



POLITÉCNICA
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

Máster propio Energías Renovables y Medio Ambiente

Universidad Politécnica de Madrid

XVII Edición 2022-23

Conferencias

**X1Wind X30. Proyecto Pivot
Buoy**

Ponente: Adrián Oliva

1. Introducción
2. Eólica Marina Flotante
3. Tecnología X1Wind
4. X1Wind X30. Proyecto PivotBuoy
5. X1Wind. Próximos pasos
6. P&R

1. Introducción

Sobre mi



Adrian Oliva Murillo
X1Wind Electrical Engineering Manager

Tafalla (Navarra)
+34 650785781
Adrian.oliva@x1wind.com

Formación

FP I: Equipos e Instalaciones Electrotécnicas
2008 – 2010 CIP Politécnico Tafalla

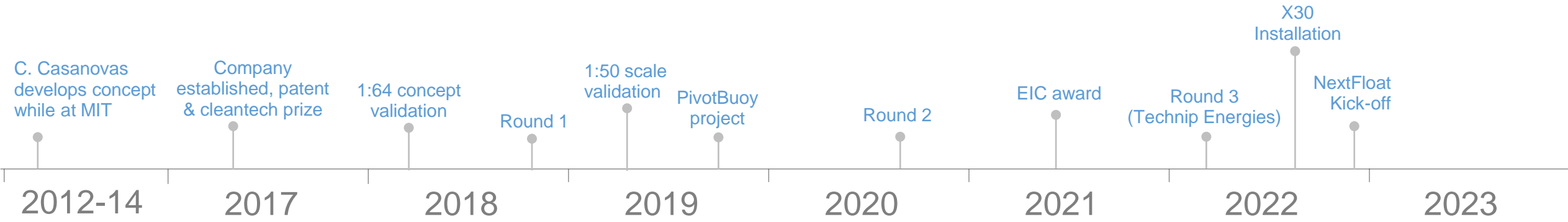
FP II: Equipos e Instalaciones Electrotécnicas
2010 – 2012 CIP Politécnico Tafalla

Grado en Ingeniería Eléctrica
2012 – 2016 UPM Universidad Politécnica de Madrid

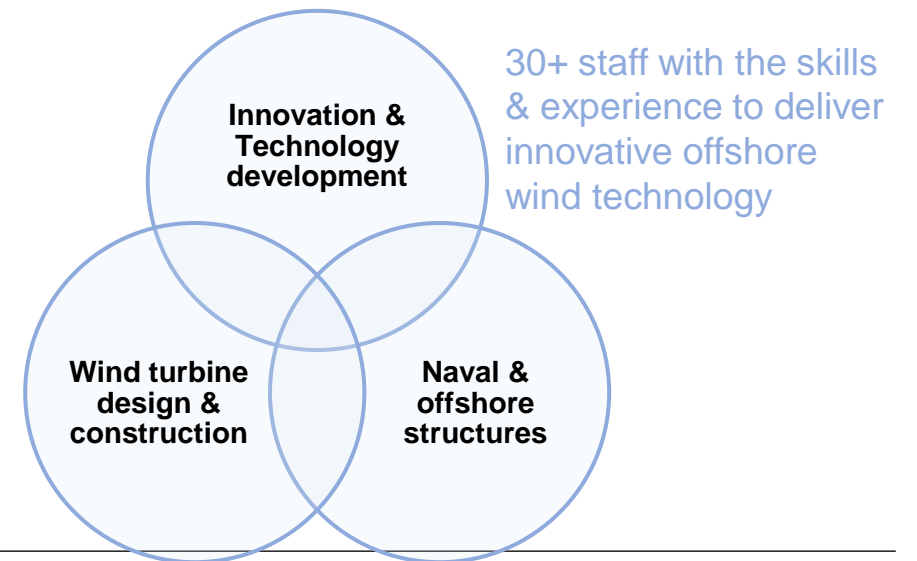
Experiencia



About X1 Wind



Our team's core competence

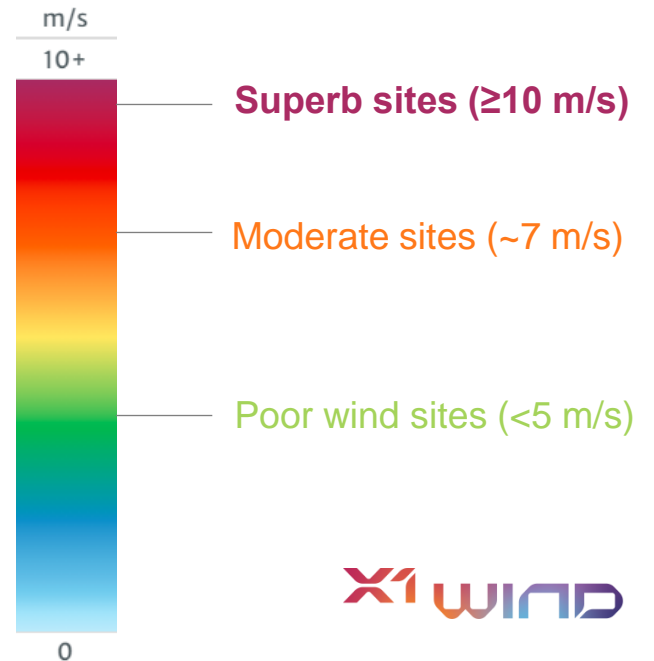
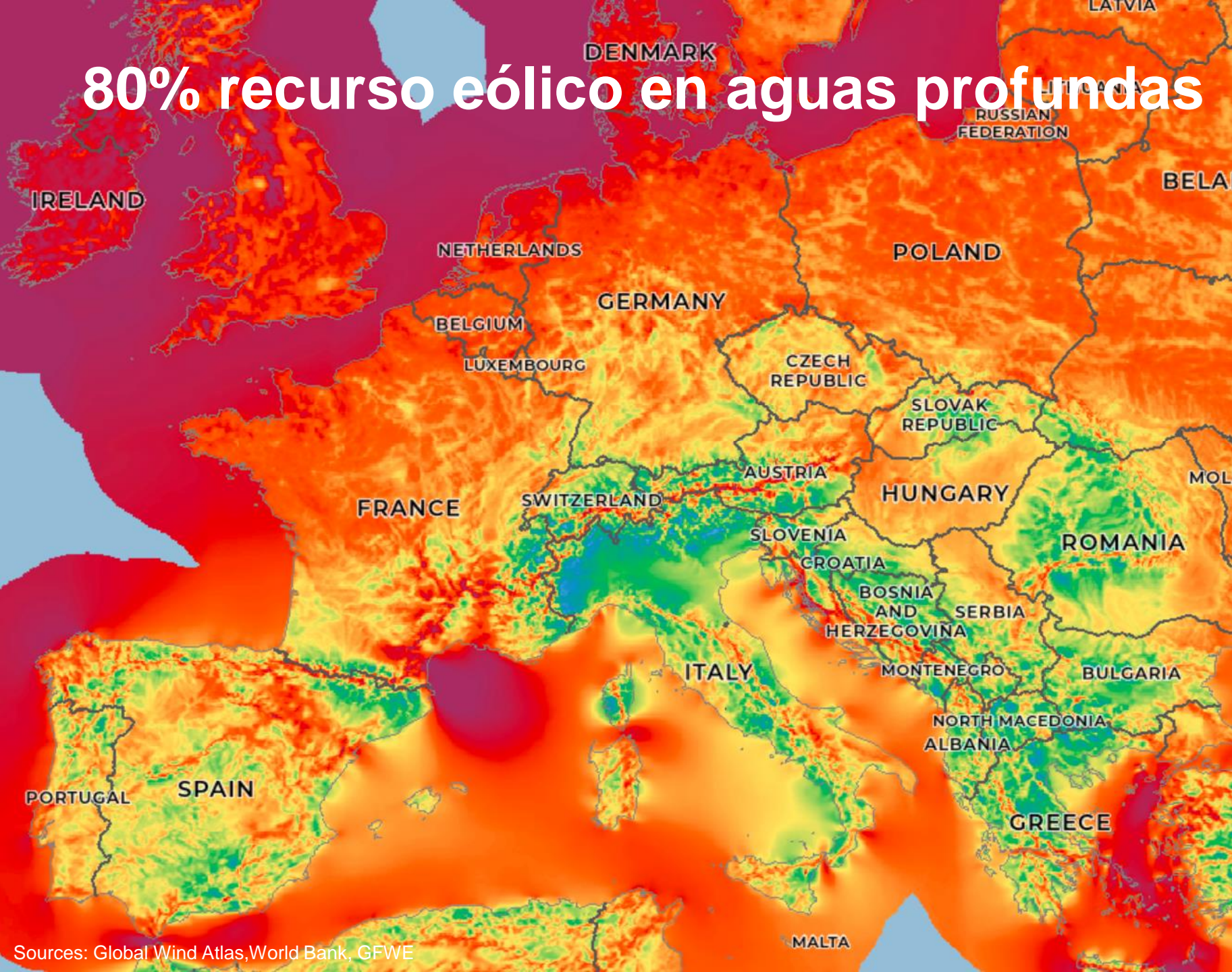


2. Eólica Marina Flotante

80% recurso eólico en aguas profundas

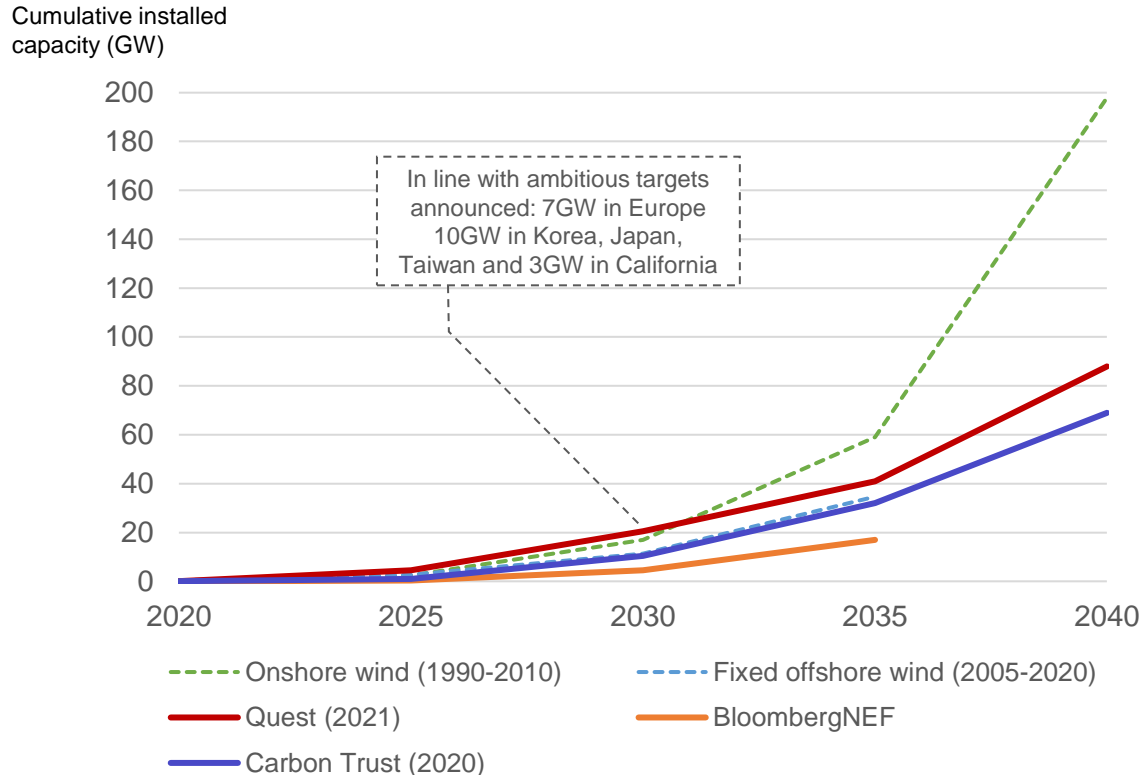
¿Por qué aguas profundas?

- 80% recursos >60m profundidad
- Mas horas producción(>50%)
- Menos turbulencia viento
- Área más grande disponible
- Menos conflicto de uso
- Menos impacto visual
- Mayor escalabilidad



¿Cómo de rápido crecerá el mercado?

Previsiones de 70-90GW en 2040;



Objetivos ambiciosos anunciados recientemente por los gobiernos de todo el mundo

- Los objetivos recientes anunciados en **Europa, Asia y EE. UU.** elevan la capacidad flotante esperada a más de **20 GW para 2030**
- 7GW anunciado como objetivo en Europa
 - 10GW en South Korea, Japan, Taiwan
 - 3GW en California (y 6-11GW en todo usa para 2035)
- La tecnología tiene el potencial de compensar hasta **700 millones de toneladas por año** para 2040 (basado en 200 GW instalados)¹
- Esto requeriría un gasto de **capital estimado de 20 a 80 mil millones de euros hasta 2030**; el segmento de mercado de subestructuras y amarres representa alrededor del 35% (7-28 mil millones de euros)
- Después de 2040, el mercado seguirá creciendo exponencialmente

El desafío es hacer que la energía eólica flotante sea rentable

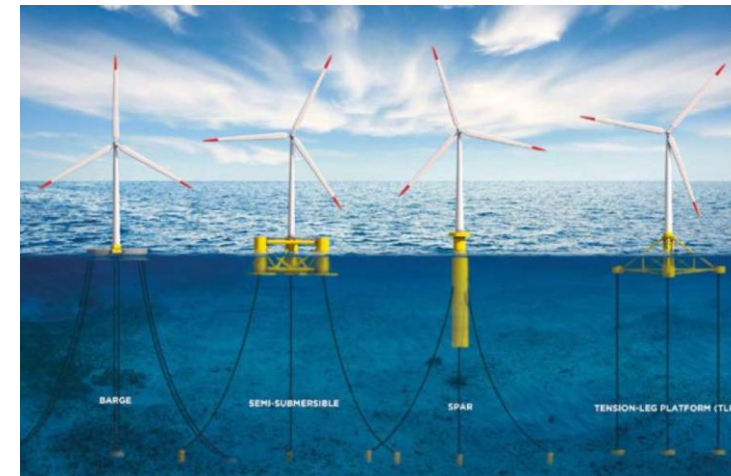
Fixed Offshore Wind

- La energía eólica marina fija se limita a **profundidades de agua de 30 a 50 m** y >80 % del recurso se encuentra en aguas profundas
- Requiere **grandes buques de carga pesada** para el montaje en alta mar
- A pesar de ello, las ofertas en las últimas licitaciones offshore fijas en Europa han mostrado una drástica caída de los precios por debajo de los 50€/MWh, haciendo la eólica fija competitiva.



Floating Offshore Wind

- La primera generación de plataformas utiliza **diseños tradicionales de petróleo y gas**.
- “Spar” and “semi-sub” tecnologías “probadas” con éxito, pero requieren mucho acero para contrarrestar las cargas de las olas y el viento
- Las plataformas (TLP) reducen el peso, pero su instalación es **muy compleja** (el sistema no es estable hasta que se amarra).
- Desafío para escalar estas soluciones a turbinas >10MW debido al **aumento de los momentos de flexión** en la base de la torre



Tipos

Barge: BW Ideol



Spar: HyWind



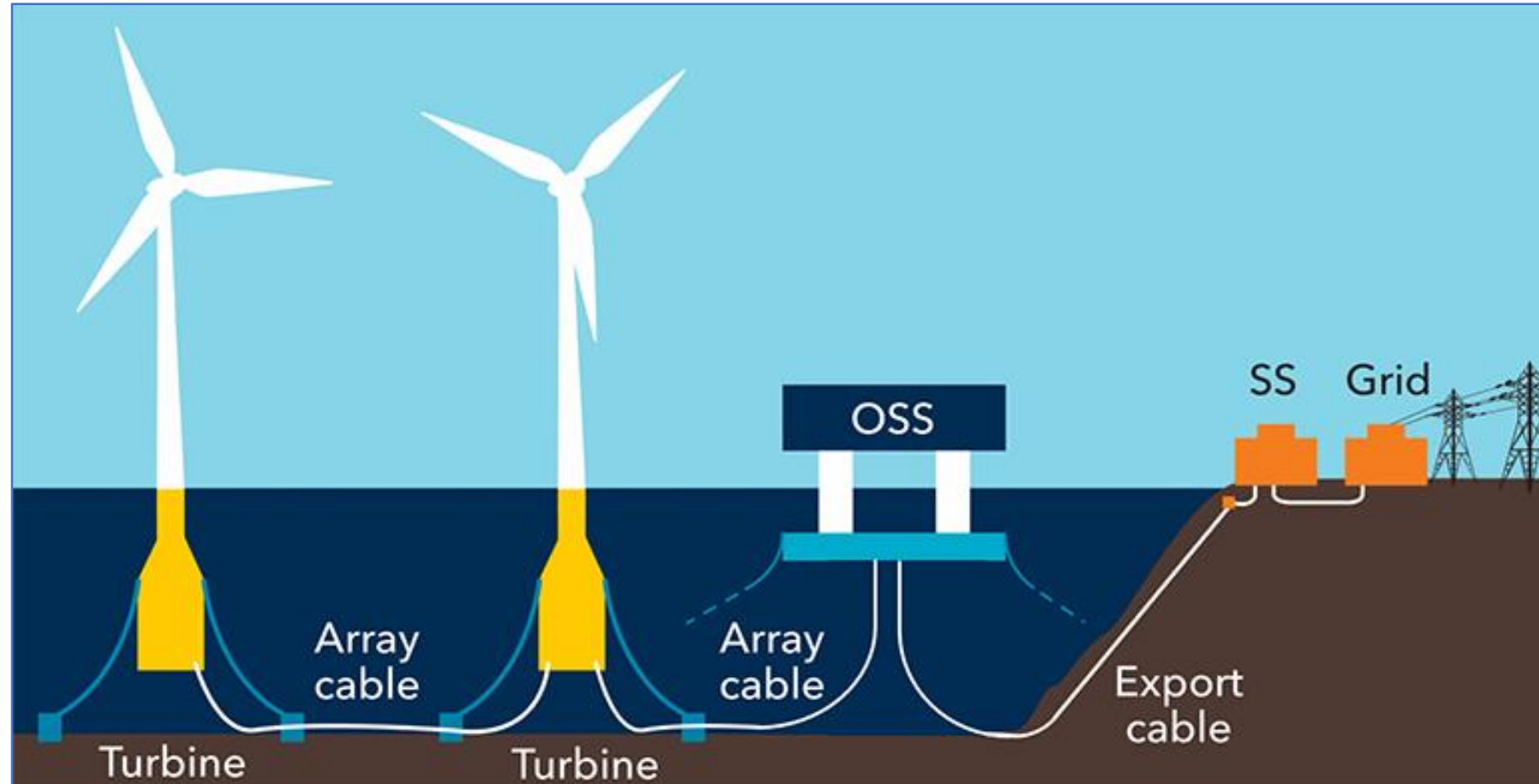
SemiSub: Windfloat



TLP: SBM Offshore

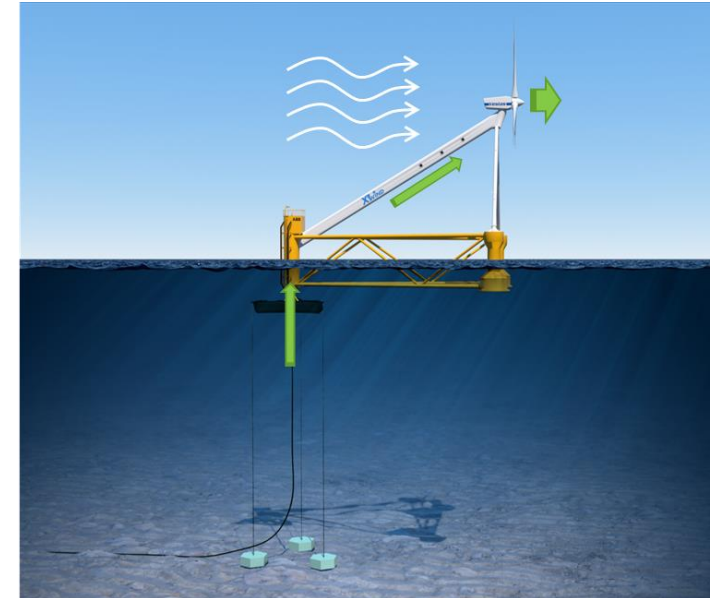


Configuración básica típica de parque eólico flotante



3. Tecnología X1 Wind.

Nuestra solución: Una plataforma “weathervaning”



Diseño más ligero

Menores momentos de flexión, se requiere menos acero



Fácil de instalar

Montaje completo en Puerto, instalado con embarcaciones locales



Confiable

Uso de sistemas pasivos, configuración “downwind”



Huella más baja

Área pequeña en comparación con los sistemas de catenaria



Escalable

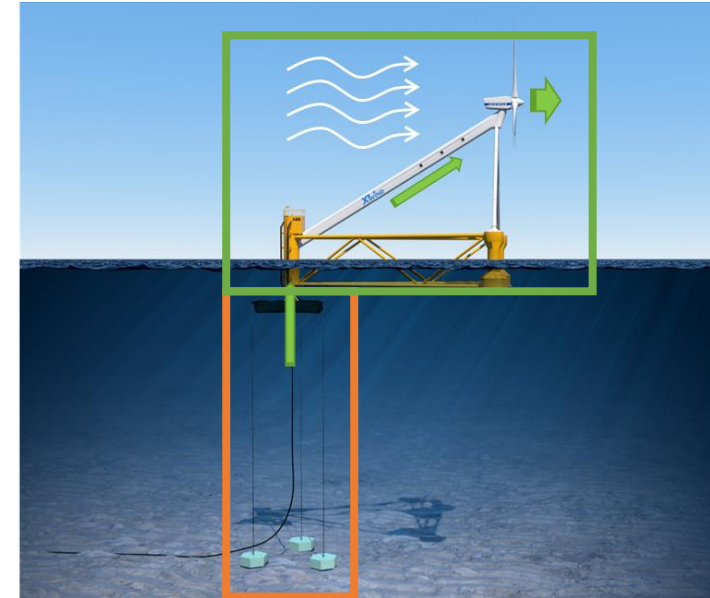
Turbinas más grandes (15MW+) y aguas más profundas (500m+)



Diseño patentado

Patente concedida, PivotBuoy® registrado

Nuestra solución: Una plataforma “weathervaning”



Diseño más ligero

Menores momentos de flexión, se requiere menos acero



Fácil de instalar

Montaje completo en Puerto, instalado con embarcaciones locales



Confiable

Uso de sistemas pasivos, configuración “downwind”



Huella más baja

Área pequeña en comparación con los sistemas de catenaria



Escalable

Turbinas más grandes (15MW+) y aguas más profundas (500m+)



Diseño patentado

Patente concedida, PivotBuoy® registrado

https://drive.google.com/file/d/13ewi281nEEdq6_YyGLXUk_dNxX1mAxV4/view

Otros conceptos “weathervaning”

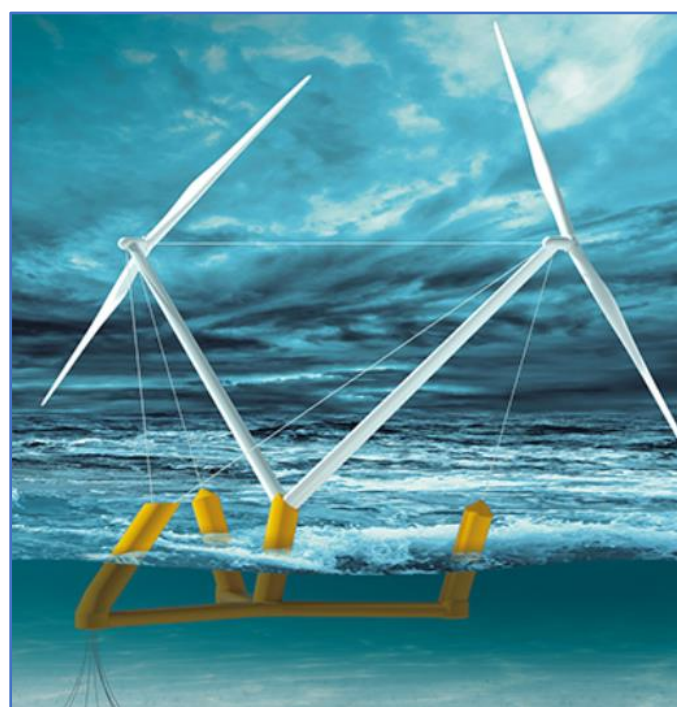
SATH, Saitec, ES



EOLINK, FR



Nezzy 2, Aerodyn, DE



W2Power, Enerocean, ES



- Eliminar la necesidad de un sistema de yaw activo
- La mayoría de ellas utilizan sistema de amarre de catenarias.
- Concepto Weathervaning no es muy adecuado para sitios de altas corrientes marinas

4. X1Wind X30. Proyecto PivotBuoy

Prototipo a escala instalado con éxito y probado en condiciones reales de funcionamiento



Artificial reef

PivotBuoy Project

- 4M€ project with 9 European Partners
- PLOCAN test site (Canary Islands, Spain)
- X30 platform (1:3 scale fully operational)
- 50m water depth
- Vestas V29 + 20kV cable connection

Project Partners



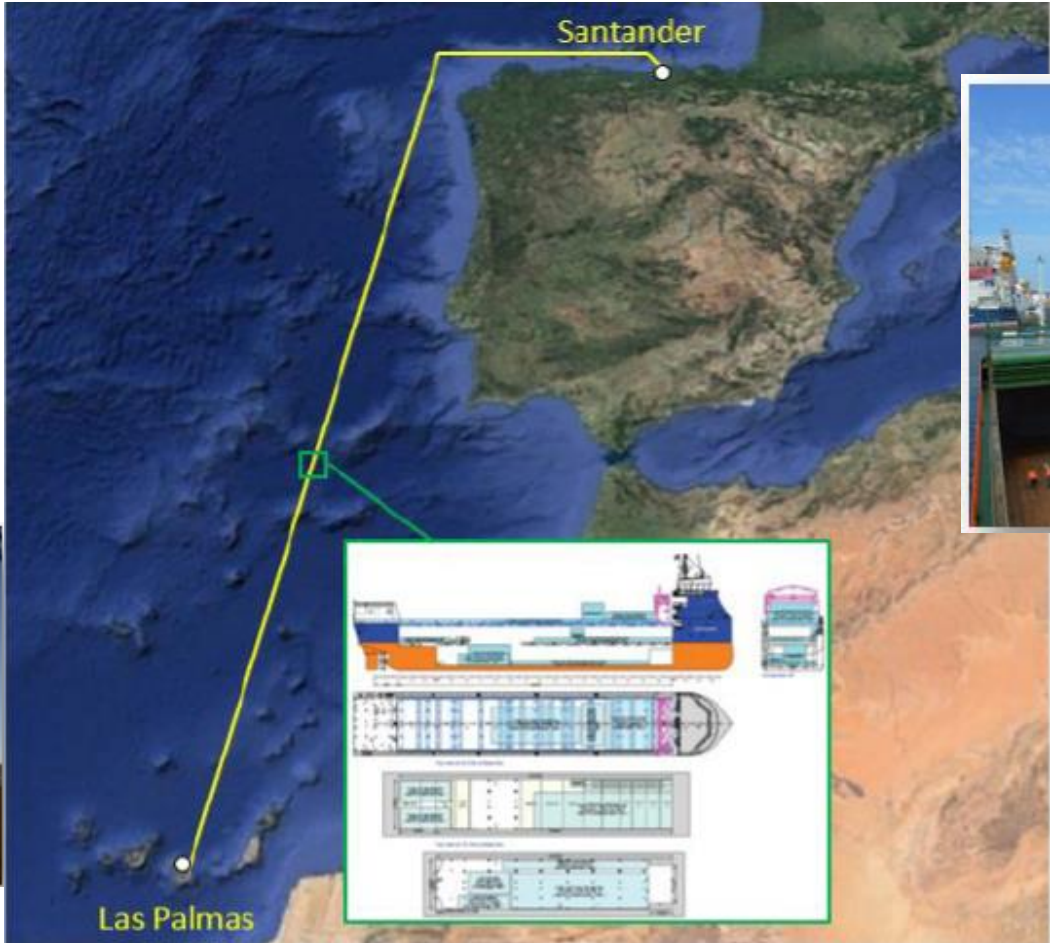
Fabricado en Santander y enviado a GC.



Componentes flotantes fabricados en las instalaciones de DEGIMA en Santander



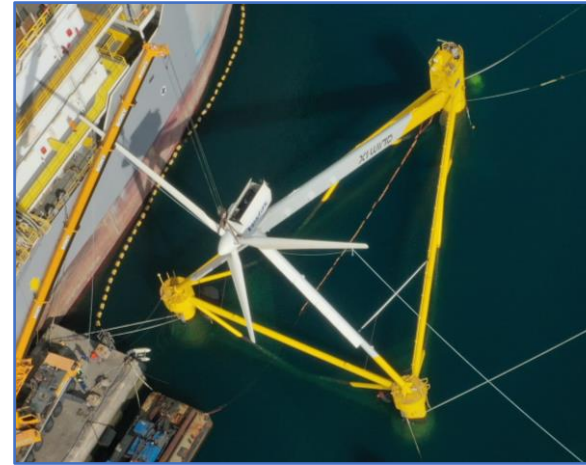
Embarcado en Hidramar Shipyard



Componentes enviados con "Noatum Logistics" a Gran Canaria

Ensamblado en GC

- Posicionamiento de los bloques



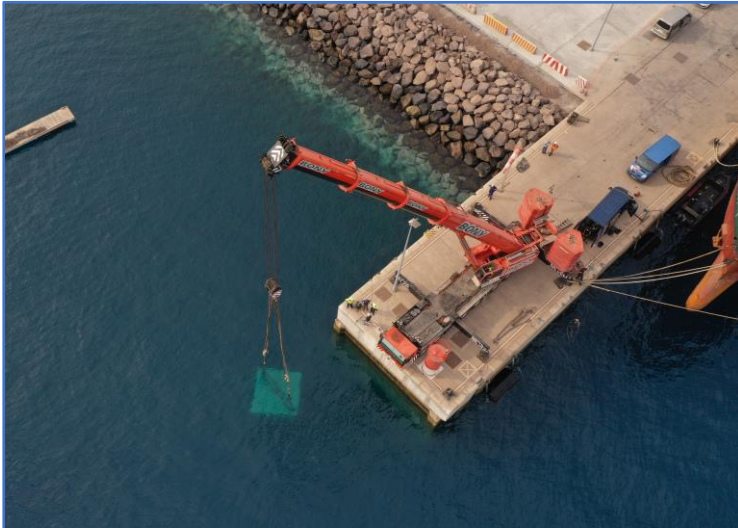
- Ensamblaje del rotor

- Ensamblaje góndola
- Integración equipos eléctricos
- Turbina V29 adaptada a sotavento



- Botadura con grúas en tándem

Cimentaciones, tendido del cable e instalación final



- Fondeos instalados con barcos locales
- Huella minimizada en el fondo marino
- Compatibilidad máxima con otros usos marinos

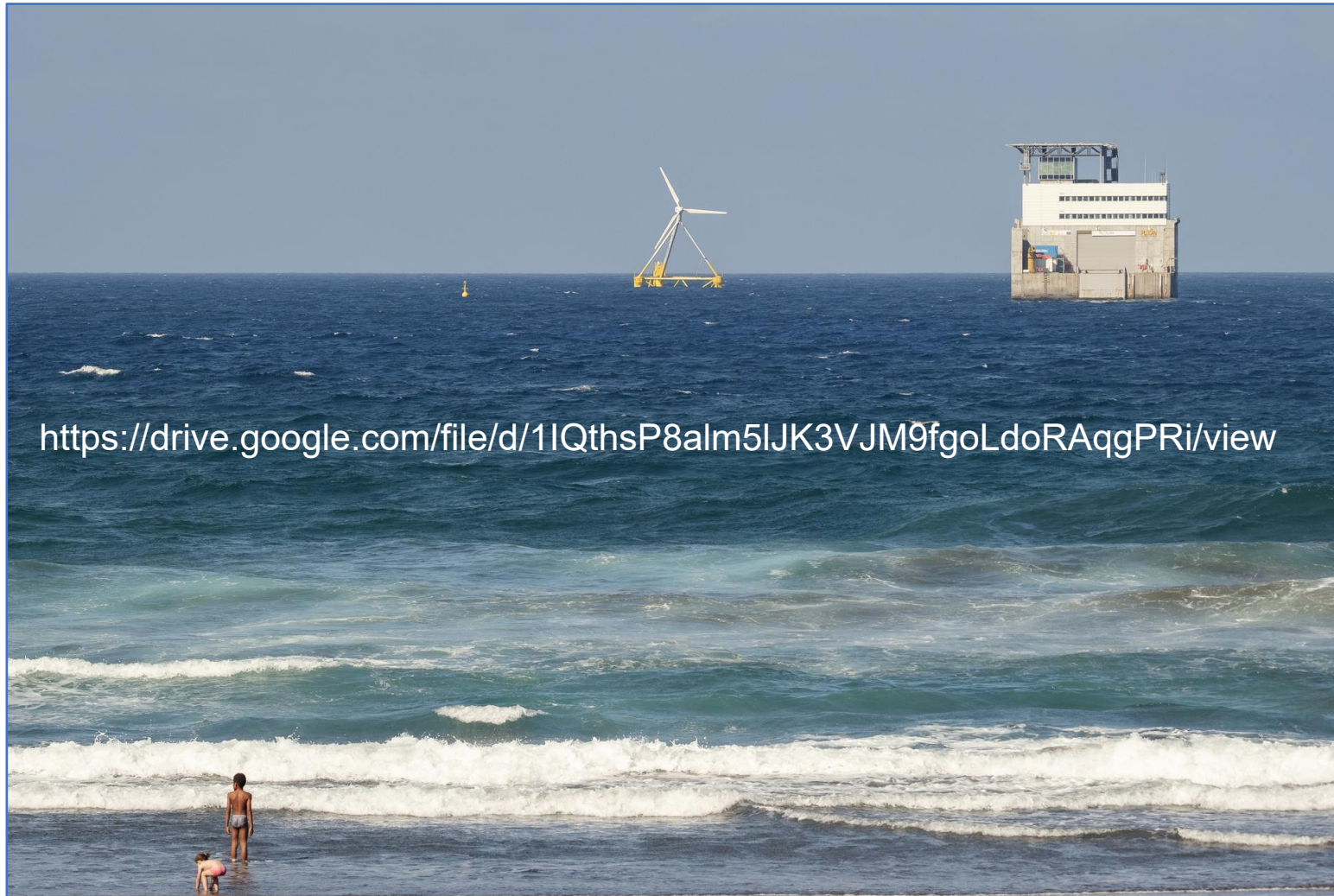


- Cable instalado con barcos locales
- 20kV Cable dinámico
- Conectado con la "Smartgrid" de PLOCAN a 1,4km



- Instalación final con barcos locales
- Conexión al amarre preinstalado y cable dinámico conectado a PLOCAN "Smartgrid"

Instalada en PLOCAN



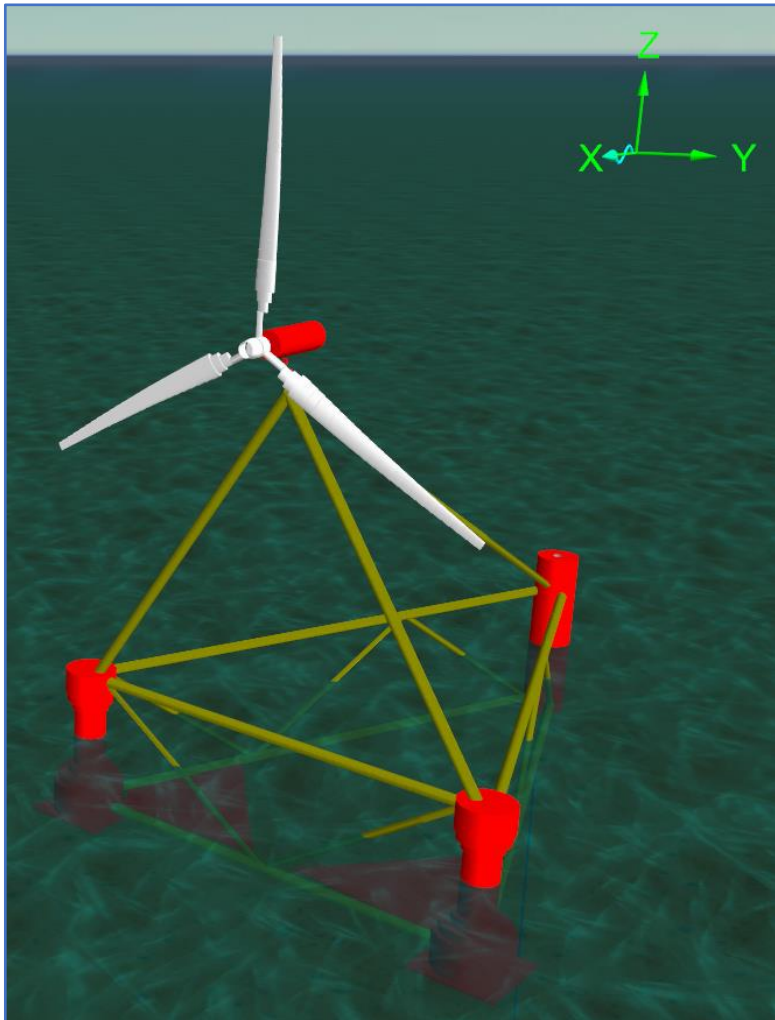
<https://drive.google.com/file/d/1IQthsP8alm5lJK3VJM9fgoLdoRAqgPRi/view>

X1Wind. Principales áreas de ingeniería

X1Wind Ingeniería

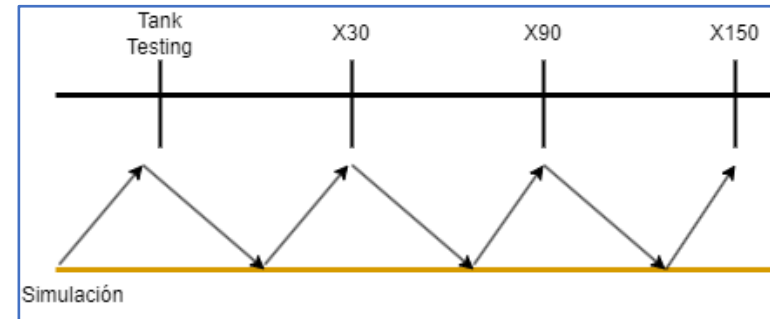
1. **Simulation & Software Area.**
2. Structural Area
3. Mechanical Area
4. **Electrical Area**
5. Systems Area
6. Mooring System Area
7. Offshore Constructions

X1Wind Simulation & Software Area



Modelo de simulación acoplada en Orcaflex que integra:

- Modelo de aerodinámica del aerogenerador
- Modelo de hidrodinámica de la plataforma
- Modelo de elasticidad estructural
- Modelo de control de pitch y par de la turbina

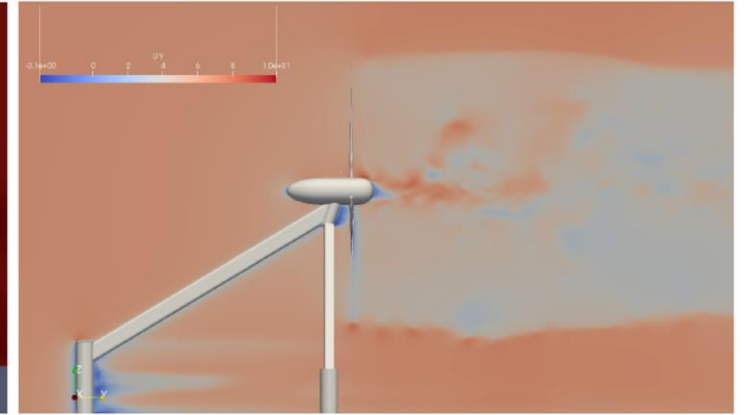
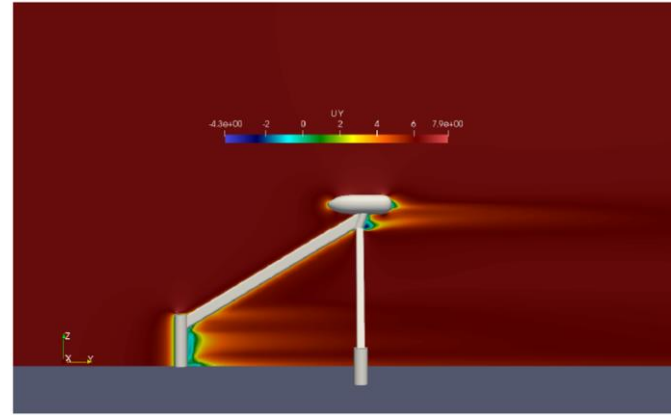


- Orcaflex se usa ampliamente en la industria del petróleo y el gas para el diseño de plataformas marinas, operaciones marinas y estudios de comportamiento en el mar.
- Modelo de aerogenerador utilizando la teoría BEM, basado en NRELs Aerodyn (FAST)
- Controlador ABB para Vestas V29 (Python)
- Diseño basado en 255 DLC, un subconjunto del estándar DNV-GL

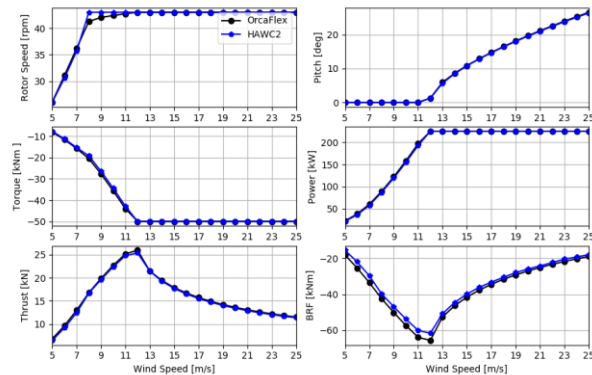
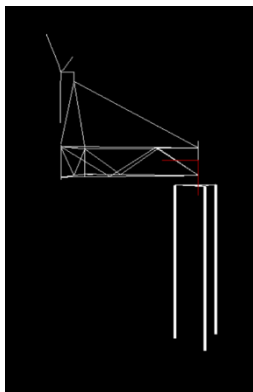
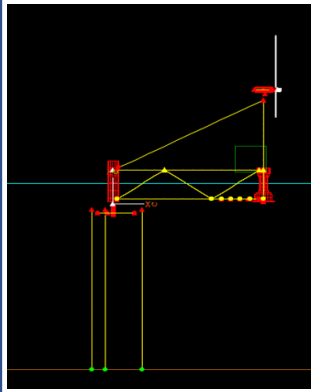
Fase Diseño: Simulación avanzada y optimización



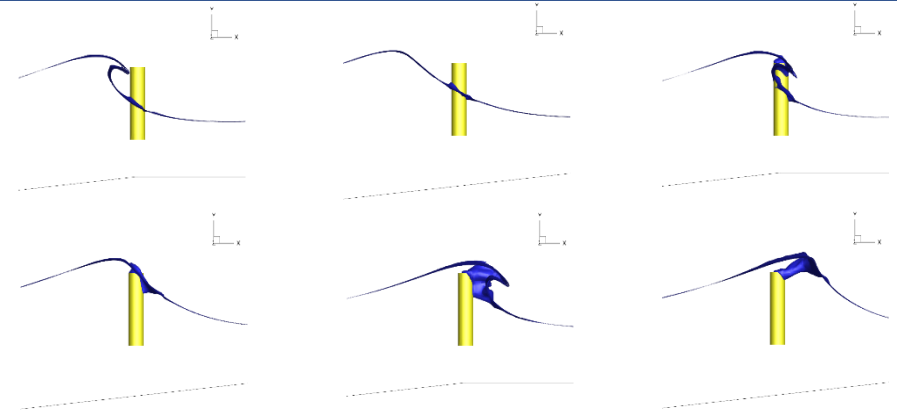
1:50 scale model tests (ECN)



3D CFD modelling with Fraunhofer to assess performance in downwind configuration (Fraunhofer)

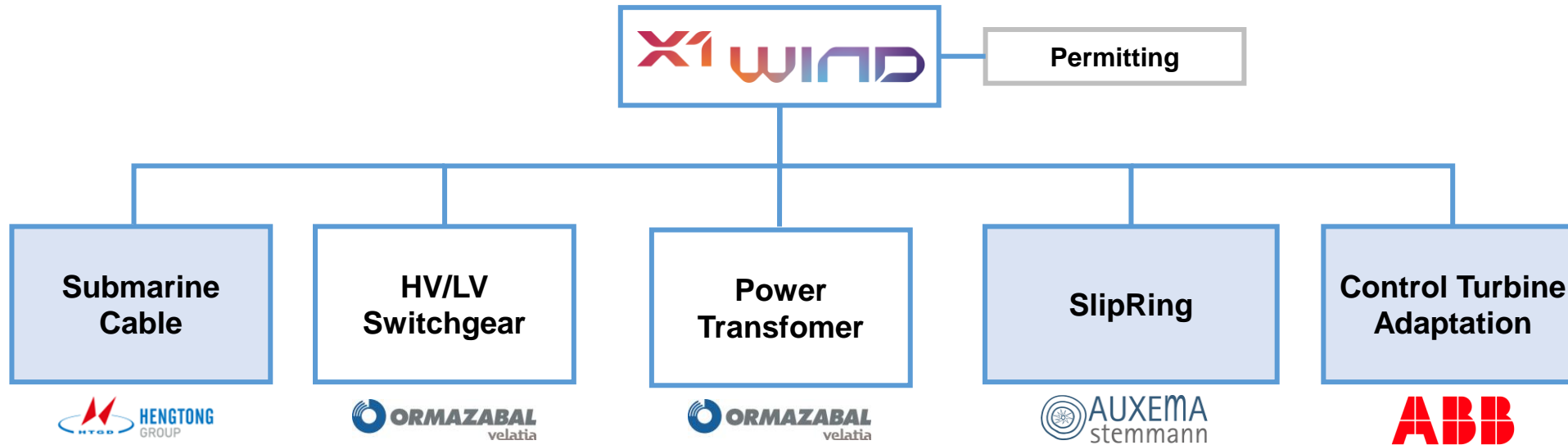
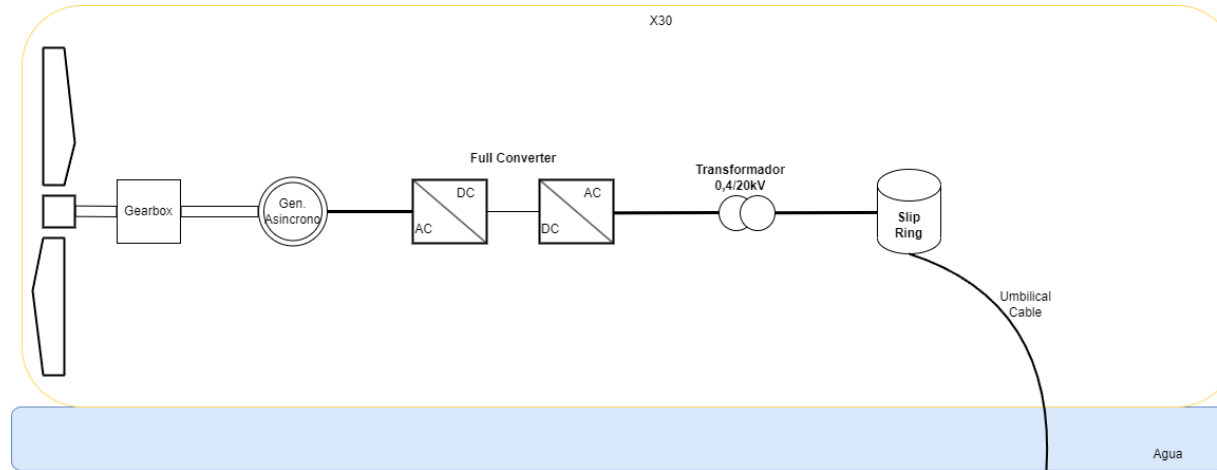


Coupled analysis with Orcaflex & HAWC2 models & cross-validation (X1 & DTU)



CFD simulations to assess wave impact load on PivotBuoy (WavEC)

X1Wind Electrical Engineering Area



X1Wind Electrical Engineering Area

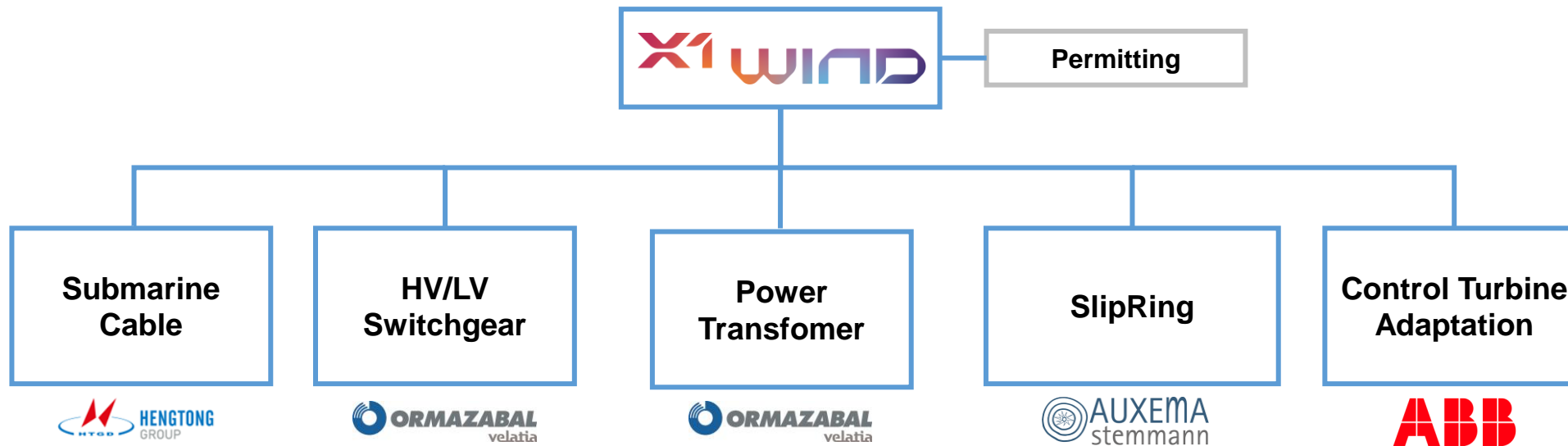
1. Instalaciones eléctricas

X1Wind Electrical Engineering Area

- Hemos liderado el sistema eléctrico al completo.
- Los principales alcances al respecto han sido:
 - Diseño y cálculos
 - Gestión de compra con proveedores
 - FAT,PAT & SAT
 - Puesta en marcha

X30 Principales estudios eléctricos

1. Estudio de las puestas a tierra de la plataforma
2. Coordinación de protecciones
3. Análisis de cortocircuitos.
4. Diseño de las necesidades del cable and CYMCAP estudio
5. Esquemas eléctricos



X1Wind Electrical Engineering

2. X1Wind FMS. Floater Management System

SCADA

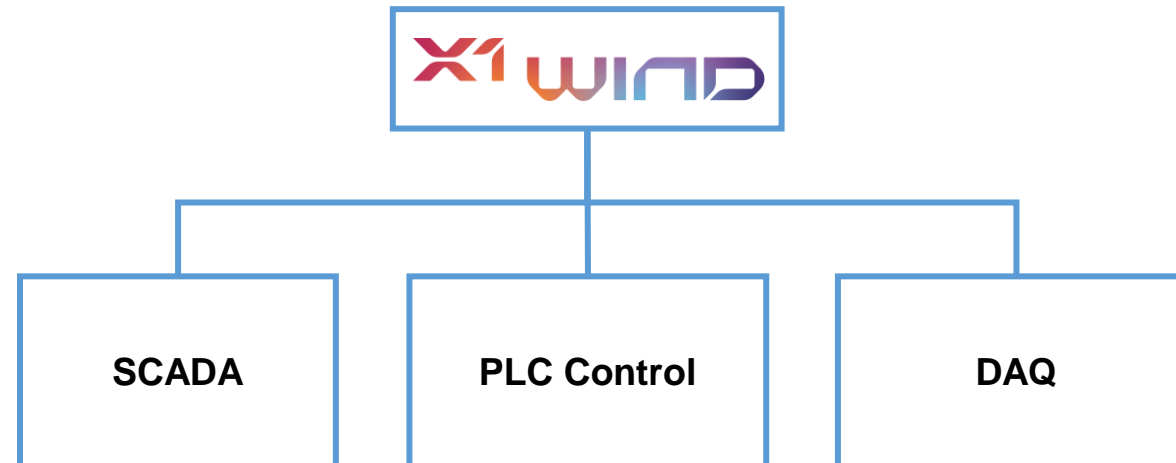
- Supervisión
- Operación
- Adquisición datos LV (baja frecuencia)

PLC Control

- Control Turbina
- Control "Active Ballast"
- Control Sistema Climático

DAQ

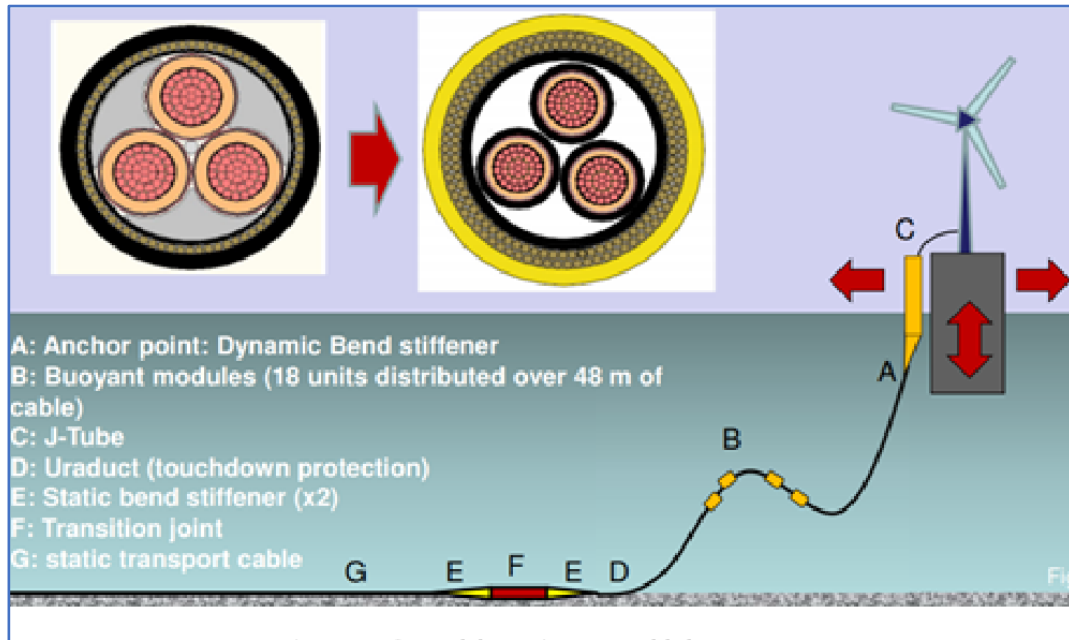
- Adquisición datos HF (Alta frecuencia)



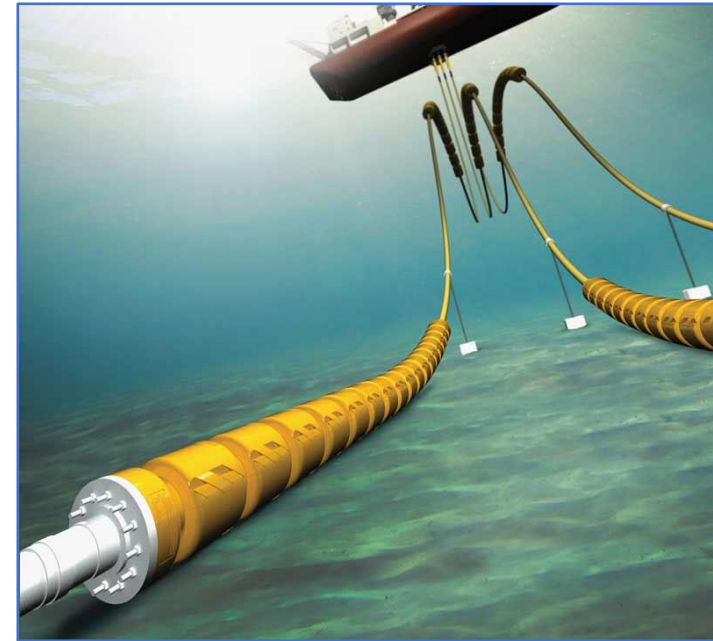
Submarine Cable

Principales tipos de cables:

- Estático.
- Dinámico.



(1)



Floaters & Sinkers

(3)



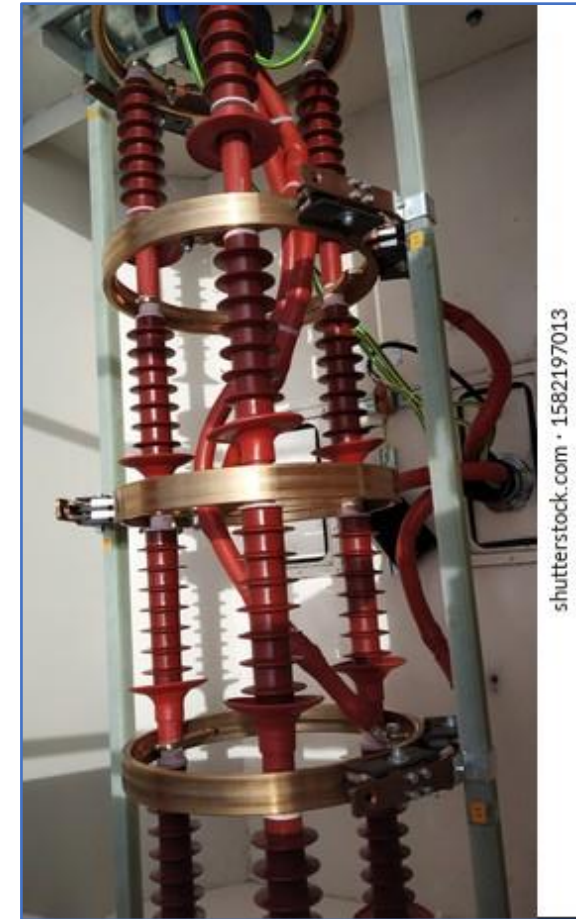
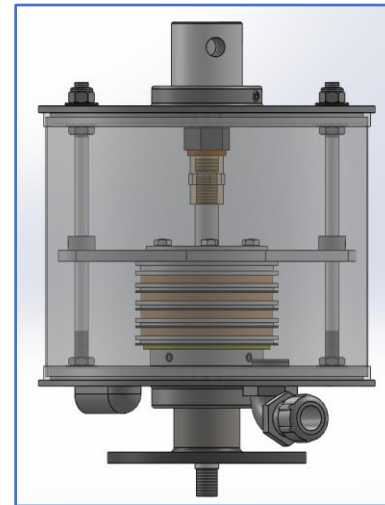
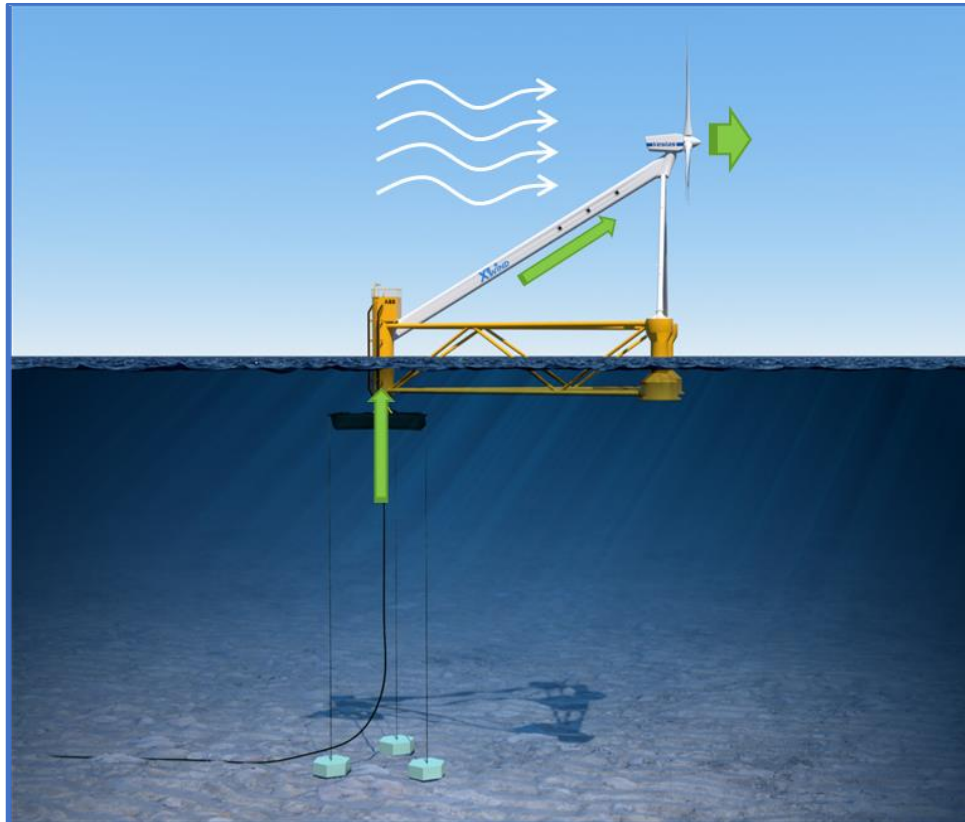
Bend Stiffeners

(2)

Slip Ring

Utilización: Debido a usar el concepto weathervaning con yaw pasivo.

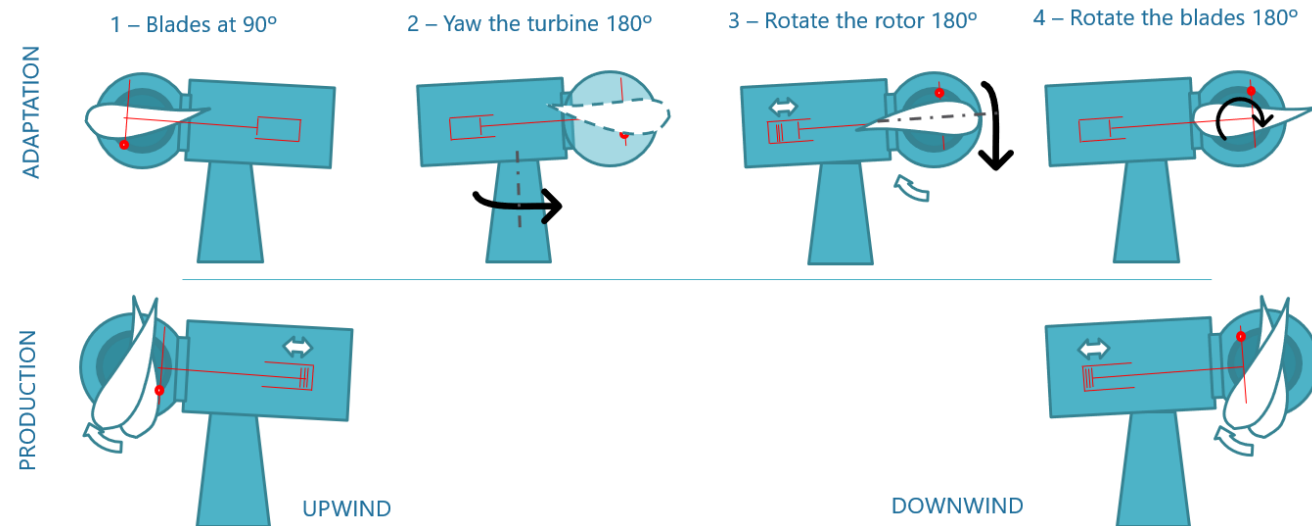
Construcción: Anillos de potencia, de control y de comunicaciones



Adaptación a Downwind de la “Vestas V29” realizada por el equipo de X1 Wind

La adaptación ha seguido los siguientes pasos:

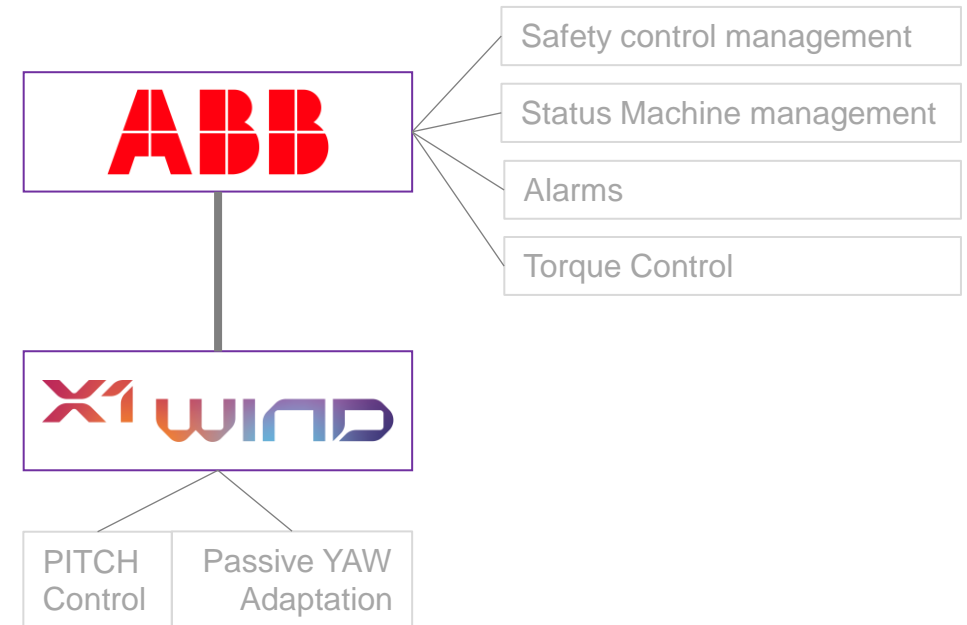
- **Adaptar el tren de potencia:** dado que girará en sentido contrario, los engranajes han sido mecanizados para poder trabajar en el flanco opuesto. Esto lo ha hecho el fabricante original de la caja de cambios;
- Ajustes menores finales a los sistemas de lubricación y paso;
- **Reposicionamiento de la turbina y las palas** para orientar el rotor en una configuración a favor del viento.



Paso de velocidad fija a variable y control adaptado



V29 “Full Converter” y adaptación “Downwind”



X1Wind SCADA

The screenshot displays the X1Wind SCADA interface, which is divided into several functional areas:

- Forecasting:** Shows time (13:00 am) and various parameters like HmD, TmC2, Marine curr. dir., Tp, Wave Direction, and Astronom. tide.
- Substatus:** Displays wind speed (7.94 m/s), Rpm Rotor (0.170809), Active Power Total (37.34 kW), and Alignment (353).
- Platform orient.:** Shows platform orientation (240), wind direction (353), and encoder yaw (0.0199875).
- Axial stress mooring:** Shows a value of 0.
- Status RUN:** Displays SS Volume Total (1.50405) and PB Volume Total (1.62124).
- Navigation:** A central menu includes HOME, X30 WTG, MEASUREMENTS, FLOATING SYSTEM, CONTROL ROOM, and EXIT.
- CONTROL PANEL:** Features RUN, STOP, PAUSE, and RESET buttons, along with Main Status, Sub-Status, and Status Error indicators. It also shows ABB CONTROL and X1Wind CONTROL options, Rpm Rotor (0.0854044), and Power Setpoint (0).
- GEARBOX:** Lists EMERGENCY ALARMS (Max Rpm, Acu Max Rpm, Max Rpm, Power), STOPS ALARMS (Max rpm), and PAUSE ALARMS (High Oil Temp, Low Oil Temp).
- YAW:** Shows STOPS ALARMS (System Outyawing, System Error).
- PITCH:** Lists EMERGENCY ALARMS (System Low) and STOPS ALARMS (Control, Power, Ref, Oil Valt STD).
- CONTROL AND CONVERTER:** Contains multiple EMERGENCY ALARMS (RLC top CPU, RLC ground CPU, TURBINE Gear Oil Open, WTC Shut Main Control, WTC Shut Hydraulic Control, WTC Shut Converter Control, TURBINE Error Top Ground, WTC Shut Fast Stop, WTC Shut Slow Stop, WTC Shut Yaw Control, WTC Shut Ground Top) and STOPS ALARMS (GRID Gen Breaker Open, CONVERTER Error). It also includes PAUSE ALARMS (WTC Shut auto start).
- GENERATOR:** Lists EMERGENCY ALARMS (Acu Max Rpm, Max Rpm, Power) and PAUSE ALARMS (High Temp).
- WIND SPEED:** Shows PAUSE ALARMS (Average Wind Speed, Anemometer Error, Anemometer Error KW, Average Surviv, Average Max, Average Start).
- HYDRAULIC:** Lists EMERGENCY ALARMS (Acu Sys Pressure, Sys Low Pressure), STOPS ALARMS (Sys Pressure, Max Time, Sys Low Oil, Sys Pressure, Sys Temp High, Over Rakey Mat, Sys Hdr motor), and PAUSE ALARMS (Sys Pressure, Max Time, Sys Low Oil, Sys Pressure, Sys Temp High, Over Rakey Mat, Sys Hdr motor).
- 3D Model:** A central 3D model of the X30 wind turbine is shown with various components highlighted in blue.
- Logos:** X1 WIND and PivotBuoy logos are visible at the bottom of the interface.

X1Wind SCADA

The screenshot displays the X1Wind SCADA interface, which is divided into several functional panels:

- Active Ballast MODE:** Includes 'CONTROL AUTOMATIC' and 'CONTROL MANUAL' buttons, and 'Active Ballast Automatic Mode' with 'AUTOMATIC RUN' and 'AUTOMATIC STOP' buttons. It also shows 'Active Ballast's Status' and 'Active Ballast Manual Mode' with 'OFF' and 'ON' indicators for SB and PS ballast units.
- SB COLUMN:** Contains 'PUMPS ALARMS' and 'WARNING' indicators for SB Level Full and SB Level Empty.
- X30:** Displays 'X30 PITCH Angle' (-0.180885°) and 'X30 ROLL Angle' (-0.396689°), along with 'Grid_Status', 'UPS_Status', and 'Contactor' indicators.
- PS COLUMN:** Contains 'PAUSE ALARMS' and 'WARNING' indicators for PS Level Full and PS Level Empty.
- General Alarms:** Shows 'Pitch Platform', 'Roll Platform', and 'Z Acceleration' indicators.
- SB PUMPS BALLAST / PS PUMPS BALLAST:** Displays 'SB Total Mass' (1,5055) and 'SB % Ballast' (25,1013) for the SB column, and 'PS Total Mass' (1,62153) and 'PS % Ballast' (27,011) for the PS column.
- GRID INFO:** Shows 'UPS Status' and 'ABB Comms' indicators.
- UPS INFO:** Lists parameters: Status, Pcoagas (278), Pred (305), Vred (0), Vbat (52.3), Ibat (0), Pbat (0), and SOC (99).
- CLIMATE CONTROL ROOM:** Shows 'Humidity' (41,0596) and 'Temperature' (24,0483), with 'FAN 1' and 'FAN 2' controls.
- CLIMATE NACELLE:** Shows 'Humidity' (58,261) and 'Temperature' (21,718).
- PLOCAN:** Shows 'Grid' and 'Comms' indicators.
- Navigation:** A central vertical menu includes 'HOME', 'X30 WTG', 'MEASUREMENTS', 'FLOATING SYSTEM', 'CONTROL ROOM', and 'EXIT'.
- 3D Model:** A central 3D wireframe model of the wind turbine nacelle and tower, with 'YAW', 'ROLL', and 'PITCH' axes indicated.
- Logos:** 'X1 WIND' and 'PivotBuoy' logos are present in the top and bottom corners.

X1Wind SCADA

X1Wind DAQ

The X1Wind SCADA interface features a dark blue theme. On the left, a vertical list of data points includes:

- PS Column level: 1.30868
- SB Column level: 1.62645
- Pitch WIT: -0.0334961
- Roll WIT: -0.192261
- Pitch xSens: 0.320741
- Roll xSens: -1.21595
- Control Room Temp: 23.7572
- Control Room Humid: 42.0103
- Nacelle Temp: 21.3527
- Nacelle Humid: 56.6913
- Mooring sensor: 0
- Inductive Rad A: 2.33178
- Inductive Rad B: 0
- Inductive Axial A: 0
- Alignment: 345
- Wind speed: 7.76
- Nacelle Direction: 240
- Wind direction: 345
- Current direction: 0
- Pcargas: 278
- Pred: 319
- Vred: 0
- Vbat: 52.3
- ibat: 0
- Pbat: 0
- SOC: 99
- Astronomic Tide: 0
- Encoder yaw: 0.0199822

The main graph displays Amplitude vs. Time (18/01/23) with multiple data series in purple, green, and blue. A right-hand sidebar lists various sensors and their status (e.g., PS Column level, SB Column level, Pitch WIT, Roll WIT, etc.).

Navigation icons include HOME, X30 WTG, MEASUREMENTS, FLOATING SYSTEM, CONTROL ROOM, and EXIT. The PivotBuoy logo is at the bottom right.

Below the main graph is a SYSTEM ERROR VIEWER table:

Date	Time	Error	Description

Buttons for LOAD GRAPH, EXPLORE FOLDER, RE GRAPH, CONFIGURE, and APPLY ZOOM are located at the bottom of the interface.

The X1Wind DAQ interface is a light-colored window with an EXIT button in the top right. It is divided into three main sections:

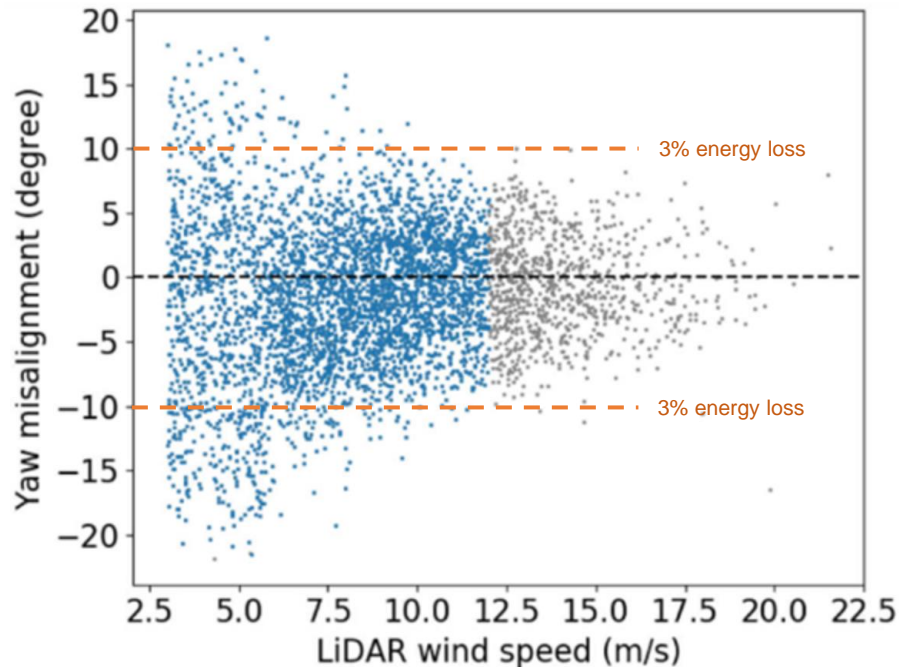
- CONFIGURATION:** Contains a CONFIGURE SYSTEM button.
- MODBUS COMMS:** Contains a START MODBUS button and an IP address field set to 192.168.172.50 with an OK? button.
- DAQ SYSTEM:** Contains a STATE dropdown menu set to "Running Data Acquisition". Below it are two sub-sections:
 - ACCELEROMETER TEST:** Contains a RUN ACCELEROMETER TEST button and an OPEN FOLDER button.
 - DATA ACQUISITION:** Contains a RUN DATA ACQUISITION button and an OPEN FOLDER button.

The bottom section features a large graph showing Amplitude vs. Data Length. The graph displays multiple overlapping data series in blue and green. A legend on the right side of the graph lists various data points with checkboxes and corresponding line styles:

- PMast_X
- PMast_Y
- PMast_Z
- GEAR_Tri_X
- GEAR_Tri_Y
- GEAR_Tri_Z
- CRoom_Tri_X
- CRoom_Tri_Y
- Strain_Gauge_A
- Strain_Gauge_B
- Strain_Gauge_C
- Strain_Gauge_D
- Encoder YAW (°)
- Roll (°)
- Pitch (°)
- Yaw (°)
- Acc X (m/s²)
- Select All

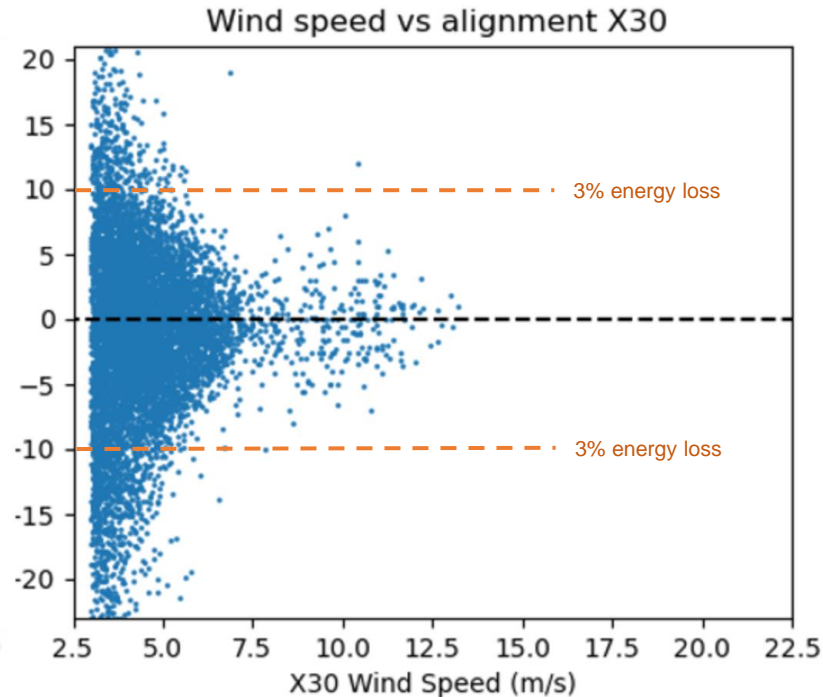
<https://drive.google.com/file/d/1eoJ0uRgnH4IwuS5t4vdIT31AldjQXzMx/view>

Resultados preliminares de alineamiento pasivo

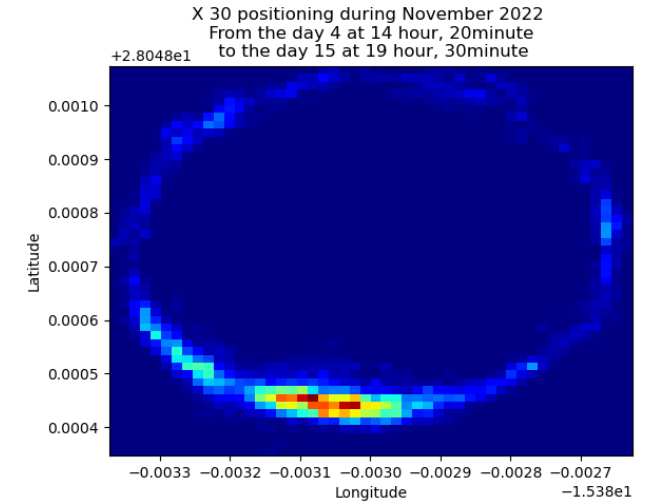


- Distribución de desalineamiento típica en una **turbina fija con orientación activa** (Senvion 3.2 MW)

<https://ventus.group/case-study/lidar-based-turbine-performance-verification-2>

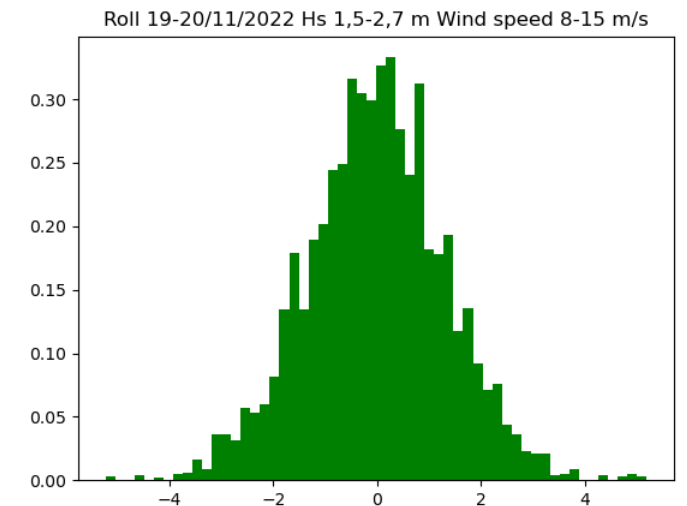
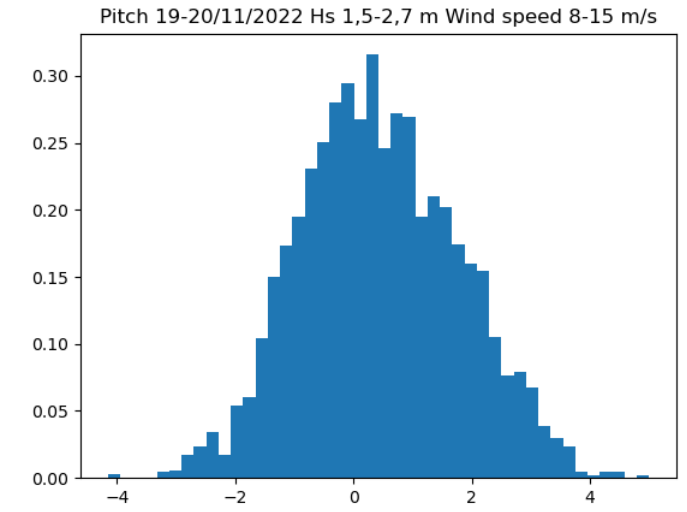
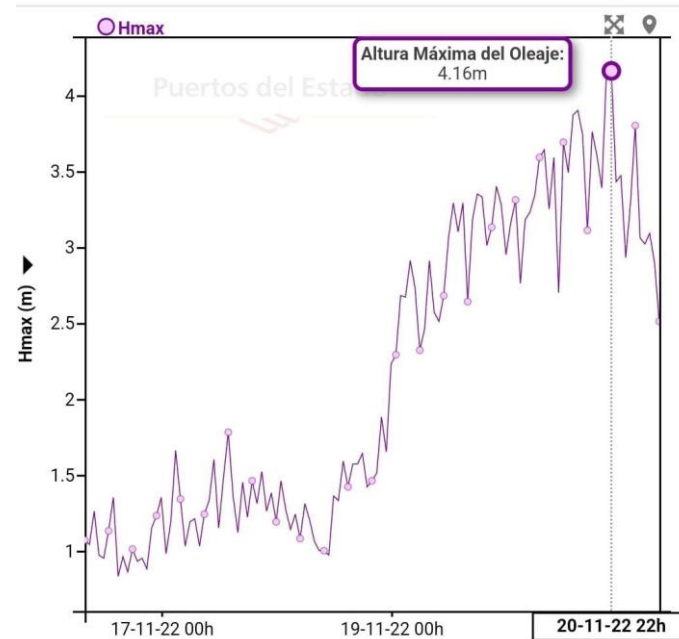


- Distribución de desalineamiento en X30 primeras 3 semanas



Resultados preliminares muestran buena capacidad de mantener alineación, igual o superior a un sistema activo en vientos medios (5 – 13 m/s)

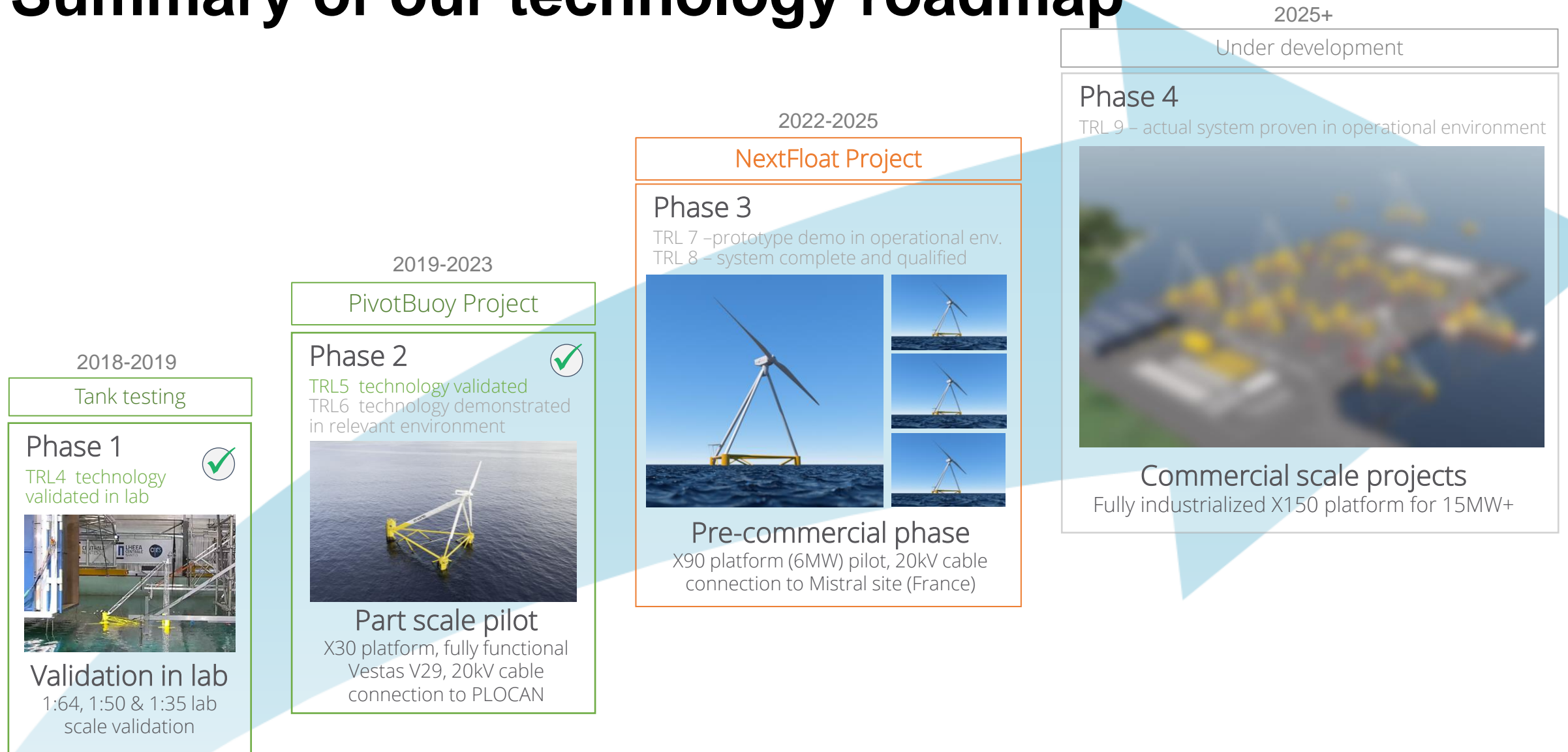
Comportamiento en tormenta



- Primera tormenta de intensidad moderada (20 Nov) con $H_s = 2.32$ m, $H_{max} = 4.16$ (equivalente aprox. $H_s = 7$ a escala 1:1)
- Ángulos de escora/cabeceo (roll/pitch) extremos en línea con los modelos de simulación ($\pm 4^\circ$)
- Estos valores no varían significativamente con la turbina en operación debido al alineamiento pasivo y la rigidez en cabeceo aportada por el TLP

5. X1 Wind. Next steps

Summary of our technology roadmap



NEXTFLOAT will be the first pre-commercial unit

Project with ambitious goals:

Deploy and test a 6MW floating wind system

- Design for 20+ years lifetime, fabrication, transport and installation
- Testing during 36 month period
- Relocation of the prototype into a pre-commercial (or commercial) site after testing

Develop scalability and industrialization plan

- 14MW design
- Feasibility of a 20MW+ design
- Fabrication, assembly and T&I optimization towards industrialization

Consortium of world-class partners:



Our Current Platforms

PivotBuoy Project



X30
0.2 MW
Ø 30m

NEXTFLOAT Project



X90
6-8 MW
Ø 140-180m



X150
14-16 MW
Ø 220-240m



Contacts:

Adrián Oliva

Electrical Engineering Manager

adrian.oliva@x1wind.com

