MODELADO NUMÉRICO Y EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE FONDEO PARA ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS

C. Barrera, R. Guanche, J. A. Armesto

Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria – IHCantabria
Universidad de Cantabria

www.ihcantabria.com

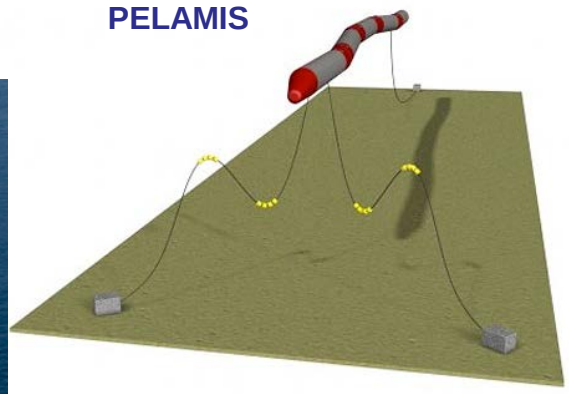
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LÍNEAS DE FONDEO

LA ENERGÍA EÓLICA MARINA Y LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ PRESENTAN MEJORES CARACTERÍSTICAS DE EXPLOTACIÓN DEL RECURSO EN AGUAS PROFUNDAS

NECESIDAD DE DISEÑAR ESTRUCTURAS FLOTANTES

LINEAS DE FONDEO: ELEMENTOS CRÍTICOS EN LA ESTABILIDAD Y SUPERVIVENCIA DE LA ESTRUCTURA

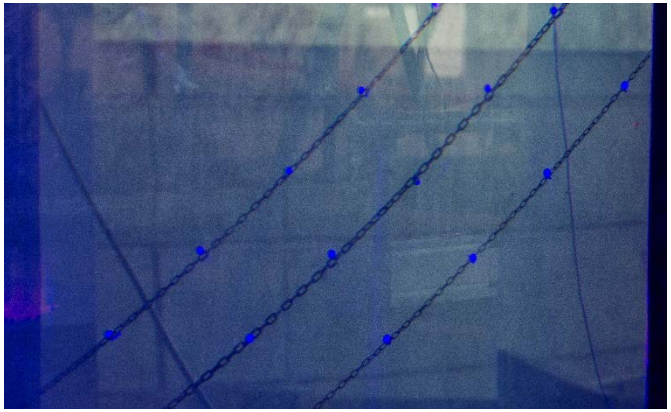
PELAMIS

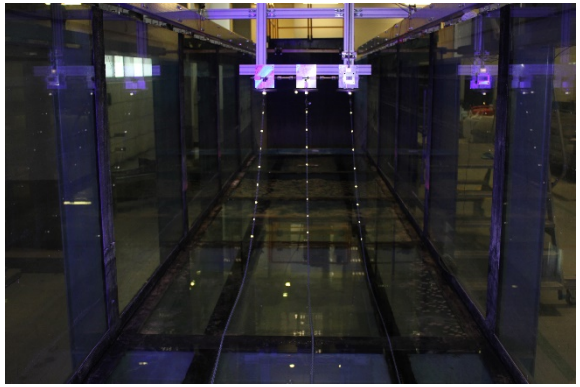


OBJETIVOS

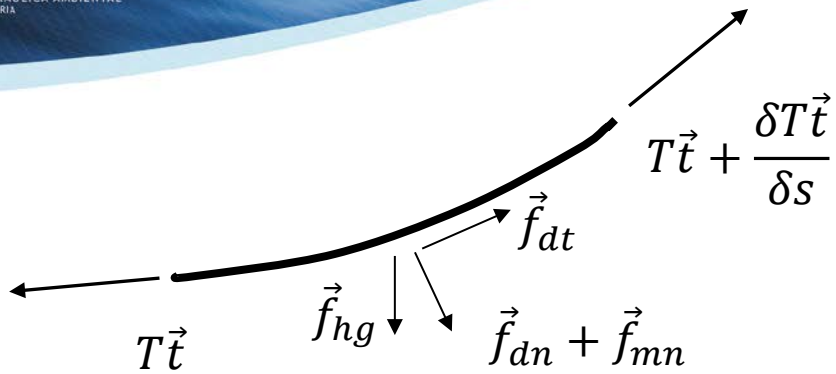
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CATENARIAS (MOVIMIENTOS&TENSIONES) EN MODELADO FÍSICO

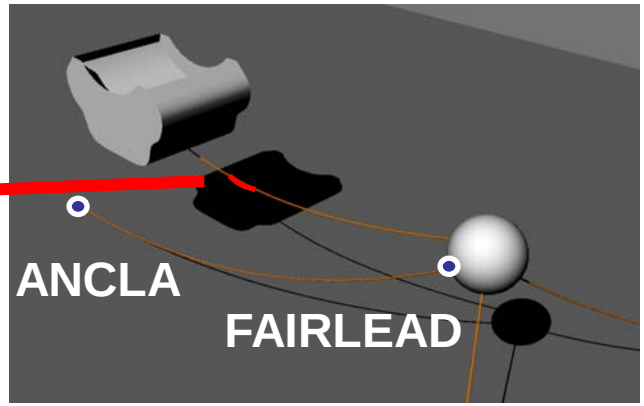
IMPLICACIONES DE LOS MODELOS CUASIESTÁTICOS Y DINÁMICOS





MÉTODOS DE CÁLCULO





1. Modelo cuasiestático.

$$X_F(H_F,V_F) = L - \frac{V_F}{w} + \frac{H_F}{w} ln\left[\frac{V_F}{H_F} + \sqrt{1+\left(\frac{V_F}{H_F}\right)^2}\right] + \frac{H_F L}{EA} + \frac{C_B w}{2EA}\left[-\left(L-\frac{V_F}{w}\right)^2 + \left(L - \frac{V_F}{w} - \frac{H_F}{C_B w}\right) MAX\left(L - \frac{V_F}{w} - \frac{H_F}{C_B w}, 0\right)\right]$$

$$Z_F(H_F,V_F) = \frac{H_F}{w} ln\left[\sqrt{1+\left(\frac{V_F}{H_F}\right)^2} - 1\right] + \frac{V_F^2}{2EAw}$$

2. Modelo dinámico. 2 Ley de Newton.

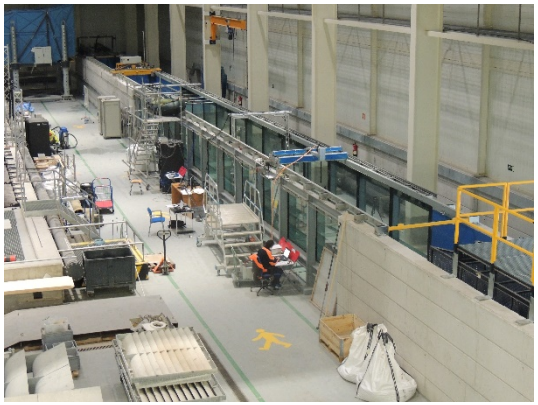
$$\rho_0 \frac{\delta^2 \vec{r}}{\delta t^2} - \frac{\delta}{\delta s}\left(EA_0 \frac{e}{1+e}\frac{\delta \vec{r}}{\delta s}\right) - \left(\vec{f}_{hg} + \vec{f}_{dt} + \vec{f}_{dn} + \vec{f}_{mn}\right)(1+e) = 0$$

MASA **ACELERACIÓN** **FUERZAS EXTERNAS**

MÉTODOS DE RESOLUCIÓN:

- Masas concentradas
- Elementos finitos (elementos lineales, discontinuos Galerkin)
- Barras rígidas

DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL DEL SET UP: MODELO FISICO



OBJETIVOS: Modelado físico del comportamiento de catenarias bajo <u>MOVIMIENTOS IMPUESTOS, OLEAJE, CORRIENTE Y OLEAJE CORRIENTE CON Y SIN FONDO ARENOSO</u>

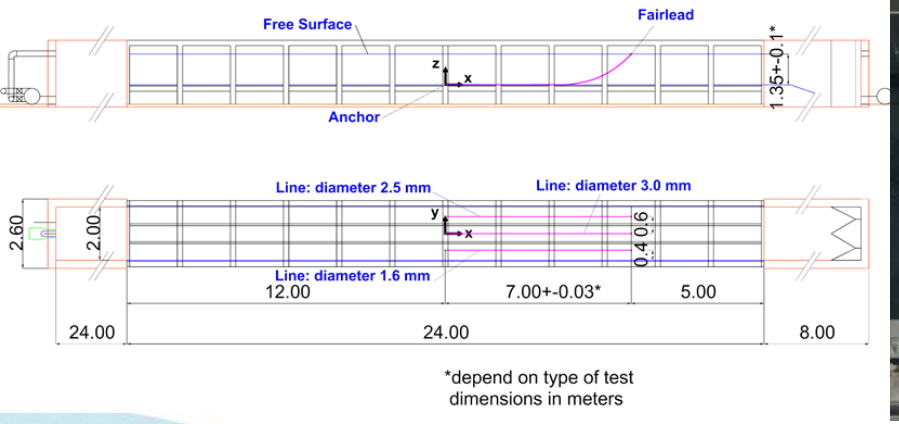
Instalación: Canal de Oleaje Corriente de Tsunamis (COCoTsu)

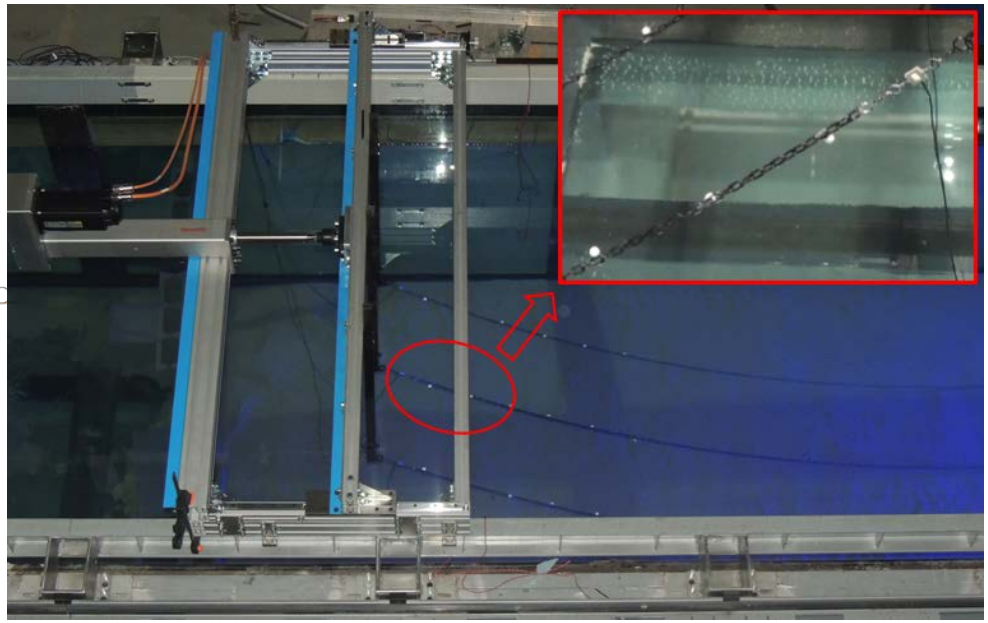
Profundidad objetivo: 60 m

Pesos de la catenaria: 70 kg/m, 170 kg/m y 260 kg/m

Longitud de la catenaria: 292 m

Escala: 1/40 Escala de Froude

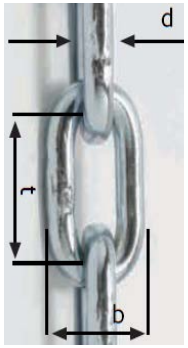


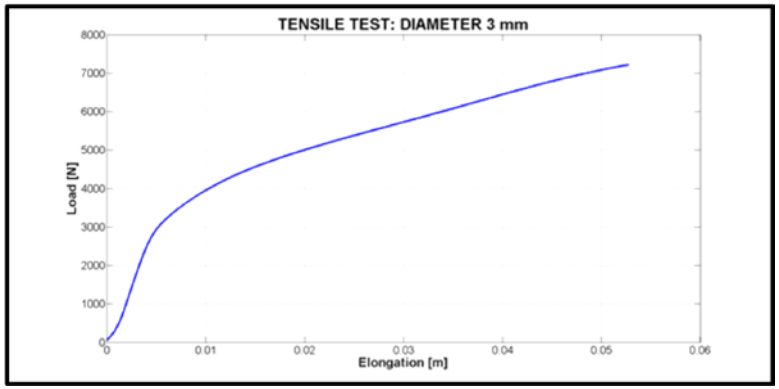


DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL DEL SET UP: MODELO FISICO

CARACTERIZACIÓN DE LAS CATENARIAS

DIÁMETRO d (mm)	t (mm)	b (mm)	LONGITUD (m)	MASA (kg/m)	MUELLE (N/m)
1,6	13	8	7,305	0,0468	975
2,5	16	9,5	7,305	0,1145	1987
3	18	11	7,305	0,162	2772





PROPIEDADES	1,6	2,5	3
LONGITUD INICIAL (mm)	514,17	500,1	491,8
CARGA DE ROTURA (N)	358	4200	7210
ELONGACIÓN (m)	0.00342	0.03613	0.05277
RIGIDIDEZ (N/m)	119548	489614	740745
DIÁMETRO EQUIVALENTE (mm)	0.0033	0.0045	0.0052

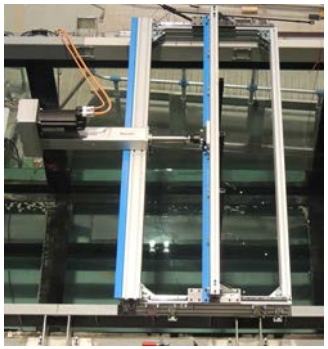
DESCRIPCIÓN DE LOS TESTS: PLAN DE ENSAYOS

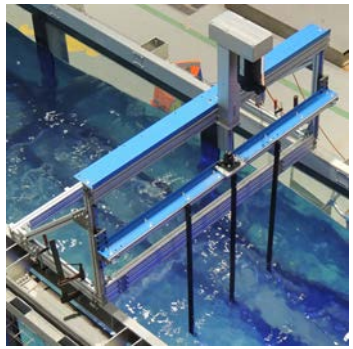
MOVIMIENTOS IMPUESTOS			
MOVIMIENTOS	**2A (m)**	**T (s)**	**Arena**
SURGE	0,075	0,79-1,26-1,58-2,37-3,16-4,74-6,32-7,91	No
	0,15	0,79-1,26-1,58-2,37-3,16-4,74-6,32-7,91	Si
	0,25	0,79-1,26-1,58-2,37-3,16-4,74-6,32-7,91	Si
HEAVE	0,075	0,79-1,26-1,58-1,90-2,21-2,53-2,85-3,16-3,48	Si
	0,15	0,79-1,26-1,58-1,90-2,21-2,53-2,85-3,16-3,48	Si

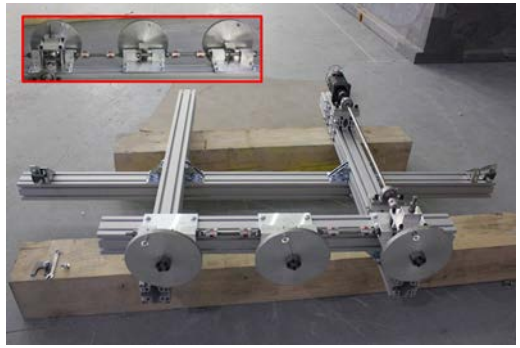
MOVIMIENTOS IMPUESTOS			
ROTACIONES	**Radio (m)**	**V (rad/s)**	**Arena**
ROLL	0,1	0,123-0,368-0,614-1,227-1,841-2,454	No
YAW	0,1	0,123-0,614-1,227	No
PITCH	0,12	0,061-0,184-0,307-0,368-0,920-1,227	Si

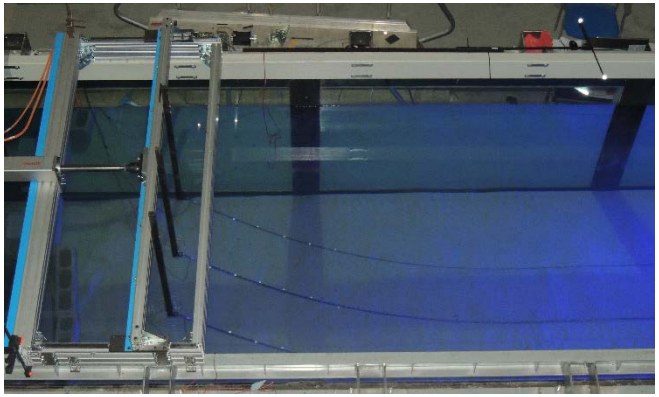
ESTADOS DE MAR		
OLEAJE	**H/Hs (m)**	**T(s)**
REGULAR	0,075	0,95-1,26-1,58-1,90-2,21
REGULAR	0,15	0,95-1,26-1,58-1,90-2,21
IRREGULAR	0,15	1,42
IRREGULAR	0,175	1,9
IRREGULAR	0,225	2,06

CORRIENTES		
SÓLO CORRIENTE (velocidad 0,08 m/s)	**CORRIENTE + OLEAJE**	**CORRIENTE + MOVIMIENTOS** (SURGE (0,15 m) /HEAVE (0,075 m))



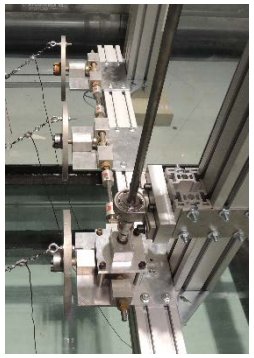




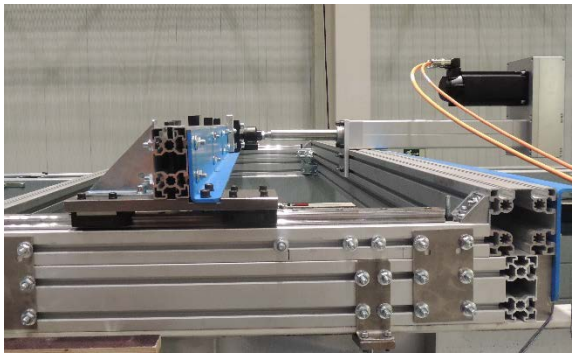


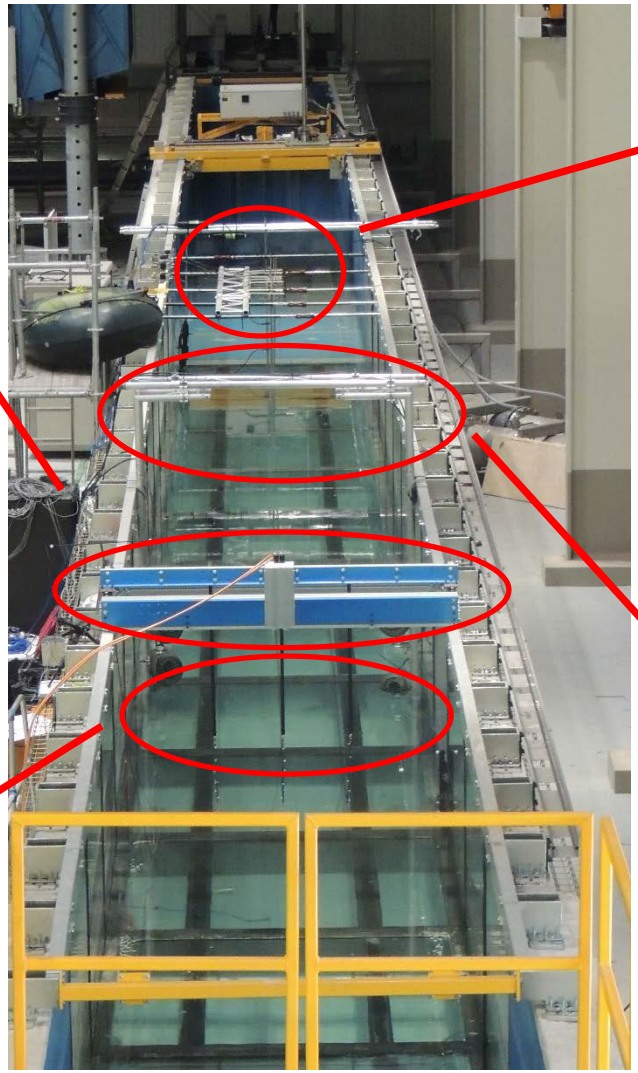
DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL: CANAL / INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Canal de Oleaje Corriente de Tsunamis (COCoTsu)



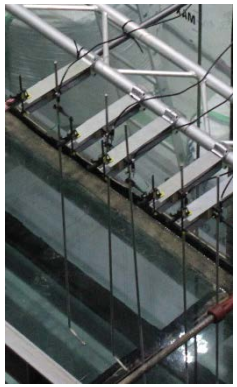
MÁQUINAS DE GENERACIÓN DE MOVIMIENTOS





SENSORES DE SUPERFICIE LIBRE

SENSORES DE CORRIENTES



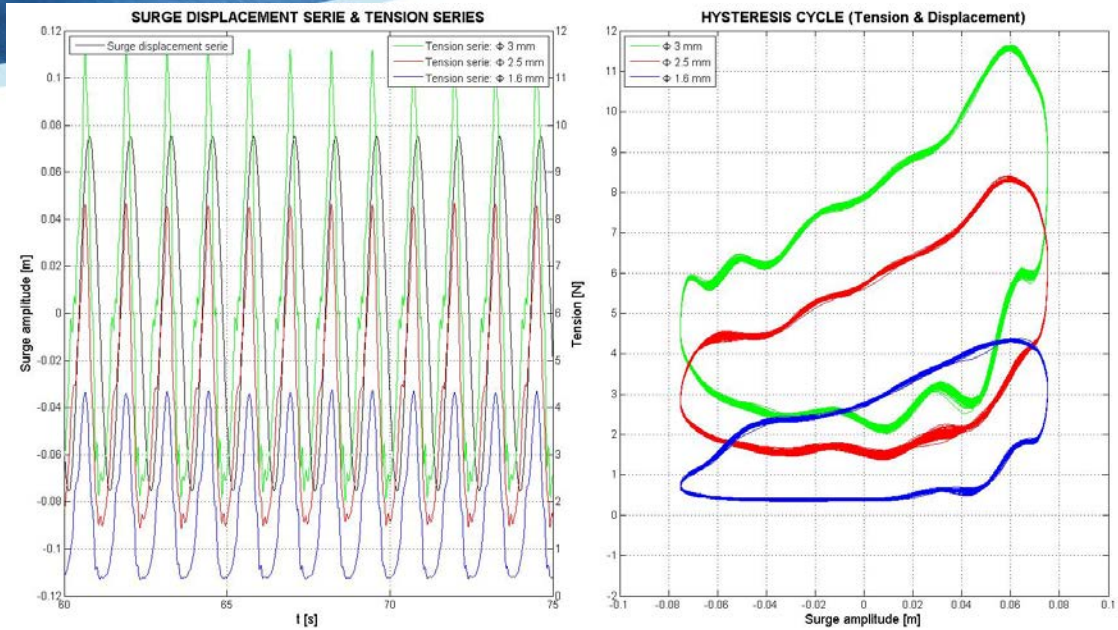
PÓRTICO QUALISYS

CÉLULAS DE CARGA

Y MARCADORES EN CATENARIAS

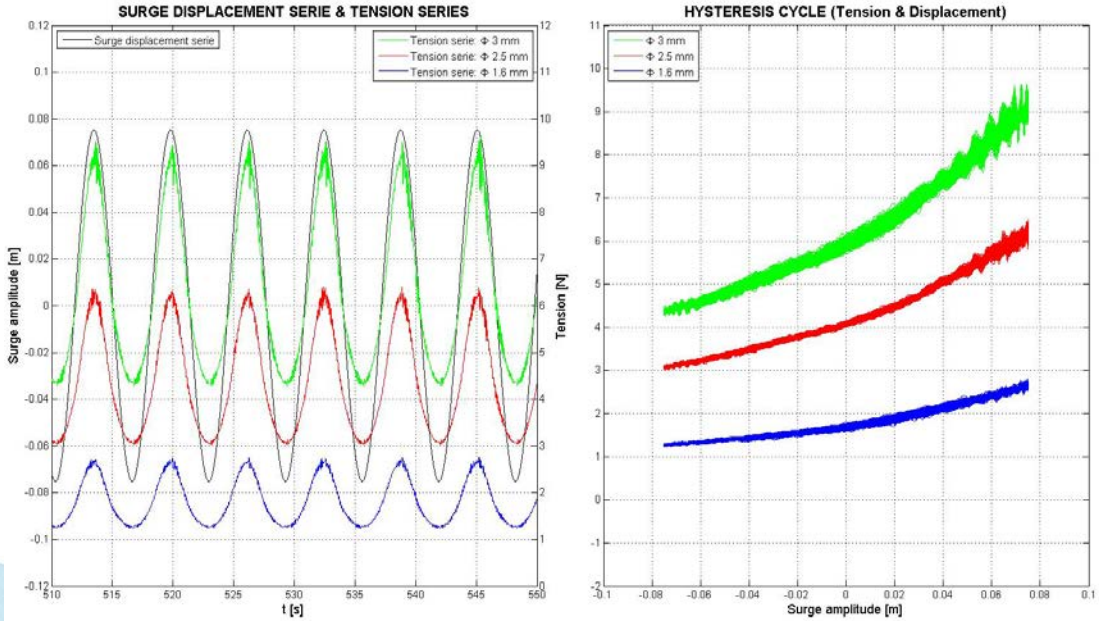
ANÁLISIS DE RESULTADOS

CASO: SURGE (2A=0,15 m, T=1,26 s)



ENERGÍA ABSORBIDA POR LA LÍNEA

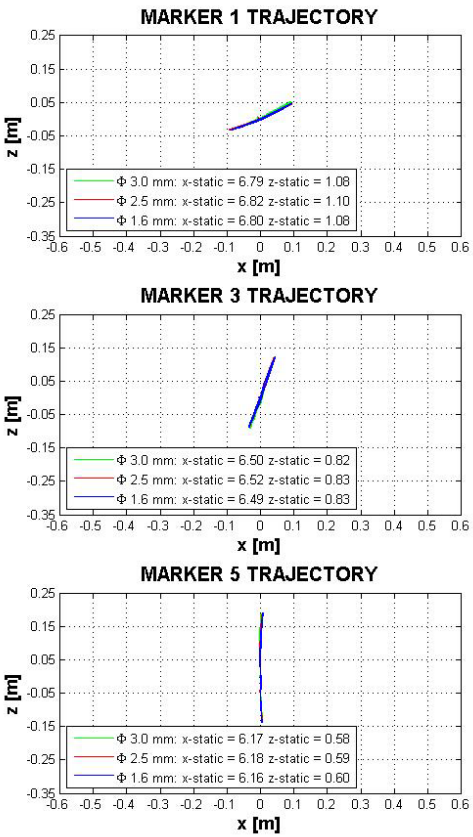
CASO: SURGE (2A=0,15 m, T=6,32 s)

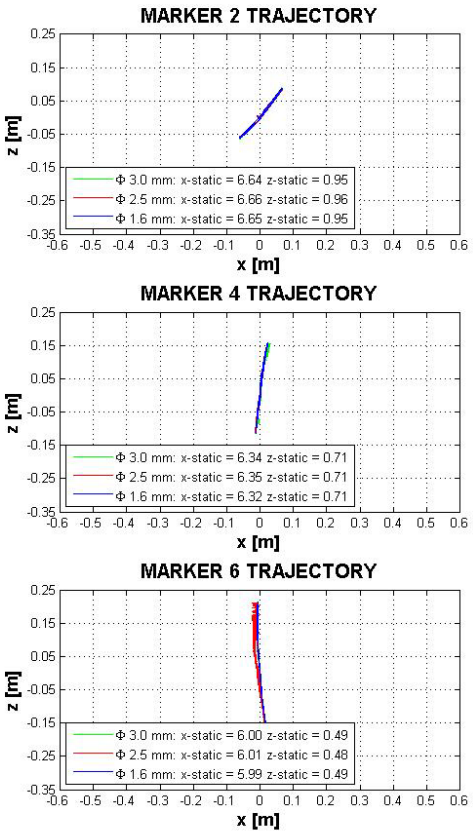


EFECTOS DINÁMICOS EN LAS TENSIONES

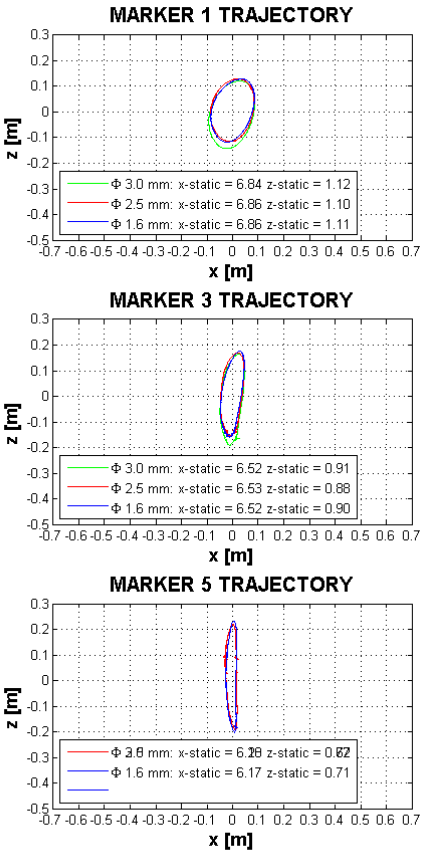
ANÁLISIS DE RESULTADOS

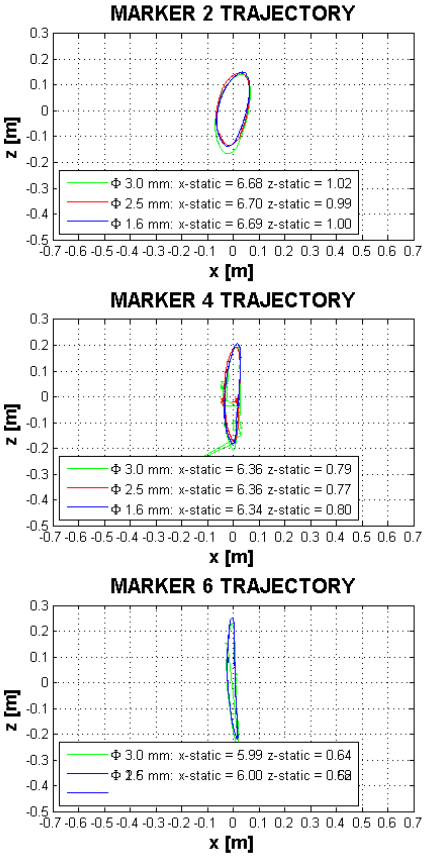
CASO: SURGE (2A=0,15 m, T=7,91 s)





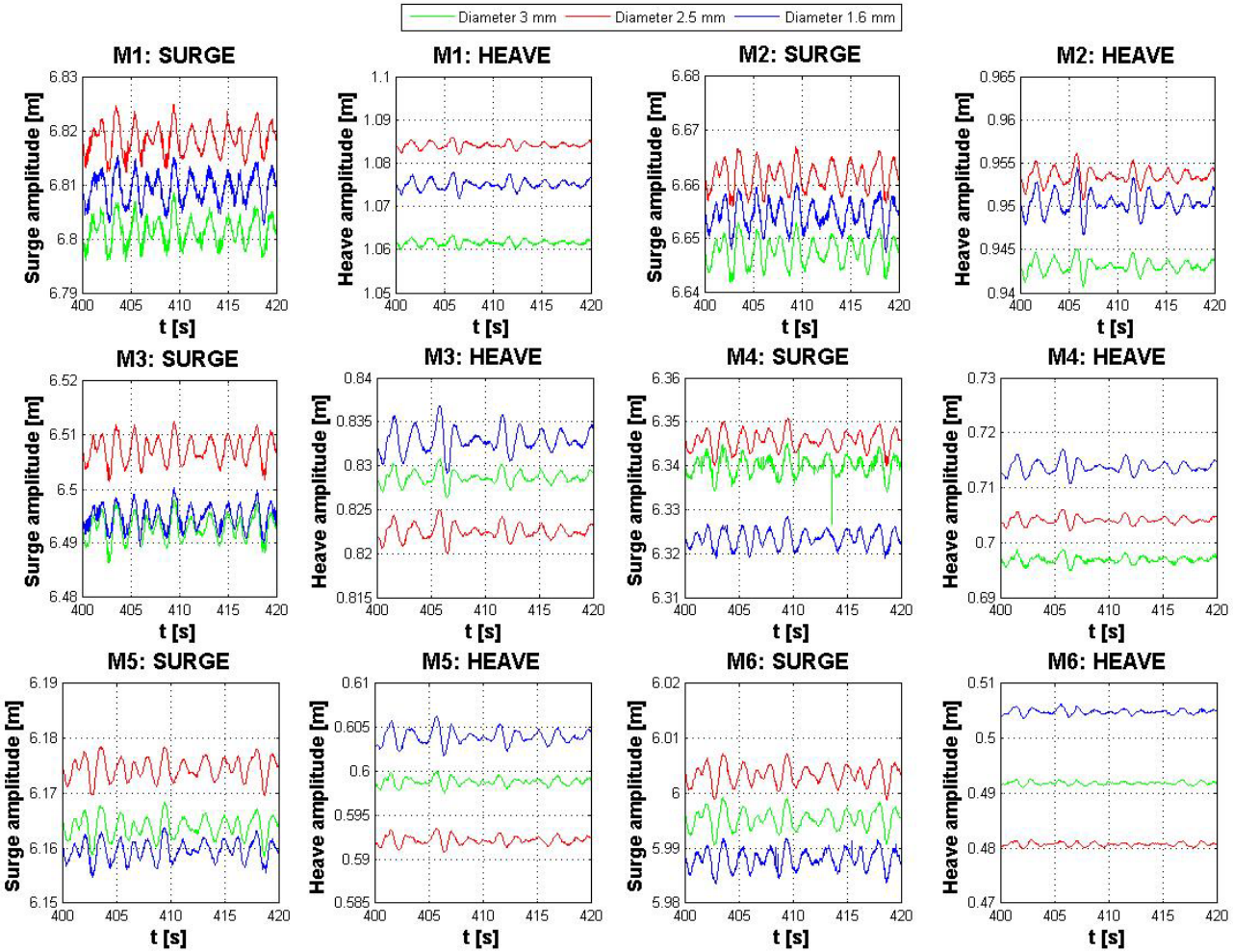
CASO: PITCH (R=0,12 m, v=1,227rad/ s)

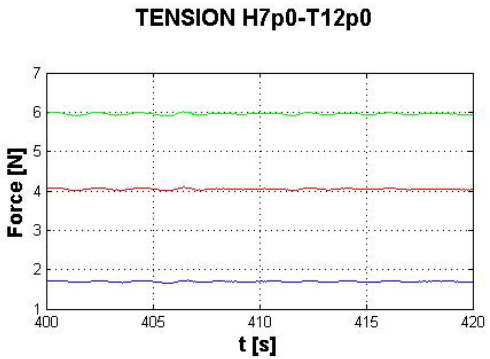




ANÁLISIS DE RESULTADOS

CASO: OLEAJE H7p0-T12p0

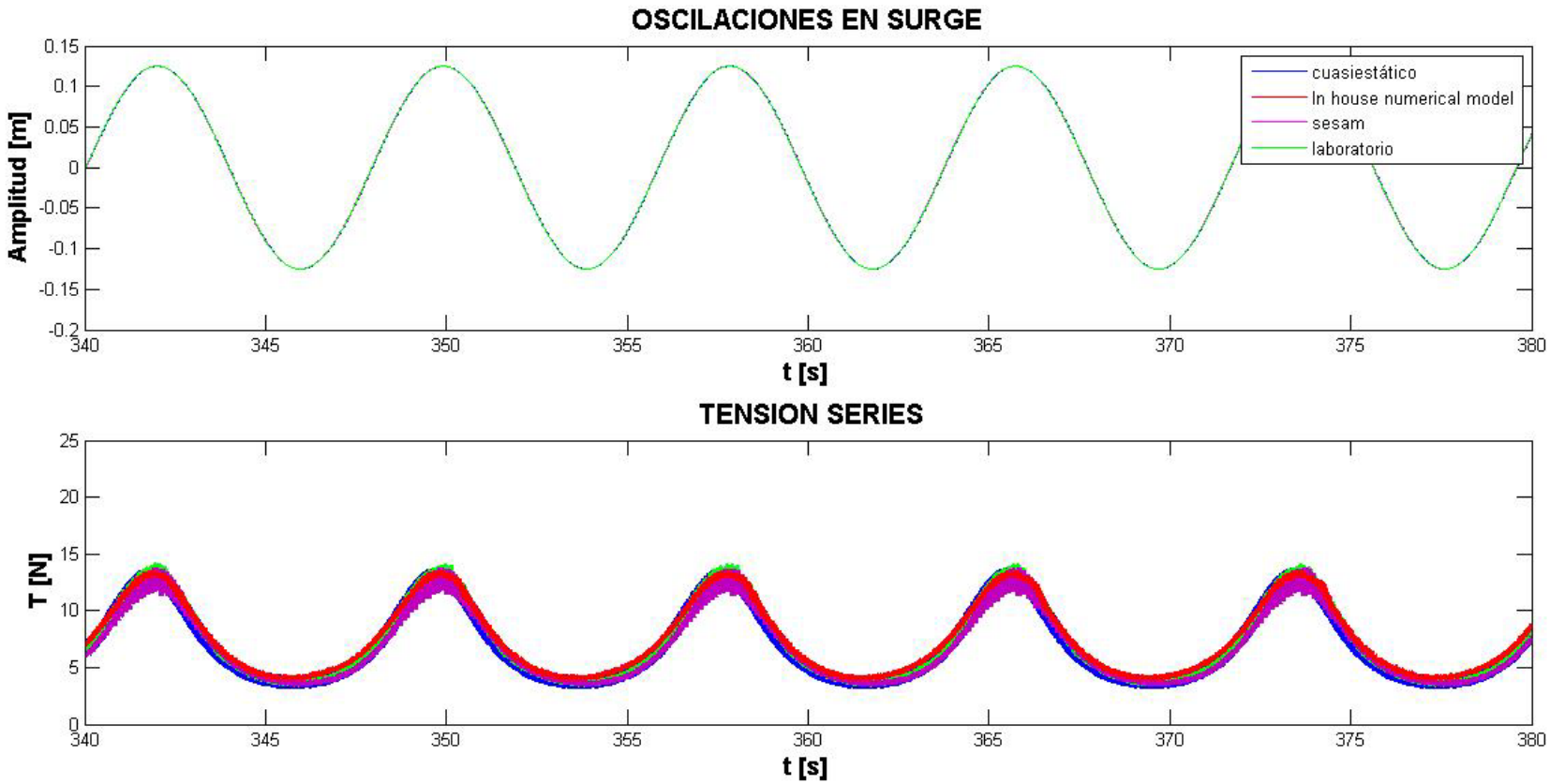




NOTA: LOS RESULTADOS ANALIZADOS SON LOS OBTENIDOS DIRECTAMENTE DEL LABORATORIO PUDIENDO ESTAR SUJETOS A INCERTIDUMBRES POR LA VARIACIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLS

PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VALIDACIÓN: CASO: SURGE (2A=0,250 m, T=7,91 s)



Modelos: Cuasiestatico, masas concentradas, sesam, ANSYS AQWA

Gracias por vuestra atención.

C. Barrera, R. Guanche, J. A. Armesto

barrerac@unican.es

Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria – IHCantabria
Universidad de Cantabria

www.ihcantabria.com