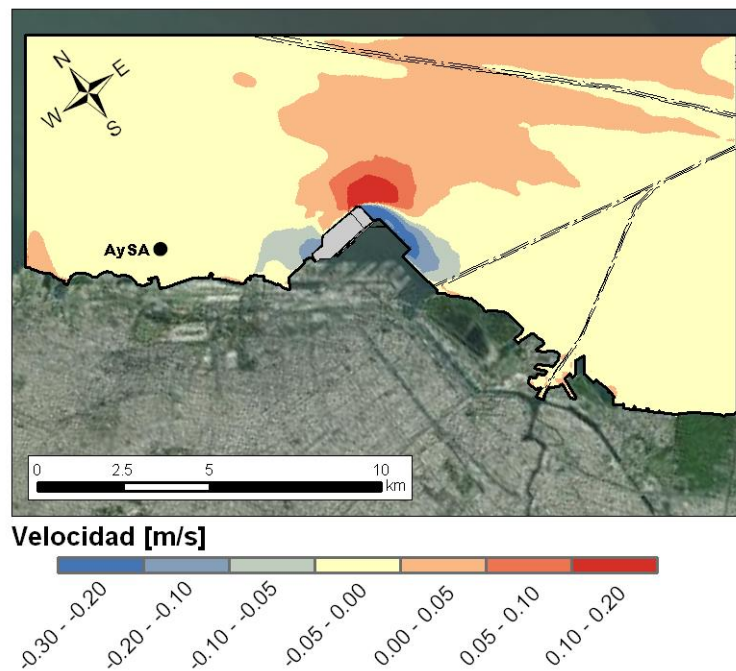


Figura 4.12. Indicador de cambio del módulo de la velocidad.

En la Figura 4.13 se muestra el indicador de cambio de tasa de sedimentación (indicador III). Considerando un valor de 0,1 como un cambio significativo, se observa que:

- Se producen dos lóbulos de aumento significativo de tasa de sedimentación, uno hacia el NO y otro hacia el SE, siendo este último el de mayor intensidad y extensión. En la Tabla 4.2 se presentan las estimaciones de sus dimensiones para dos valores umbrales:
- Se generan unas manchas de disminución significativa de la tasa de sedimentación hacia el NE, de dimensiones aproximadas de 2 x 1 km, mucho menores a los lóbulos.

Tabla 4.2. Dimensiones aproximadas de los lóbulos de cambio de sedimentación.

Valor umbral	Lóbulo NO		Lóbulo SE	
	Extensión longitudinal [m]	Extensión lateral [m]	Extensión longitudinal [m]	Extensión lateral [m]
0,1	5.400	3.800	7.300	3.000
0,5	800	850	3.000	900

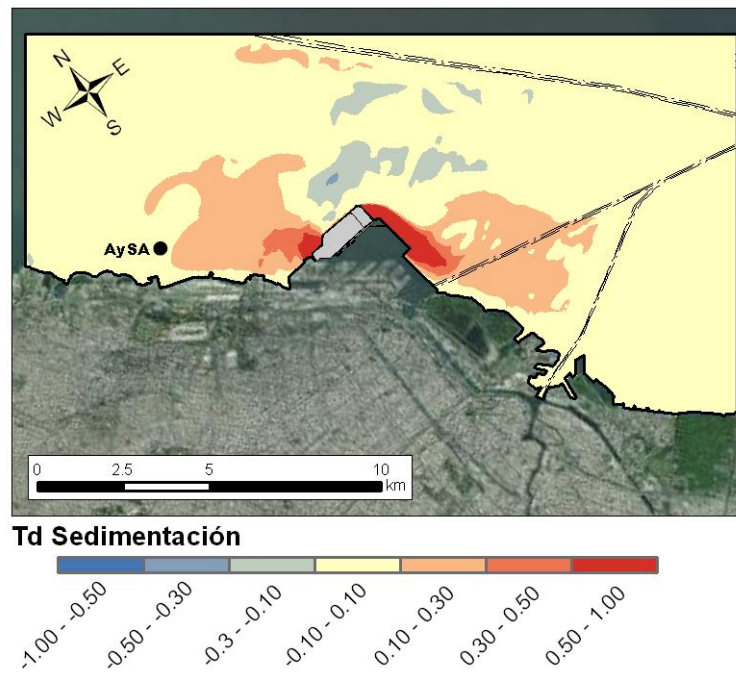


Figura 4.13. Indicador de cambio de tasa de sedimentación.

4.4 Conclusiones del capítulo

El cambio de configuración del puerto ejerce impactos hidrosedimentológicos sobre el entorno del puerto. Si bien los resultados preliminares presentados indican que son acotados en extensión y magnitud, su cuantificación es relevante a los fines del estudio de impacto ambiental.

5 HIDRODINÁMICA DEL PUERTO

5.1 Dominio de modelación

Se plantea un modelo del puerto interior para cuantificar los cambios hidrodinámicos debido a un cambio en la geometría del puerto. El dominio de modelación se presenta en la Figura 5.1, donde se distinguen tres bordes abiertos: Norte, Este y Sur. El dominio se extiende paralelo a la margen sobre una distancia de 6,3 km, con el borde Este a aproximadamente 2,5 km de la costa.

Se utiliza una malla regular con un tamaño medio de elementos de 10 m, pero con mayor densidad en la zona del puerto.

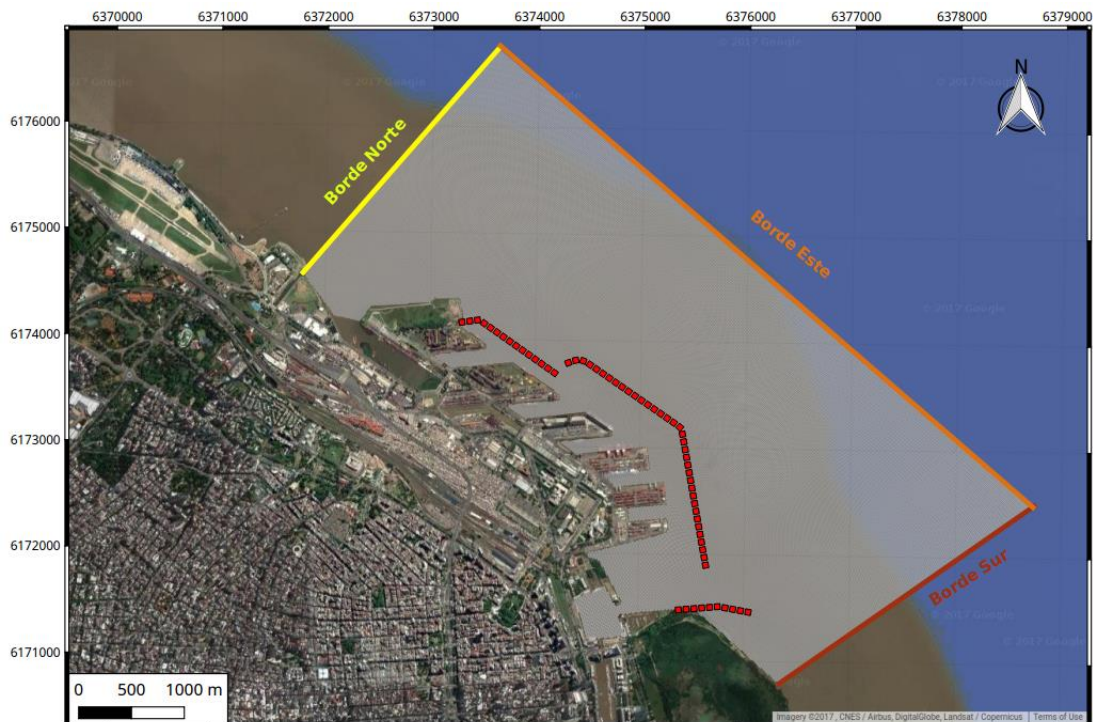


Figura 5.1. Dominio de modelación.

5.2 Condiciones de borde

Se utilizó como condición de borde una onda de marea representativa de condiciones normales del Río de la Plata. Para eso se tomó la serie registrada en Palermo en el mes de marzo de 2004.

En los bordes Sur y Norte se impuso la misma serie de niveles, pero desfasada en 15 minutos, que corresponde al traslado de la onda de marea a lo largo de los 6,3 km de longitud del modelo con una celeridad asociada a una profundidad media (en la zona exterior al puerto) de 5 m. El nivel sobre el borde Este resulta de una interpolación lineal entre los bordes extremos.

5.3 Escenario Actual

En primer lugar, se simuló la configuración actual del puerto. Para representar la batimetría se utilizaron los relevamientos batimétricos de junio de 2016 para el interior del recinto, y datos de las Cartas Náuticas para el exterior del puerto. La Figura 5.2 muestra la batimetría referida al cero MOP.

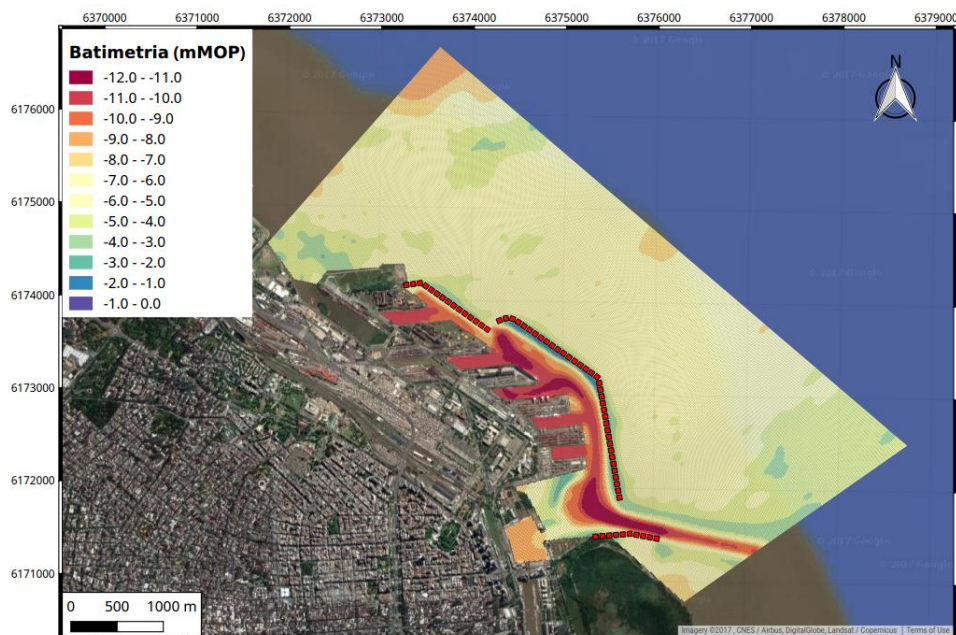
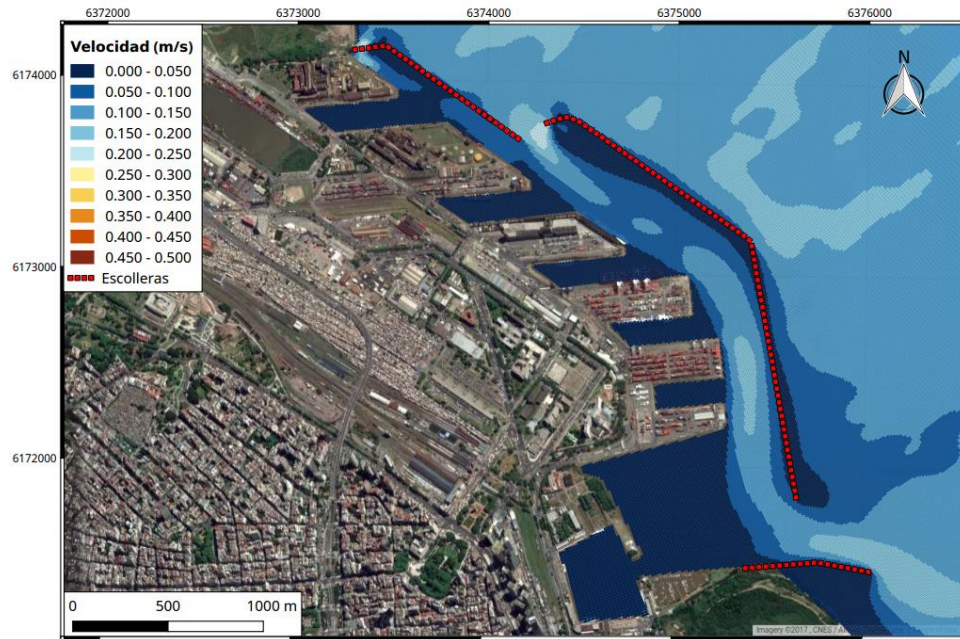
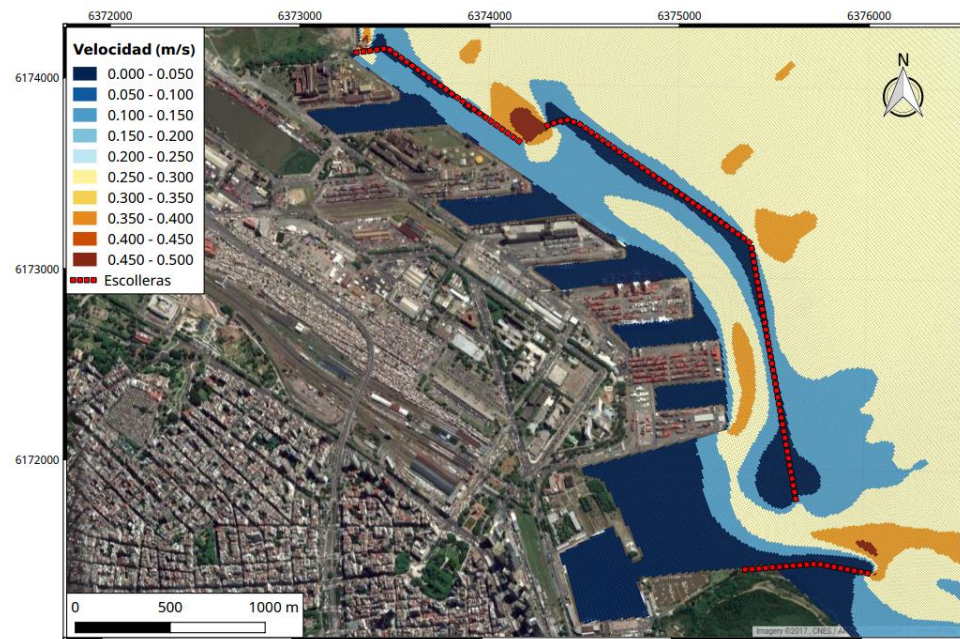


Figura 5.2. Batimetría para la situación actual

A título ilustrativo, la Figura 5.3 muestra los campos de velocidad para un instante de creciente y uno de bajante. Por su parte, en la Figura 5.4 se presenta la evolución temporal del nivel y la velocidad de corriente en la Boca Principal y en la Boca Falsa del puerto. De mediciones efectuadas durante los estudios antecedentes surgieron valores de velocidad de 0,30 m/s para la Boca Principal y 0,55 m/s para la Boca Falsa del puerto, los cuales resultan compatibles con las observaciones.

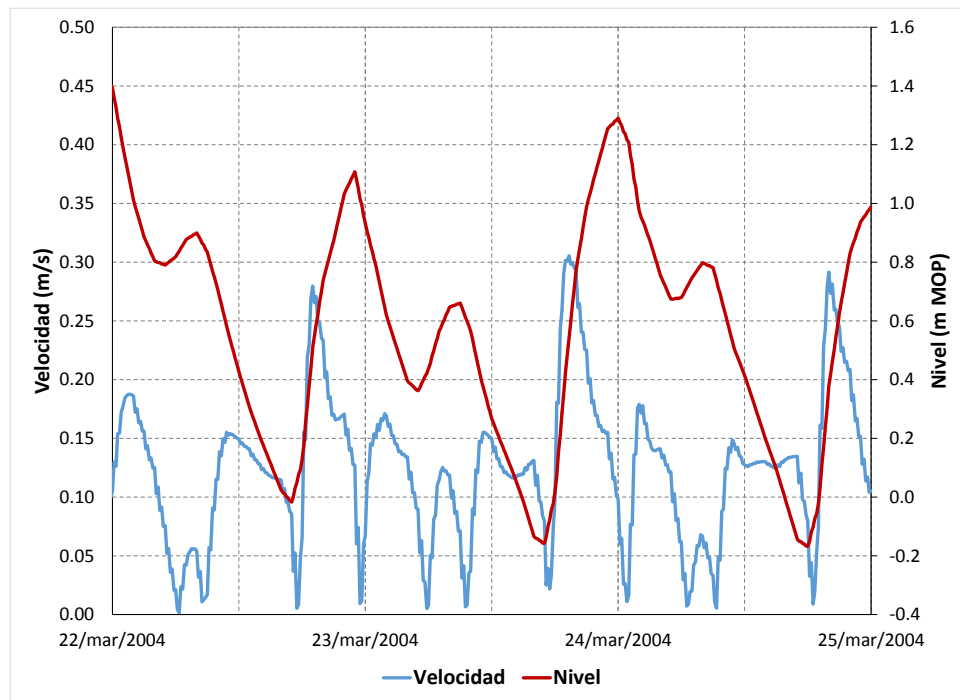


a. Bajante

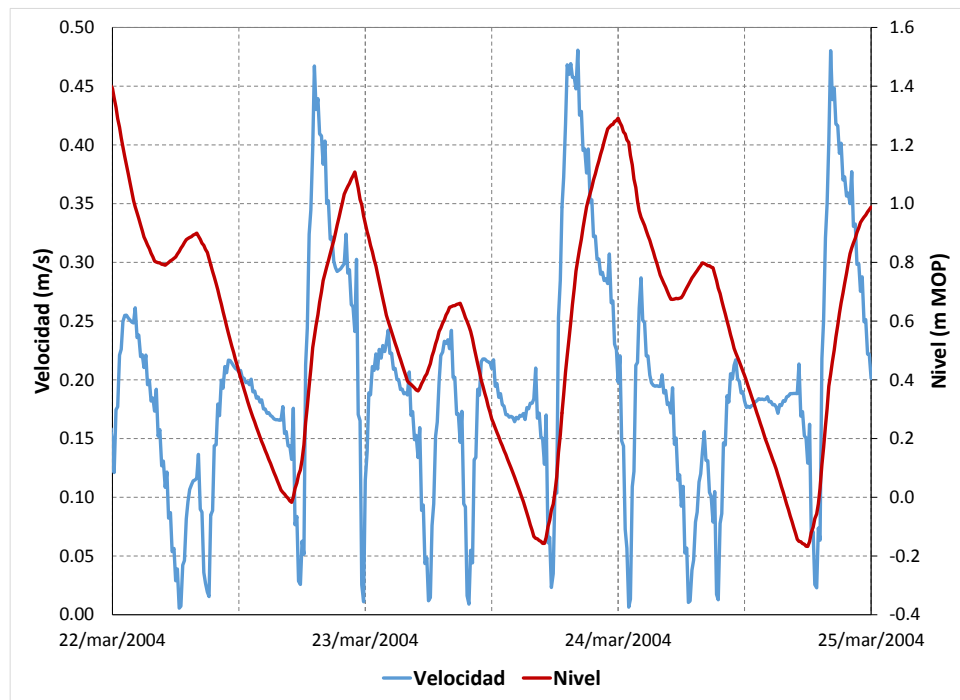


b. Creciente

Figura 5.3. Campos de velocidades para la situación actual



a. Boca Principal



b. Boca Falsa

Figura 5.4. Series de velocidad – Condición Actual

5.4 Etapa II

En segundo lugar, se simuló una condición del puerto para la Etapa II de Proyecto. A título de ensayo, se asignó una profundidad uniforme de 10m respecto del cero MOP para toda la zona ampliada del puerto, mientras que se mantuvo la batimetría actual para la zona sin modificaciones (Figura 5.5).

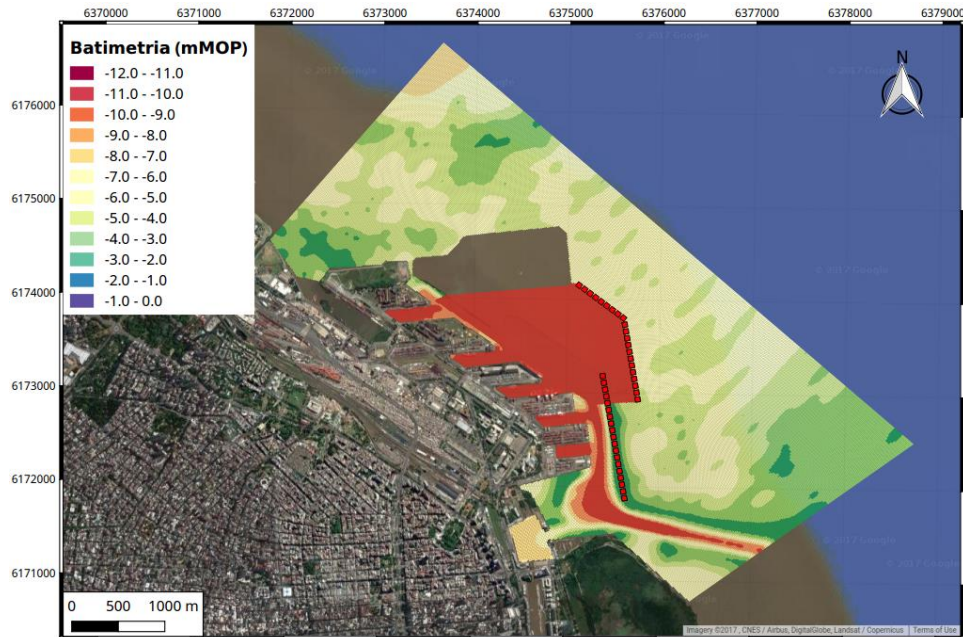
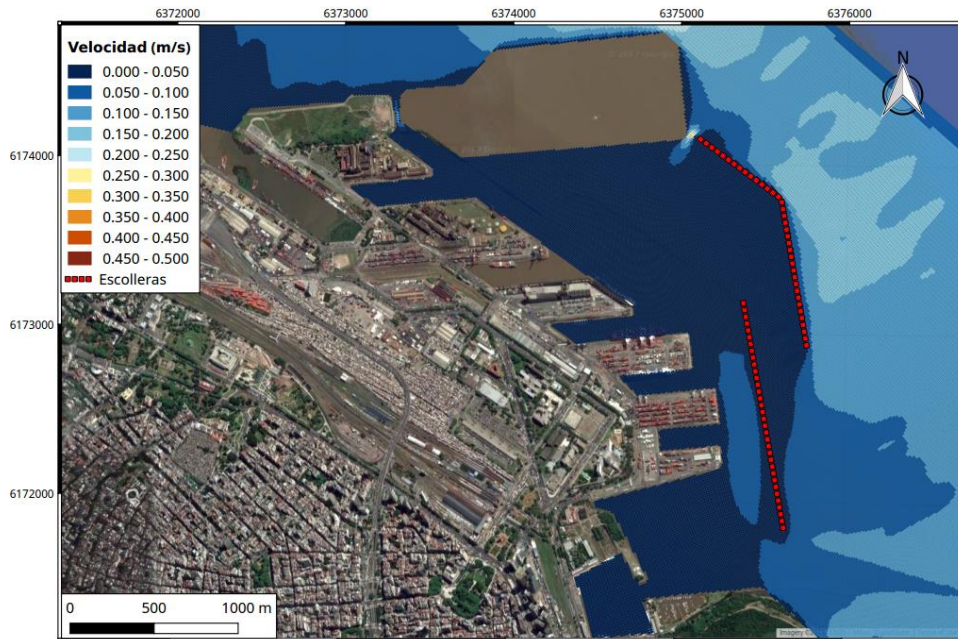
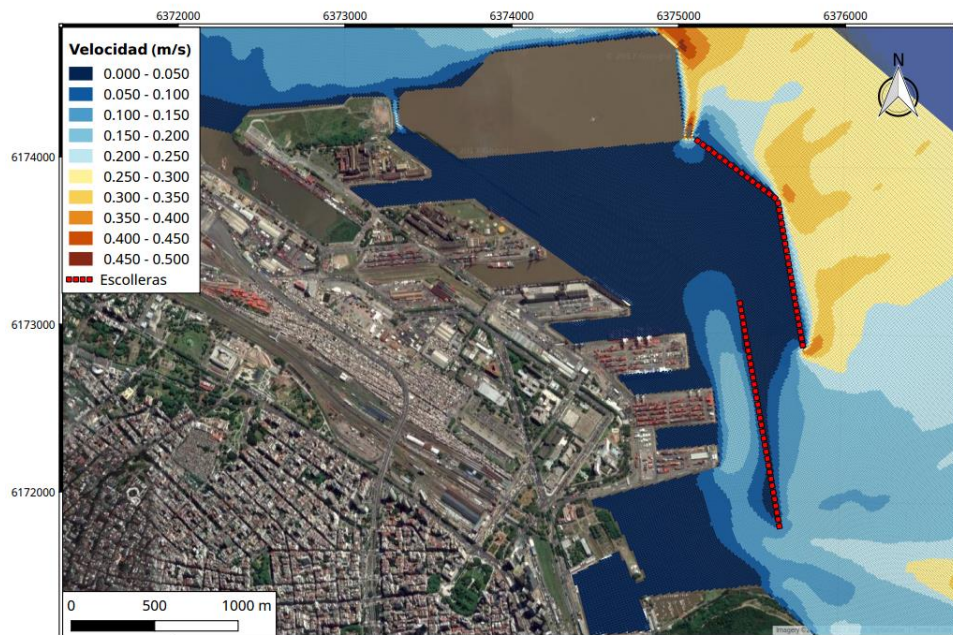


Figura 5.5.Batimetría de prueba para la Etapa II

La Figura 5.6 muestra los campos de velocidad para un instante de creciente y uno de bajante, para los mismos instantes que en el caso de la situación actual. Comparando con la Figura 5.3 se observa que las velocidades en el interior del puerto tienden a ser bastante menores.



a.Bajante



b.Creciente

Figura 5.6. Campos de velocidades para la Etapa II.

5.5 Conclusiones del capítulo

Los ensayos preliminares efectuados con el modelo hidrodinámico indican que puede haber cambios significativos en el régimen hidrodinámico dentro del puerto, cuyas consecuencias podrán ser positivas en algunos aspectos y negativas en otros. En particular, será necesario cuantificar la influencia sobre la sedimentación y sobre el régimen hidrotérmico, para lo cual se deberá complejizar el modelo matemático de modo de incluir los mecanismos asociados.

6 SEDIMENTACIÓN

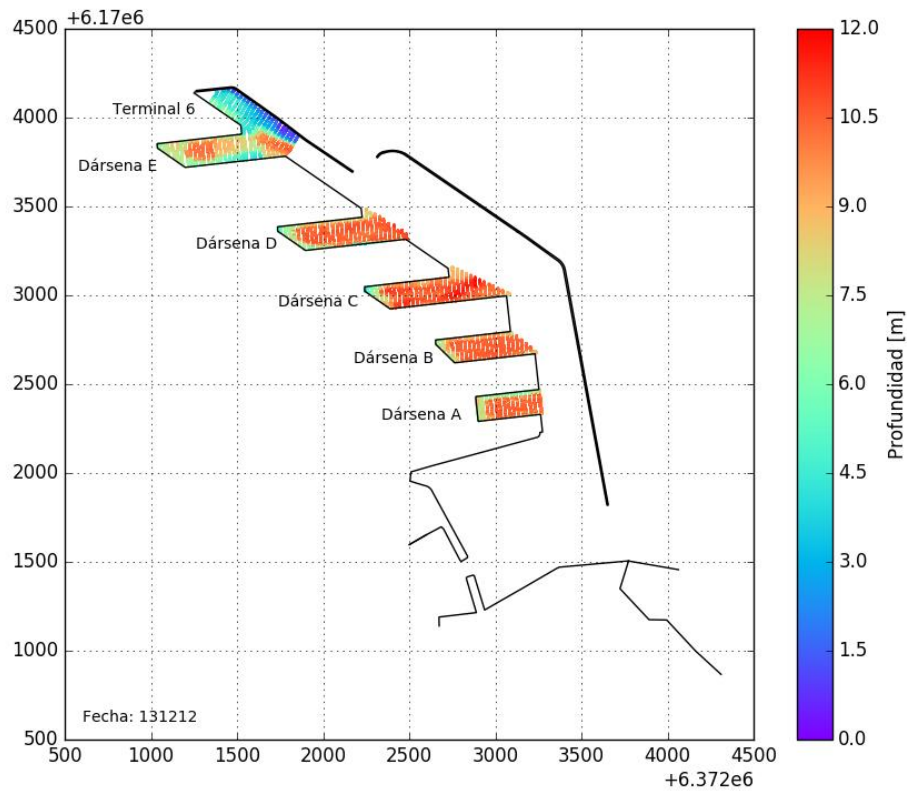
6.1 Datos de base

Se dispuso de información batimétrica y de operaciones de dragado en el Puerto de Buenos Aires suministrada por la AGP.

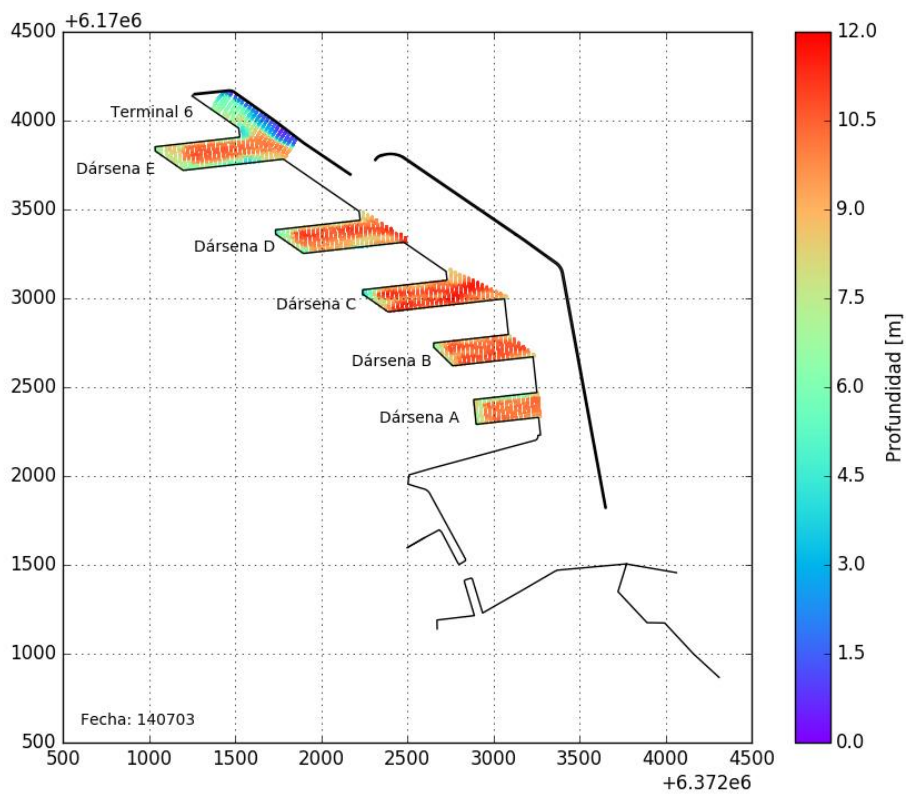
Para el período 2013-2016, se cuenta con datos de 38 relevamientos batimétricos, de los cuales se tomaron 36 por la razón de haber sido ejecutados en la totalidad de las dársenas (A, B, C, D, E y Terminal 6) en un período menor de una semana. En la Tabla 6.1 se indican las fechas de operaciones por año. Por su parte, en la Figura 6.1 se representan algunos de estos relevamientos.

Tabla 6.1. Fechas de relevamientos batimétricos (aammdd)

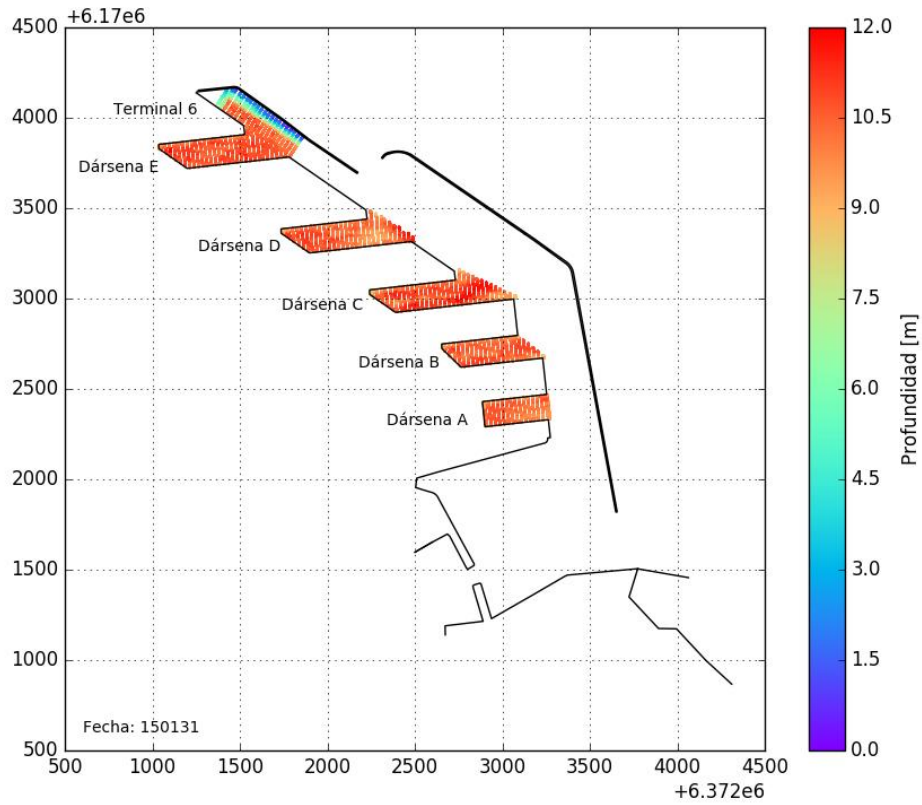
2013	2014	2015	2016
131212	140106	15013	160107
-	140130	150225	160203
-	140403	150330	160305
-	140507	150429	160330
-	140529	150530	160501
-	140703	150628	160601
-	140730	150729	160621
-	140829	150904	160802
-	140930	151001	160901
-	141029	151104	160928
-	141129	151202	161103
-	141224	-	161130



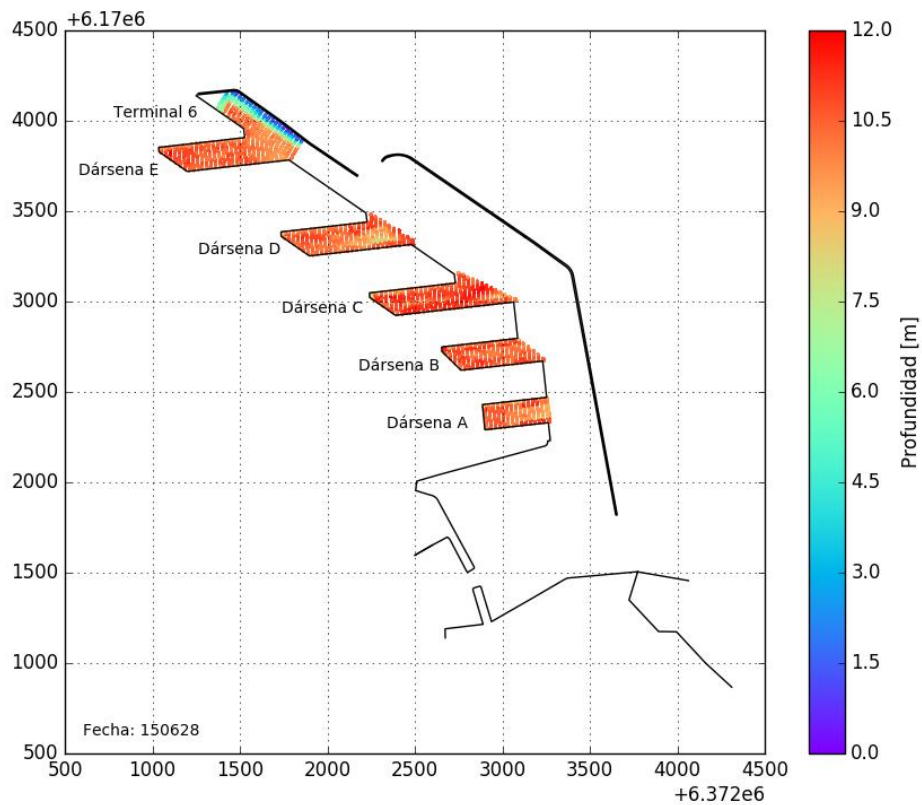
a. Relevamiento 12/Dic/2013.



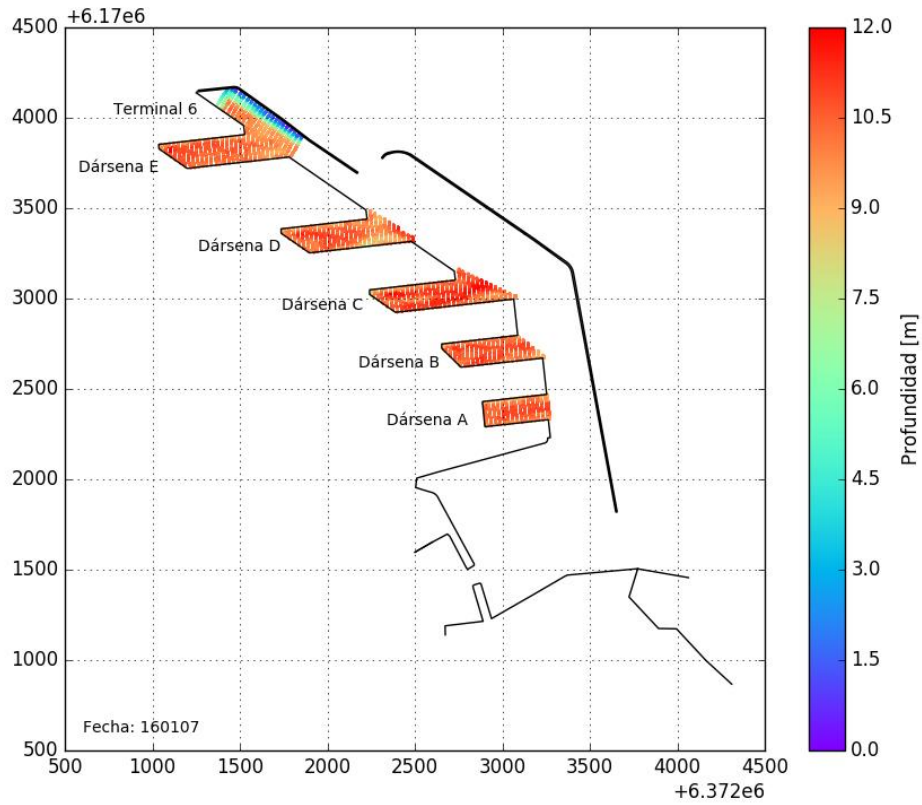
b. Relevamiento 3/Jul/2014.



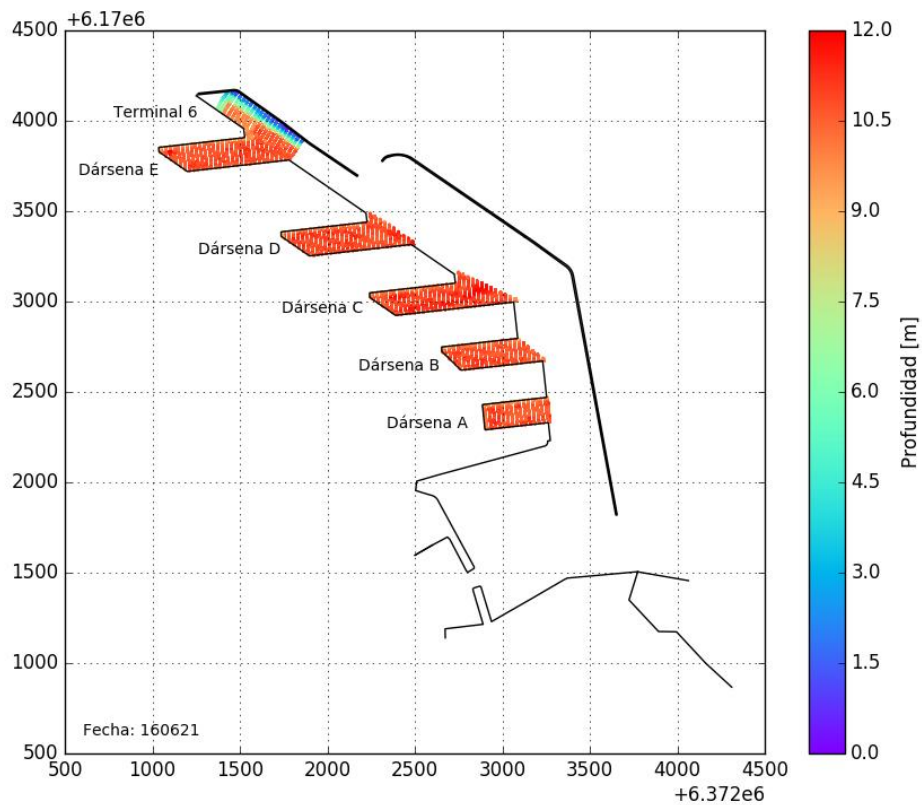
c. Relevamiento 31/Ene/2015.



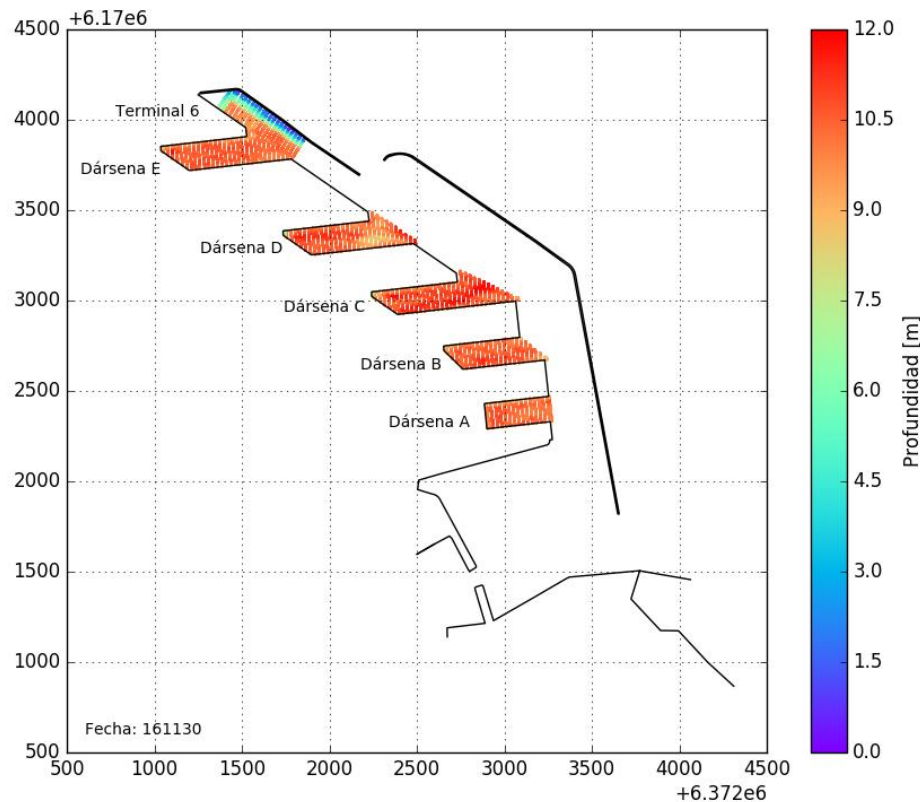
d. Relevamiento 28/Jun/2014.



e. Relevamiento 7/Ene/2016.



f. Relevamiento 21/Jun/2016.



g. Relevamiento 30/Nov/2016.

Figura 6.1. Relevamientos batimétricos en el Puerto de Buenos Aires (zona dársenas; aproximadamente cada seis meses).

6.2 Análisis de relevamientos batimétricos

Para cada fecha se realizó una interpolación de los puntos batimétricos relevados, con una discretización de 2 m, obteniéndose un Modelo Digital de Elevación (MDE) del fondo de cada dársena. Luego se compararon batimetrías entre las cuales no hubo operaciones de dragado en el puerto, de modo de obtener tasas de sedimentación en las distintas zonas de interés del recinto portuario.

Las operaciones de dragado realizadas en el Puerto, según la información provista por AGP, es la siguiente:

- *Dragado de Adecuación y Mantenimiento en Canales. Expediente 6700/10. Contrato 02-11*
- *Dragado de Adecuación en el Interior de Puerto. Expediente 5070/12. O/C 99/12*
- *Dragado de Adecuación y Mantenimiento en Dársenas. Expediente 0959/13. O/C 57/13*
- *Dragado en Canal de Acceso e Interior de Dársena F. Expediente 2833/14. O/C 84/14*
- *Dragado de 1.000.000 m³ efectivos en el Interior del Puerto. Expediente 3303/14. O/C 09/15*

Estos dragados se realizaron en distintos períodos y en distintas zonas del puerto.

A título ilustrativo, en este Primer Informe de Avance se muestra el seguimiento de la Dársena A. En la Figura 6.2 se presentan las ventanas temporales en las que hubo operaciones de dragado, junto con el nivel del Río de la Plata.

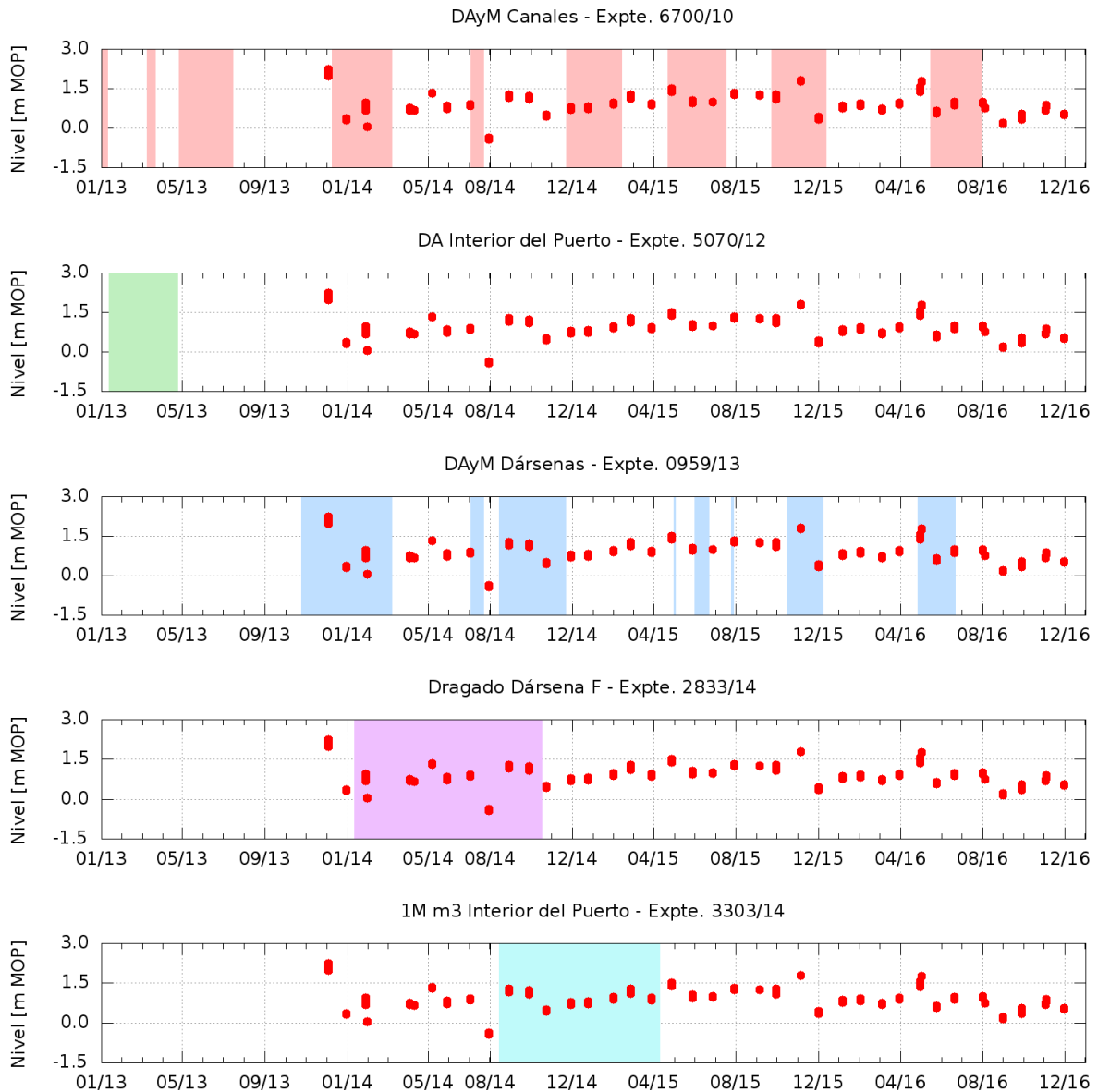
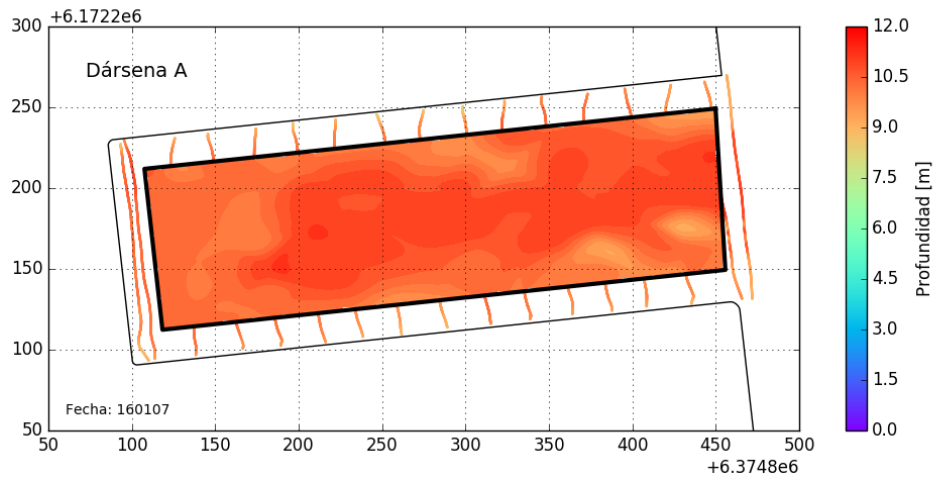
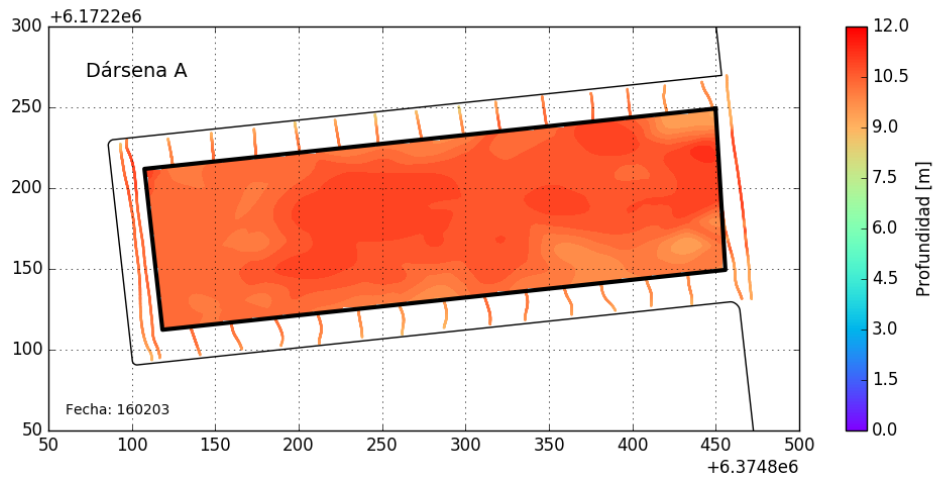


Figura 6.2. Relevamientos batimétricos en la Dársena A (fecha y hora según nivel del Río de la Plata) y ventanas temporales de dragado en distintas zonas del puerto (coloreadas).

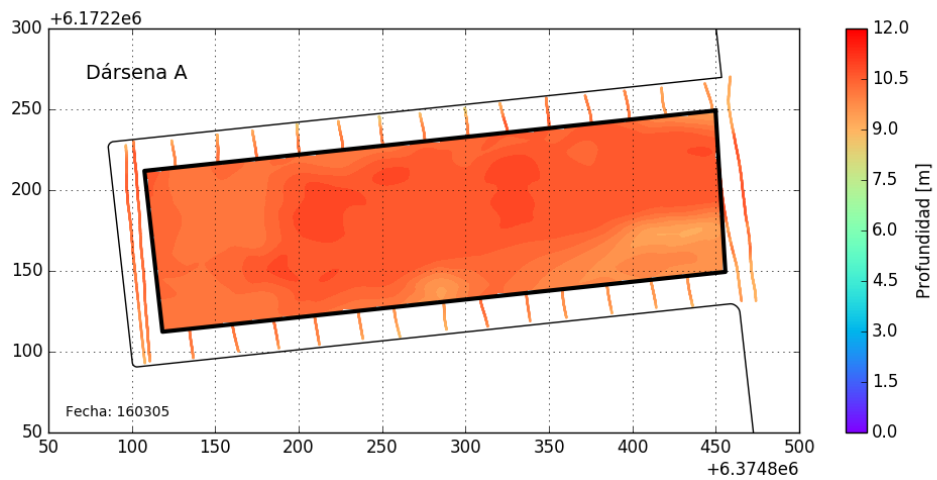
Para este primer análisis se optó por trabajar con cuatro relevamientos batimétricos (160107, 160203, 160305 y 160330), totalizando una ventana temporal de 84 días en la que no hubo operaciones de dragado de ningún tipo (Figura 6.3). Luego se analizaron las diferencias entre relevamientos sucesivos y la diferencia del período en su totalidad (Figura 6.4), y en función del tiempo transcurrido entre relevamientos se calcularon las tasas de sedimentación (Figura 6.5). Nótese que aparecen zonas donde hubo erosión efectiva, lo cual puede estar ligado a la acción de navegación de los buques.



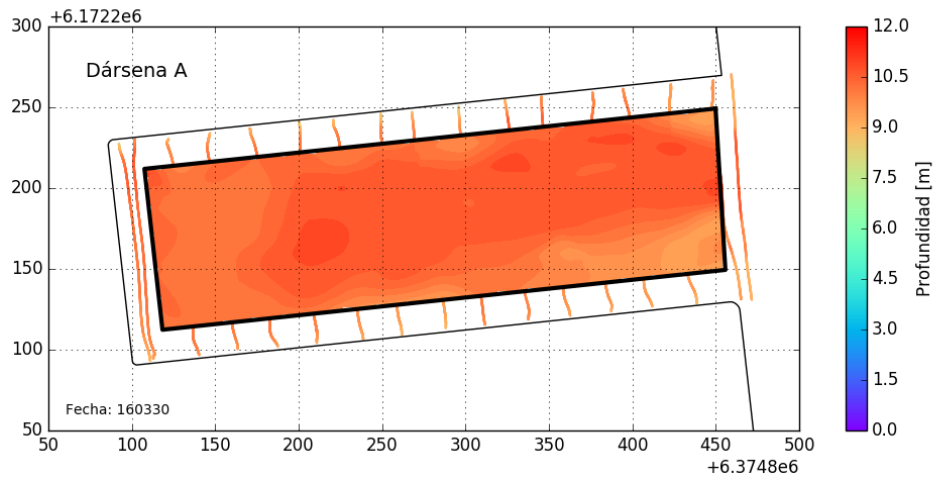
a. Relevamiento 7/Ene/2016.



b. Relevamiento 3/Feb/2016.

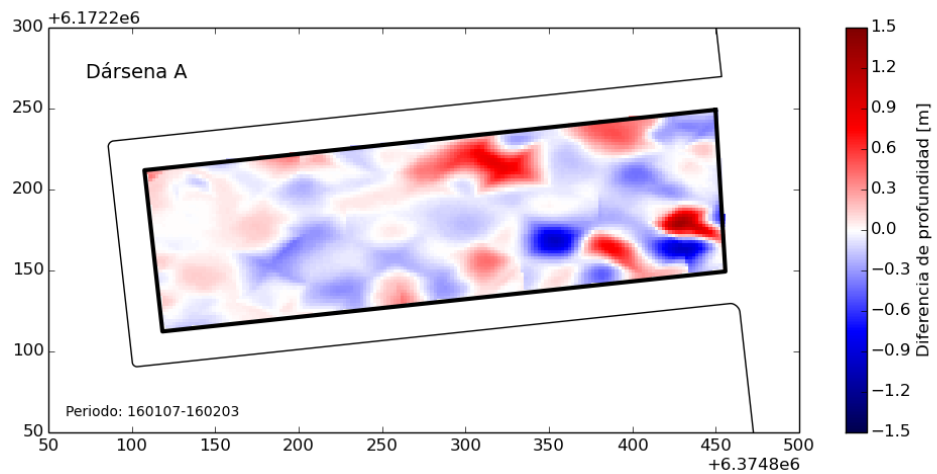


c. Relevamiento 5/Mar/2016.

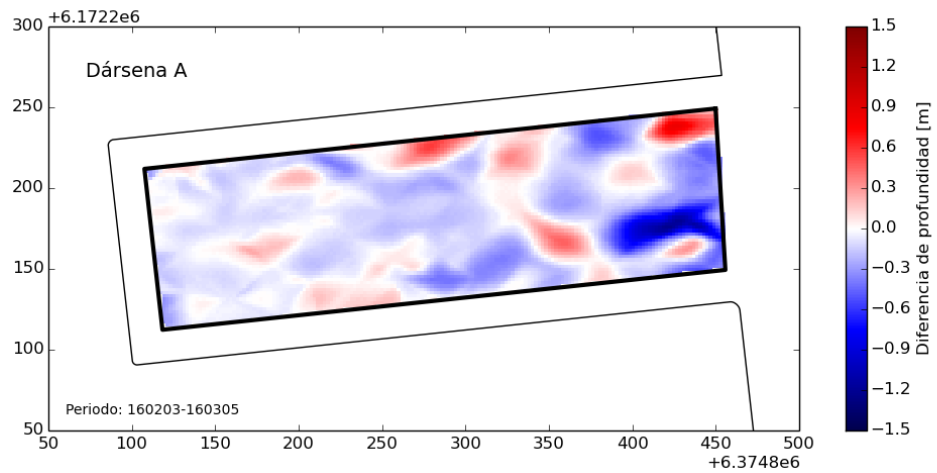


d. Relevamiento 30/Mar/2016.

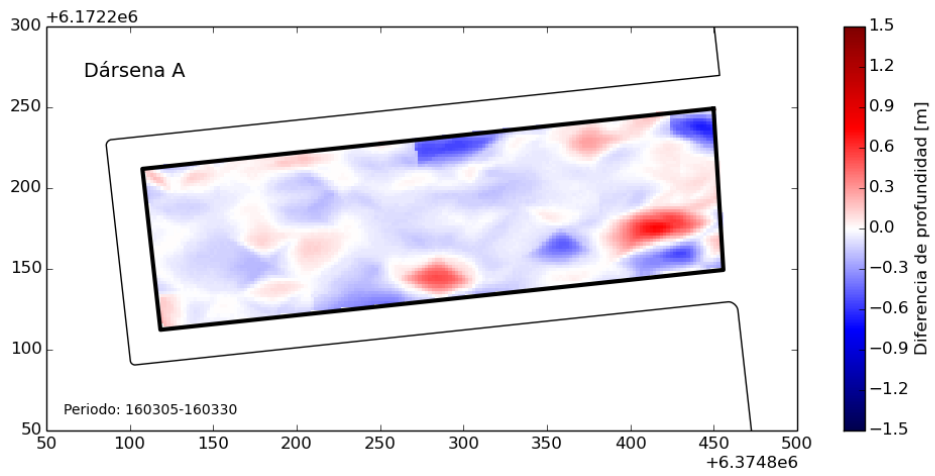
Figura 6.3. Relevamientos batimétricos en la Dársena A para el primer trimestre de 2016 (período sin operaciones de dragado en el Puerto de Buenos Aires).



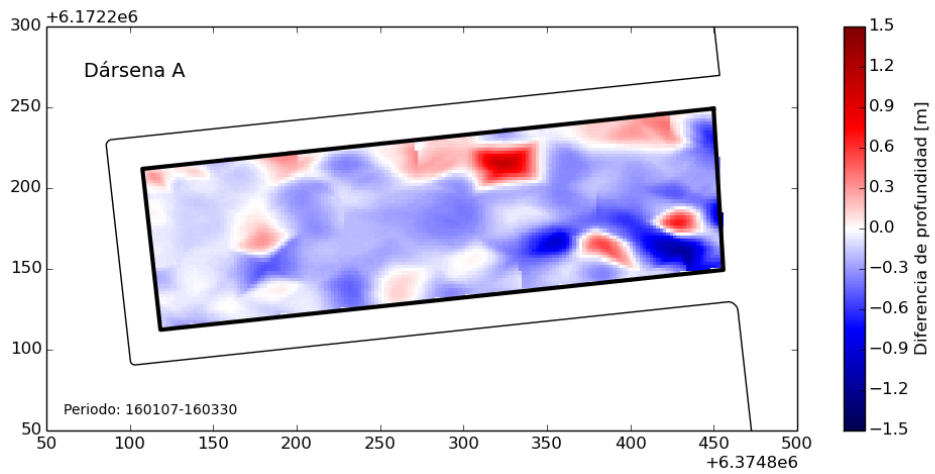
a. Relevamientos 3/Feb/2016 y 7/Ene/2016.



b. Relevamientos 5/Mar/2016 y 3/Feb/2016.

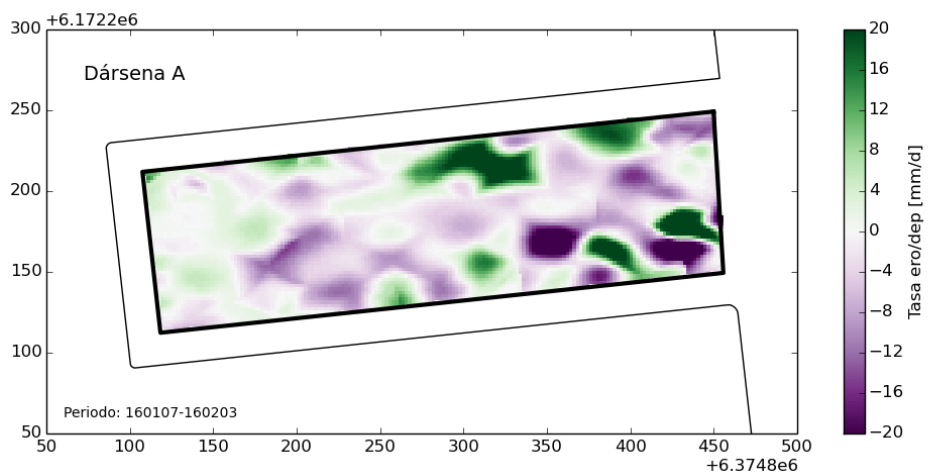


c. Relevamientos 30/Mar/2016 y 5/Mar/2016.

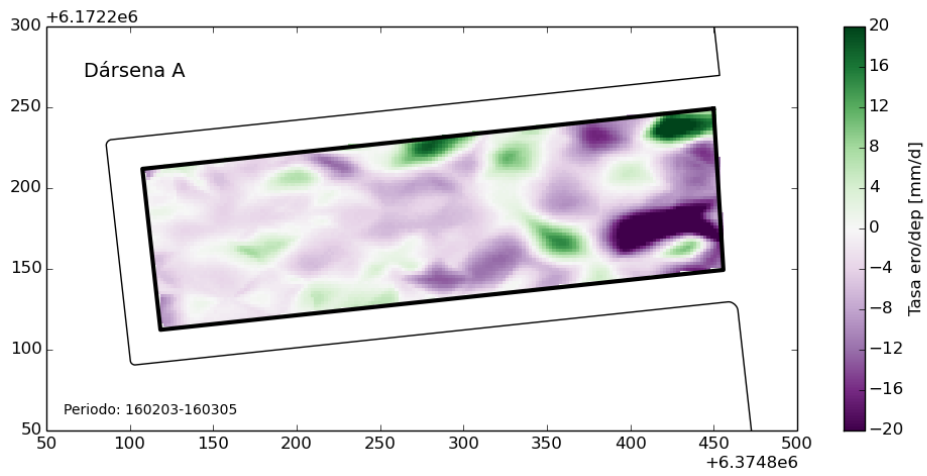


d. Relevamientos 30/Mar/2016 y 7/Ene/2016.

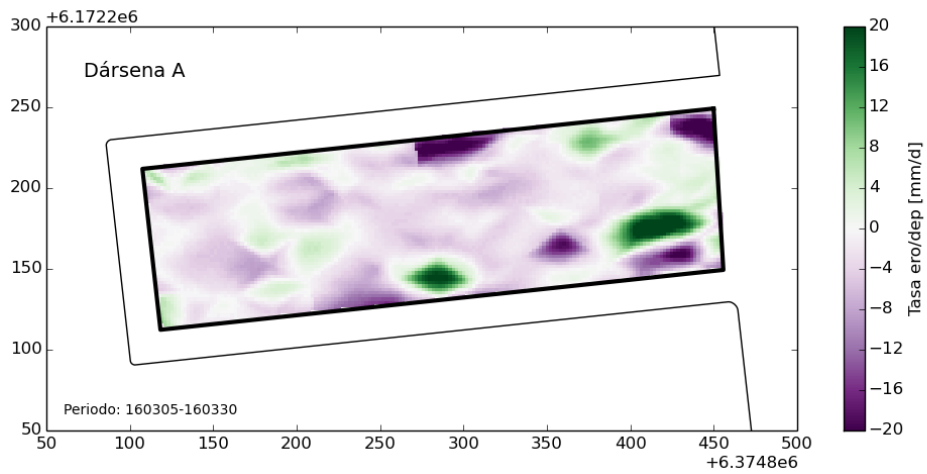
Figura 6.4. Diferencias entre batimetrías según período.



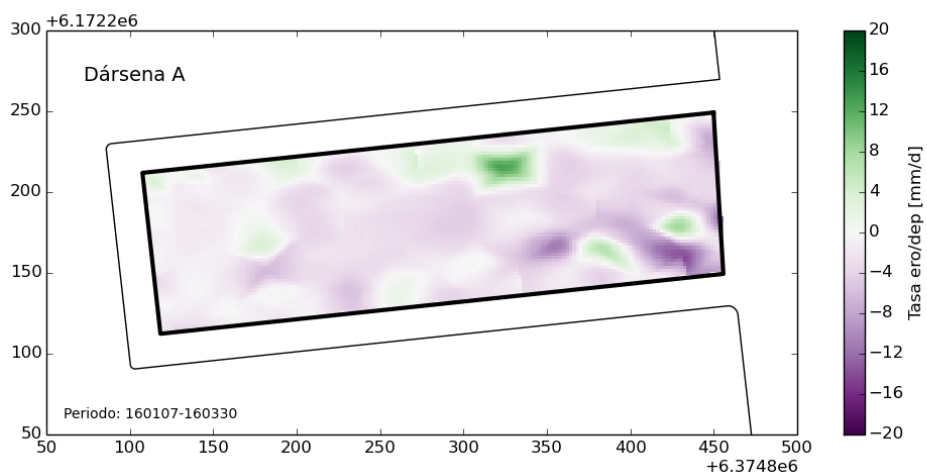
a. Relevamientos 3/Feb/2016 y 7/Ene/2016.



b. Relevamientos 5/Mar/2016 y 3/Feb/2016.



c. Relevamientos 30/Mar/2016 y 5/Mar/2016.



d. Relevamientos 30/Mar/2016 y 7/Ene/2016.

Figura 6.5. Tasas de erosión/deposición en la Dársena A según período.

6.3 Conclusiones del capítulo

Del análisis de los datos de batimetría en curso surgirán interpretaciones de tasas de sedimentación en las distintas zonas del puerto, en base a las cuales será posible calibrar el modelo sedimentológico, y utilizarlo para estimar tasas de sedimentación en el puerto proyectado.