

MATHEO

**Matemáticas para
Eólica Offshore**

Asamblea general de REOLTEC

22 junio 2021

Descripción del proyecto MATHEO

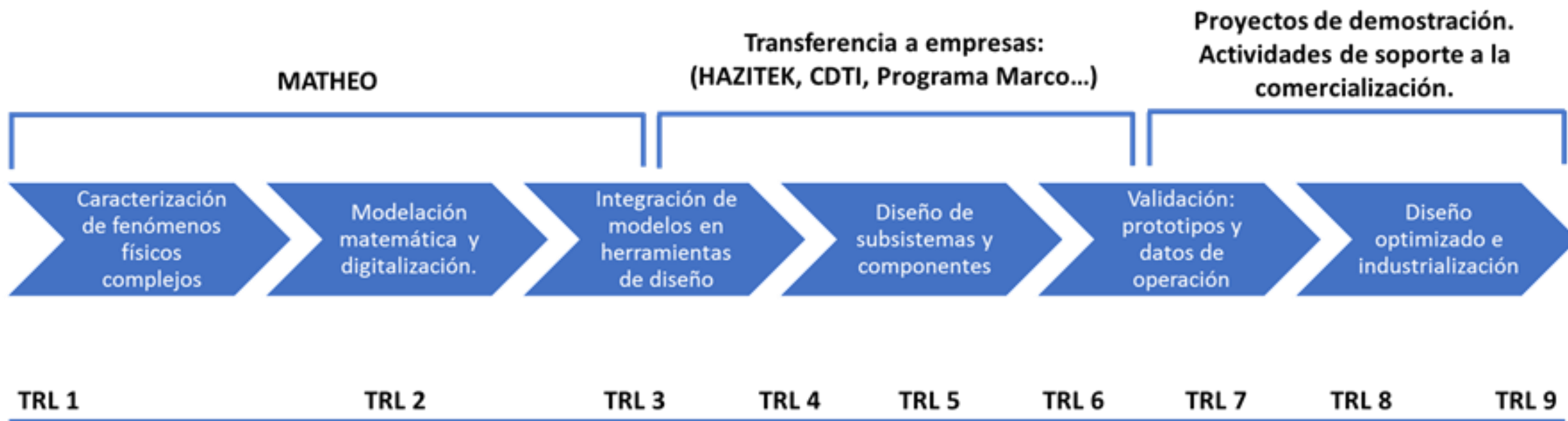
- Programa ELKARTEK 2019 Tipo 1: Proyectos de Investigación Fundamental Colaborativa
- Título: Matemáticas Inteligentes para Eólica Offshore – MATHEO
- Socios:
 - FUNDACION TECNALIA RESEARCH & INNOVATION
 - Área de Energías Renovables Offshore – División de Energía y Medio Ambiente
 - Área de Infraestructuras – División Building Technologies
 - ASOC BCAM-BASQUE CENTER FOR APPLIED MATHEMATICS
 - UPV/EHU
 - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA
 - DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA
 - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
- Duración: marzo 2019 – diciembre 2020
- Presupuesto: presentado 1,2M€, aprobado 700k€

Objetivos

- Desarrollar **modelos matemáticos** en la frontera del conocimiento que faciliten la **caracterización de la interacción de grandes estructuras con el medio**.
- **Nuevos enfoques para resolver problemas multi-físicos complejos** que aparecen por el aumento de tamaño tanto de los aerogeneradores como de las estructuras soporte en eólica offshore fija y flotante.
- Estos modelos incorporarán **técnicas de “deep learning”** desde etapas tempranas de diseño con el fin de dotarlos de capacidades de recogida de información operacional y autodiagnóstico.
- Los modelos matemáticos se desarrollarán de manera que puedan ser **integrables a futuro en herramientas de diseño** de diferentes estructuras y componentes de eólica offshore.

El **objetivo final** es que las **empresas vascas** se puedan **beneficiar de los modelos desarrollados incorporándolos en sus herramientas y procedimientos de diseño**, pudiendo abordar diseños más competitivos y optimizados.

Alcance del proyecto



Resultados

15 entregables, 9 publicaciones

Modelos matemáticos avanzados implementados en **lenguajes de programación** que se puedan **integrar con herramientas estándar** utilizadas en el **diseño de eólica offshore** (FAST, AQWA, WAMIT, ORCAFlex)

- Caracterización geomecánica de los tipos de fondos marinos y modelo de la dinámica, transporte y deposición de sedimentos.
- Modelo acoplado de la interacción liquido/estructura/fondo aplicado a un sistema de anclaje de arrastre.
- Caracterización de los efectos de rebosamiento y crecimiento marino.
- Modelo de elementos finitos para el diseño de estructuras offshore utilizando materiales no convencionales.
- Algoritmo Deep Learning para mantenimiento de eólica offshore.

MATHEO Project webinars

1. Computational and experimental analysis of the overtopping on structures for offshore renewables.

The overtopping effect on offshore structures will be described, followed by an explanation of numerical modelling. The team will provide details about the analytical and experimental validation of the models

Lecturers: *TECNALIA, Department of Nuclear Engineering and Fluid Mechanics of the UPV/EHU*

Date: **October 2nd, 11am to 12pm**

2. Modelling and simulation of sediment material for offshore wind energy applications.

Description of the seabed complexity in terms of sediment types and SPH modelling; application of the numerical models to the interaction of drag embedded anchors with the seabed for floating wind.

Lecturers: *TECNALIA, Department of Geodynamics of the UPV/EHU, BCAM, Department of Nuclear Engineering and Fluid Mechanics of the UPV/EHU*

Date: **October 16th, 11am to 12pm**

3. Challenges of applying deep neural networks to the offshore wind energy sector.

Description of the fundamentals of neural networks and application of deep learning techniques to the structural health monitoring -SHM- for the O&M cost reduction in offshore wind.

Lecturers: *TECNALIA, Department of Applied Mathematics, Statistics and Operations Research of the UPV/EHU, BCAM*

Date: **October 30th, 11am to 12pm**

Enlace: <https://jrl-ore.com/matheo-webinars/>



Supported by



JRL-ORE



The **Joint Research Laboratory on Offshore Renewable Energy** is a scientific community composed of researchers from:



with the support of:



is part of:



<http://jrl-ore.com/>

Resultados del proyecto

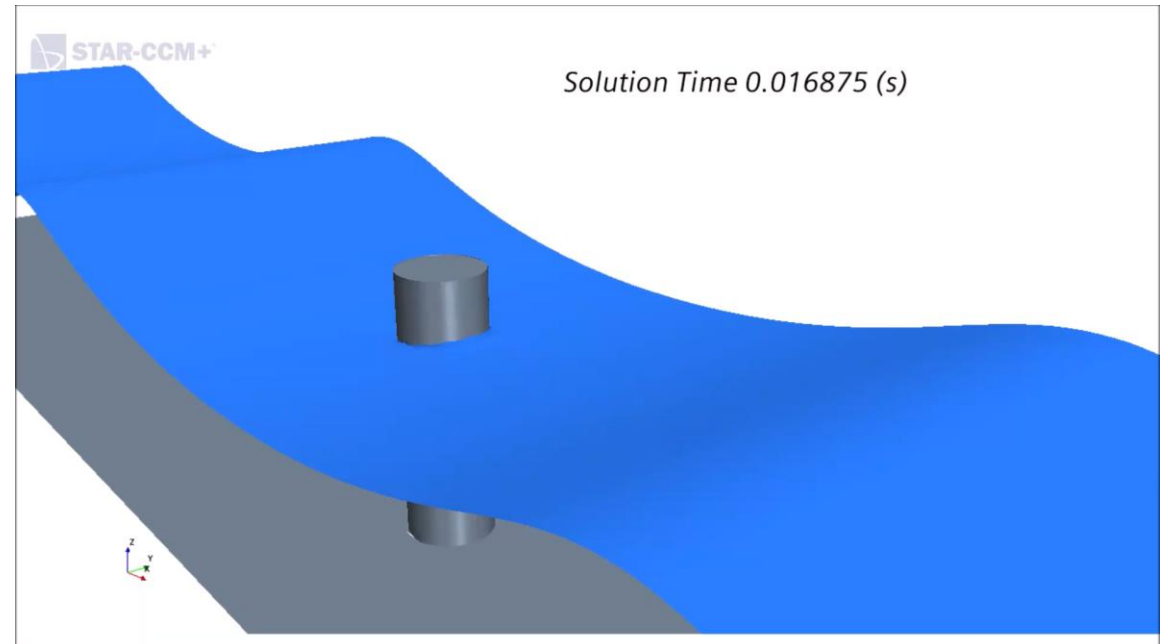
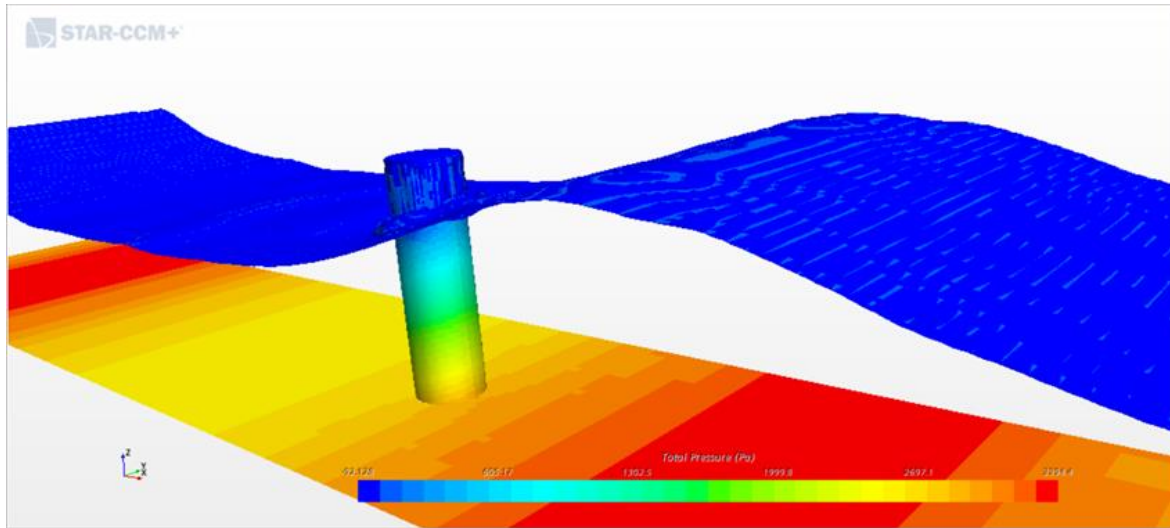
Análisis computacional y experimental del rebosamiento –overtopping- de estructuras para renovables offshore

- Definición del problema y enfoque de la solución
- Análisis computacional mediante CFD, STAR CCM+
 - Modelización del wave flume
 - Selección de un caso de estudio (cilindro) y mallado
- Análisis experimental en el wave flume
 - Construcción del modelo
 - Definición de la matriz de ensayos
 - Ejecución de los ensayos
- Comparativa modelo numérico - experimentos



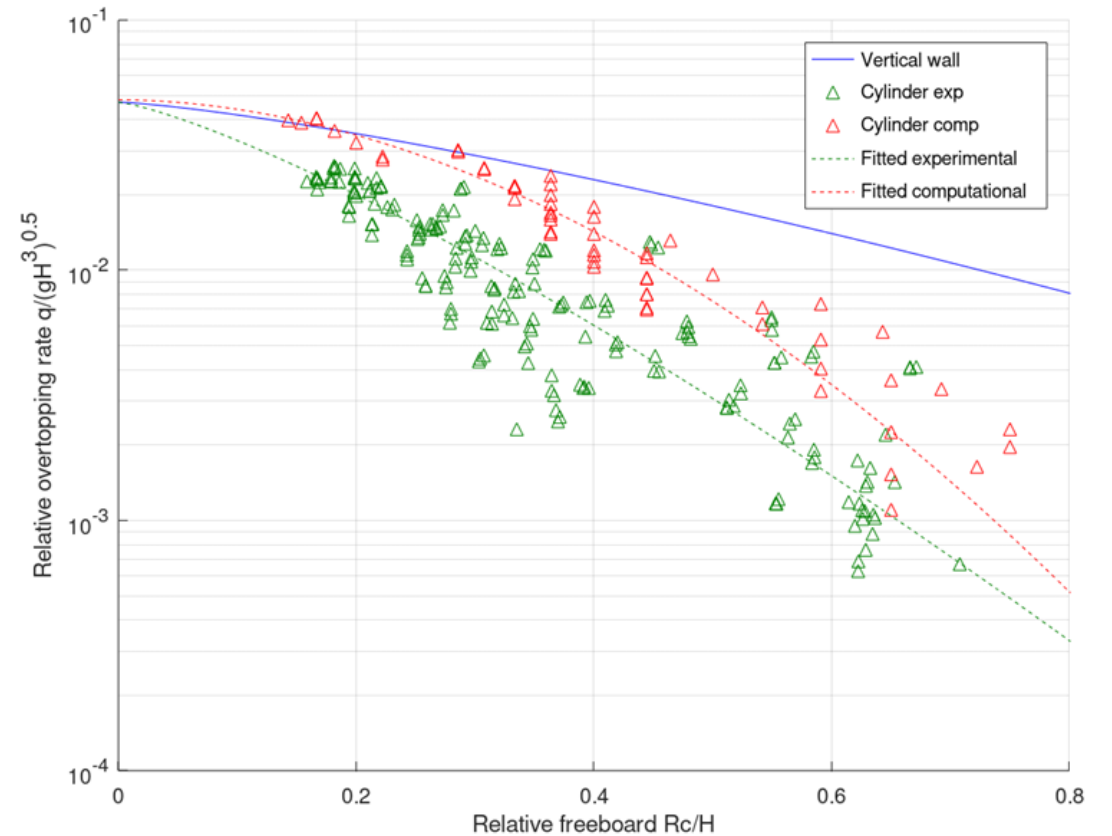
Resultados del proyecto

Análisis computacional y experimental del rebosamiento –overtopping– de estructuras para renovables offshore



Resultados del proyecto

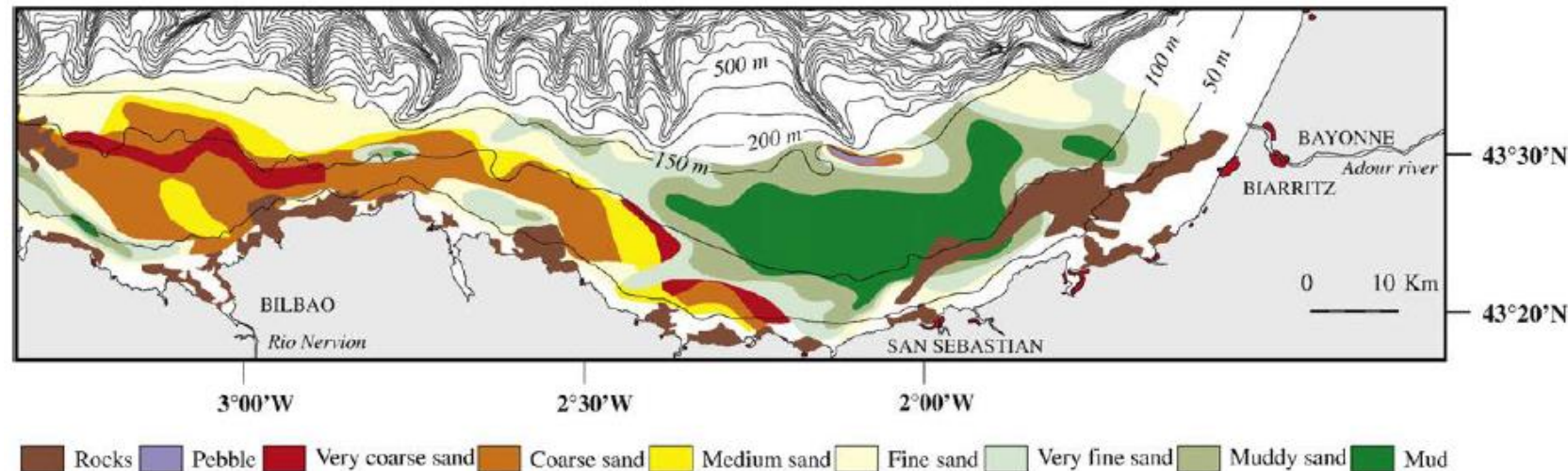
Análisis computacional y experimental del rebosamiento –overtopping– de estructuras para renovables offshore



Resultados del proyecto

Modelado y simulación de material sedimentario para aplicaciones de energía eólica marina

- Caracterización geológica y reológica como base para la definición del modelo:
 - Tipos de fondo
 - Tipos de sedimento
 - Variabilidad del sedimento
- Definición de un modelo CFD (SPH) para la caracterización de la dinámica sedimentaria y su interacción con anclas de arrastre
- Análisis de las posibilidades de validación experimental del modelo

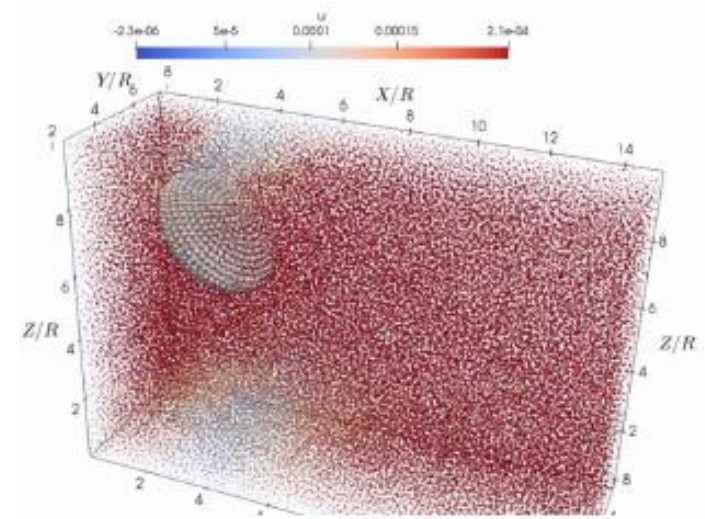
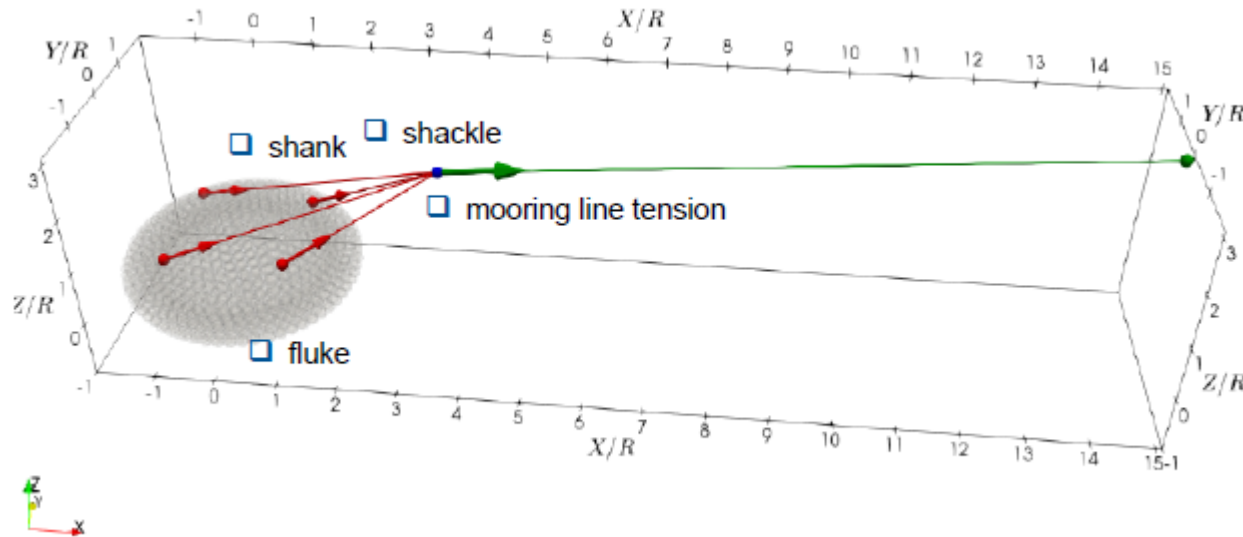


Sedimentological map of the continental shelf of the Bay of Biscay (Jouanneau et al., 2008)

Resultados del proyecto

Modelado y simulación de material sedimentario para aplicaciones de energía eólica marina

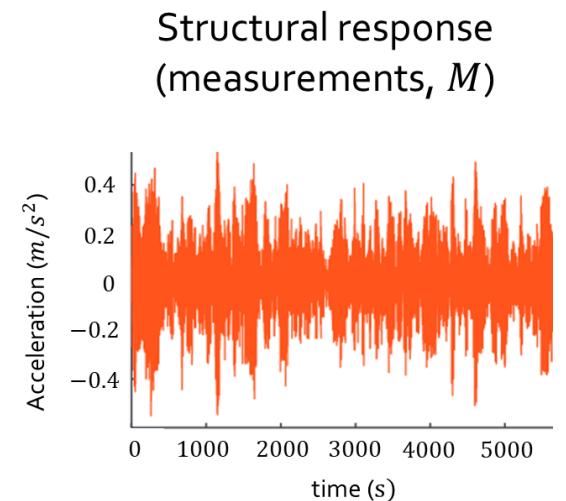
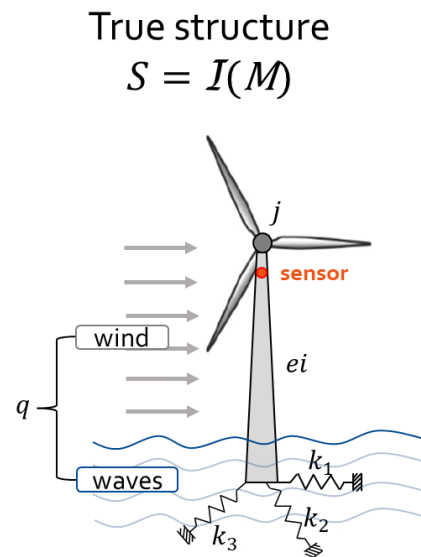
- Modelo viscoplástico SPH validado bajo flujo complejo.
- Se está trabajando en el estudio del efecto de la viscoplasticidad del sedimento en la trayectoria de anclas de arrastre.
- Análisis de posibilidades para la validación experimental ¿Wave flume de la UPV/EHU?



Resultados del proyecto

Redes neuronales y algoritmos deep learning para su aplicación a eólica offshore

- Modelos matemáticos que se entrenan con datos experimentales y generan diagnósticos de salud estructural precisos.
- Resolución del problema inverso: obtener el estado real de una estructura de entre todos los estados posibles mediante el análisis de datos de operación.
- Para la resolución del problema inverso se han desarrollado algoritmos deep learning, que reducen las necesidades de computación.

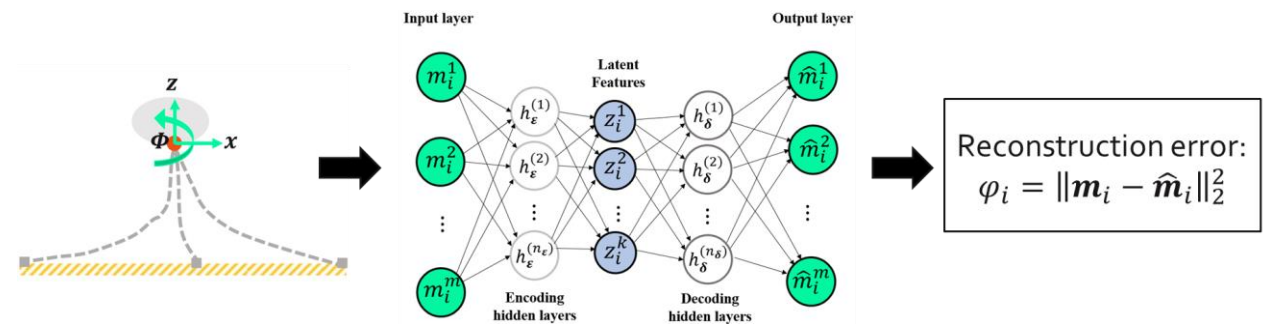
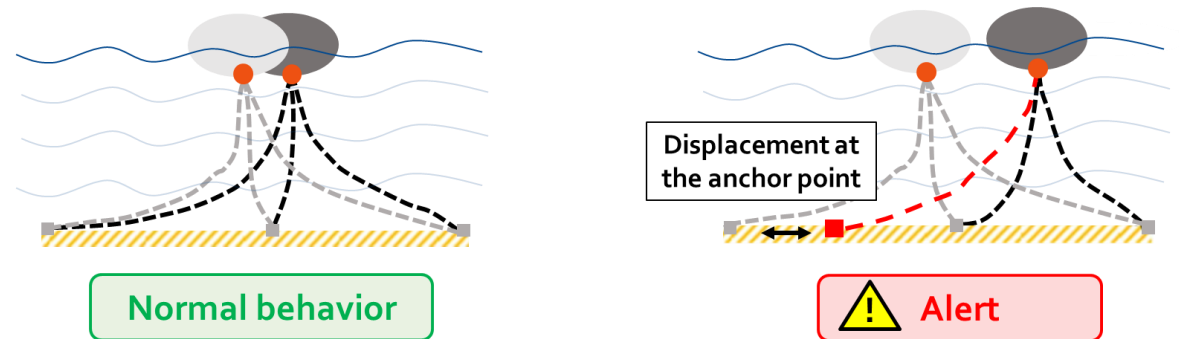


Damage detection is an inverse problem

Resultados del proyecto

Redes neuronales y algoritmos deep learning para su aplicación a eólica offshore

- Aplicación a un caso de estudio: detección de desplazamientos en una boya con tres líneas de fondeo
- Uso de técnicas DL para construir un indicador de daño cuando se detecta un comportamiento anormal a partir de medidas:
 - Operación
 - Experimentación a escala
 - Modelo numérico
- Entrenamiento del modelo con datos del estado 'no dañado'
- Una vez entrenado, el modelo se puede utilizar como un sistema de alerta de sistema dañado



Resultados del proyecto

Redes neuronales y algoritmos deep learning para su aplicación a eólica offshore

Conclusiones sobre el trabajo en algoritmos deep learning:

- Se pueden implementar fácilmente en diferentes aplicaciones
- Permiten encontrar patrones y simplificar datos
- Son rápidos de evaluar y no requieren de una gran carga computacional: se pueden utilizar para aplicaciones en tiempo real
- Son dependientes de la disponibilidad de datos, sobre todo de datos de fallo
- La sensorización, directa o indirecta, es un aspecto muy importante para su aplicación a O&M

Resultados del proyecto

Otras actividades: caracterización del crecimiento marino

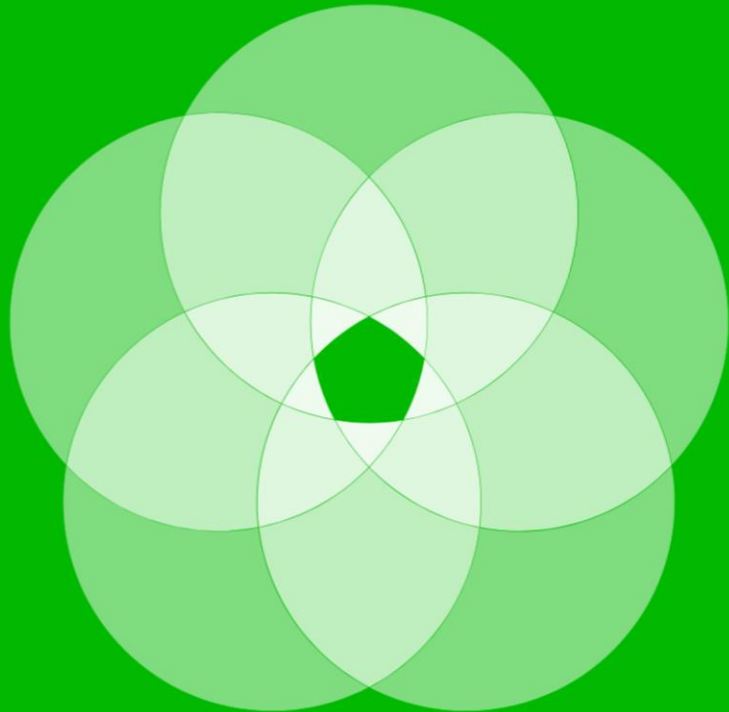
- Caracterización de los efectos del crecimiento marino sobre la hidrodinámica de una estructura, en base a simulaciones numéricas con ANSYS AQWA.
- Estructura cilíndrica, considerando diferentes condiciones (dos latitudes diferentes) y dos condiciones de funcionamiento (casos de carga): normal y extremal.
- Análisis de variabilidad en:
 - Masa y propiedades geométricas: calado, centro de gravedad y radios de giro en x, y, z.
 - Rigidez en los tres grados de libertad y variación de la masa añadida en surge y pitch.
 - RAOs (Response Amplitude Operator) en los tres grados de libertad (surge, heave y pitch), que representan el desplazamiento de la estructura para cada caso de carga.
 - Cambio en la frecuencia natural
- Look-up tables que permitirán integrar estos efectos en herramientas de diseño (FAST, OrcaFlex)

Resultados del proyecto

Otras actividades: estudio de materiales no convencionales

- Poco uso de hormigón en estructuras flotantes: mayor tamaño y peso de las estructuras.
- Análisis de hormigones reforzados con fibras: mejor comportamiento estructural con menor peso y volumen de material.
- Comparativa con hormigones convencionales atendiendo a dos aspectos:
 - Tensiones en el material
 - Efecto de las fracturas
- Modelo de elementos finitos de una estructura cilíndrica de hormigón reforzado con fibras.
- Técnicas especiales de mallado y modelo de daño por tensión para caracterizar el deterioro del hormigón debido a la propagación de grietas

Gracias por su atención



MATHEO

**Matemáticas para
Eólica Offshore**

Contacto: Germán Pérez Morán
german.perez@tecnalia.com