

Análisis y validación del comportamiento dinámico de una Plataforma Eólica Flotante en olas regulares mediante CFD

Katherine Álvarez Castillo

**Estudiante de Magíster en Ingeniería Naval y Oceánica
Universidad Austral de Chile**



Contenidos

01

INTRODUCCIÓN

- Potencial energía eólica flotante
- Motivación
- Objetivos

02

ANTECEDENTES

- Floating Offshore Wind Turbines

03

FUNDAMENTO TEÓRICO

- Olas regulares
- Grados de libertad
- Response Amplitude Operator

04

SIMULACIONES

- Plataforma
- Configuración
- Condiciones de contorno
- Modelos

05

RESULTADOS

- Obtención de datos
- Amplitud de ola
- RAOs

06

CONCLUSIONES

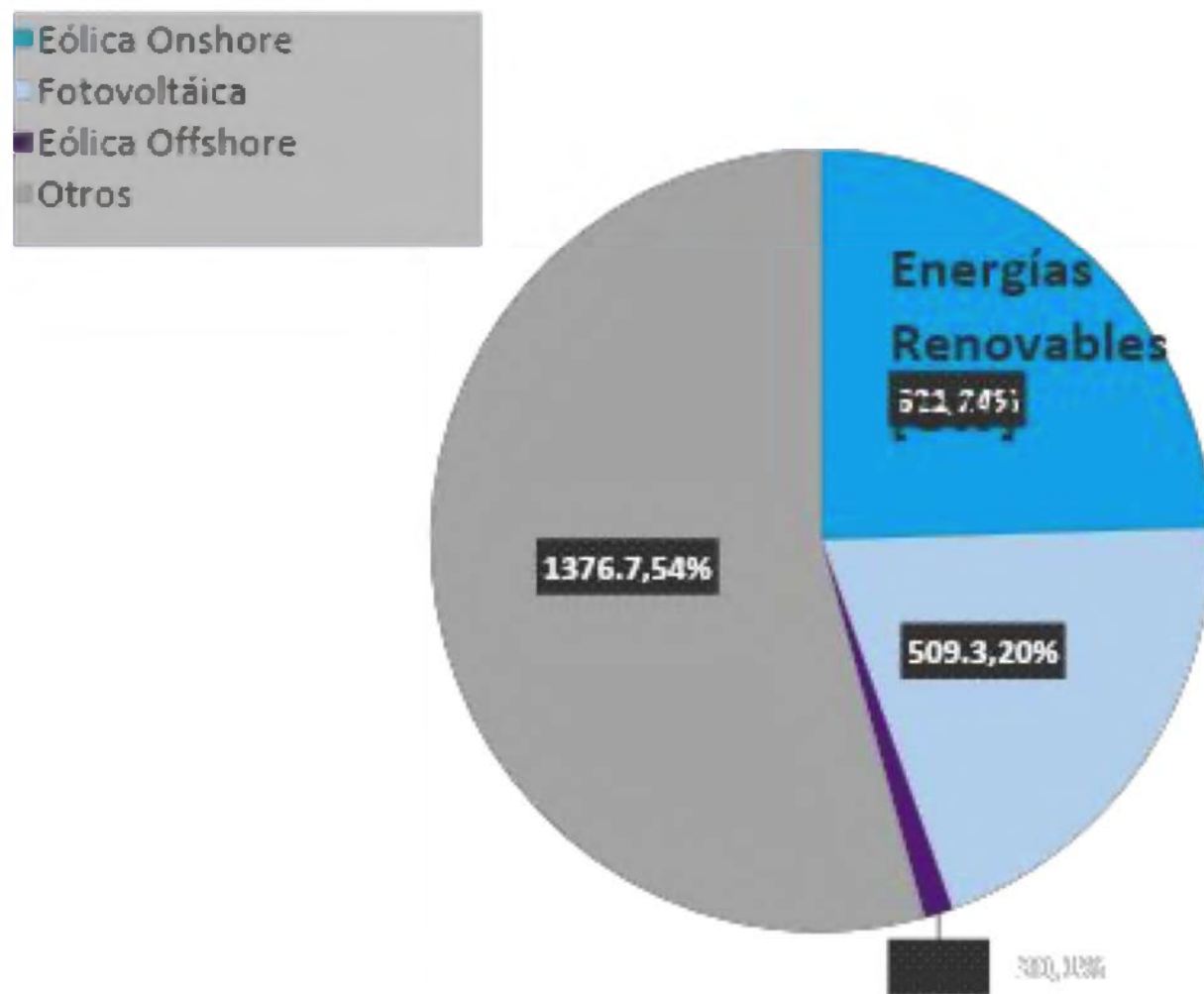
INTRODUCCIÓN

Alerta ambiental

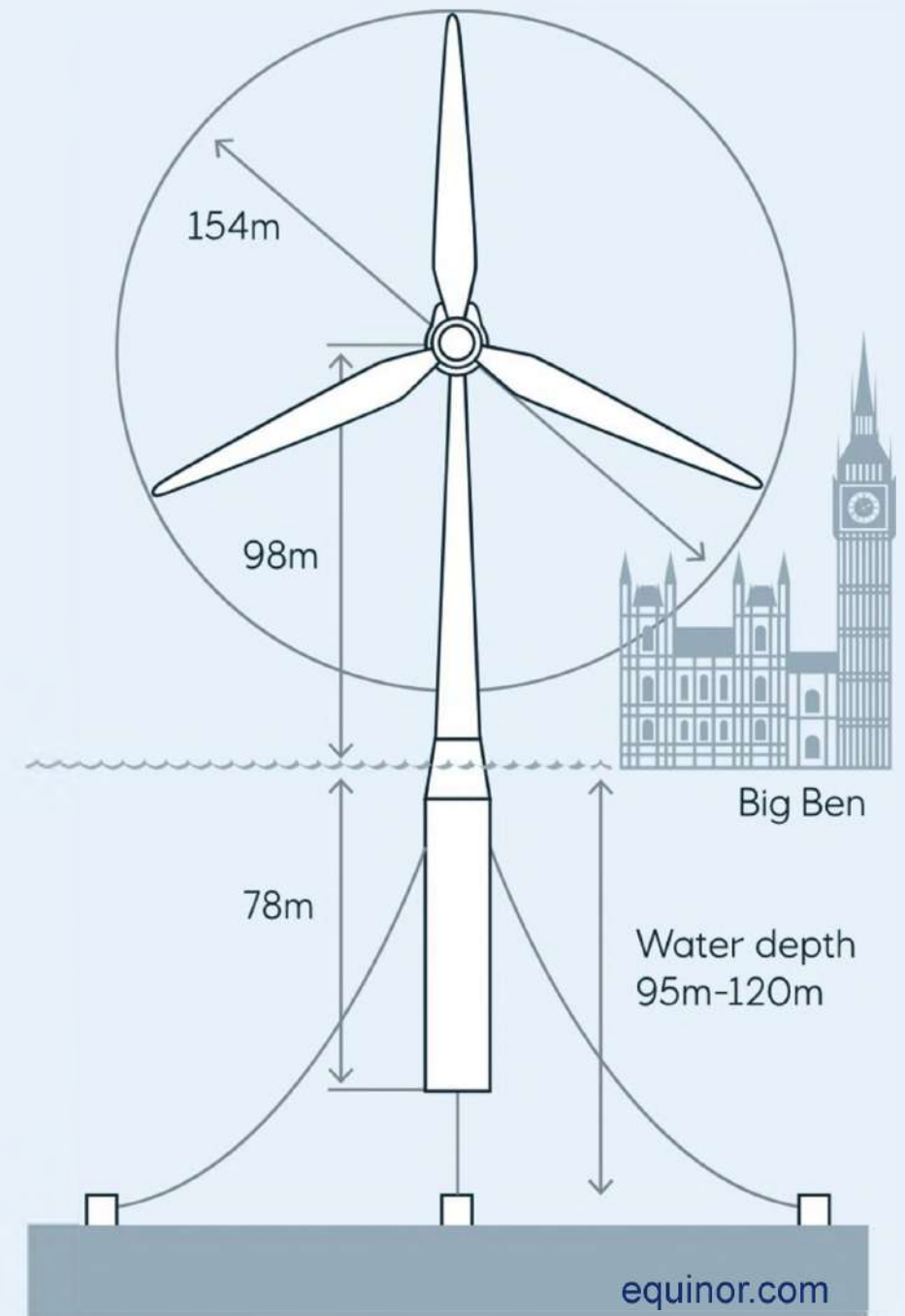
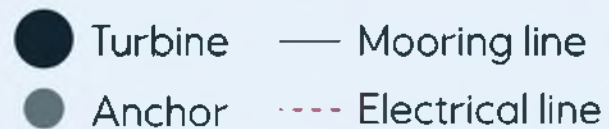
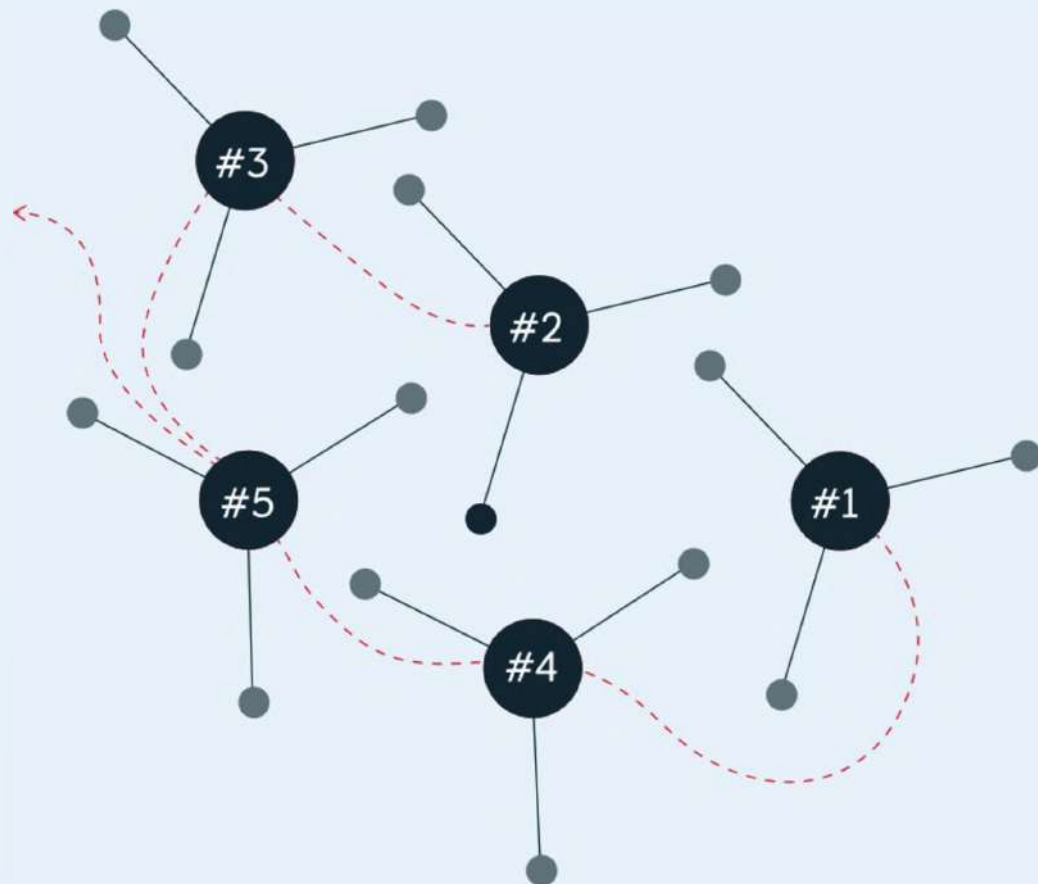
Chile fue el primer país de América Latina en agotar todos sus recursos naturales del 2021 (Anadolu Agency)

2 junio, 2021

Capacidad Energías Renovables a nivel mundial [GW]



HyWind Scotland floating wind farm



Latinoamérica

Países como Brasil, Chile y Uruguay destacan en ser líderes mundiales en generación de energía eólica según GWEC.



8.715 MW
BRASIL

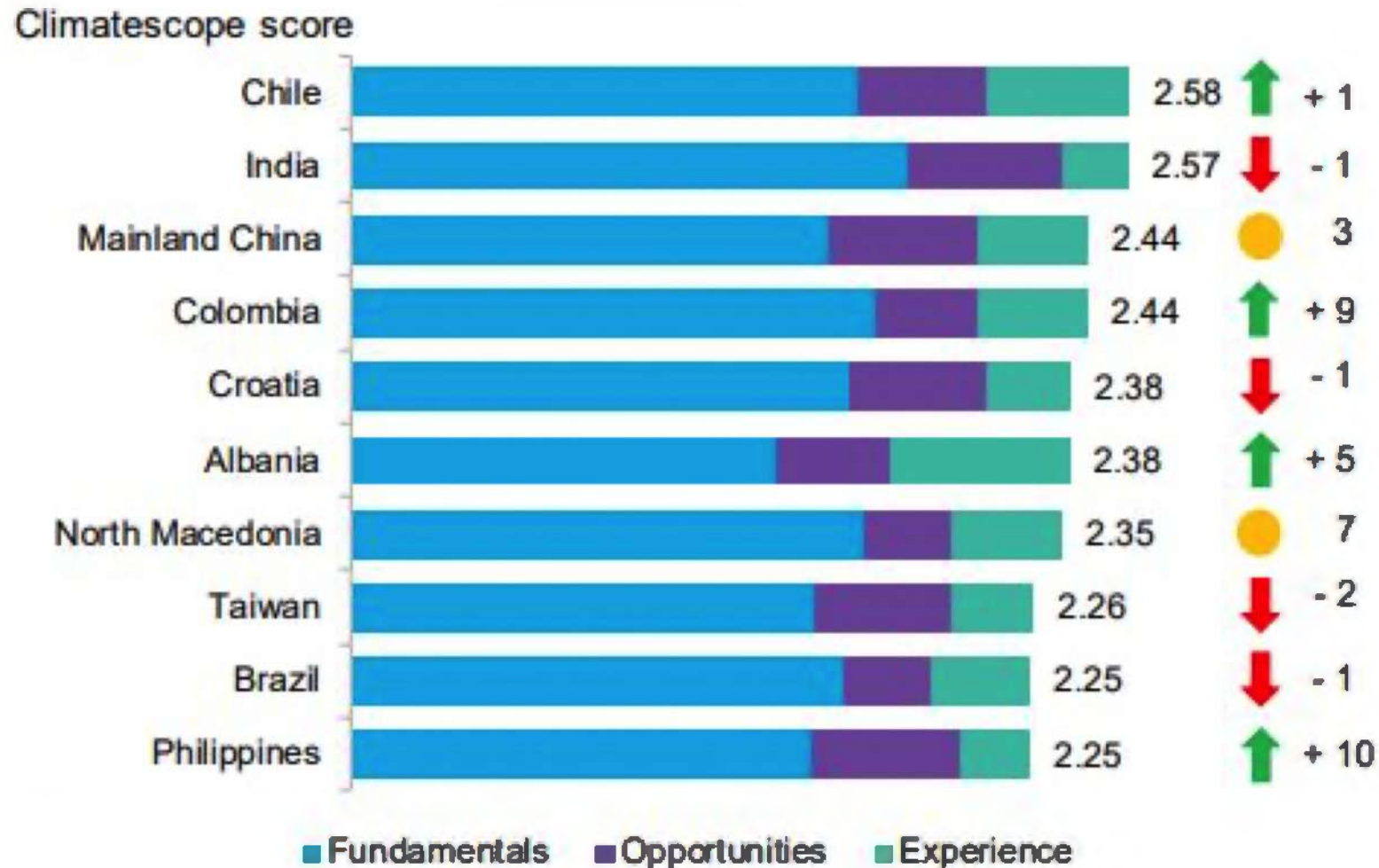


933 MW
CHILE



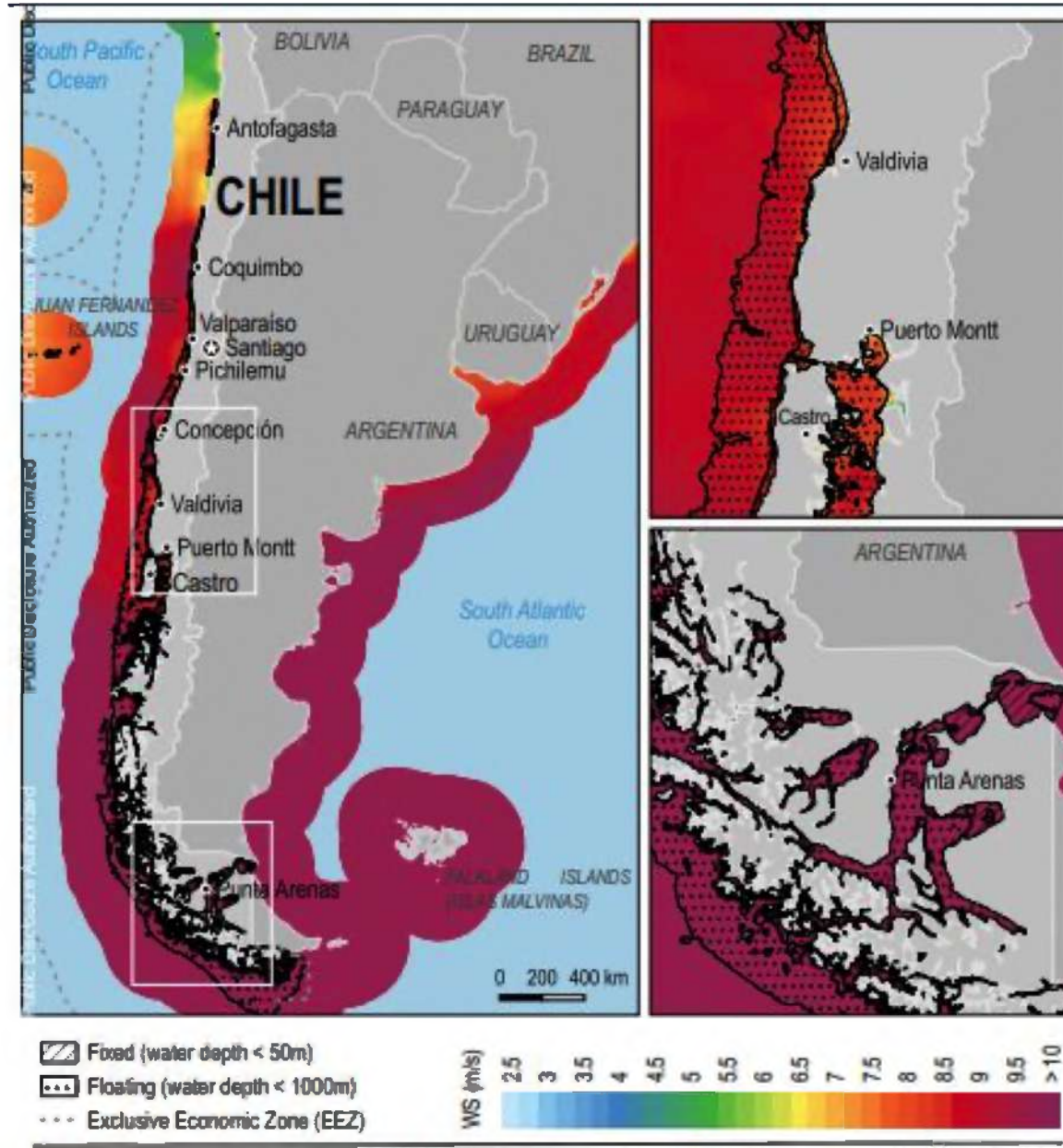
845 MW
URUGUAY

Potencial en Chile



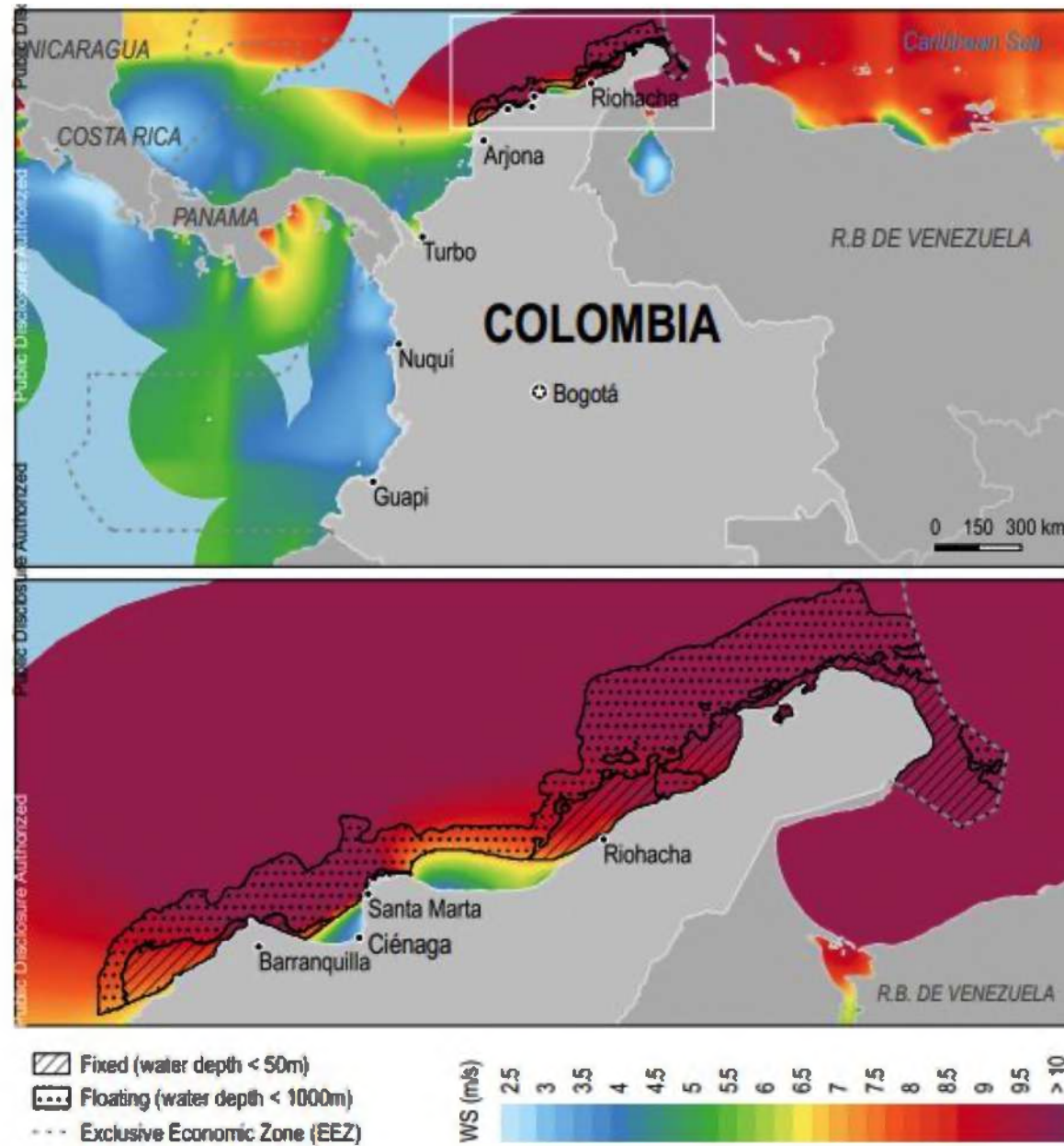
Climatescope's ranking of the most attractive markets for renewable energy projects investment (2022).

Potencial en Chile



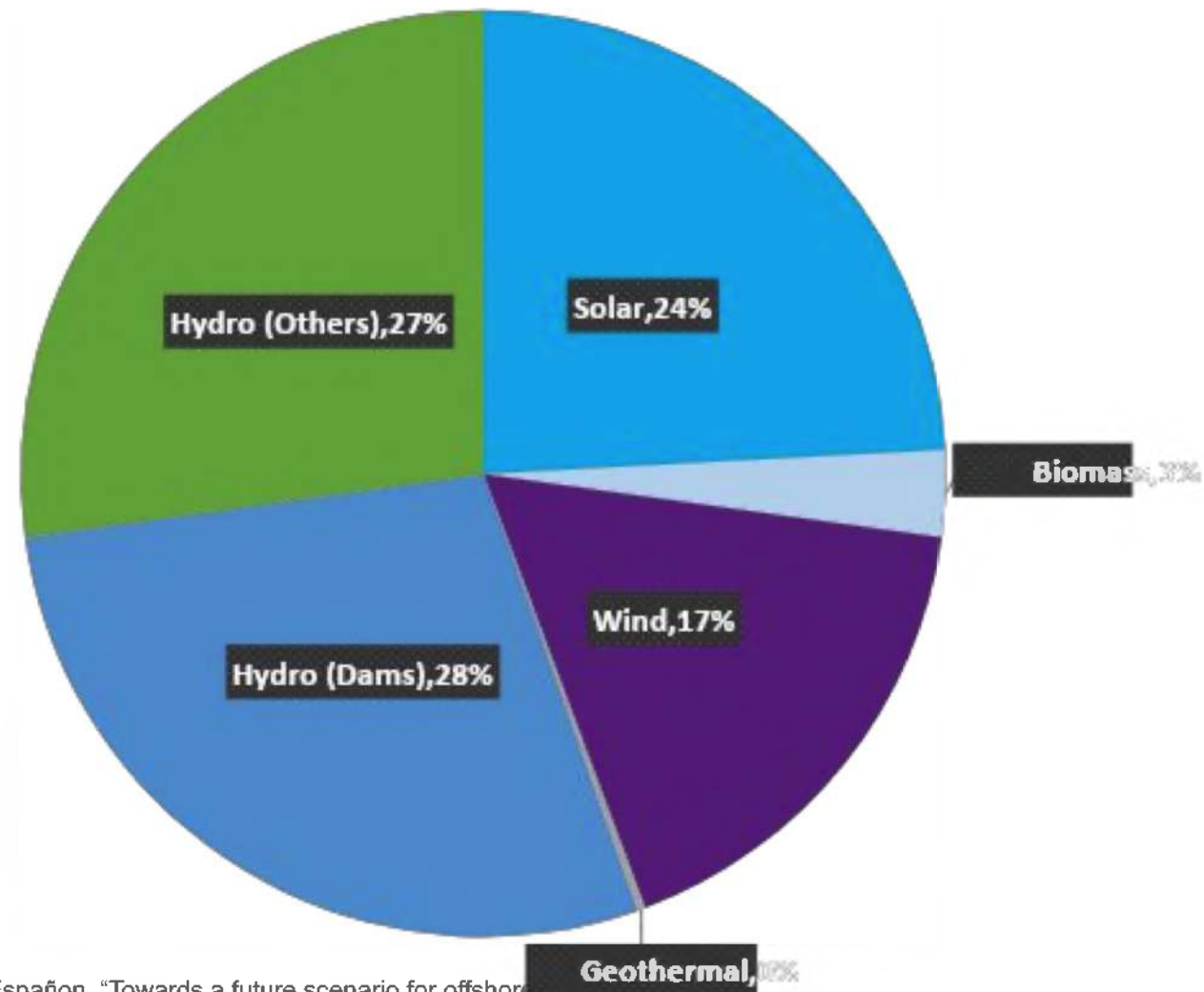
- 131 GW turbinas eólicas offshore fijas
- 826 GW turbinas eólicas flotantes

Potencial en Colombia



- 31 GW turbinas eólicas offshore fijas
- 78 GW turbinas eólicas flotantes

Porcentaje de la capacidad de energía renovable instalada en Chile (2021).



Motivación

- Urgencia ambiental.
- Disponibilidad limitada de recursos energéticos convencionales.
- Gran capacidad eólica offshore utilizable en mares nacionales.

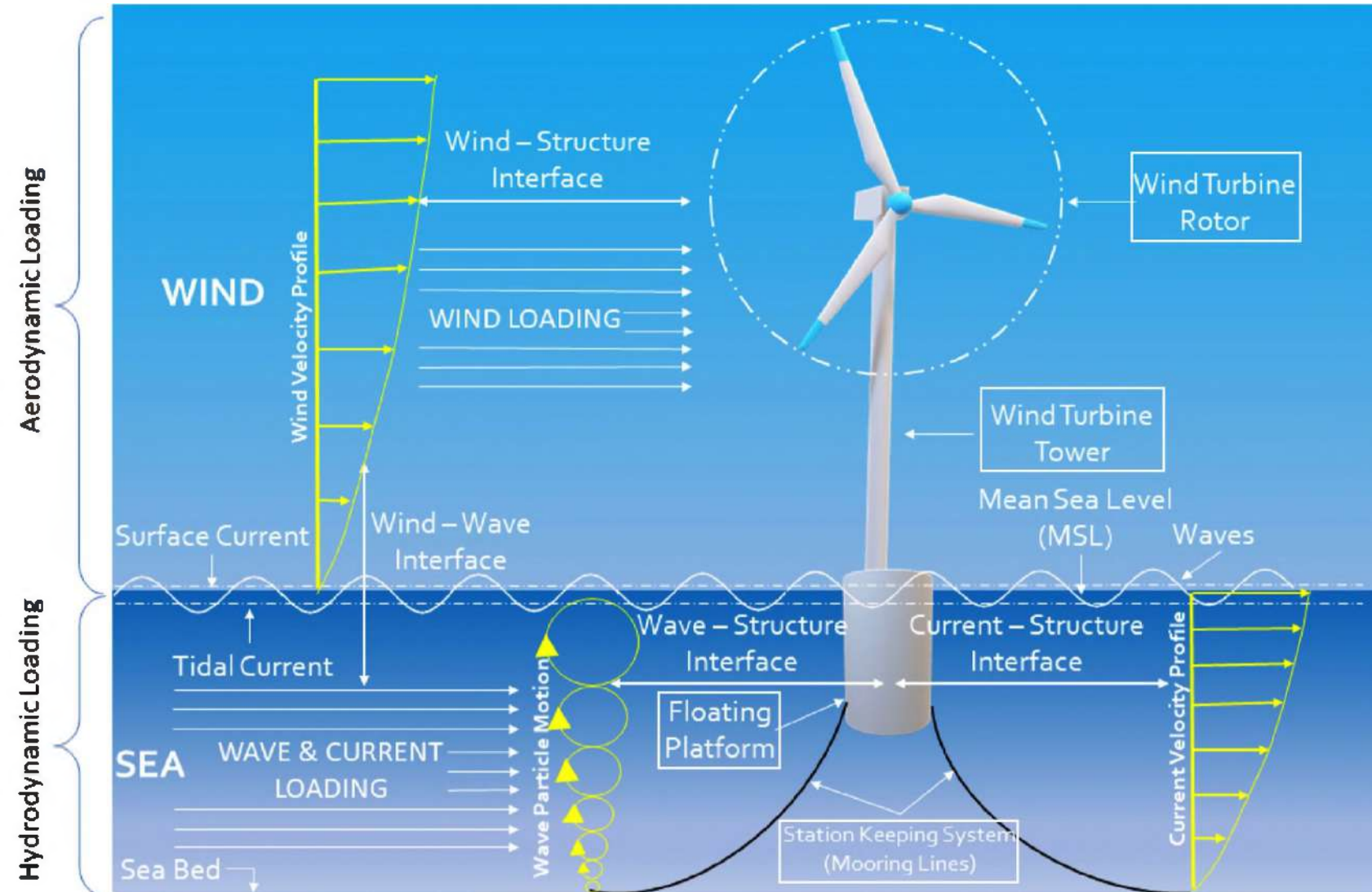
Objetivos

- Análisis del comportamiento dinámico de una FOWT a escala en oleaje regular.
- Validar resultados empíricos.
- Validar herramienta CFD.

ANTECEDENTES

Floating Offshore Wind Turbine

Floating Offshore Wind Turbine



Tipos de FOWT



Spar-buoy

Semisubmersible

Tension Leg Platform

Offshore Floating Vertical-Axis Wind Turbine Project Identifies Promising Platform Design, [energy.gov](https://www.energy.gov/stl) Std., 2017.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Olas Regulares

$$\zeta = \zeta_a * \cos(\omega t)$$

Navier-Stokes

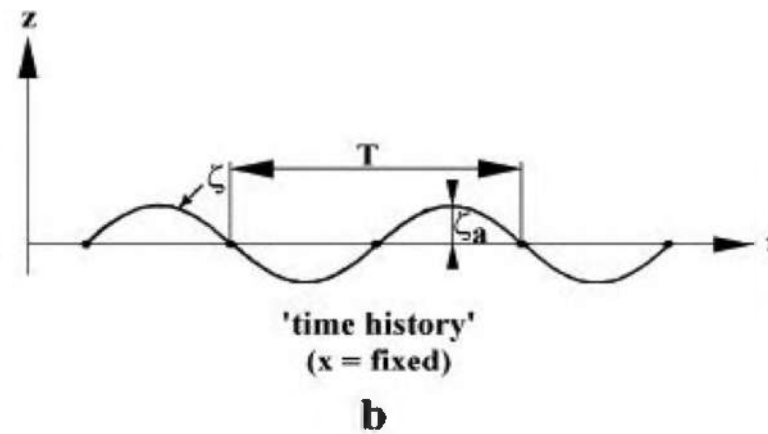
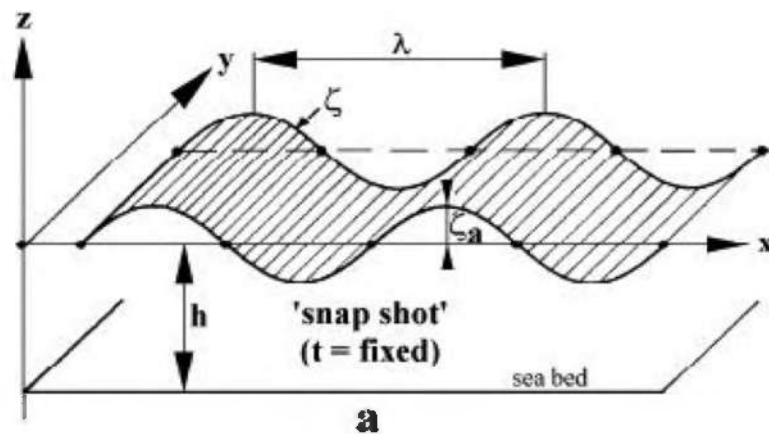
$$\nabla \cdot \rho = 0$$

$$\rho \left(\frac{D\vec{U}}{Dt} + (\vec{U} \cdot \nabla) \vec{U} \right) = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{U}$$

LaPlace

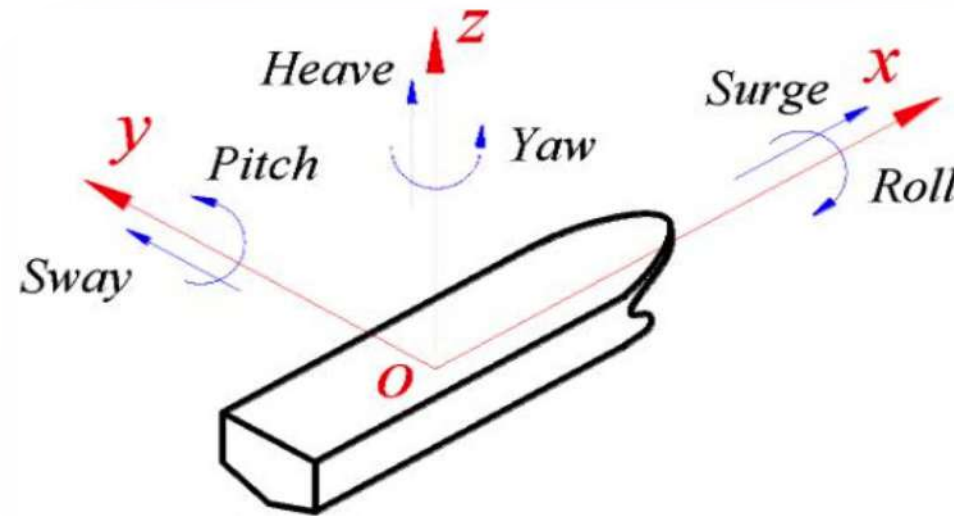
$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

$$\rho \frac{\partial \phi}{\partial t} + p + \rho g z = p_0$$



Grados de libertad

Eje	Índice (i)	Movimiento	Índice (i)	Rotación
X	1	Surge	4	Roll
Y	2	Sway	5	Pitch
Z	3	Heave	6	Yaw



Response Amplitude Operator

- Ecuación de los movimientos

$$(m + A_i)\ddot{s}_i + B_i\dot{s}_i + C_is_i = F_{ext_i}$$

s : amplitud del movimiento

m : masa del cuerpo

A : masa adicional

B : coeficiente de amortiguamiento

C : Coeficiente de restauración

F_{ext} : fuerza de excitación externa

- RAO

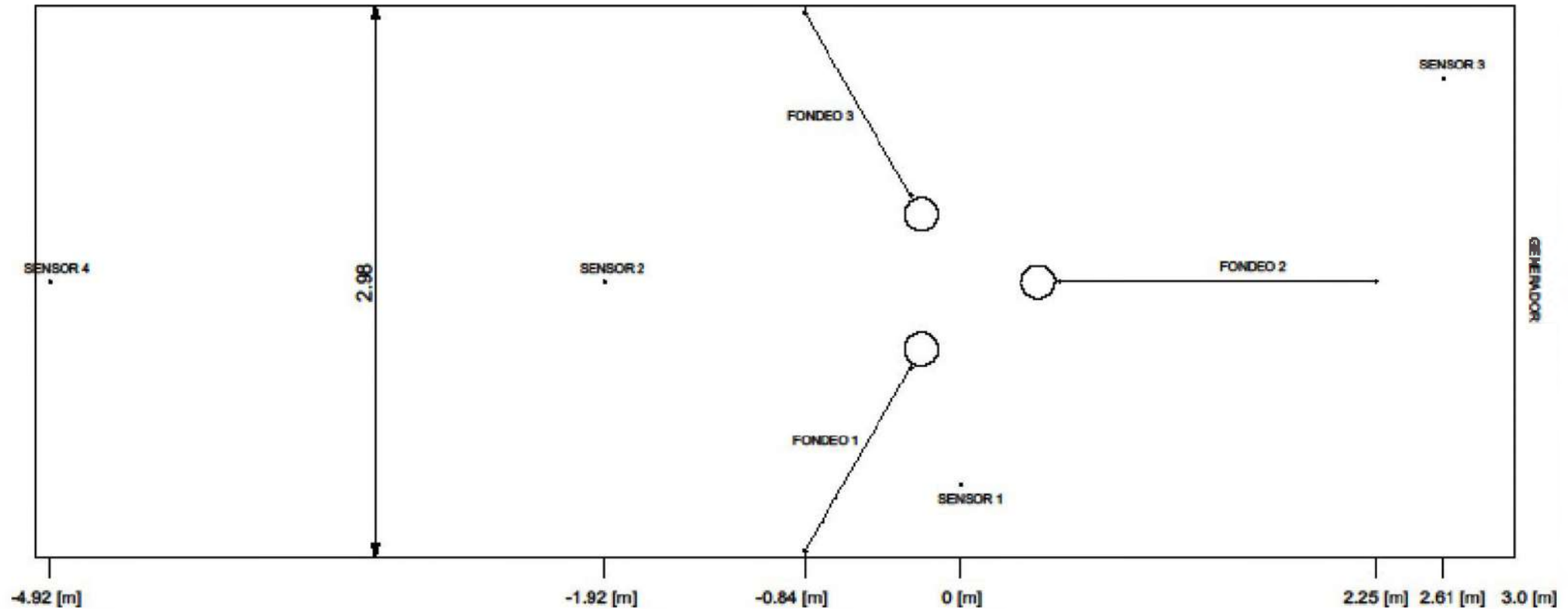
$$RAO = \frac{s_{0i}}{\zeta_0}$$

CONFIGURACIÓN DE LAS SIMULACIONES



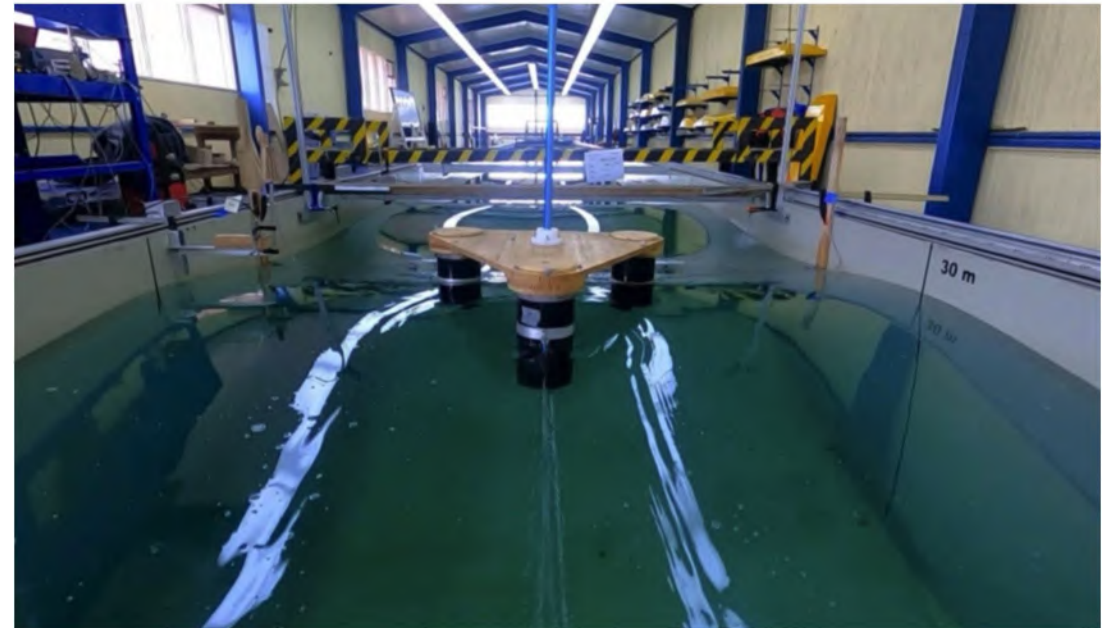
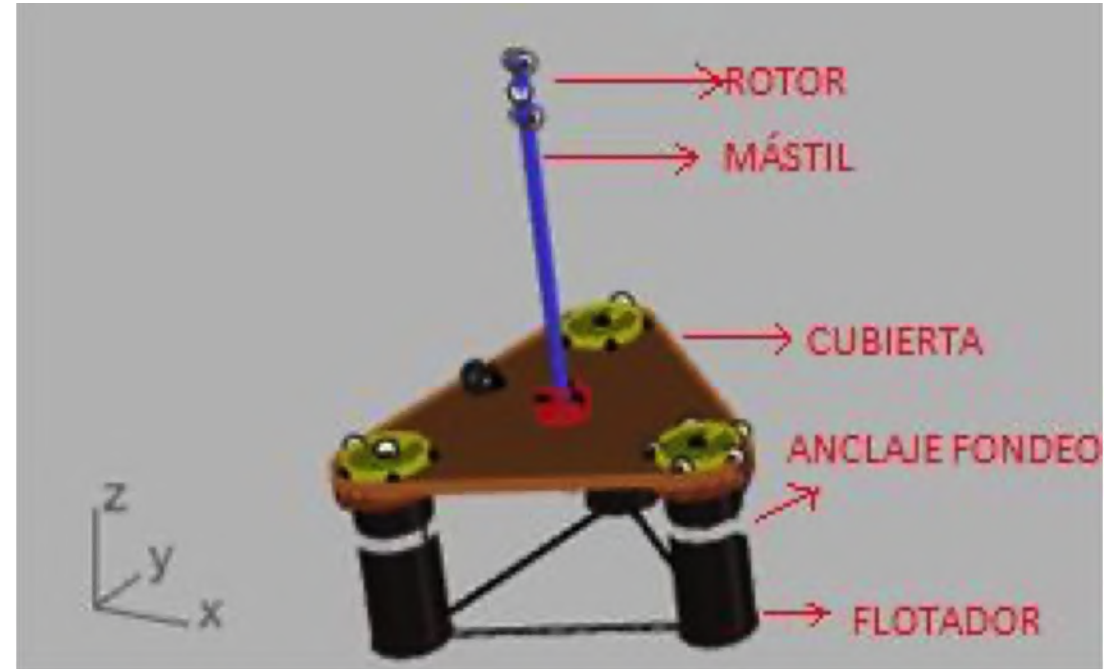
- Celdas de carga FUTEK LRM200 y LBB200.
- Celdas de carga "Single Point" HBM PW2DC3.
- Sensores Ultrasónicos MicroSonic mic+25/IU/TC.
- Sensores de altura de ola Akamina AWPB-22-60-SP.
- Sistema de cámaras Motion Tracking Qualisys Miquis 1.
- Cámara de video y cámaras submarinas.

Configuración del problema



Plataforma semi-sumergible

- Tipo: Semi-sumergible
- Escala: 87,2
- Desplazamiento: 23,573 [kg]
- Eslora (L): 630 [mm]
- Manga (B): 727 [mm]
- Calado (T): 309 [mm]
- Diámetro de las columnas (d): 180 [mm]

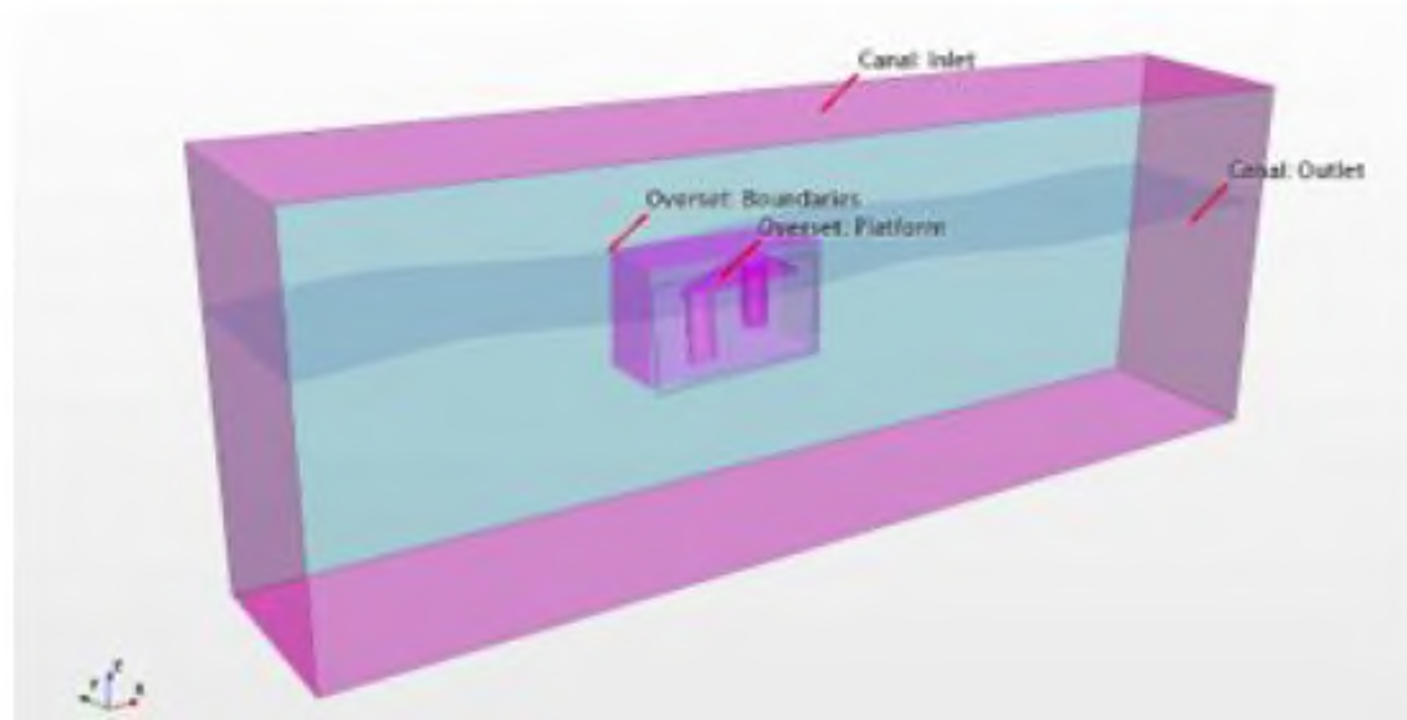


Oleaje a simular

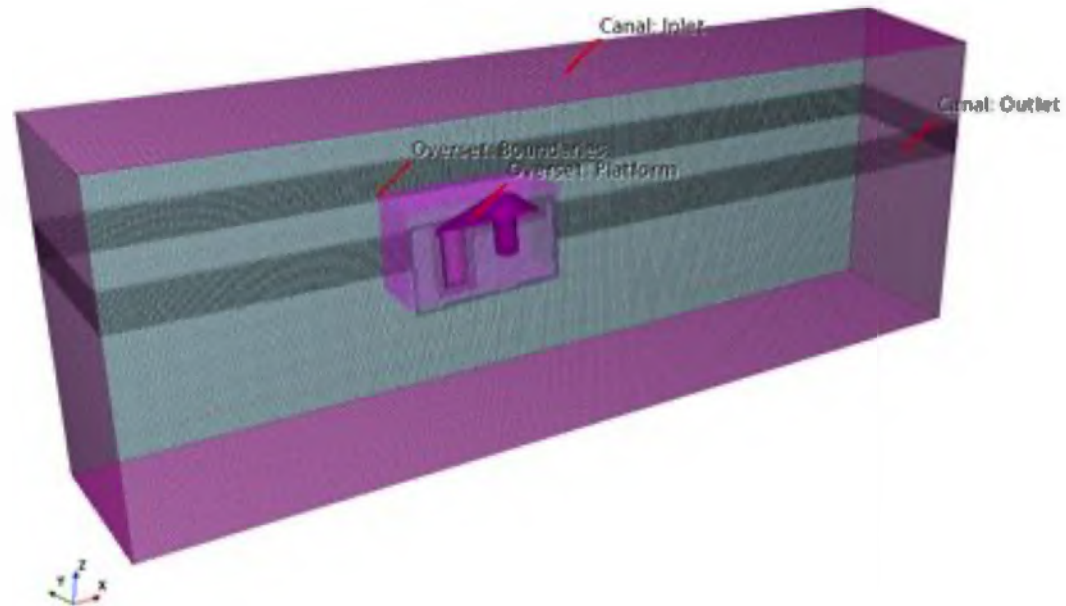
	Frecuencia [rad/s]	Periodo [s]	Altura [mm]
5,5	4,22	1,49	121
4,5	4,66	1,348	99
4	4,95	1,27	88
3,5	5,29	1,188	77

Condiciones de contorno

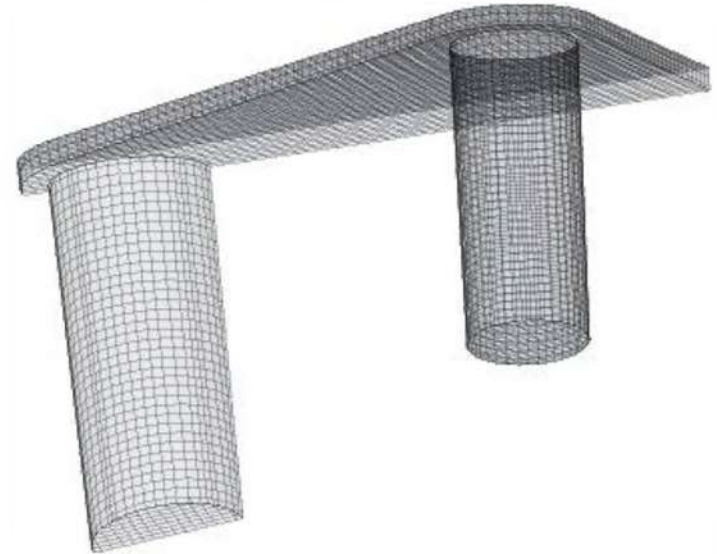
	Condición	Tipo
Canal	Inlet	Velocity Inlet
	Outlet	Pressure Outlet
	Symmetry	Symmetry Plane
Overset	Boundaries	Overset Mesh
	Platform	Wall



Mallado



- Surface Remesher
- Trimmed Cell Mesher

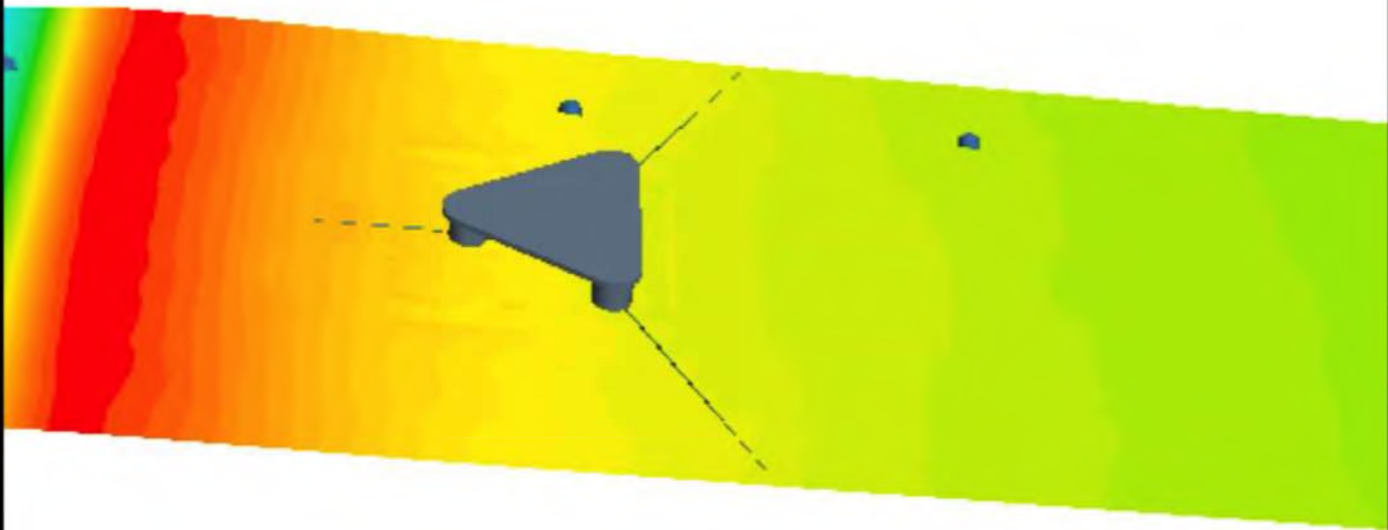


- Tamaño celdas Canal: 0.03 [m]
- Tamaño celdas Overset: 0.025 [m]
- Total celdas: 3.577.208

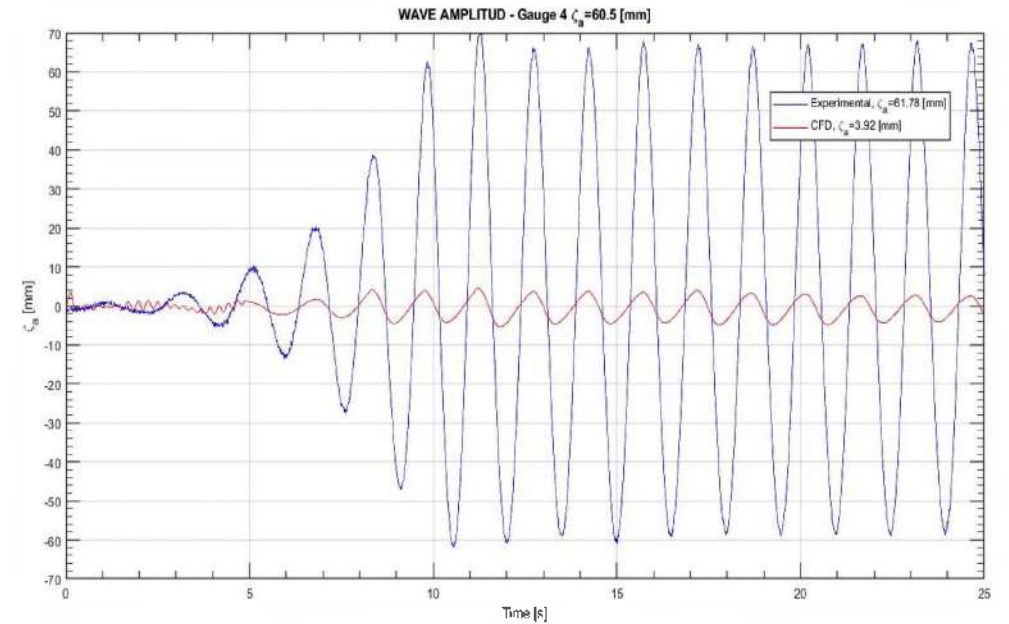
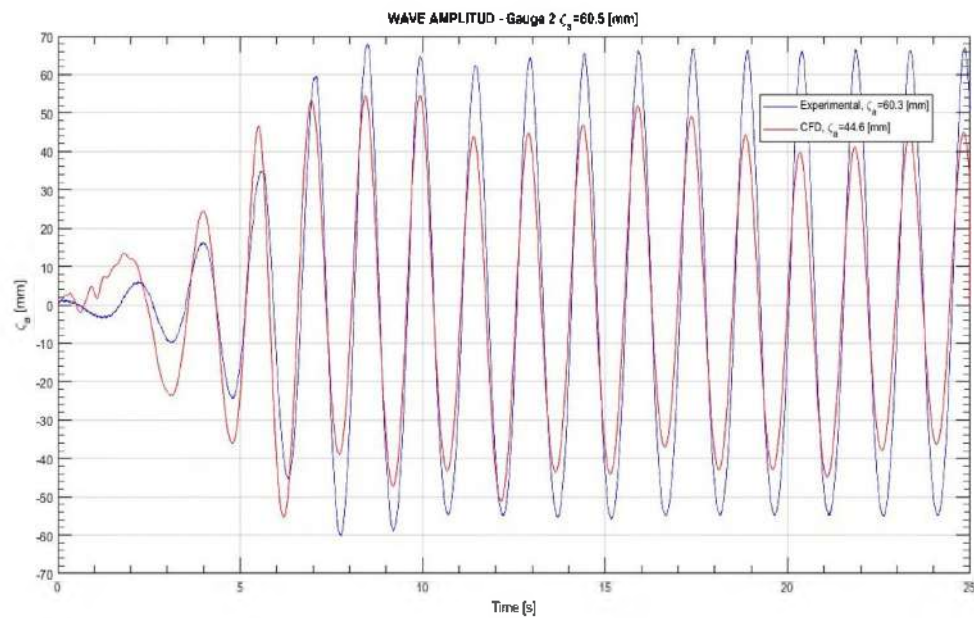
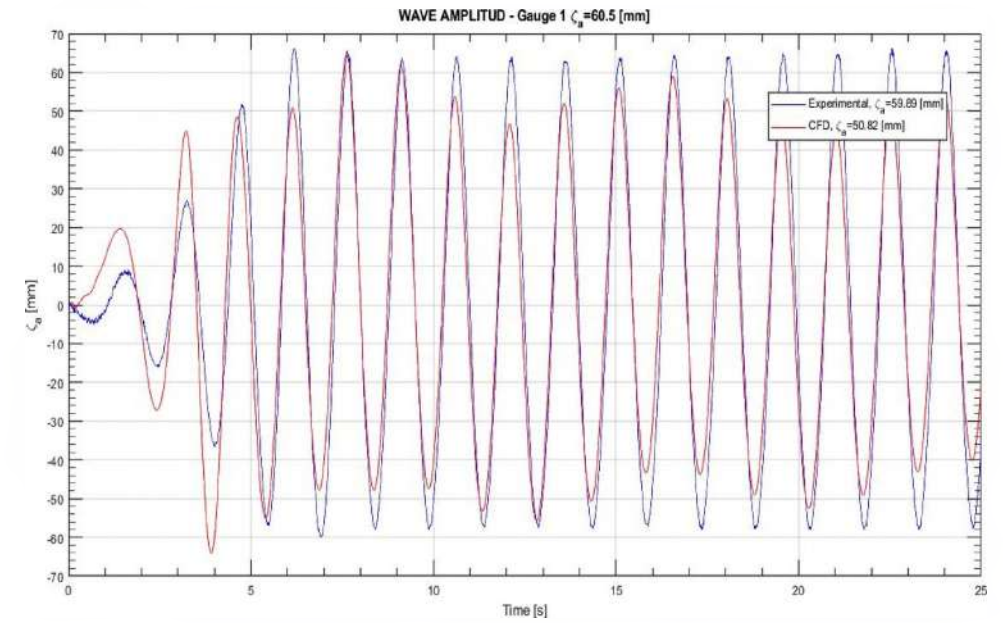
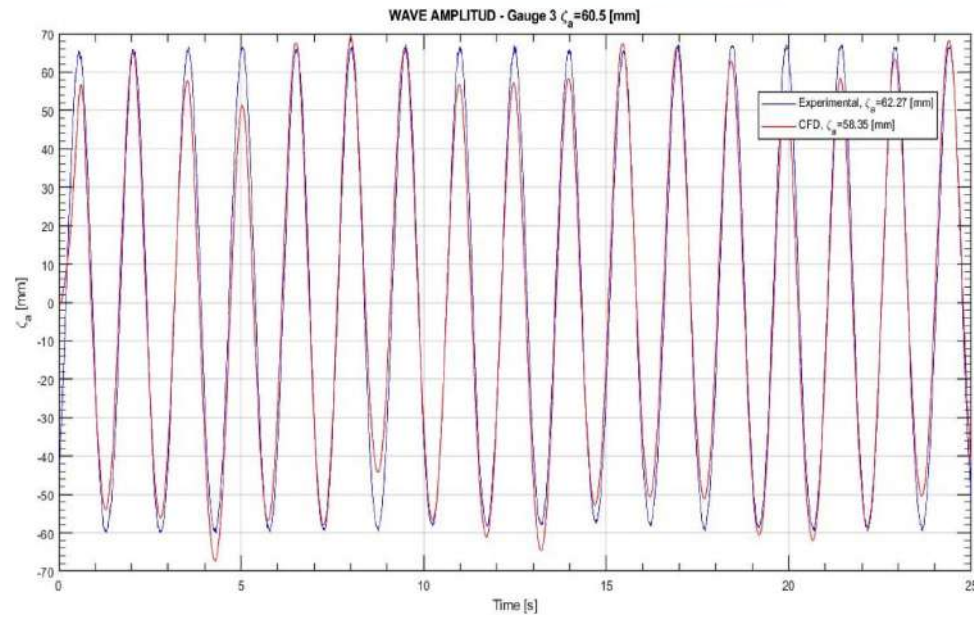
Modelos

	Modelo
Espacio	Three-dimensional
Tiempo	Implicit Unsteady
Material	Eurelian Multiphase
Multifase	Volume Of Fluid (VOF)
Régimen viscoso	Turbulent
Modelo de turbulencia	K-Epsilon Turbulence
Flujo	VOF Waves
Opcional	Gravity

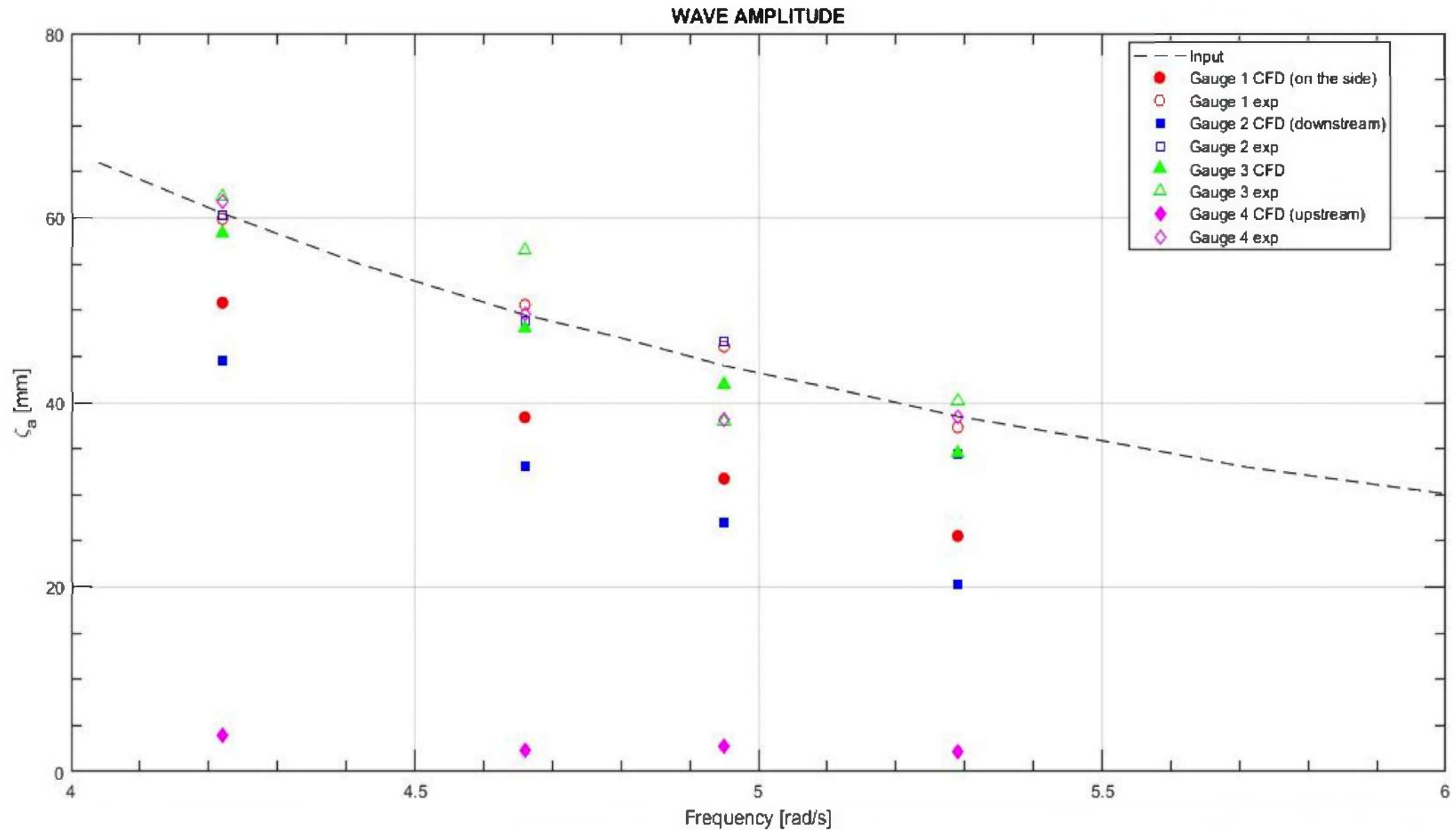
RESULTADOS



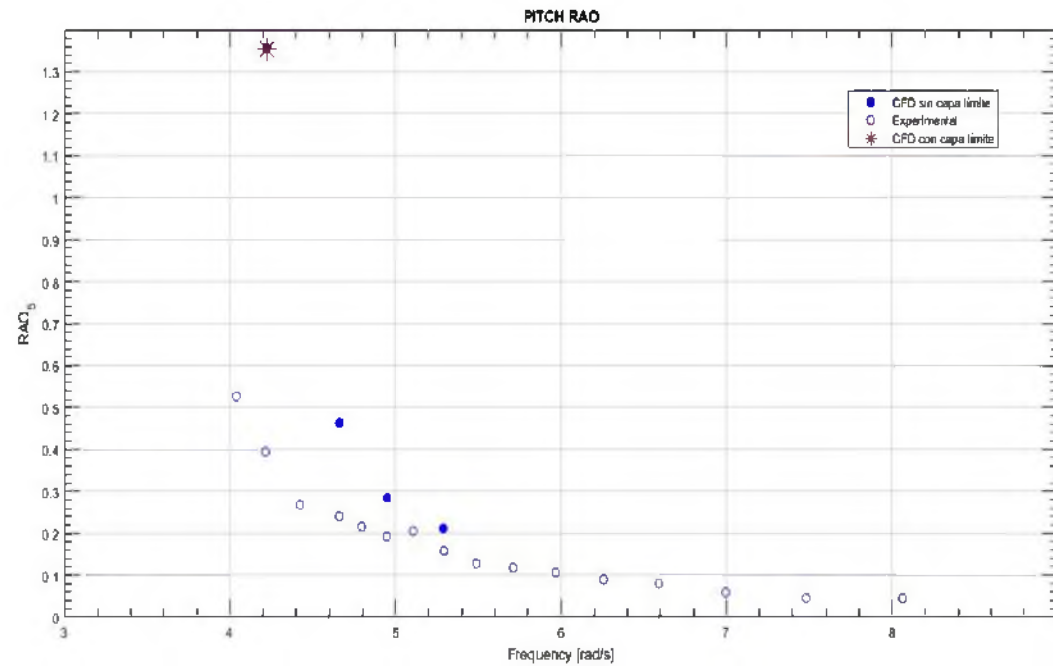
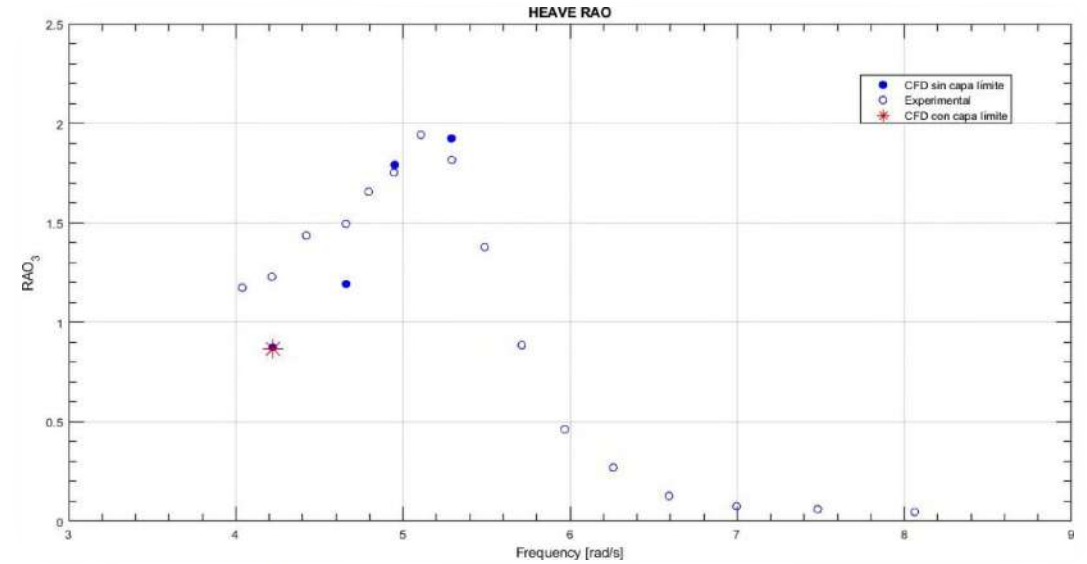
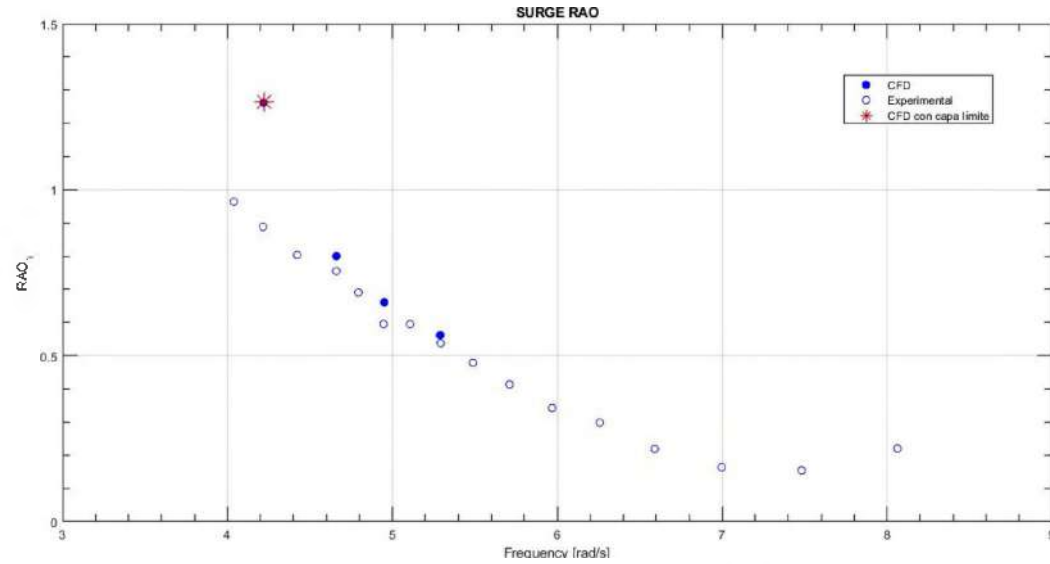
Oleaie Regular $\zeta_a = 121$ [mm]



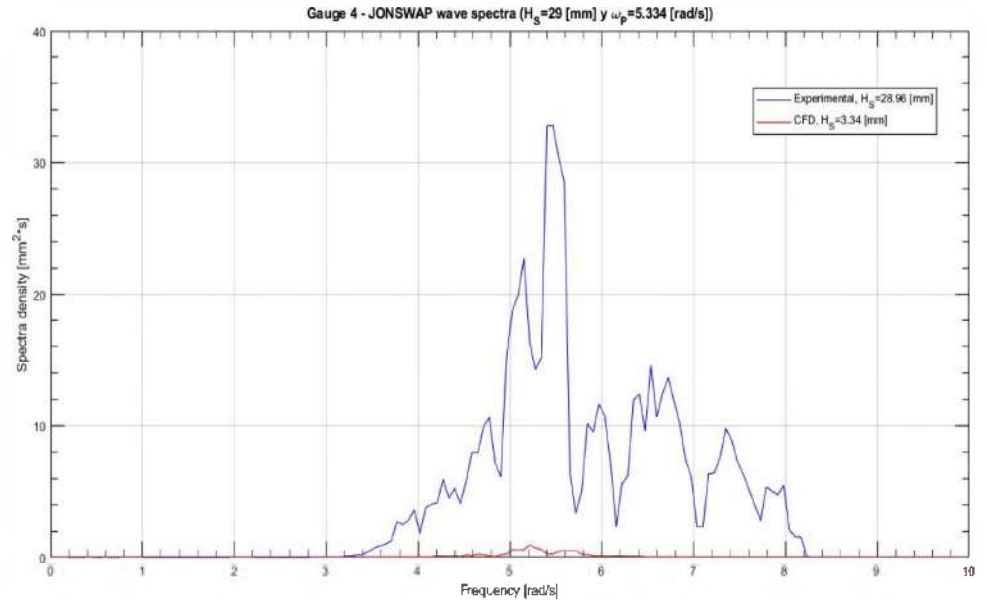
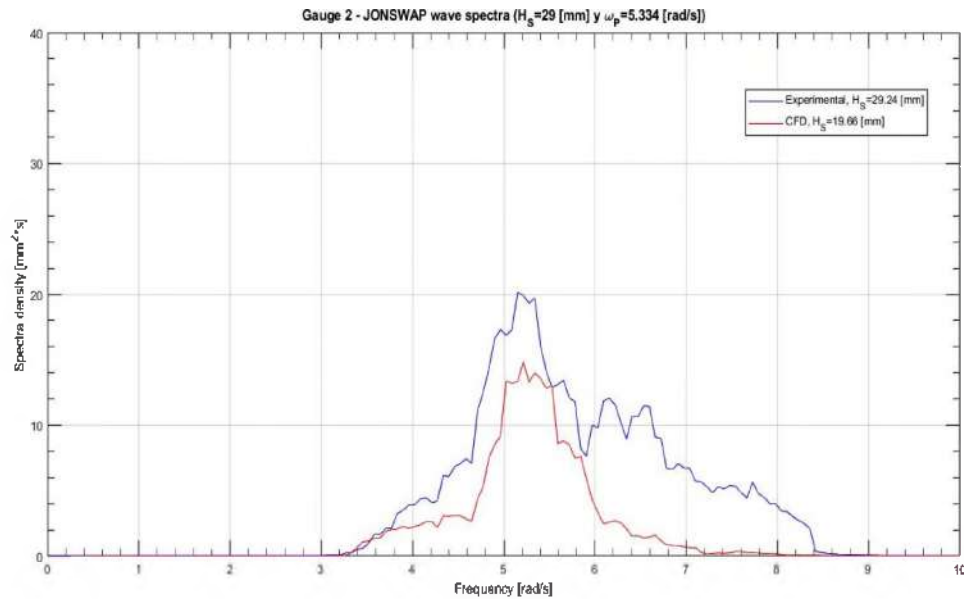
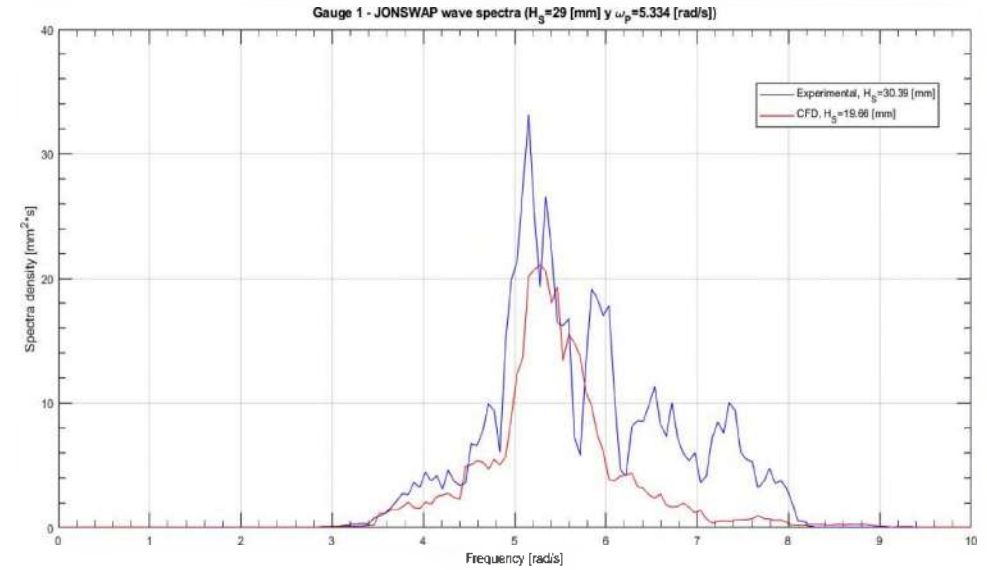
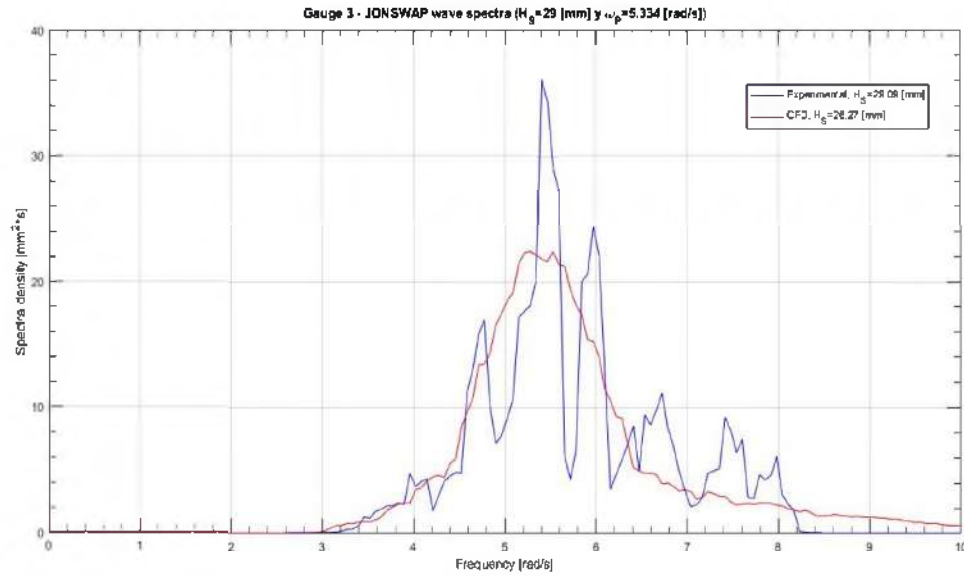
Oleaje Regular



RAO Oleaje Regular

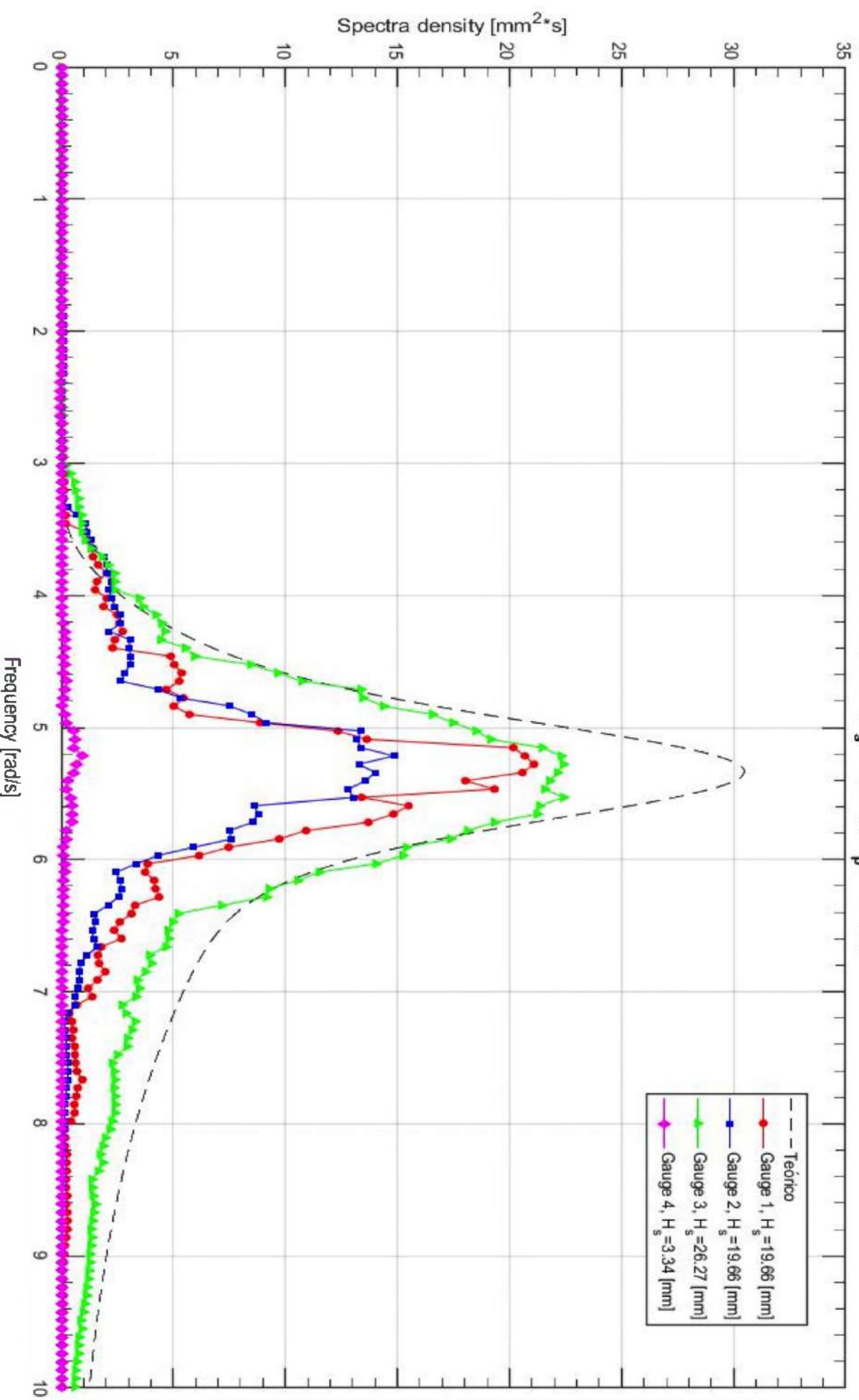


Oleae Irregular $H_c = 29$ [mm]. $\omega_p = 5.334$ [rad]

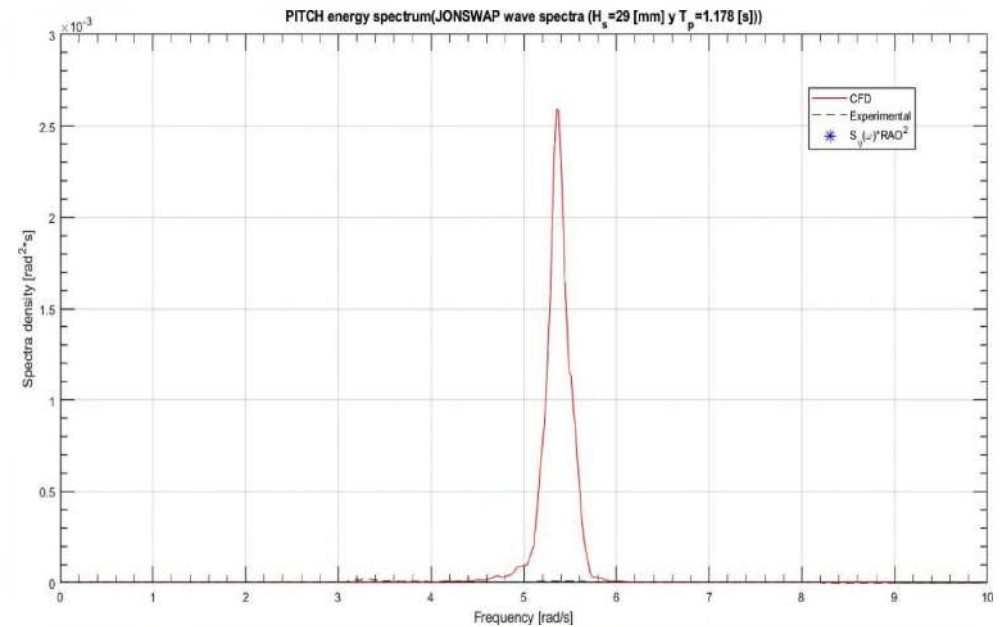
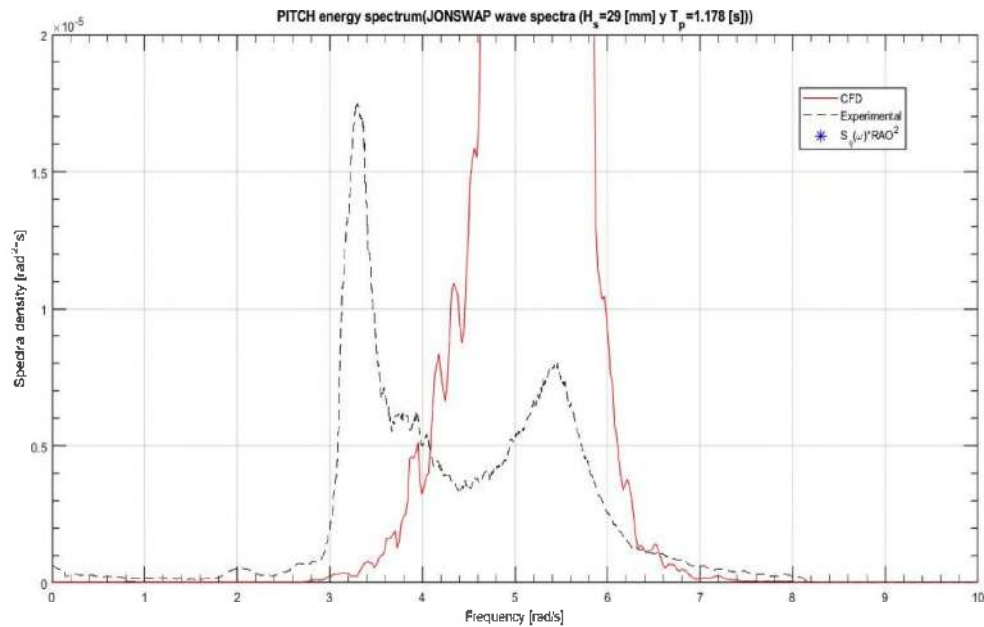
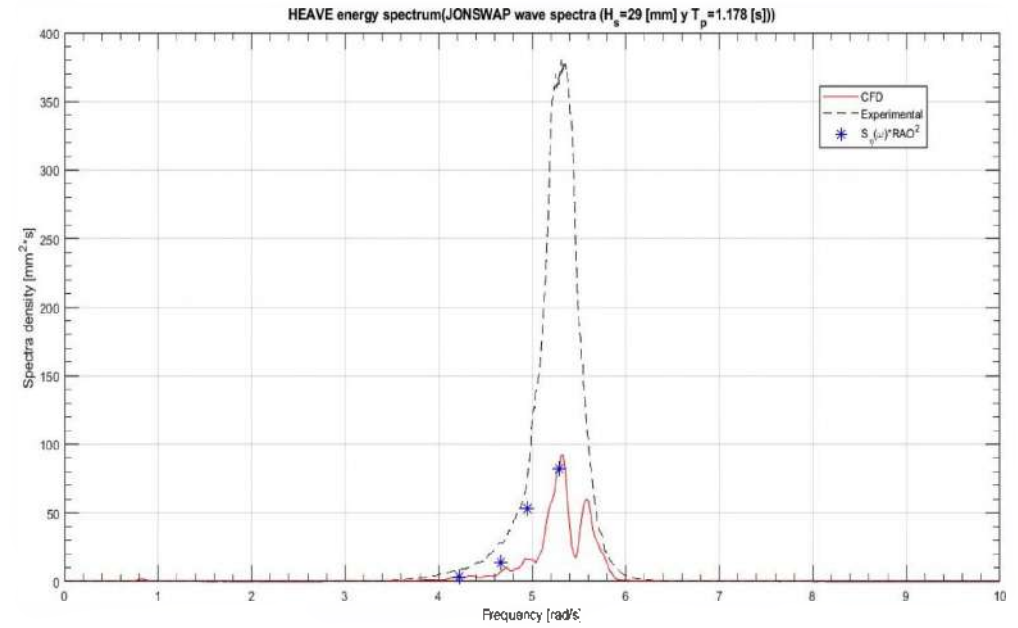
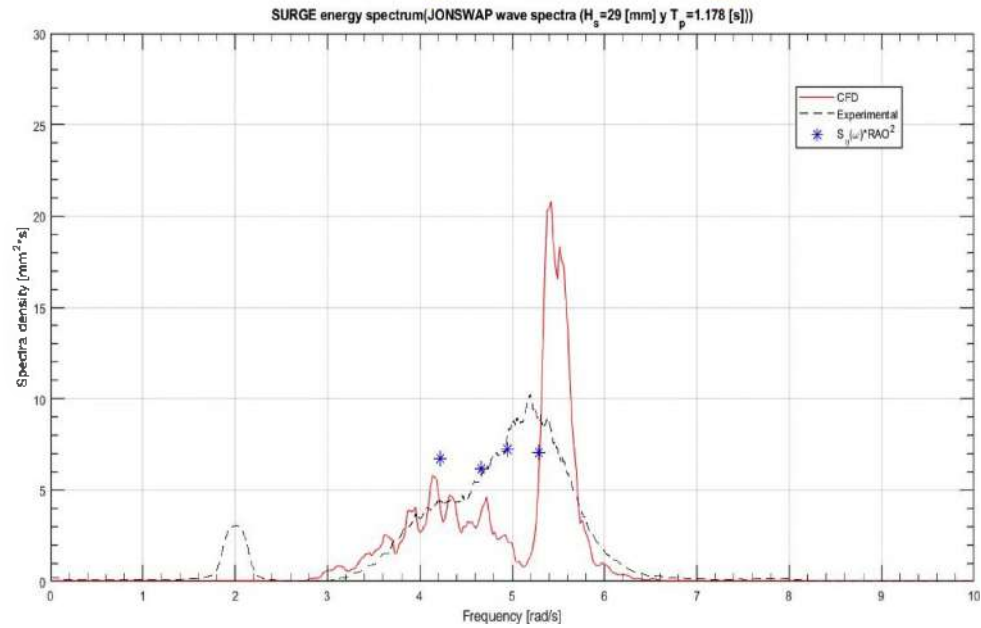


Oleaje Irregular

JONSWAP wave spectra ($H_s=29$ [mm] y $T_p=1.178$ [s])



RAO Oleaje Irregular



CONCLUSIONES

Conclusiones

- Gran potencial para FOWT en Chile.
- Buena aproximación de los sensores en las series de tiempo en oleaje regular y espectros de oleaje irregular.
- Tendencia gráfica en los resultados de RAO en oleaje regular.
- Mayores diferencias en los espectros de movimiento en oleaje irregular.
- Consideraciones a futuro.

Análisis y validación del comportamiento dinámico de una Plataforma Eólica Flotante en olas regulares mediante CFD

Katherine Álvarez Castillo

**Estudiante de Magíster en Ingeniería Naval y Oceánica
Universidad Austral de Chile**

katherine.alvarez01@alumnos.uach.cl

enaval@uach.cl

<https://ingenierianavaluach.cl/>

