

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA CONSULTA PRELIMINAR DEL MERCADO

SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA

AUTORIDAD PORTUARIA BAHÍA DE ALGECIRAS

MAYO 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

A. OBJETO	1
B. OBJETO DEL PROYECTO	1
C. DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES A SATISFACER. FINALIDAD.....	2
D. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTUACIÓN Y ANTECEDENTES	2
E. CARACTERIZACIÓN DE LA ENTIDAD PROPONENTE	4
F. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	4
G. DERECHOS DE EXPLOTACIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL	4
H. PROCEDIMIENTO	4
I. CRONOGRAMA ESTIMADO DEL PROCEDIMIENTO DE COMPRA PÚBLICA INNOVADORA	6
ANEXO I:	8
PRE-MEMORIA "SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA"	8
ANEXO II: RESUMEN PROYECTOS Y ACTUACIONES PREVIAS A LA IDEA DE PROYECTO CONSULTADO	14

A. OBJETO

CONSULTA PRELIMINAR DEL MERCADO. SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA.

COMUNIDAD(ES) AUTÓNOMA (S): ANDALUCÍA

PROVINCIA: CÁDIZ

AUTORIDAD PORTUARIA BAHÍA DE ALGECIRAS (APBA)

La finalidad del proceso de **Consulta Preliminar del Mercado**, es que la APBA tenga conocimiento suficiente de las soluciones más novedosas y se obtengan un conjunto de propuestas innovadoras y soluciones disponibles en el mercado a corto plazo para abordar las necesidades funcionales y tecnológicas del proyecto "**SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA**".

Por ello, se pretende incentivar la concurrencia y la participación activa de personas físicas y/o jurídicas en la presentación y desarrollo tecnológico de propuestas innovadoras en el ámbito de la implementación del proyecto objeto de consulta. Tras dicha consulta, y en función de la viabilidad de las propuestas y alternativas metodológicas y tecnológicas, se elaborarán las prescripciones de referencia y los criterios que deberán cumplirse en una eventual Compra Pública Innovadora.

B. OBJETO DEL PROYECTO

El proyecto "**SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA**" tiene como **objetivo general** evaluar la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria, y conocer así su influencia en la **fiabilidad, funcionalidad y operatividad** de la infraestructura en el Puerto Bahía de Algeciras.

Asimismo, para cumplir con dicho objetivo general y teniendo en cuenta las actuaciones previas que se han desarrollado en el Puerto Bahía de Algeciras (Anexo II) en cuanto refiere a la ampliación de la red de medida y la caracterización del medio físico en las Áreas Operativas de Interés, el proyecto deberá tener en cuenta los siguientes **objetivos particulares**:

1. Predecir el nivel de **funcionalidad, fiabilidad y operatividad de las infraestructuras existentes** en el Puerto Bahía de Algeciras teniendo en cuenta la interacción del medio físico y sus previsiones;
2. Predecir los **movimientos de los buques**, producidos por la interacción con el medio físico, en puerto y en las áreas de fondeo para **cuantificar su afectación a la operativa** (descenso de rendimiento) tanto de carga/descarga como de *bunkering*, reparaciones, avituallamiento y demás.

Es decir, por un lado, se pretende desarrollar una herramienta predictiva para una mejor gestión, conservación y protección de las infraestructuras portuarias y, por otro lado, una herramienta para predecir y estimar **ventanas operativas** en el Puerto Bahía de Algeciras y así facilitar la toma de decisiones de navieras, operadores de terminal, prestadores de servicios portuarios, etc.

C. DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES A SATISFACER. FINALIDAD

La normativa ROM¹ establece los criterios de fiabilidad, funcionalidad y operatividad que deben cumplir las infraestructuras portuarias así como las directrices para el cálculo de la probabilidad de fallo y parada operativa. No obstante, este análisis está muy condicionado por la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria.

En este contexto, el **Puerto Bahía de Algeciras** ya dispone de un **sistema de información océano-meteorológica de alta resolución** que proporciona datos históricos, en tiempo real y predictivos en las Áreas Operativas de Interés (AOIs)² y que permite abordar dicho análisis para sus infraestructuras e instalaciones.

Además, el Puerto Bahía de Algeciras, ante el objetivo de mejorar la competitividad y calidad de los servicios portuarios quiere ofrecer a sus clientes **información de valor añadido** referente a la duración de las operaciones portuarias y a las ventanas operativas disponibles teniendo en cuenta la afectación del medio físico.

Por ello, el presente proyecto deberá cubrir las siguientes **necesidades**:

1. Sistema de apoyo a la gestión portuaria que proporcione predicciones sobre **funcionalidad y fiabilidad de la infraestructura portuaria**
2. Sistema de apoyo a la explotación que proporcione la predicción de la **operatividad de los buques atracados y fondeados** a partir de la predicción del movimiento de los buques y su relación con la eficiencia de las operaciones.

El Anexo I, **Pre-Memoria del proyecto**, contiene una descripción detallada de la actuación objeto de esta posible compra pública de innovación (CPI).

D. CARACTERIZACIÓN DE LA ACTUACIÓN Y ANTECEDENTES

En primer lugar, debe destacarse que la APBA dispone de **herramientas de análisis del medio físico** (SAMPA y SAFEPORT) así como un **modelo hidrodinámico (corrientes)** de alta resolución en la Bahía de Algeciras, que permite al puerto y sus usuarios tener información en tiempo real y predicciones a 72h muy fiables, a su alcance. En segundo lugar, destacar que el propio Departamento de Infraestructuras de la APBA está llevando a cabo un proyecto para predecir el comportamiento de los buques amarrados en la terminal de CEPSA en la Bahía de Algeciras, cuyos avances podrán ser de gran utilidad para el desarrollo de este proyecto.

Por tanto, el objeto de este apartado es detallar brevemente las herramientas y **actuaciones previas al proyecto** en cuestión, cuyo detalle se incluye en el Anexo II. Esto es:

El **proyecto SAMPA** (Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta), fruto de la colaboración entre Puertos del Estado y la APBA, tuvo como resultado un sistema de monitorización y predicción océano-meteorológica en el Estrecho de Gibraltar, la Bahía de Algeciras y Tarifa.

¹ ROM: Recomendaciones de Obras Marítimas, Normativa Española en Proyectos Portuarios

² Área Operativa de Interés: Es un área terrestre o marítima en la que los agentes del medio físico inciden con una intensidad semejante, que comparte tipología estructural, en la que opera el mismo tipo de buque y tipología de mercancía y con unos umbrales operativos equivalentes.

Su producto final consta de **tres módulos** principales:

- Sistema de monitorización, que proporciona información en tiempo real;
- Sistema de predicción a 72h, basado en modelos numéricos;
- Herramientas de valor añadido, que permiten explotación de la información proporcionada por los módulos anteriores.

De forma complementaria, el **proyecto Algeciras SAFEPORT** (Gestión de riesgos océano-meteorológicos en entornos portuarios) que supone un avance al proyecto SAMPA, tiene como principal contribución el desarrollo de un modelo de predicción de mayor resolución espacial y predicción océano-meteorológica para abordar la caracterización del medio físico en las zonas operativas del Puerto Bahía de Algeciras.

Con el aumento de resolución, y con el foco puesto en el usuario, surge una nueva escala para la prestación del servicio océano-meteorológico en un puerto, el **Área Operativa de Interés (AOI)**, que como se indica anteriormente, se define como un área (terrestre o marítima) en la que los agentes del medio físico inciden con una intensidad semejante, que comparten una tipología estructural, en la que opera el mismo tipo de buque, con la misma mercancía y los mismos medios de manipulación, y en la que los umbrales operativos son comunes.

Siguiendo el esquema previo planteado en SAMPA, Algeciras SafePort se ha centrado en el desarrollo de los siguientes **productos**:

- Sistema de monitorización, ampliando la red existente de medida.
- Sistema de predicción a 72h de las variables meteo-oceanográficas más relevantes para la explotación y gestión portuaria en la Bahía de Algeciras, basado en modelado de alta resolución para la propagación de viento y oleaje, anidados a los ya existentes a escala regional y local.
- Herramientas IT que permitirán a la APBA, gestor portuario, concesionario, etc. disponer de información relevante para la toma de decisiones, calibración de estrategias, construcción o adaptación de nuevas estructuras, etc. a nivel de AOI. Y finalmente, dentro de las nuevas herramientas de apoyo, destaca la aplicación web CMA (Cuadro de Mando Ambiental).
- De forma transversal, y teniendo en cuenta los avances realizados, "Algeciras SafePort" propone una **metodología para la gestión de riesgos océano-meteorológicos en entornos portuarios**, incluyendo los requisitos que debería cumplir un puerto para ser considerado como seguro frente a los agentes océano-meteorológicos.

En este contexto, el **siguiente paso o actuación** que quiere dar la APBA es abordar la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria, y conocer así su influencia en la fiabilidad, funcionalidad y operatividad de la infraestructura portuaria de las **AOI** en el Puerto Bahía de Algeciras.

Para ello, será necesario emplear las técnicas más avanzadas en la monitorización de grandes infraestructuras y buques atracados, así como **modelos numéricos** para el estudio de la interacción fluido-estructura y el movimiento de buques atracados/fondeados.

Cabe destacar, que actualmente y para conocimiento de la APBA, no se conocen soluciones técnicas ni herramientas comerciales que cubran de forma íntegra dichas necesidades funcionales (Apartado

C), sobretodo en la predicción de los movimientos del buque y su influencia en la operativa tanto atracado como en fondeo, indicando ventanas operativas y niveles de rendimiento operativo.

E. CARACTERIZACIÓN DE LA ENTIDAD PROPONENTE

La entidad proponente deberá ser una persona física, jurídica o conjunta de varias personas físicas o jurídicas con la capacidad técnica de resolver las necesidades descritas en esta memoria.

En particular, el proponente deberá tener conocimientos avanzados sobre ingeniería naval e infraestructura y obra marítima, modelos predictivos de la dinámica de un buque o del modo de fallo de una obra marítima frente a forzamientos del medio físico, modelización numérica del clima marítimo y conocimientos sobre operaciones marítimas así como aptitudes avanzadas en el desarrollo software donde se implementarían los modelos propuestos.

F. INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

La participación en el procedimiento, los contactos mantenidos con los participantes o los intercambios de información no podrán dar lugar a infracciones de los principios comunitarios de transparencia, igualdad de trato y no discriminación, ni tener como efecto restringir o limitar la competencia, ni otorgar ventajas o derechos exclusivos.

Para favorecer la interacción de las empresas y optimizar la recopilación de toda la información a lo largo de todo el procedimiento se ha diseñado un espacio en la página web de la APBA y se ha habilitado una cuenta de correo electrónico.

Con ello, se consigue una mayor estandarización con altos niveles de calidad tecnológica en la gestión y en la distribución de los contenidos, facilitando la consecución de mejores soluciones por parte de las empresas y un conocimiento de las necesidades concretas en cada momento del procedimiento.

La documentación y el intercambio de información estarán disponibles en el siguiente enlace y cuenta de correo electrónico indicados a continuación:

<http://www.apba.es/anuncios/compra-publica-innovadora>
cpi.operativabuque@apba.es

G. DERECHOS DE EXPLOTACIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL

Las posibles ideas de soluciones que se presenten en el marco de la Consulta Preliminar al Mercado no podrán mencionar una fabricación o una procedencia determinada o un procedimiento concreto, ni hacer referencia a una marca, a una patente o a un tipo, a un origen o a una producción determinados. El uso del contenido de las propuestas se limita exclusivamente a su posible inclusión en las especificaciones funcionales de un eventual procedimiento de contratación posterior.

H. PROCEDIMIENTO

Como primer paso en el proceso previo de Compra Pública de Innovación se convoca una Consulta Preliminar del Mercado, que permitirá identificar las tecnologías y soluciones innovadoras, no existentes actualmente en esta materia, que colaboren a solventar el problema referido. No

representa una compra en sí misma y no implica coste derivado para la APBA, aparte del natural de la gestión del procedimiento y del consiguiente análisis y valoración de sus resultados.

Posteriormente, una vez que se disponga de un grado de conocimiento adecuado de las soluciones innovadoras del mercado, se licitará una eventual Compra Pública dirigida a ejecutar aquellas soluciones que acrediten y hayan demostrado una mayor viabilidad técnica y económica, de cara a resolver la problemática existente.

1.- CONSULTA PRELIMINAR DEL MERCADO

Artículo 40 de la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública.

Procedimiento previo a la contratación, que tiene su justificación por la utilidad que supone cuando la solución al problema que se plantea no está determinada en el momento de publicar el anuncio de licitación. Es una consulta que **el órgano de contratación** plantea a los operadores económicos con la finalidad de preparar la futura contratación, obteniendo información sobre la estructura y desarrollo del mercado y la tecnología, y dando a conocer a las empresas acerca de sus planes y sus requisitos, con arreglo entre otros, a los principios de no discriminación, transparencia e igualdad de trato.

La participación en la Consulta Preliminar del Mercado no otorgará derecho ni preferencia alguna respecto de la adjudicación de los contratos que puedan celebrarse con posterioridad en este ámbito.

El uso del contenido de las propuestas se limita exclusivamente a su utilización en la definición de las especificaciones del eventual procedimiento de contratación que siguiese a la Consulta Preliminar del Mercado.

1.1. Presentación de propuestas

El plazo para la presentación de las propuestas comenzará el día siguiente al de publicación de la Resolución de la APBA en el Boletín Oficial del Estado, durante un plazo de tres (3) meses.

No obstante, el proceso permitirá su cierre anticipado si se estima que se ha conseguido un grado de definición suficiente de las soluciones, siempre que hayan transcurrido mínimo dos (2) meses y se hayan recibido un mínimo de tres (3) propuestas formales.

Las personas, físicas o jurídicas que participen en la convocatoria deberán enviar sus propuestas, en avance o definitivas, en idioma castellano, de acuerdo a los requisitos establecidos en la ficha de propuesta de la Resolución de publicación del trámite.

La presentación de propuestas se realizará utilizando el modelo "*Propuesta de ficha*", accesible en el enlace web <http://www.apba.es/anuncios/compra-publica-innovadora>, mediante remisión de la ficha y documentación asociada, al buzón de correo electrónico cpi.operativabuque@apba.es. El asunto del correo electrónico será Propuesta CPI Operativa Buque APBA.

Si en algún momento, cumpliendo con el plazo mínimo establecido de duración de la Consulta se considerase que se dispone de suficiente información para el lanzamiento de la contratación pretendida, se publicará un aviso en la plataforma habilitada.

De manera alternativa y en función del desarrollo de la Consulta se podrán realizar nuevas convocatorias, a través de los canales oficiales establecidos, o incluso solicitar validaciones y demostraciones preliminares de las soluciones que estén siendo desarrolladas.

1.2. Mapa de Demanda Temprana

En cualquier momento del procedimiento por parte de la APBA se solicitará un avance de las fichas y se irá definiendo la información necesaria. Su entrega deberá realizarse en un plazo máximo de tres (3) días laborables tras el requerimiento.

Toda la información relevante recopilada a lo largo de la Consulta Preliminar del Mercado se recogerá en un documento, a modo de síntesis, que incluirá un resumen de las soluciones de las fichas seleccionadas para la elaboración del eventual pliego de contratación, que servirá de base para los trámites de contratación posteriores.

Por esta razón, se reitera la importancia de recibir todo el retorno posible de información del proceso de consulta del mercado, para la óptima definición del eventual procedimiento posterior.

2.- COMPRA PÚBLICA INNOVADORA

Una vez transcurrido el proceso anterior correspondiente a la Consulta Preliminar del Mercado, la APBA dispondrá del grado de conocimiento adecuado de las soluciones innovadoras del mercado (adaptadas de otros sectores o totalmente novedosas), para el lanzamiento de la contratación de aquella o aquellas soluciones que hayan demostrado una mayor viabilidad técnica y económica.

I. CRONOGRAMA ESTIMADO DEL PROCEDIMIENTO DE COMPRA PÚBLICA INNOVADORA

Dado que se trata de un procedimiento nuevo e innovador se facilita un calendario esquemático del desarrollo del procedimiento futuro.

1. El órgano de contratación inicia el trámite de consulta al Mercado.
2. Con el resultado del trámite se realiza el Mapa de Demanda Temprana.
3. El órgano de contratación nombra a la Mesa Especial de Diálogo Competitivo.

El órgano de contratación pública el Estudio Previo de la actuación y convoca a los licitadores interesados para ser seleccionados en el proceso de diálogo competitivo. El procedimiento de **diálogo competitivo** se desarrollará en las siguientes etapas:

1.- Fase previa (apertura del procedimiento del diálogo competitivo)

- Anuncio de la licitación en el DOUE y otros diarios oficiales
- Presentación de solicitudes de participación
- Selección de invitados a participar en el posterior diálogo competitivo
- Notificación del resultado de la selección de candidatos
- Invitación expresa al procedimiento de diálogo competitivo

2.- Fase de desarrollo del diálogo

- Desarrollo de las fases del diálogo competitivo

- Elaboración de las soluciones
- Anuncio del cierre del diálogo competitivo
- Selección final de la solución o las soluciones y presentación de un documento de conclusiones

3.- Fase final (presentación y examen de las ofertas presentadas por los candidatos)

- Invitación a presentar una oferta final
- Evaluación de ofertas finales
- Adjudicación del contrato

A continuación, se detalla cada una de las etapas del procedimiento anteriormente mencionadas:

***Fase previa**

El órgano de contratación pública un anuncio de licitación (Anuncio Previo) donde da a conocer, mediante el presente documento, sus necesidades y requisitos, identificando los criterios de selección, el número de candidatos que invitará a participar en el diálogo, la forma de presentación de las solicitudes y el contenido de las invitaciones. Los candidatos interesados presentarán sus solicitudes de participación de acuerdo con las instrucciones y el plazo fijado en el anuncio de licitación.

***Fase de desarrollo del diálogo**

Esta segunda fase tiene por objeto dialogar con los candidatos seleccionados con el fin de determinar y definir la solución o soluciones más adecuadas. En este sentido, el diálogo se realizará entre el órgano de contratación y cada uno de los candidatos que hayan sido invitados a tomar parte en la licitación. Durante el transcurso de este diálogo podrán debatirse todos los aspectos del contrato con los candidatos seleccionados, y no se informará de las propuestas efectuadas al resto de candidatos.

El diálogo con los candidatos se articulará en fases sucesivas hasta que el órgano de contratación se encuentre en condiciones de establecer la solución o soluciones que puedan responder a sus necesidades.

***Fase final**

Una vez finalizadas las fases anteriores, el órgano de contratación invitará, con el envío de unos pliegos finales, a los candidatos a presentar su oferta final, basada en la solución o soluciones presentadas y especificadas durante la fase de diálogo, indicando la fecha límite, la dirección a la cual tiene que enviarse y la lengua o lenguas en que pueden estar redactadas.

Los candidatos presentarán sus ofertas finales, que tendrán que incluir todos los elementos necesarios para la realización del proyecto. El órgano de contratación podrá solicitar aclaraciones, precisión, ajustes o información complementaria sobre las ofertas presentadas, siempre que de esta manera no se modifiquen elementos sustanciales de la oferta, se falsee la competencia o se produzca un efecto discriminatorio.

Una vez cerrada la fase de diálogo, y con carácter previo a la presentación de ofertas, si hay empresas que como consecuencia del diálogo llevado a cabo quieren constituirse en UTE, tendrán que comunicar por escrito su voluntad de hacerlo. Esta comunicación tendrá que ir debidamente firmada por todos los apoderados de las diferentes empresas que se quieran constituir en UTE.

22 de Mayo de 2017

JEFE DEL ÁREA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



Francisco Javier de los Santos Ramos

DIRECTOR GENERAL



José Luis Hormaechea Escos

ANEXO I:

PRE-MEMORIA “SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE- INFRAESTRUCTURA”

1. INTRODUCCIÓN Y FINALIDAD DEL PROYECTO

En los últimos años se ha avanzado mucho en la monitorización y predicción de las acciones del medio físico en el entorno portuario pero no se ha abordado de forma conjunta su interacción con la infraestructura y los buques. Por ello, el proyecto **"SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA"** pretende abordar esta interacción y, por tanto, cuantificar y evaluar la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria, y conocer así su influencia en la fiabilidad, funcionalidad y operatividad portuaria. El presente documento contiene una descripción preliminar del proyecto.

2. MOTIVACIÓN

La normativa ROM establece los criterios de fiabilidad, funcionalidad y operatividad que deben cumplir las infraestructuras portuarias así como las directrices para el cálculo de la probabilidad de fallo y parada operativa. No obstante, este análisis está muy condicionado por la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria.

En este contexto, el Puerto Bahía de Algeciras dispone de un sistema de información océano-meteorológica de alta resolución que proporciona datos históricos, en tiempo real y predictivos en las Áreas Operativas de Interés (AOIs), que permite abordar la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria, y conocer así su influencia en la fiabilidad, funcionalidad y operatividad de la infraestructura portuaria.

Así, a partir de la información detallada sobre medio físico en las AOI en la Bahía de Algeciras, la APBA requiere:

1. Sistema de apoyo a la gestión portuaria que proporcione predicciones sobre **funcionalidad y fiabilidad de la infraestructura portuaria**.
2. Sistema de apoyo a la explotación que proporcione la predicción de la **operatividad de los buques atracados y fondeados** a partir de la predicción del movimiento de los buques y su relación con la eficiencia de las operaciones.

3. ANTECEDENTES

Los antecedentes al proyecto que se somete a consulta preliminar se resumen a continuación y su descripción detallada se adjunta en el Anexo II:

1. El Organismo Público de Puertos del Estado (OPPE) lleva años trabajando en el desarrollo de sistemas avanzados de medida y predicción de variables del medio físico con aplicaciones portuarias. Fruto de la colaboración entre OPPE y la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras (APBA), el **proyecto SAMPA** (Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta) permitió implantar en 2012 un sistema avanzado de monitorización y predicción océano-meteorológica en el Estrecho de Gibraltar y la Bahía de Algeciras.
2. Partiendo de la base consolidada de SAMPA, recientemente ha finalizado el proyecto **"Algeciras SafePort: Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en Entornos Portuarios"** que, junto con otros proyectos como "SAMPA 2" y "Desarrollo de un Modelo Hidrodinámico de Alta Resolución en la Bahía de Algeciras", ha permitido caracterizar el medio físico en las áreas operativas del Puerto de la Bahía de Algeciras, ampliando la red de medida y empleando

modelos numéricos de alta resolución, tanto para la obtención de series históricas como para la creación de un sistema predictivo.

Para poner en valor lo anterior, se han desarrollado nuevas herramientas IT que proporcionan una información de detalle y particularizada al usuario, destacando el **Cuadro de Mando Ambiental (CMA)**. Se trata de una aplicación web (<https://cma.puertos.es>) orientada al usuario portuario que, además de proporcionar los datos en tiempo real y predicciones, aglutina una serie de herramientas de apoyo al diseño y explotación portuaria: Atlas de Clima Marítimo, Predicción de Riesgo Operativo, Predicción de Rebases en el Puerto de Tarifa y Atlas del Oleaje Generado por Buques.

- En conclusión, ambos proyectos representan el punto inicial y de partida para el proyecto actualmente en fase de pre-desarrollo y definición.
3. Complementariamente, se deberán considerar los últimos avances en **monitorización de infraestructura y buques atracados** realizados por parte del departamento de Infraestructuras de la APBA. Concretamente, se está llevando a cabo la monitorización del Dique Exento de Isla Verde Exterior mediante GNSS (*Global Navigation Satellite System*) y realizando un **análisis de las condiciones de permanencia de los buques atracados** en el pantalán de refinería de CEPSA, que busca no sólo mejorar la gestión del riesgo frente a condiciones meteorológicas adversas, sino también establecer una metodología que pueda ser aplicable al resto del puerto. La experiencia adquirida en este estudio será sin duda de gran utilidad para el proyecto que aquí se plantea.

4. OBJETO DEL PROYECTO

El proyecto **"SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA"** tiene como **objetivo** general evaluar la interacción del medio físico con el buque y la infraestructura portuaria, y conocer así su influencia en la **fiabilidad, funcionalidad y operatividad** de la infraestructura en el Puerto Bahía de Algeciras.

Asimismo, para cumplir con dicho objetivo general y teniendo en cuenta las actuaciones previas que se han desarrollado en el Puerto Bahía de Algeciras en cuanto refiere a la ampliación de la red de medida y la caracterización del medio físico en las Áreas Operativas de Interés, el proyecto deberá tener en cuenta los siguientes **objetivos particulares**:

1. Predecir el nivel de funcionalidad, fiabilidad y grado de **operatividad de las infraestructuras existentes** en el Puerto Bahía de Algeciras teniendo en cuenta la interacción del medio físico y sus predicciones;
2. Predecir los **movimientos de los buques**, producidos por la interacción con el medio físico (respuesta dinámica de los buques), en puerto y en las áreas de fondeo para **cuantificar la afectación operativa** (descenso de rendimiento) durante las operaciones de carga/descarga o bien operaciones de *bunkering*, avituallamiento y demás.

5. DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DEL PROYECTO

5.1 ALCANCE PRELIMINAR

El **alcance del proyecto** englobaría dos bloques de trabajo:

1. Predicción del nivel de **funcionalidad y fiabilidad de las infraestructuras** portuarias del Puerto Bahía de Algeciras.
2. Predicción de la **operatividad de los buques atracados y fondeados** en el Puerto Bahía de Algeciras, a partir de la predicción de los movimientos de los buques y su relación con la eficiencia de las operaciones.

Finalmente, de forma esquemática la Figura 1 representa el alcance del proyecto.



Fig. 1 Alcance del proyecto

5.2 DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES IDENTIFICADAS

A continuación, se definen las **necesidades** que deberían satisfacer cada uno de los bloques identificados:

1. Predicción del nivel de funcionalidad y fiabilidad de las infraestructuras e instalaciones portuarias del Puerto Bahía de Algeciras

El **objetivo** de este bloque es evaluar el grado de funcionalidad y fiabilidad de la infraestructura del Puerto Bahía de Algeciras y predecir posibles situaciones de riesgo para definir estrategias de conservación, reparación y protección portuaria.

El Puerto de Algeciras dispone de un Atlas de Clima Marítimo (desarrollado en el proyecto SafePort), integrado en el CMA, con la caracterización del medio físico (oleaje y viento) en las AOIs del Puerto. Partiendo de esta información y de acuerdo con la ROM 0. 0, *Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de Obras Marítimas y Portuarias*, se pretende evaluar el riesgo infraestructural mediante verificación con métodos de nivel III y predecir posibles modos de fallo de las infraestructuras del Puerto Bahía de Algeciras.

Lo anterior sería de gran interés, tanto para conocer el nivel de servicio, uso y explotación de las infraestructuras como para la seguridad y protección portuaria.

Concretamente, las necesidades particulares identificadas serían:

- **Metodología** para la evaluación del riesgo infraestructural mediante verificación con métodos de nivel III.
- **Herramienta predictiva** de posibles modos de fallo y situaciones de riesgo en las infraestructuras existentes en el PBA.

2. Predicción de la operatividad de los buques atracados y fondeados en el Puerto Bahía de Algeciras

El **objetivo** de este bloque es predecir los movimientos de buques en puerto y áreas de fondeo para cuantificar la afectación en la operativa (rendimiento) y predecir las ventanas operativas en cada una de las AOI del Puerto Bahía de Algeciras.

El Puerto de Algeciras dispone de información detallada sobre medio físico en las AOI del PBA que podría utilizarse con la finalidad de ver el grado de afectación a la operativa de buques. Concretamente, dispone de una herramienta de Predicción del Riesgo Operativo (desarrollada en el proyecto Algeciras SafePort), integrada en el CMA, con las predicciones de viento, oleaje y corrientes en las AOIs, basadas en modelos numéricos de alta resolución.

En este contexto, se quiera hora predecir posibles paradas operativas y el rendimiento de las operaciones (C/D, *bunkering*, reparaciones a flote...) en las AOIs, en función de los movimientos máximos admisibles de los buques.

Los resultados y productos a desarrollar en este bloque tienen que servir como ayuda para la planificación de operaciones en terminales, zonas de fondeo (*bunkering*, reparaciones, avituallamiento, etc.) y operaciones de C/D de granel líquido, así como para la asignación de los servicios técnico-naúticos.

Así, las necesidades particulares identificadas en este bloque serían:

- **Metodología predictiva** de los movimientos del buque en puerto y su afectación a la operatividad del buque en el PBA.
- **Herramienta** donde se implemente el modelo predictivo y que sea útil para los usuarios directos.
- **Indicadores operativos** para integrarse en otros sistemas de gestión portuaria avanzados.

En relación a los resultados que podrían derivarse del bloque 2, se podría plantear el desarrollo de una herramienta que permita optimizar la navegación en determinadas rutas marítimas con O/D Algeciras teniendo en cuenta las condiciones océano-meteorológicas en ruta y en puerto, identificándose ventanas operativas y realizando previsiones de tiempo en cuanto refiere a las operaciones portuarias en el Puerto Bahía de Algeciras.

Finalmente, y para facilitar la información al usuario, todos los resultados y herramientas desarrolladas en el proyecto que sean factible de ello, se implementarán en un SW, ya sea nuevo o existente.

Todos los desarrollos SW del proyecto deberán contemplar la posible **integración con otros sistemas de la APBA**. La integración se hará a través del ESB (*Enterprise Service Bus*) corporativo de la APBA

cuando sea posible, o directamente con el sistema de interés cuando no sea posible. A priori se han identificado los siguientes sistemas factibles de integrarse en una manera u otra con los desarrollos del proyecto: CMA (Cuadro de Mando Ambiental), GIS corporativo, Web corporativa y PMS (*Port Management System*).

Todas las actividades relacionadas con el proceso de integración deberán respetar los requisitos de integración definidos por la APBA.

ANEXO II: RESUMEN PROYECTOS Y ACTUACIONES PREVIAS A LA IDEA DE PROYECTO CONSULTADO

REF 1.: SAMPA: SISTEMA AUTÓNOMO DE MEDICIÓN, PREDICCIÓN Y ALERTA

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El Organismo Público de Puertos del Estado (OPPE), apoyado por los Puertos de Interés General del Estado, lleva años trabajando en el desarrollo de sistemas avanzados de medida y predicción de variables del medio físico con aplicaciones portuarias. Así surgió el proyecto SAMPA (Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta), fruto de la colaboración entre Puertos del Estado y la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras (APBA), y con la participación del Grupo de Oceanografía Física de la Universidad de Málaga (GOFIMA). El proyecto permitió implantar un **sistema de monitorización y predicción océano-meteorológica en el Estrecho de Gibraltar y la Bahía de Algeciras**.

El objetivo del proyecto fue el desarrollo y puesta en marcha de un nuevo sistema de apoyo a la planificación y gestión portuaria, con la puesta a disposición de información océano-meteorológica personalizada y adaptada al usuario portuario, con una serie de herramientas de valor añadido que facilitan la información proporcionada por la red de medida (boyas oceanográficas, estaciones de nivel del mar y estaciones meteorológicas) y los modelos de predicción.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolló en torno a **3 módulos**:

- **Sistema de monitorización.** Se instaló una red de medida permanente formada por diferentes instrumentos (boyas oceanográficas, estaciones de nivel del mar y estaciones meteorológicas) que proporcionan la **información en tiempo real** (oleaje, nivel del mar, corrientes y meteo). Asimismo, se llevaron a cabo campañas de medida con equipos temporales para validar los modelos numéricos empleados en el sistema de predicción.
- **Sistema de predicción.** Una serie de modelos numéricos de alta resolución permiten obtener las predicciones de las variables océano-meteorológicas de interés (atmósfera, oleaje y corrientes) en el Estrecho de Gibraltar y la Bahía de Algeciras con un horizonte de 72 horas.
- **Herramientas de valor añadido.** Los datos en tiempo real, proporcionados por el sistema de monitorización, y las predicciones se ponen a disposición de la comunidad portuaria a través de una serie de herramientas de valor añadido que permiten acceder a la información de una forma rápida e intuitiva.

3. NECESIDADES CUBIERTAS E INNOVACIÓN

El proyecto permitió implantar un nuevo sistema operacional de monitorización y predicción de variables del medio físico (viento, oleaje y corrientes) en el Estrecho de Gibraltar y la Bahía de Algeciras.

El diferencial con respecto a otros sistemas operacionales desarrollados hasta entonces radicaba en la globalidad del proyecto, usando redes de medida y modelos numéricos de alta resolución con herramientas específicas de aplicación en el ámbito portuario, en una de las zonas del planeta más complejas en lo que a los procesos océano-meteorológicos se refiere.

4. ENFOQUE METODOLÓGICO

A nivel metodológico cabe diferenciar 3 áreas distintas en función de las necesidades que cubre el proyecto y los productos desarrollados, esto es:

- El sistema de monitorización instalado en SAMPA está compuesto por 2 boyas de oleaje direccional, 2 mareógrafos y 6 estaciones meteorológicas. Los datos registrados son procesados y enviados a Puertos del Estado en formato XML vía correo electrónico tanto para su publicación a través de las herramientas de difusión como para su almacenamiento en base de datos. De forma paralela, los datos se envían también al ESB corporativo de la APBA para su aprovechamiento por parte de otros sistemas.
- El sistema de predicción se basa en modelos numéricos que representan las variables océano-meteorológicas de interés (viento, oleaje y corrientes) con un horizonte temporal de 72 horas.

Para ello, se desarrolló un sistema de predicción específico para el Estrecho y la Bahía de Algeciras, anidando modelos de mayor resolución a los modelos globales, mejorando las predicciones proporcionadas por los diferentes centros meteorológicos nacionales, lo que permite ofrecer una información océano-meteorológica local de calidad. La figura siguiente muestra los modelos de predicción desarrollados por área marítimo-portuaria y según para las 3 variables meteorológicas de interés.

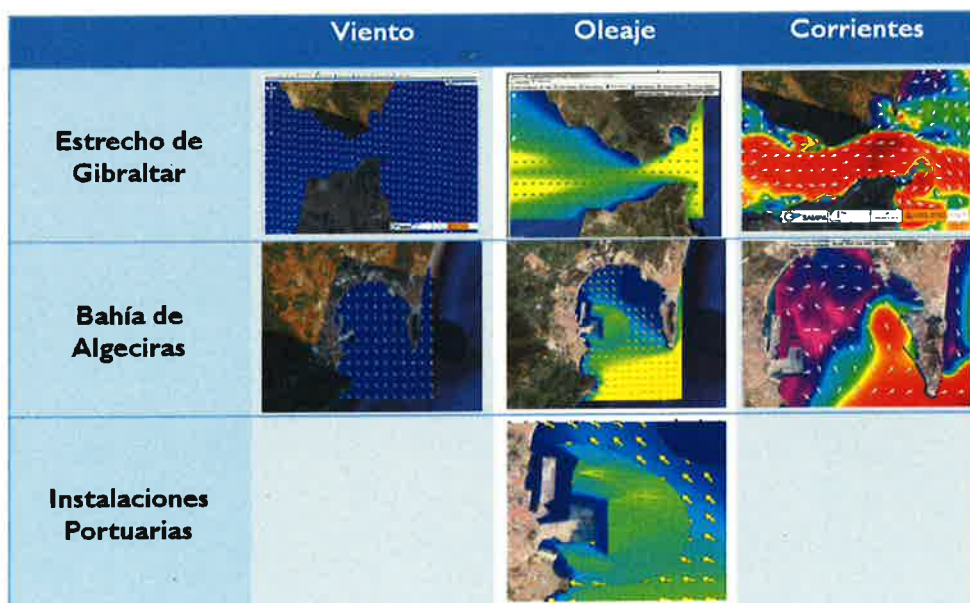


Fig. 2. Sistema de Predicción desarrollado en SAMPA

- Por último, se desarrollaron dos aplicaciones para proporcionar, de una forma sencilla e intuitiva, la información en tiempo real, proporcionada por la red de medida y de los sistemas de predicción. Estas herramientas son: SAMPAcma (Cuadro de Mando Ambiental) y SAMPAmatic (sistema de envío automático de informes y alertas).

5. PRODUCTOS DEL PROYECTO

A partir de las necesidades del proyecto y su enfoque metodológico, los principales productos del proyecto fueron:

- Nueva red de instrumentación de viento, oleaje y nivel del mar con envío de datos en tiempo real.
- Sistema operacional de predicción de viento, oleaje y agitación portuaria en el Estrecho de Gibraltar y la Bahía de Algeciras.
- SampaCMA: aplicación de escritorio que muestra la información en tiempo real y las predicciones de las variables océano-meteorológicas de interés (viento, oleaje y corrientes) en el Estrecho de Gibraltar, Bahía de Algeciras y Tarifa.
- SampaMATIC: sistema de envío automático de informes y alertas que emite diariamente, de forma automática, un informe con la predicción de viento, oleaje y nivel del mar para los próximos tres días, así como un SMS de alerta por superación de un determinado umbral de viento u oleaje, en un punto en mitad del Estrecho.

REF 2.: ALGECIRAS SAFEPORT: GESTIÓN DE RIESGOS OCÉANO-METEOROLÓGICOS EN ENTORNOS PORTUARIOS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Partiendo de la base consolidada de SAMPA, y para poder proporcionar una información de detalle y particularizada al usuario, surge el proyecto “Algeciras SafePort: Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en Entornos Portuarios”, que se centra en dar una mayor cobertura espacial a la red de medida, con nueva instrumentación, y en el modelado met-ocean de alta resolución, con un nuevo paquete de herramientas IT para la explotación de esta información por los usuarios del puerto.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

Siguiendo el esquema previo planteado en SAMPA, “Algeciras SafePort” se ha estructurado de la siguiente manera:

- **Ampliación de la red de medida.** Además de una mayor cobertura geográfica, se registran nuevas variables de interés para la operativa portuaria, como la visibilidad, las corrientes en toda la columna de agua, al agitación de las líneas de atraque y amarre, y el rebase.
- **Modelado de alta resolución.** Se han desarrollado nuevos modelos de alta resolución de viento y oleaje, partiendo de los ya existentes (SAMPA), con el doble objetivo de 1) obtener series históricas (*hindcast*) de alta resolución espacial y temporal y 2) mejorar el sistema operacional (*forecast*) existente con predicciones en las áreas portuarias de interés, denominadas Áreas Operativas de Interés (AOIs).
- **Desarrollo de herramientas IT.** El proyecto también buscaba el desarrollo de nuevas herramientas IT mucho más orientadas al usuario, buscando una evolución de las herramientas SampaCMA y SampaMATIC, así como el desarrollo de herramientas específicas solicitadas por los usuarios.

Aprovechando los últimos avances, el proyecto también ha establecido una metodología para la gestión de riesgos océano-meteorológicos en entornos portuarios que se ha plasmado en la “Guía para la Aplicación de un Sistema de Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en el Ámbito Portuario y su Evaluación”. Este documento pretende ser punto de partida para la futura creación y obtención de un Certificado de Puerto Seguro Océano-Meteorológico.

3. NECESIDADES CUBIERTAS E INNOVACIÓN

El proyecto “Algeciras SafePort” ha permitido aproximar el medio físico a las áreas dónde se desarrolla la actividad portuaria, denominadas Áreas Operativas de Interés (AOIs). El aumento de resolución en la medida y el modelado de alta resolución de variables océano-meteorológicas, y su puesta en valor a través de herramientas IT, proporciona un mejor conocimiento del medio físico, reduciendo así la incertidumbre en el diseño y explotación portuaria, lo que se traduce en una gestión más eficaz, segura y sostenible medioambientalmente del Puerto Bahía de Algeciras. El proyecto sienta las bases necesarias para abordar la interacción del medio físico con la infraestructura portuaria y los buques, y conocer, por tanto, su influencia en la operativa portuaria.

4. ENFOQUE METODOLÓGICO

Monitorización

Se ha ampliado la **red de medida** instalada en SAMPa con 3 estaciones meteorológicas, 1 sensor de visibilidad, 2 ADCPs con capacidad para medir corrientes y oleaje, 10 sensores de agitación y 2 cámaras para la monitorización de rebases (ver tabla 1). Además de una mayor cobertura geográfica, se registran nuevas variables de interés para la operativa portuaria, como la visibilidad, las corrientes en toda la columna de agua, la agitación en las líneas de atraque y amarre, y el rebase. Toda esta información se envía en tiempo real para que sirva de apoyo en la toma de decisiones.

	Viento	Visibilidad	Corrientes	Oleaje	Agitación	Nivel del Mar	Rebase
SAMPa	7	1	1	2	2	2	0
SAFEPORT	10	2	3	4	12	2	1
	+3	+1	+2	+2	+10	-	+1

Tabla 1. Registro de variables océano-meteorológicas en la APBA

Modelado de alta resolución

Se han desarrollado nuevos modelos numéricos de alta resolución para la propagación del viento y oleaje, anidados a los ya existentes a escala regional y local. Estos modelos permiten aumentar la resolución a una escala de gran detalle espacial y temporal para poder ampliar el conocimiento del clima marítimo en la zona del Estrecho de Gibraltar, la Bahía de Algeciras y dentro de los puertos pertenecientes a la APBA, tanto para el conocimiento histórico de las variables involucradas (*hindcast*), como en la predicción operacional para la ayuda a la explotación y gestión de los puertos (*forecast*).

Así la **modelización numérica** realizada se puede dividir en:

- Modelización del viento para obtener una serie temporal de 36 años de duración (1979-2014) con una resolución espacial de 1 km en el Estrecho y, de forma particular, en cada una de las Áreas Operativas de Interés.
- Modelización del oleaje para obtener una serie temporal de 36 años de duración (1979-2014) con una resolución espacial de 1 km en el Estrecho y, de forma particular, en cada una de las Áreas Operativas de Interés.
- Modelización del viento para desarrollar un sistema operacional que proporcione la predicción en las AOIs.
- Modelización del oleaje y el rebase para desarrollar un sistema operacional de alta resolución que proporcione la predicción de agitación en las AOIs y del rebase en el dique Sagrado Corazón (Puerto de Tarifa).
- Modelización del oleaje generado por el paso de embarcaciones en tránsito para generar un catálogo del oleaje generado por 40 embarcaciones representativas del Puerto de la Bahía de Algeciras.

Todos los modelos numéricos utilizados han sido debidamente validados con la información instrumental histórica aportada por la APBA y los nuevos datos medidos durante el desarrollo del proyecto.

Herramientas IT

Dentro de las herramientas IT desarrolladas en el proyecto, destaca el Cuadro de Mando Ambiental (CMA). Se trata de una aplicación web (<https://cma.puertos.es>) orientada al usuario portuario que, además de proporcionar los datos en tiempo real y las predicciones, aglutina el resto de herramientas de apoyo al diseño y explotación portuaria.

- **Atlas de Clima Marítimo.** Esta herramienta proporciona el análisis estadístico (gráficos de tendencias, rosas, estacionalidad, regímenes medios y extremos, etc.) de las series históricas (36 años de duración) de viento y oleaje obtenidas mediante modelado numérico de alta resolución. A través del CMA, el usuario puede descargarse fichas con el clima marítimo en diferentes puntos del Estrecho de Gibraltar (1km de resolución) y en las AOIs del Puerto de la Bahía de Algeciras.
- **Predicción del Riesgo Operativo.** Una vez identificadas las AOIs y los umbrales asociados a la actividad que se realiza en cada una de ellas, se puede establecer el nivel de riesgo operativo para cada AOI en función de las predicciones de las variables océano-meteorológicas de interés. El producto final es un visor web, integrado en el CMA, que muestra a modo de semáforo el nivel de riesgo (bajo, medio o alto) para cada AOI según la predicción de viento, oleaje y corriente.
- **Predicción de Rebases en el Puerto de Tarifa.** El sistema operacional de oleaje proporciona la predicción del rebase en el dique Sagrado Corazón (Puerto de Tarifa) en función de las predicciones del oleaje incidente. La predicción, junto con el uso de video-imagen para la monitorización del rebase, ha permitido desarrollar un sistema de alerta híbrido para la predicción y seguimiento de rebases en el dique que garantiza un acceso seguro, tanto público como privado, al mismo.
- **Atlas del oleaje generado por buques.** Fichas de oleaje generado por el paso de las 40 embarcaciones más representativas dentro de la Bahía de Algeciras, mostrando la evolución espacio-temporal de los frentes del oleaje y la estadística general de la agitación generada en distintos (84) puntos de control. Los resultados se han plasmado en una serie de fichas también accesibles desde el CMA.

El CMA permite además la particularización de informes y alertas operativas.

Guía para la Aplicación de un Sistema de Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en el Ámbito Portuario y su Evaluación

De forma transversal a los puntos anteriores, en el proyecto “Algeciras SafePort” se ha desarrollado **una metodología para la gestión de riesgos océano-meteorológicos en entornos portuarios**, incluyendo los requisitos que debería cumplir un puerto para ser considerado como seguro frente a los agentes océano-meteorológicos: “Guía para la Aplicación de un Sistema de Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en el Ámbito Portuario y su Evaluación”.

Este documento pretende ser punto de partida para la futura creación y obtención de un Certificado de Puerto Seguro Océano-Meteorológico. Esta Certificación sería de gran valor para los puertos que la tuvieran, acotando los costes operativos del negocio marítimo-portuario y garantizando el desarrollo eficiente y seguro de las actividades económicas y logísticas, así como un mayor respeto por el medioambiente.

5. PRODUCTOS DEL PROYECTO

Los **productos resultantes** del proyecto “Algeciras SafePort” han sido:

- Nueva red de instrumentación de viento, oleaje, agitación y rebase montada y funcional, validada y apoyada con un software de captación e interpretación de los datos medidos en tiempo real.
- Series históricas fiables (36 años de duración), homogéneas en el tiempo y el espacio, y realistas de oleaje, viento, nivel del mar en el Estrecho y en las Áreas Operativas de Interés de la APBA.
- Sistema operacional de predicción de viento, oleaje y agitación en las Áreas Operativas de Interés de la APBA.
- Aplicación web CMA (Cuadro de Mando Ambiental).
- Atlas de Clima Marítimo.
- Predicción de Riesgo Operativo.
- Sistema de alerta por rebase en el dique Sagrado Corazón (Puerto de Tarifa).
- Atlas del oleaje generado por buques.

REF 3.: ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES LÍMITE DE PERMANENCIA DE BUQUES ATRACADOS EN EL PANTALÁN DE REFINERÍA

1. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El problema a resolver en el proyecto planteado por la APBA es el desarrollo de un sistema calibrado y validado para **predecir el comportamiento del buque amarrado en la terminal de CEPSA en la Bahía de Algeciras** en función de los agentes externos que le afectan (oleaje, viento y corriente).

Dicho sistema se integrará en el sistema SAMPA y deberá ser capaz de predecir los movimientos esperables del buque en función de las predicciones meteorológicas realizadas por SAMPA y Algeciras SAFEPORT, a fin de alertar en caso de que se superen los límites de permanencia en el atraque.

En este contexto, los **objetivos** planteados para el proyecto actualmente en desarrollo son:

- Realizar una calibración del modelo numérico a emplear a la hora de reproducir el comportamiento del buque atracado mediante una campaña suficientemente prolongada de medidas in situ de movimientos de buques tipo previamente seleccionados.
- Determinar los umbrales de permanencia aplicables para el caso de los buques tipo tomando como referencia los valores establecidos en la bibliografía, así como el criterio de un conjunto de expertos para el caso concreto de estudio.
- Desarrollar las matrices de condiciones meteo-oceánicas que deberían integrarse en SAMPA para la gestión de los atraques en el pantalán de CEPSA en la Bahía de Algeciras, teniendo en cuenta la flota tipo, y los resultados de los apartados anteriores.

REF 4.: DESARROLLO DE UN MODELO HIDRODINÁMICO DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA BAHÍA DE ALGECIRAS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Dentro de los proyectos relacionados con el medio físico que la APBA está llevando a cabo en los últimos años (SAMPA, SAMPA 2, SAFEPORT...), el proyecto “**Desarrollo de un Modelo Hidrodinámico de Alta Resolución en la Bahía de Algeciras**” se ha centrado en la modelización de corrientes a alta resolución.

Para ello, se ha revisado y mejorado el modelo hidrodinámico actual, y se ha desarrollado un nuevo modelo hidrodinámico de alta resolución, anidado al anterior, que resuelve las corrientes a escala portuaria, incluyendo el desarrollo de módulos medioambientales (tiempos de renovación de las dársenas y calidad de aguas portuarias).

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto se ha estructurado de la siguiente manera:

- **Revisión y mejora del modelo hidrodinámico SAMPA.** Se han corregido las anomalías observadas y se ha validado el modelo operacional desarrollado en el proyecto SAMPA. Se ha revisado y mejorado la batimetría de los dominios de los modelos.
- **Modelo de alta resolución de la Bahía de Algeciras.** Una vez mejorado el modelo de SAMPA, se ha desarrollado un nuevo modelo de alta resolución anidado al anterior, denominado SAMPA 2, que es capaz de resolver las corrientes a muy alta resolución, en el interior de las dársenas portuarias. El modelo ha sido calibrado y validado con los datos de los ADCPs fondeados en la campaña de campo realizada entre Octubre de 2015 y Marzo de 2016.
- **Instalación y verificación SAMPA 2 con módulos medioambientales.** El modelo de alta resolución se ha instalado en Puertos del Estado y, junto con el modelo de SAMPA, proporciona la predicción de corrientes con una resolución de metros en las dársenas portuarias. Por otro lado, se han realizado fichas de calidad de aguas (tiempos de renovación de las dársenas portuarias a partir de simulaciones de distribución y evolución de partículas) en las Unidades de Gestión Acuático Portuarias (UGAP) de acuerdo con la ROM 5.1.

3. NECESIDADES CUBIERTAS E INNOVACIÓN

El proyecto ha permitido implantar un **modelo operacional de alta resolución** que resuelve las corrientes en la Bahía de Algeciras y las dársenas portuarias y, gracias a ello, evaluar la calidad de las aguas portuarias.

El modelo hidrodinámico de alta resolución es la base para el desarrollo de herramientas orientadas a la actividad portuaria basadas en los resultados del mismo, como la prevención, seguimiento y control de vertidos.

4. ENFOQUE METODOLÓGICO

Revisión y mejora del modelo hidrodinámico SAMPA

Se han revisado y subsanado errores en el anidamiento con el modelo MyOcean-IBI del modelo hidrodinámico desarrollado en el proyecto SAMPA.

La mejora de la batimetría del modelo SAMPA se ha realizado a partir de una amplia base de datos que incluye los mapas globales del Observatorio Marino Europeo (EMODnet), la batimetría de alta resolución del Estrecho de Gibraltar realizada por el Instituto Español de Oceanografía, y la eco-cartografía del Golfo de Cádiz, por el Ministerio de Agricultura. Ya de cara al modelo de alta resolución, a los datos ya mencionados se han añadido distintas fuente de datos batimétricos proporcionados por la APBA, con el fin de proporcionar el detalle suficiente para representar fehacientemente las estructuras portuarias.

Modelo de alta resolución en la Bahía de Algeciras

El nuevo modelo hidrodinámico desarrollado en el proyecto corre en tres dominios acoplados con mallados curvilíneos y resolución variable: el dominio de la escala regional, REG, que incluye el Golfo de Cádiz y el Mar de Alborán y presenta una resolución máxima en la zona del Estrecho de Gibraltar – Bahía de Algeciras de unos 600 metros, el dominio de media resolución, BAM, que incluye la Bahía de Algeciras y se extiende hasta la mitad del canal del Estrecho, con una resolución de unos 150 metros y ratio de *downscaling* de 1:4, y el dominio de alta resolución BAH, que incluye el área portuaria de la Bahía y presenta una resolución de unos 30 metros y un ratio de *downscaling* de 1:5.

Con el propósito de validar y calibrar correctamente el modelo en su fase final de desarrollo (Octubre 2015 y Marzo 2016) se desplegaron un total de 6 fondeos, cuatro profundos a unos 250 metros en los márgenes laterales del cañón de la Bahía, y dos someros en la zona portuaria. La comparación entre observaciones y datos simulados permitió verificar que el modelo reproduce correctamente la dinámica de grande y media escala (acorde con su predecesor SAMPA), pero mejora notablemente la dinámica de la escala portuaria.

Instalación y verificación SAMPA 2 con módulos medioambientales

Una vez finalizado el desarrollo del modelo hidrodinámico, validado a distintas escalas y con distintas fuentes de datos observacionales, la última fase ha sido **su integración en la cadena operacional en las instalaciones de Puertos del Estado**. Esta tarea se ha llevado a cabo a través de una estrecha colaboración e intenso intercambio de información y retroalimentación mutua entre las dos partes implicadas: Puertos del Estado y la Universidad de Málaga.

En particular, la adaptación de los algoritmos de pre-procesado (preparación de las condiciones iniciales y de contorno) al esquema operacional instaurado en Puertos del Estado, y el completo desarrollo de las rutinas de interpolación de los dominios originales del modelo a los productos publicados en la web de Puertos.

Por último, se ha desarrollado un módulo de calidad de aguas como herramienta de valor añadido del modelo. Para ello, se han definido un total de 8 UGAPs (Unidad de Gestión Acuática Portuaria) como zonas de especial interés para el estudio de la evolución del contaminante bajo diferentes forzamientos externos. Un total de 10 condiciones entre la fase y la intensidad de la marea y el viento han sido contempladas, y para cada UGAP, bajo cada una de las posibles combinaciones de forzamientos externos, se ha ejecutado un algoritmo de dispersión de partículas Lagrangianas.

5. PRODUCTOS DEL PROYECTO

Los productos resultantes del proyecto “Desarrollo de un Modelo Hidrodinámico de Alta Resolución en la Bahía de Algeciras” han sido:

- Sistema operacional de predicción de corrientes en las Áreas Operativas de Interés de la APBA.
- Fichas de calidad de aguas de las Unidades de Gestión Acuático Portuarias (UGAP).