



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

613

## Convenio

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República  
y  
Dirección Nacional de Hidrografía, Ministerio de Transporte y Obras Públicas

### Estudios de base para la construcción de un puerto deportivo en la zona de Atlántida

En la ciudad de Montevideo, el día 30 de Noviembre de 2018 entre: **POR UNA PARTE:** el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, representada por el Sr. Victor Rossi es su calidad de Ministro de Transporte y Obras Públicas y el Ing. Andrés Nieto en su calidad de Director de la Dirección Nacional de Hidrografía (en adelante DNH), constituyendo domicilio en la calle Rincón 575, de Montevideo y **POR OTRA PARTE:** la Universidad de la República (en adelante UDELAR), representada en este acto por el Prof. Rodrigo Arim en su calidad de Rector de la Universidad de la República y la Ing. María Simón en su calidad de Decana de la Facultad de Ingeniería, constituyendo domicilio en la Avda. 18 de Julio 1824 de Montevideo, suscriben el siguiente convenio para el asesoramiento sobre la medición, generación y análisis de la información necesaria para definir la viabilidad e impacto de un puerto deportivo en la zona del balneario Atlántida, departamento de Canelones, según las condiciones que se detallan a continuación.

#### 1. Objeto

La DNH se encuentra analizando la viabilidad de implantar un puerto deportivo en la zona de Atlántida, departamento de Canelones. Para ello ha solicitado al Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (en adelante IMFIA) de la Facultad de Ingeniería (en adelante FING) que realice una serie de estudios de su especialidad que aporten información para dicho análisis. Por este motivo la DNH y la FING suscriben este convenio, para la realización de mediciones y modelaciones de oleaje, corrientes, niveles, transporte de sedimentos y evolución de la línea de costa en Atlántida.

#### 2. Objetivos específicos

- Medir oleaje, corrientes y niveles en la costa de Atlántida.
- Generar series históricas de oleaje, corrientes y niveles en la costa de Atlántida, caracterizar el régimen medio y extremal de estas variables y estudiar la agitación interior del puerto.
- Medir transporte litoral y posición de la línea de costa y analizar la evolución esperable de la línea de costa con y sin puerto.



### 3. Metodología

Para alcanzar estos objetivos se trabajará en tres actividades, las cuales se detallan a continuación.

#### 3.1. Actividad 1: Medición de oleaje, corrientes y niveles

El objetivo de esta actividad es que el IMFIA diseñe e implemente una campaña de medición en la zona de Atlántida, departamento de Canelones, por el periodo de un año, para la DNH. Las mediciones harán énfasis en la medición de la hidrodinámica, particularmente, oleaje, corrientes, niveles, salinidad, temperatura y turbidez.

Se fondeará un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, perfilador acústico de corrientes Doppler), un CTD (Conductivity, Temperature, Depth, medidor puntual de conductividad, temperatura y profundidad) y un turbidímetro. El ADCP tendrá capacidad para medir oleaje y corrientes, adicionalmente se utilizará la intensidad del retorno acústico que registra el ADCP para estimar los sedimentos en suspensión. El CTD registra la conductividad, la temperatura y la presión y a partir de ellas se puede estimar la salinidad, la temperatura y la profundidad. El turbidímetro permite una estimación de la concentración de sedimentos a partir del retorno óptico.

Adicionalmente a estos equipos, que se instalarán en forma permanente, se instalará durante alguno de los periodos de fondeo un Sensor Acústico multifrecuencia (AQUAscát), propiedad del IMFIA. Dicho equipo permite estimar sedimentos en suspensión con muy alta resolución espacial y temporal a partir del retorno acústico a varias frecuencias en simultáneo lo que permite estimaciones más exactas de las concentraciones.

Finalmente, durante la instalación de los equipos y las operaciones de mantenimiento se extraerán muestras de sedimento de fondo con un grapo y muestras de sedimentos en suspensión con botellas muestreadoras al menos a dos profundidades. Combinando las mediciones hidrodinámicas, de retorno acústico, de retorno óptico y las muestras de sedimento

se calibrarán los instrumentos de forma de obtener estimaciones continuas del transporte de sedimentos en la zona del futuro puerto.

Las tareas que el IMFIA tendrá a cargo incluirán:

- La compra de los equipos e insumos necesarios para la realización de dicho fondeo. Estos equipos incluirán:
  - Un ADCP con capacidad para medir oleaje y corriente.
  - Un CTD con sensor de turbidez.
  - Una estructura para el fondeo del equipo.



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

- La contratación del servicio de embarcación y buceo necesario para el fondeo y recuperación periódica de los equipos por el periodo de un año. La frecuencia de las visitas de extracción de datos y mantenimiento será aproximadamente cada 3 meses.
- El diseño de la maniobra de fondeo:
  - Diseño de la estructura para el fondeo y dimensionando los lastres.
  - Definición de la frecuencia de las visitas de mantenimiento y extracción de datos, y los protocolos a seguir durante las mismas.
  - La definición de la configuración del ADCP, CTD y turbidímetro, su calibración y la evaluación y mejora de la calidad de los datos extraídos.
  - Ajustes a la configuración, protocolos de fondeo y mantenimiento a partir de los datos recabados sucesivamente.
- Control de calidad de los datos registrados por el ADCP y procesamiento de los mismos a lo largo del periodo de medición.
  - El procesamiento del oleaje incluirá:
    - el análisis de los espectros direccionales y omnidireccionales registrados por el ADCP,
    - la identificación y depuración de datos erróneos,
    - cálculo de parámetros usuales para caracterizar el oleaje instantáneo (período pico, altura significativa, diferenciación entre mar de viento y de fondo),
    - en la medida que la longitud de las series lo permitan, estimación de parámetros estadísticos.
  - El procesamiento de las corrientes y niveles incluirá:
    - El análisis de los perfiles de velocidades y registros de presión y retorno acústico registrados por el ADCP,
    - la identificación y depuración de datos erróneos,
    - cálculo de parámetros usuales para caracterizar las corrientes instantáneas (velocidades a distintas profundidades, dirección, nivel de la superficie libre),
    - en la medida que la longitud de las series lo permitan, estimación de parámetros estadísticos.
- Control de calidad de los datos registrados por el CTD y el turbidímetro, procesamiento de los mismos a lo largo del periodo de medición.
  - El procesamiento de los datos registrados por el CTD incluirá:
    - El análisis de la serie de valores registrada e identificación y depuración de datos erróneos,
    - Calibración de los datos de salinidad, temperatura y profundidad,
    - En la medida que la longitud de las series lo permitan, estimación de parámetros estadísticos.
  - El procesamiento de los datos registrados por el turbidímetro incluirá:
    - El análisis de la serie de valores registrada e identificación y depuración de datos erróneos,
    - Calibración de los datos de retorno óptico,
    - En la medida que la longitud de las series lo permitan, estimación de parámetros estadísticos.
- Análisis conjunto de las mediciones hidrodinámicas y de retorno acústico del ADCP ya instalado y el a instalar, del retorno óptico del turbidímetro, de las muestras de sedimento y de las mediciones



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

acústicas multifrecuencia con el AQUAScat de forma de obtener mediciones continuas confiables del transporte de sedimentos en la cercanía del lecho.

La definición del punto de fondeo se acordará junto con la DNH. Asimismo la DNH facilitará la información disponible respecto a batimetrías actuales, información sobre los sedimentos de fondo obtenidos durante los cateos recientes y futuros, detalles del emplazamiento del puerto y canales de navegación proyectados.

Las tareas listadas permitirán obtener los siguientes productos:

- Caracterización hidrodinámica y ambiental de la zona, incluyendo: oleaje, corrientes, niveles, temperatura y salinidad.
- Una primera estimación de los flujos de sedimento esperables en la zona de emplazamiento del futuro.

### **3.2. Actividad 2: Generación de datos históricos de oleaje, corrientes y niveles**

El objetivo de esta actividad es que el IMFIA genere datos históricos de oleaje, nivel y corrientes en la zona de Atlántida, departamento de Canelones, utilizando modelos numéricos en modo "hindcast", para la DNH.

Durante este asesoramiento el IMFIA:

- Construirá una serie histórica de datos de oleaje de al menos 30 años de duración en un punto ubicado al sur de Atlántida.
- Analizará el régimen medio y extremal de oleaje a partir de dicha serie.
- Realizará una propagación de oleaje en detalle para trasladar la serie de oleaje desde el punto exterior de análisis hasta las playas mansa y brava de Atlántida.
- Construirá una serie de al menos un año de duración de corrientes en la zona de Atlántida, extrayendo datos en el mismo punto exterior en que se calcula el oleaje así como en las playas mansa y brava y en la zona ubicada entre la Isla de la Sirena y la punta rocosa de Atlántida.
- Analizará el clima medio de corrientes.
- Interpolará una serie de niveles de mar en Atlántida a partir de los niveles medidos en Montevideo y en Piriápolis, corrigiendo en caso de ser necesario a partir de la serie modelada numéricamente.
- Analizará el clima medio y extremos de niveles de mar.
- Estudiar la agitación interior para algunas configuraciones portuarias propuestas por DNH, buscando optimizar longitud de los diques de abrigo.

La metodología para a seguir será la siguiente:

- Calibrar un modelo numérico de generación de oleaje para la zona de Atlántida (Departamento de Canelones) utilizando los datos de oleaje y viento recabados en el marco de este asesoramiento.
- Utilizar dicho modelo, operando en modo "hindcast" para generar una serie histórica de oleaje de al menos 30 años de duración.
- A partir de la serie modelada caracterizar el clima medio y extremal de oleaje en la zona.



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

- Calibrar un modelo numérico de propagación de ondas de marea con datos de nivel y corrientes medidos en la zona.
- Utilizar dicho modelo en modo "hindcast" para generar una serie histórica de corrientes de al menos un año de duración.
- A partir de la serie modelada caracterizar el clima medio de corrientes generadas por ondas de marea (astronómica y meteorológica).
- Usar datos de nivel medidos en Montevideo y en Piriápolis, en conjunto con los resultados del modelo de propagación de ondas de marea, para caracterizar el clima medio y extremal de niveles en Atlántida.
- Modelar la agitación interior dentro del puerto utilizando el clima medio de oleaje y nivel generado previamente. Se analizará la agitación en hasta tres configuraciones portuarias.

### 3.3. Actividad 3: Estudio morfológico de la línea de costa

El objetivo de esta actividad es que el IMFIA realice mediciones y estudios enfocados a estimar del transporte litoral de sedimentos y la predicción de la evolución de la línea de costa en las playas mansa y brava del balneario Atlántida, departamento de Canelones, para la DNH.

Durante este asesoramiento el IMFIA:

- Diseñará e implementará tres campañas de medición de la hidrodinámica y el transporte de sedimentos en los arcos de playa cercanos al emplazamiento futuro del puerto.
- Ajustará una formulación para la estimación del transporte litoral en la zona.
- Aplicará dicha formulación a los datos de oleaje medidos y modelados, para realizar estimaciones de largo plazo del transporte litoral de sedimentos.
- Generará estimaciones de evolución de la línea de costa ante la construcción del puerto.
- Analizará posibles medidas de mitigación, como ser rellenos de playa, en caso que se identifique que el puerto puede dar lugar a procesos erosivos.

La metodología a utilizar será la siguiente:

#### 3.3.1 Mediciones

Se realizarán tres campañas de medición. Durante las campañas se realizarán:

- Transectas de la zona litoral entre la playa y la línea de rompiente con un ADCP montado en un flotador registrando profundidad y velocidad de la corriente litoral.
- Medición de la velocidad superficial de la corriente litoral por velocimetría de imágenes de partículas (PIV).
- Toma de muestras de transporte litoral de sedimentos en distintos puntos de la transecta y a distintas profundidades, con muestreadores de tipo streamer traps.
- Registro fotográfico extendido para observar la evolución de la línea de costa ante un evento de oleaje determinado.

Las tareas que el IMFIA tendrá a cargo incluirán:



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

- El diseño de la maniobra de medición y muestreo.
- Los equipos e insumos necesarios para las campañas. Los equipos incluirán:
  - Un ADCP para medir corrientes.
  - Marcos y bolsas muestreadoras.
  - Cámaras de video y fotográficas.
- La contratación del servicio de embarcación y buceo necesario para realizar las mediciones con ADCP y el muestreo de sedimentos.
- Post control de calidad y procesamiento de los datos obtenidos con el ADCP, muestreo de sedimentos y cámaras, y ajustes a la configuración y protocolos de medición.
- Análisis conjunto de las mediciones hidrodinámicas y de sedimentos realizadas en la costa con las restantes mediciones de viento, y corrientes y oleajes mar adentro.
- Ajuste de una formulación para relacionar forzantes e información de los sedimentos con corriente litoral y transporte litoral de sedimentos

La ubicación del lugar de medición se acordará junto con la DNH. Asimismo la DNH facilitará la información disponible respecto a batimetrías actuales, información sobre los sedimentos de fondo obtenidos durante los cateos recientes y futuros, detalles del emplazamiento del puerto y canales de navegación proyectados.

### 3.3.2 Análisis de evolución de la línea de costa

Se desarrollará un modelo de una línea que permita tener en cuenta tanto el fuerte cambio de alineación que existe entre las playas mansa y brava de Atlántida como el efecto del bajo de la isla La Sirena. Para el cálculo del transporte litoral se utilizará una formulación de transporte calibrada con los datos de corriente y transporte medidos en campo por el IMFIA. El modelo de una línea se calibrará con fotos aéreas e imágenes satelitales.

El modelo será utilizado para evaluar la respuesta a mediano plazo (5 a 50 años) de la línea de costa en las playas mansa y brava frente a la construcción de un puerto en la zona de Atlántida. Se evaluarán hasta 3 configuraciones y/o localizaciones del puerto propuestas por DNH.

En caso de que se identifique que el puerto tiene un efecto desfavorable sobre la playa en términos de erosión, se analizará posibles medidas de mitigación, como ser rellenos de playa.



#### Informe 4:

A los 12 meses de iniciadas las actividades el IMFIA entregará un cuarto informe a DNH con el siguiente contenido:

- *Actividad 1:* Resultados del tercer fondeo (12 meses de medición): descripción de la totalidad de las tareas realizadas, datos registrados por el instrumento durante el primer año, procesamiento de los datos recolectados durante el primer año, recomendaciones a futuro.
- *Actividad 2:* Estudio de agitación portuaria. Síntesis de productos anteriores y series de datos de oleaje, niveles y corrientes generadas.
- *Actividad 3:* Informe final con resultado de la tercera campaña de campo y con resultados finales del análisis de evolución de la línea de costa realizado con el modelo de una línea, calibrado y validado utilizando las tres campañas de campo así como fotos aéreas y satelitales, considerando posibles rellenos de playa complementarios a la construcción del puerto.

#### Informe 5:

A los 14 meses de iniciadas las actividades el IMFIA entregará un informe final a DNH con toda la información generada durante la realización del convenio y con todos los resultados actualizados, de modo de incluir la información generada durante los 12 meses de medición.

Cronograma de entrega de informes.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Informe 1	X													
Informe 2				X										
Informe 3								X						
Informe 4												X		
Informe 5														X

#### 5. Costo y forma de pago

El monto total del presente convenio será de 2.630.000 UI (dos millones seiscientos treinta mil Unidades Indexadas) que la DNH pagará a la FING.

Los pagos se distribuirán de la siguiente manera:

- Al inicio del convenio la DNH depositará en la cuenta que indique la FING la suma de 900.000 UI (novecientas mil Unidades Indexadas).
- Contra entrega del Informe 2 la DNH depositará en la cuenta que indique la FING la suma de 410.000 UI (cuatrocientas diez mil Unidades Indexadas).
- Contra entrega del Informe 3 la DNH depositará en la cuenta que indique la FING la suma de 410.000 UI (cuatrocientas diez mil Unidades Indexadas).
- Contra entrega del Informe 4 la DNH depositará en la cuenta que indique la FING la suma de 410.000 UI (cuatrocientas diez mil Unidades Indexadas).



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

#### 4. Duración y entregables

La duración de cada una de las actividades propuestas será de 12 meses, requiriéndose dos meses adicionales para compatibilizar la información generada en cada una de las actividades. La duración total del convenio es de 14 meses.

A continuación se detallan los entregables:

##### Informe 1:

Al inicio del asesoramiento el IMFIA entregará a la DNH un primer informe describiendo las tareas a realizar y los detalles de los equipos a instalar, así como un cronograma ajustado de tareas.

##### Informe 2:

A los 4 meses de iniciadas las actividades el IMFIA entregará un segundo informe a DNH con el siguiente contenido:

- *Actividad 1:* Resultados obtenidos en la primera campaña de medición: la descripción de las tareas realizadas, datos registrados por el instrumento, procesamiento preliminar de los datos recolectados, recomendaciones para la continuación de las tareas.
- *Actividad 2:* Calibración de los modelos de oleaje, niveles y corrientes para el punto exterior de referencia, ubicado al sur de Atlántida. Análisis del régimen medio y extremal de oleaje y propagación a playas mansa y brava de Atlántida.
- *Actividad 3:* Calibración del modelo de una línea con fotos aéreas e imágenes satelitales. Primer análisis de evolución de la costa. Informe de resultados obtenidos durante la primera campaña de campo: descripción de las tareas realizadas, datos registrados y procesados, recomendaciones para tareas futuras.

##### Informe 3:

A los 8 meses de iniciadas las actividades el IMFIA entregará un tercer informe a DNH con el siguiente contenido:

- *Actividad 1:* Resultados de la segunda campaña de medición: descripción de las tareas realizadas, datos registrados por el instrumento hasta el momento, procesamiento de los datos recolectados hasta el momento, recomendaciones para la continuación de las tareas.
- *Actividad 2:* Análisis del régimen medio de corrientes y campos de corrientes en las playas brava y mansa. Interpolación y corrección de niveles en Atlántida. Análisis del régimen medio y extremal de niveles.
- *Actividad 3:* Informe de resultados obtenidos durante la segunda campaña de campo: descripción de las tareas realizadas, datos registrados y procesados, recomendaciones para tareas futuras. Calibración y validación de las formulaciones de transporte litoral usadas en el modelo de una línea con los resultados obtenidos de las campañas de campo. Análisis de la evolución de la línea de costa realizado con el modelo de una línea para las configuraciones portuarias propuestas por DNH.





UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



DIRECCIÓN  
GENERAL DE  
SECRETARÍA

- Contra entrega del Informe 5 (Informe Final) la DNH depositará en la cuenta que indique la FING la suma de 500.000 UI (quinientas mil Unidades Indexadas).

## 6. Continuación de los trabajos

Finalizado este convenio se evaluará la continuación y/o ampliación de las tareas descritas, eventualmente extendiendo su duración. En tal caso las partes acordarán el costo y forma de pago correspondiente.

## 7. Confidencialidad

La DNH podrá utilizar los resultados del presente convenio para éste y otros proyectos. La información que en el marco del presente convenio se intercambien entre las partes será de carácter confidencial. Las partes se comprometen a no divulgarlas ni utilizarlas para otro fin sin el previo consentimiento de la otra parte.

## 8. Propiedad intelectual

Para el caso de que en cualquiera de las fases a que refiere este convenio se produjera un resultado que pueda ser objeto de propiedad intelectual, la titularidad de la misma corresponderá a ambas partes en régimen de condominio. El régimen de condominio implica que ninguna de las partes contratantes puede utilizar dichos resultados sin el consentimiento de la otra. Oportunamente se acordará la participación que cada una de las partes tendrá en los gastos devengados por el trámite de protección así como en los resultados económicos que se obtengan de la explotación de los derechos de propiedad intelectual. Asimismo, la Universidad de la República se regirá por lo dispuesto por la Ordenanza de los Derechos de la Propiedad Intelectual aprobada por el Consejo Directivo Central con fecha 8 de marzo de 1994 y sus modificativas. Los autores tendrán derecho a que su nombre figure en el título de propiedad que se obtenga y en toda otra ocasión en que se haga alusión al resultado protegido.

En señal de conformidad se firman dos ejemplares originales del mismo tenor en el lugar y fecha arriba indicados.

Prof. Rodrigo Arim  
Rector Universidad de la República

Ing. María Simón  
Decana de la Facultad de Ingeniería

Sr. Victor Rossi  
Ministro de Transporte y Obras Públicas

Ing. Andrés Nieto  
Director Nacional de Hidrografía