

DOCUMENTO 2

PLIEGO SUBCONTRATACIÓN 1

NOWAVES 4.0

La temática del proyecto se centra en la validación en entorno real y puesta en el mercado de cajones de hormigón antirreflejantes para obras marítimas, constituidos por cámaras con circuitos disipativos de largo de recorrido, adecuados para la reducción de la agitación producida por el oleaje reflejado en dársenas portuarias, mejorando la efectividad de las estructuras tipo Jarlan (ARJ), al mejorar la capacidad para la absorción de energía en un amplio rango de frecuencias del oleaje, incluyendo la onda larga. Esto se puede conseguir a través de la adaptabilidad automática o programable de la geometría de las cámaras (circuitos que se extienden horizontalmente a largo de diferentes direcciones de varias unidades de celdas interconectadas sin variar la anchura de la zona antirreflejante) a distintas situaciones del oleaje incidente mediante dispositivos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

Para la consecución de los objetivos del proyecto se ha planteado un plan de trabajo que engloba las siguientes tareas:

1. ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA TECNOLOGÍA
2. ESTUDIO DE LA UBICACIÓN PARA LLEVAR A CABO EL PROTOTIPO
3. INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE ENTRANTE EN BOCANA, EN LA DÁRSENA DE LA QUE FORMARÁ PARTE EL PROTOTIPO, EN LAS INMEDIACIONES DEL PROTOTIPO Y EN EL PROPIO PROTOTIPO.
4. MODELO INTELIGENTE DE PREDICCIÓN, PARA MODELIZAR NUMÉRICAMENTE Y MEDIANTE PROCEDIMIENTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL UN SISTEMA DE PREDICCIÓN MIXTO DE AGITACIÓN-REFLEXIÓN
5. DISEÑO DE PROTOTIPO DE CAJÓN ANTIRREFLEJANTE
6. CONSTRUCCIÓN Y OPERATIVA DEL PROTOTIPO DE CAJÓN ANTIRREFLEJANTE
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

DETALLE DE TAREAS A REALIZAR POR LA ENTIDAD SUBCONTRATADA

La entidad ofertante deberá aportar experiencia y/o conocimiento en instrumentación y medición para la caracterización de la agitación de aguas en zonas portuarias así como en su modelización numérica y desarrollo de modelos de predicción principalmente.

A continuación se detalla la contribución esperada en cada una de las tareas del proyecto.

TAREA 1. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

- 1.1 Criterios y verificación de diseño
- 1.2 Modelos físicos y numéricos
- 1.4 Resultados

La entidad subcontratada en la *Tarea 1* colaborará en la definición de criterios necesarios para la implementación de la tecnología en un puerto real. En base a los criterios de diseño que se definan, se establecerán los correspondientes diseños compatibles, verificándose la idoneidad

de los mismos para la aplicación del diseño óptimo a las condiciones del proyecto de demostración.

La definición de los criterios de diseño se basará en la experiencia previa de la entidad subcontratada y del resto del equipo, fundamentada en los resultados de la experimentación física a escala previa y empleo de modelos numéricos. La tarea finalizará con la redacción de un informe técnico que comprenderá los resultados y conclusiones de la *Tarea 1* con la participación de la entidad subcontratada.

TAREA 2. ESTUDIO DE UBICACIÓN

2.1 Análisis de condicionantes

2.2 Modelo numérico

2.3 Resultados

La entidad subcontratada participará en la definición de los condicionantes particulares asociados a la propuesta de las ubicaciones idóneas en el puerto/dársena que se decida previamente para el desarrollo del proyecto de demostración. Su principal contribución tratará sobre las situaciones que puedan resultar condicionantes de la modelización numérica para la caracterización de la agitación en el interior del puerto/dársena donde vaya a tener lugar la implementación del proyecto de demostración.

La formulación de propuestas para la ubicación del elemento de demostración objeto de la propuesta se llevará a cabo mediante la modelización numérica del puerto/dársena que corresponda. El estudio que desarrollará la entidad subcontratada constará de:

- i. Extracción de datos de oleaje y viento del modelo SIMAR o ERA-5 en un punto de referencia cercano a la bocana del puerto
- ii. Calibración de los datos de oleaje y viento del modelo SIMAR o ERA-5 con los regímenes medios disponibles en una boya próxima.
- iii. Para la situación actual y alternativas consideradas (4 como máximo) objeto de estudio:
 - a. Definición de la batimetría objeto de estudio y coeficientes de reflexión por tramo.
 - b. Propagación del oleaje con modelo SWAN de TUDelft o SMC del IH-Cantabria.
 - c. Tomando un espectro direccional de oleaje estándar, se propagarán una batería de oleajes monocromáticos mediante software de agitación desde la bocana hasta el interior del puerto. Se tomarán un mínimo de $N_r=500$ oleajes monocromáticos considerando los valores máximos asociados a los extremos y valores regulares intermedios para una óptima interpolación posterior. En el hipercubo se considerarán las variables periodo, dirección y nivel medio de mar (se podrán adoptar los efectos del cambio climático).
 - d. Modelo de interpolación mediante redes neuronales basado en los N_r oleajes monocromáticos en la bocana y las áreas de interés dentro del puerto (discretizado en tramos homogéneos) con el objetivo de estimar la amplitud y dirección del oleaje regular dentro de la dársena en relación con el oleaje regular en el punto de referencia exterior.
 - e. Se tomarán un mínimo de $N_i=100.000$ oleajes espectrales direccionales del punto de referencia, con los valores extremos (T_p , Dirección y nivel del mar) y se descompondrán en oleajes monocromáticos para (con la red neuronal del paso anterior) determinar la agitación de cada muelle.

- f. Interpolación mediante redes neuronales entre los Ni estados de mar en el punto de referencia exterior para estimar Hs, Tp y dirección dentro de la dársena.
- g. Reconstrucción de la serie temporal del punto de referencia exterior en las distintas zonas del puerto (muelles).
- h. Cálculo de horas de excedencia de los umbrales de oleaje y viento establecidos en la ROM 3.1-99 para los tramos de estudio, incluyendo las operatividades mensuales de los muelles de cruceros y otros muelles que se consideren de interés por su estacionalidad de uso.

La entidad subcontratada realizará un análisis de sensibilidad estudiando la afección de diferentes dispersiones direccionales en la agitación portuaria suponiendo la forma del espectro escalar definido por la ROM 0.3-91 (JONSWAP con $\gamma=3.0$). La reconstrucción del espectro de oleaje dentro del puerto empleando propagaciones monocromáticas permite considerar las variaciones del coeficiente de reflexión en los contornos para diferentes periodos. De este modo, los espectros reconstruidos en el interior del puerto están considerando los coeficientes de reflexión asociados a cada estructura, periodo y dirección. Se estudiará la alternativa de control actual y hasta un máximo de 4 alternativas de diseño diferentes. uno de los resultados finales de las propagaciones es la serie completa horaria de oleaje espectral por direcciones principales de 40 años (base de datos ERA-5) o de 60 años (base de datos SIMAR) en las zonas de interés dentro del puerto.

La tarea finalizará con la redacción de un informe técnico que comprenderá los resultados y conclusiones de la *Tarea 2* con la participación de la entidad subcontratada.

TAREA 3. INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES DE PROTOTIPO

- 3.1 Definición de la tipología y ubicación de la instrumentación
- 3.2 Adquisición, instalación y mantenimiento de los equipos
- 3.3 Puesta en marcha operativa y proceso de datos
- 3.4 Resultados

La entidad subcontratada analizará las particularidades del emplazamiento seleccionado y consecuentemente propondrá los criterios para definir la tipología, características y número de elementos, así como el esquema de la disposición de los elementos de medición y registro con que se propone verificar la efectividad de la tecnología a implementar en el proyecto de demostración.

Asimismo, la entidad subcontratada propondrá la adquisición de la instrumentación. También participará en la supervisión de la puesta en marcha inicial y en la definición de criterios en el procesado de datos previo al análisis que optimice la calidad y fiabilidad de los datos.

Para un correcto seguimiento del conjunto de actuaciones que se llevarán a cabo en el proyecto de demostración, la entidad subcontratada participando en la redacción de informes periódicos de resultados parciales (anual el primer año y semestrales los siguientes hasta la finalización del proyecto).

TAREA 4. MODELO INTELIGENTE DE PREDICCIÓN. GEMELO DIGITAL

- 4.1. Desarrollo del modelo de cálculo de agitación en tiempo real
- 4.2. Modelo hidrodinámico de estimación del coeficiente de reflexión en función de la geometría de las cámaras
- 4.3. Calibración del sistema de predicción integrado agitación-reflexión

4.4. Diseño interface entre sistema de predicción inteligente y modificación de cámaras antirreflejantes

A partir de la combinación de los resultados de los modelos numéricos de agitación para la ubicación seleccionada se podrán componer cualquier caso que se corresponda con la medición en tiempo real del clima marítimo existente. El diseño de los casos patrón y del mecanismo de combinación y ensamblaje se calibrará para cada predicción, en un proceso de autoaprendizaje que permita la mejora progresiva de las predicciones del modelo.

A partir de los resultados del modelo de agitación en tiempo real se alimentará un modelo hidrodinámico basado en técnicas de IA, para la estimación del coeficiente de reflexión y la determinación de la configuración óptima de las cámaras que proporcione el menor coeficiente de reflexión.

El diseño de interfaz se basará en las variables predictivas y se seleccionarán los parámetros que mejor representen la operatividad en la zona de estudio.

TAREA 5. DISEÑO DE PROTOTIPO

5.1. Recopilación de estudios y documentación de proyectos previos y establecimiento de bases de diseño y requerimientos

5.2. Estudio de alternativas al diseño de compuertas integrables en el cajón

5.4. Redacción de Proyecto Constructivo, que incluirá la modificación estructuras de cajones, la implementación de sistemas de apertura/cierre de compuertas y la instrumentación del prototipo

La definición de los criterios de diseño efectuada en la *Tarea 1* y las particularidades del puerto/dársena y la ubicación concreta que se derive del estudio de la *Tarea 3* permitirá junto con la experiencia previa de la entidad subcontratada que se aplicará, la definición del diseño geométrico en la *Tarea 5* de forma que se garantice el correcto funcionamiento de los mecanismos disipadores de energía del oleaje así como la adecuación del diseño a la instrumentación necesaria para la verificación de la efectividad de la tecnología.

Por otra parte, la entidad subcontratada revisará los resultados del proyecto constructivo que puedan condicionar tanto la adaptabilidad del elemento antirreflejante a las condiciones cambiantes de la agitación en la dársena como a las posibilidades de modificación de los esquemas de instrumentación propuestos en la estructura.

La entidad subcontratada revisará el diseño final inicial y en función de los informes de resultados de instrumentación periódicos se calibrará el modelo numérico de agitación, verificándose su fiabilidad y proponiéndose nuevos diseños geométricos para los circuitos en las cámaras disipativas y nuevos esquemas de ubicación de la instrumentación acordes a dichos cambios.

TAREA 6. CONSTRUCCIÓN Y OPERATIVA DEL PROTOTIPO

6.3. Asistencia técnica a la obra

6.4. Operativa en prototipo: Adaptabilidad de cámaras

6.5. Resultados

La entidad subcontratada supervisará las actividades asociadas a las *Subtarea 6.3* de forma que la ejecución del procedimiento constructivo que se adopte garantice el correcto funcionamiento de los mecanismos disipadores de energía del oleaje así como la adecuación de la estructura

final para la correcta instalación y funcionamiento de la instrumentación necesaria para la verificación de la efectividad de la tecnología.

La operativa en prototipo contemplará la definición de los protocolos de verificación del funcionamiento de la tecnología implementada y el de adaptabilidad de los diseños de cámaras que se propongan en la *Subtarea 5.3*.

La entidad subcontratada propondrá el protocolo de medición a efectuar en la operativa, efectuando el control de los resultados de medición para detectar los umbrales de cambio en la geometría de las cámaras disipativas con la que se obtenga la mayor eficiencia frente a la agitación existente/prevista.

La comprobación de la eficiencia disipativa se verificará con las mediciones que se realicen, por lo que el proceso de adaptabilidad tendrá una componente iterativa. La entidad subcontratada efectuará, consecuentemente, las propuestas de situaciones de adaptabilidad que optimicen tanto la eficiencia de la tecnología como las actuaciones requeridas para la modificación/adaptabilidad de la geometría de los circuitos disipativos en las cámaras.

Los informes técnicos parciales de la Tarea 6, incorporarán los resultados parciales destacando la participación de la entidad subcontratada en la descripción de los esquemas de medición y verificación, así como los casos de adaptabilidad de circuitos que se adoptarán para cada situación medida o prevista. El informe final contará con el protocolo de actuación en cada estado de mar existente o previsto en función de la experiencia obtenida en la operativa durante el proyecto de demostración.

TAREA 7. RESULTADOS DEL PROYECTO

7.1 Gestión de la información de los resultados en la APV

7.2 Resultados: Guía de uso y mantenimiento y futuras líneas de desarrollo

La demostración de la tecnología en la APV conllevará implícitamente la posibilidad de implantación de la tecnología a la mejora de las condiciones de servicio de dársenas portuarias que redunden en resultados de explotación para la APV o sus concesionarios (aunque el proyecto de demostración propuesto verificará y validará la tecnología en un emplazamiento portuario, para obtener resultados de explotación en una dársena o terminal portuaria sería necesaria la instalación de un mayor número de elementos antirreflejantes de los que se consideran necesarios en esta propuesta de demostración). La entidad subcontratada analizará las posibilidades de mejora de operatividad que la APV proponga y en base a los resultados estudiará las posibilidades de implantación de la tecnología demostrada y los beneficios en tiempos de operación que se derivarían de dicha implantación.

El informe final de resultados contará con una *Guía de uso y mantenimiento* de la estructura antirreflejante final. La entidad subcontratada participará en la redacción de dicha *Guía* que se derivará del protocolo de actuación en cada estado de mar existente o previsto en función de la experiencia obtenida en la operativa durante el proyecto de demostración.

Además, se incluirán en el informe final de resultados, las futuras líneas de desarrollo o implementación con fines de aprovechamiento comercial de la tecnología implementada en el presente proyecto de demostración. La entidad subcontratada participará en la redacción de las futuras líneas de desarrollo que puedan ser llevadas a cabo en futuras ediciones de esta convocatoria u otras que sean de aplicación. Asimismo, participará en la redacción de las conclusiones de la *Subtarea 6.1* en relación a la posibilidad de instalación en la ubicación

adecuada de elementos antirreflejantes como el demostrado, en el número suficiente para la mejora de la operativa en una dársena o línea de atraque determinada.