



CONGRESO INTERNACIONAL DE **V** DISEÑO E INGENIERÍA NAVAL

Marzo 15 - 17 de 2017



Universidad
Tecnológica
de Bolívar

GUAYNEQUE, BO, COLOMBIA



Acreditación Internacional
de Alta Calidad
Por el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica de Bolívar

EDGARD MULFORD

**Methodology for the Experimental Analysis
of Offshore Systems in Deep and Ultra
Deep-water in the Colombian Caribbean Sea**

AGENDA

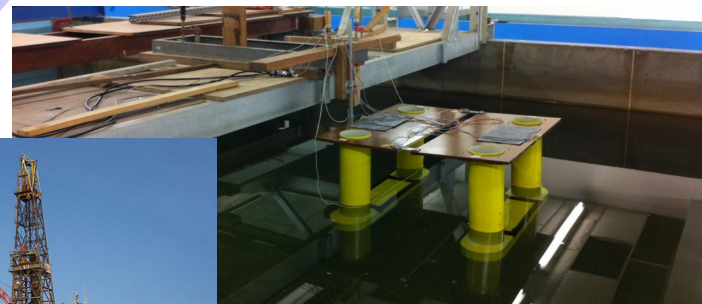
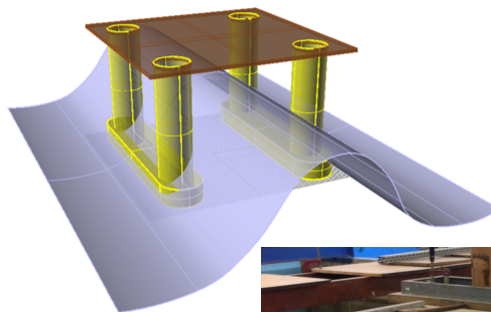
- ✓ Introducción
- ✓ Desafío Colombia
- ✓ Metodología Propuesta
- ✓ Validación
- ✓ Conclusiones

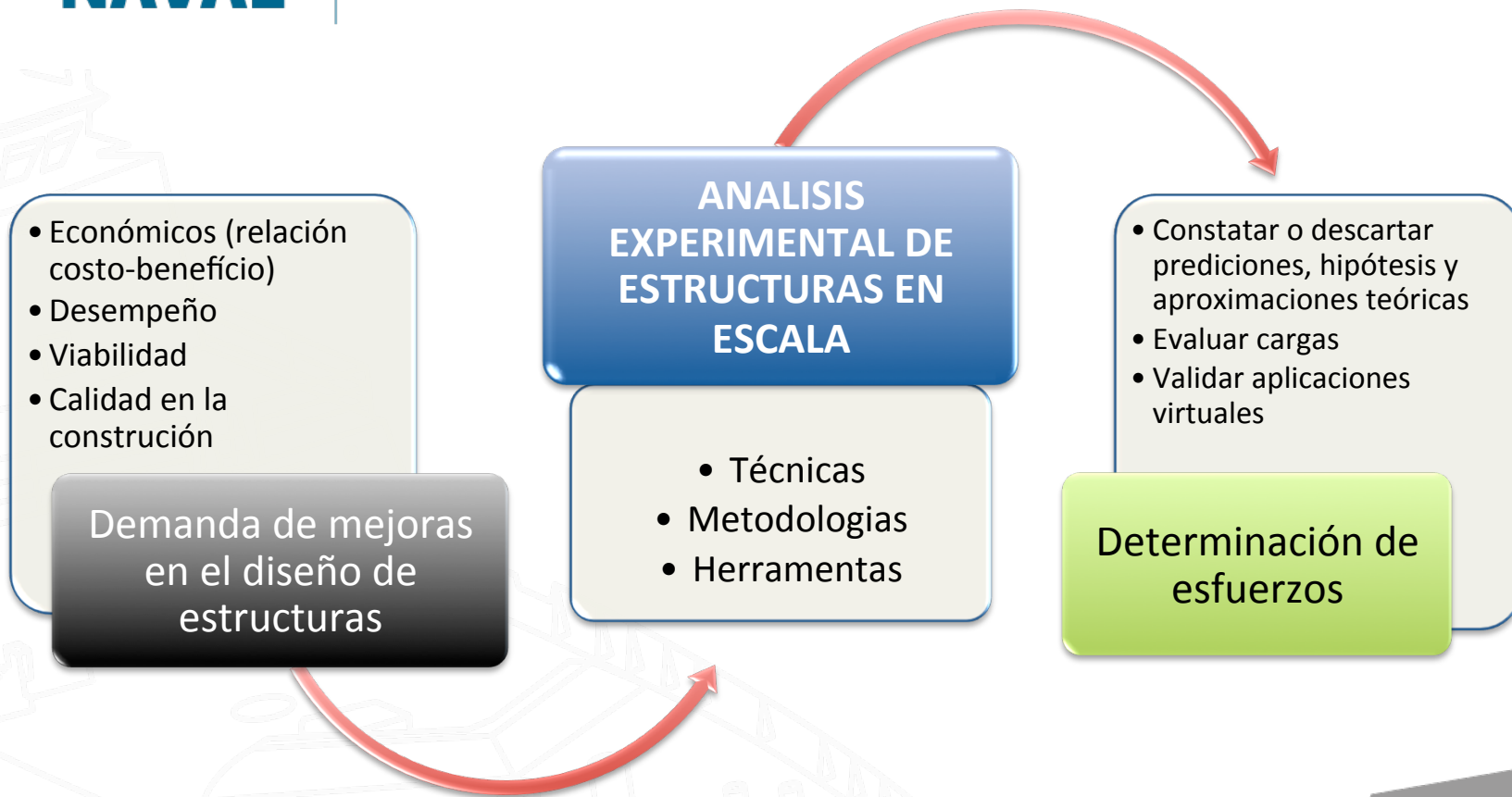
Edgard Mulford, MSc
edgard.mulford@gmail.com

Jairo Cabrera, PhD
jcabrera@unitecnologica.edu.co



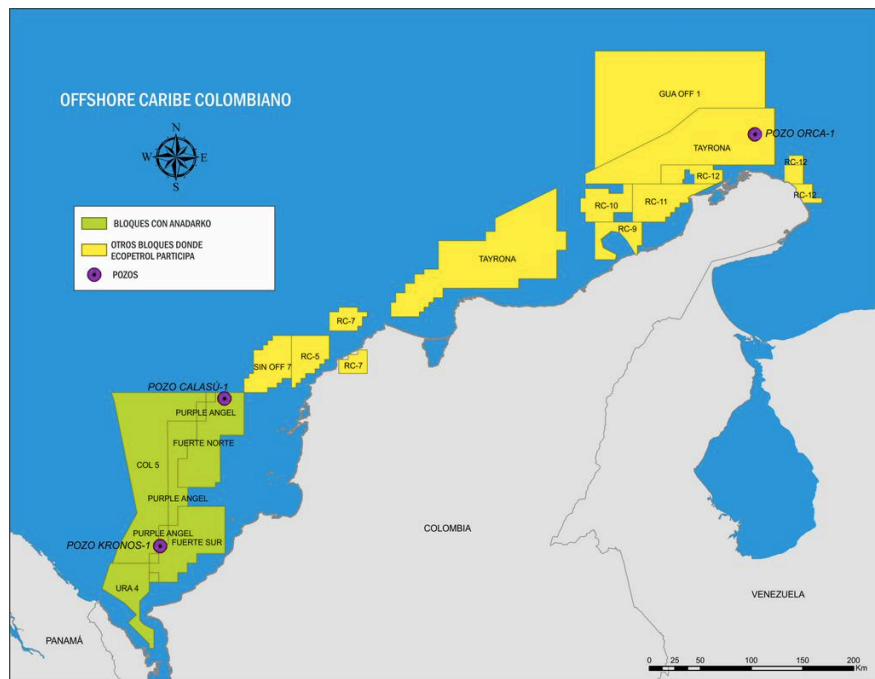
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo





Desafío COLOMBIA

Actividad Offshore (costa afuera) en el Caribe



Bloques de interés en el Caribe Colombiano (**Fuente:** ECP)



Requisitos Operacionales



Espiral de Diseño (Evans, 1959)

Síntesis de recomendaciones,
reglas y pasos definidos por:

Revisión Bibliográfica

- (Tachibana, 1994)
- (Chakrabarti, 1994-1998-2005)
- (Malta, 2010)
- (Steen, 2014)

Sociedades Clasificadoras

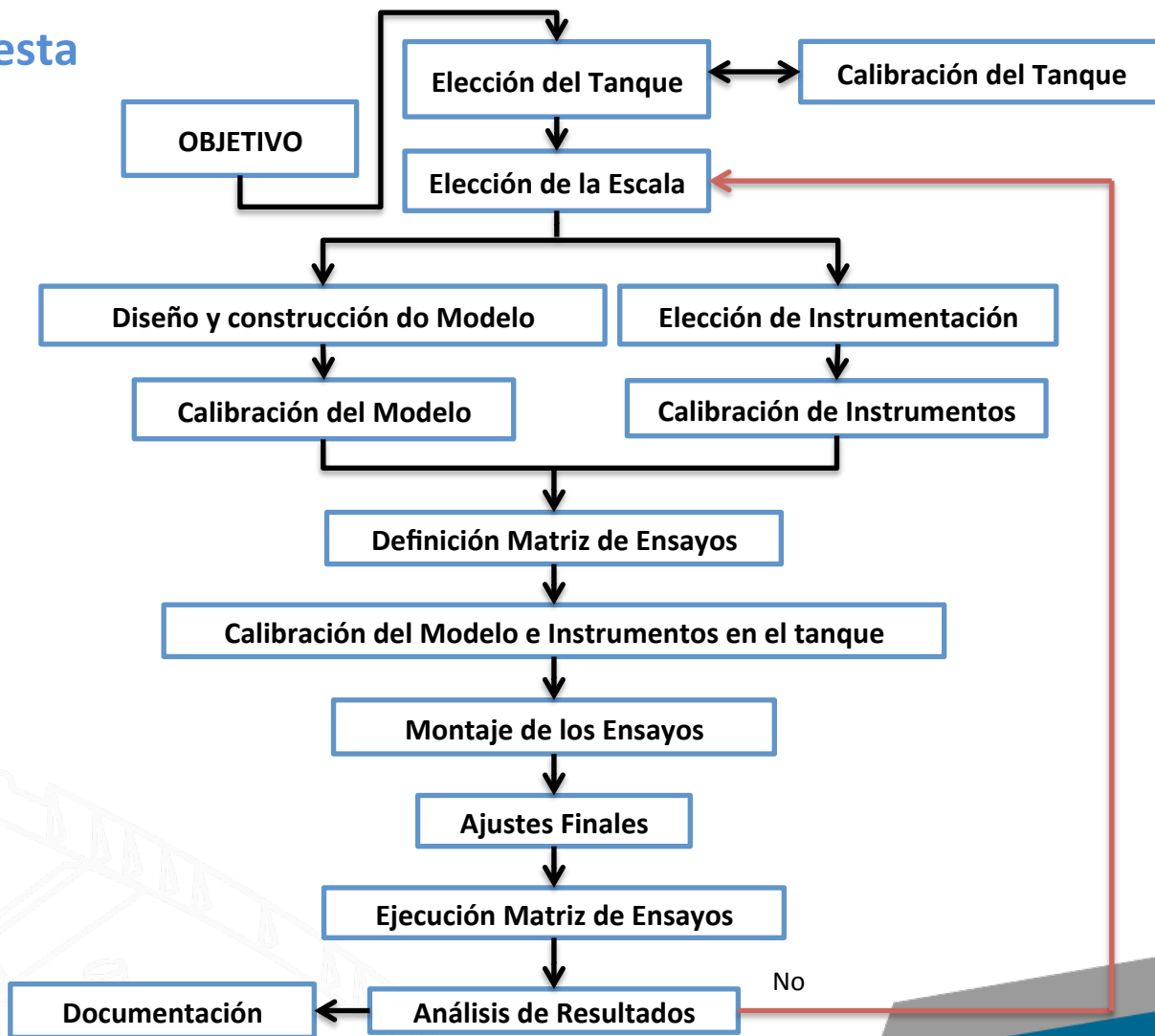
- (DNV, ABS, BV)

Conferencias Internacionales

- (ITTC, OTC)

Laboratorios de Investigación

- (NTNU, IPT)

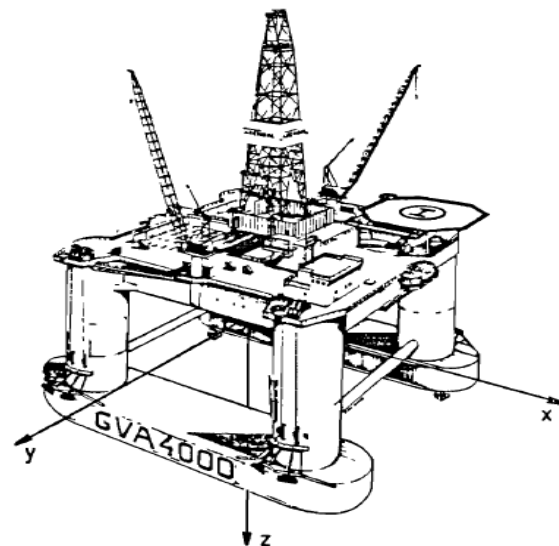


Objetivo



[<http://www.psa.no/>]

“Plataforma Offshore
Semi-sumergible
elegida para efectos de
validación de la
propuesta
metodológica”



GVA 4000

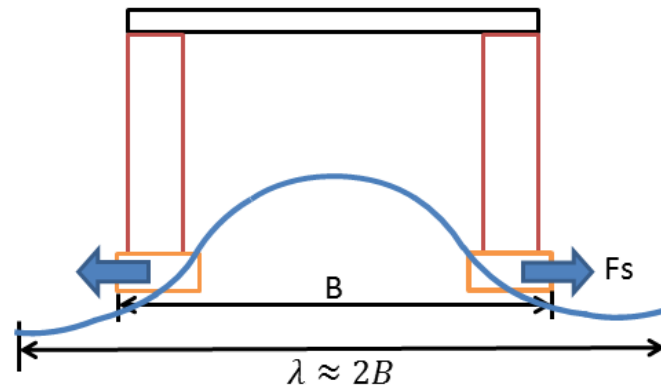
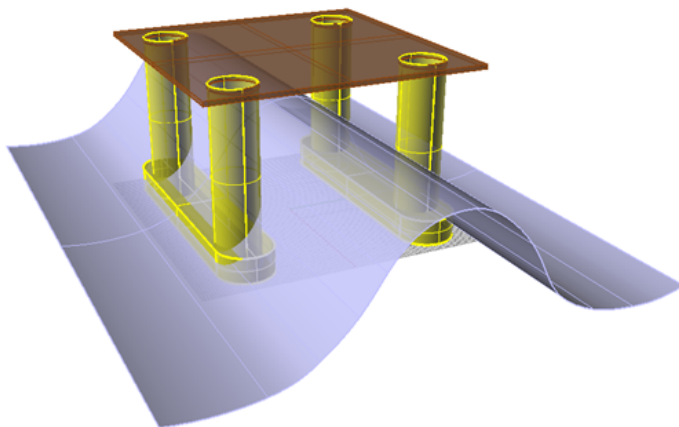
Plataforma Semisumergible de perforación de petróleo
[KALLSTROM, 1986]

Dimensões Reais Principais		
Comprimento total	85,60	m
Largura total	76,80	m
Espaçamento entre o centro das colunas	54,72	m
Altura desde quilha até o convés superior	41,00	m
Altura desde quilha até o convés inferior	33,00	m
Comprimento dos pontoons	80,60	m
Largura dos pontoons	16,00	m
Altura dos pontoons	7,50	m
Diâmetro das Colunas	12,90	m
Calado em operação	20,50	m
Deslocamento em operação	25310	m ³
Altura metacêntrica (GM)	2,40	m
Raio de giro em torno ao eixo x (K_{xx})	29,60	m
Raio de giro em torno ao eixo y (K_{yy})	27,30	m
Raio de giro em torno ao eixo z (K_{zz})	31,20	m

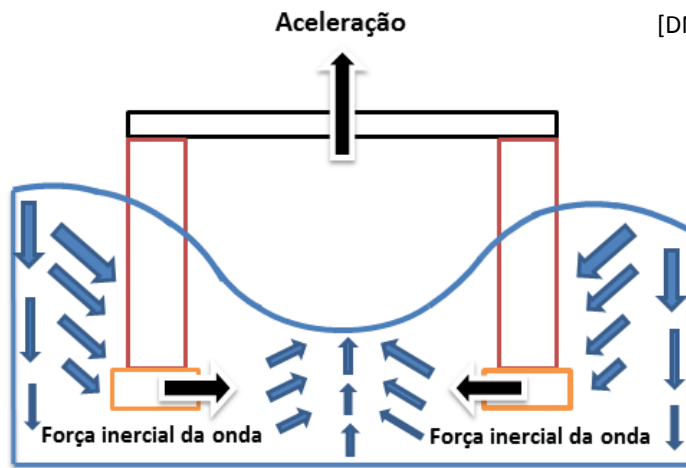
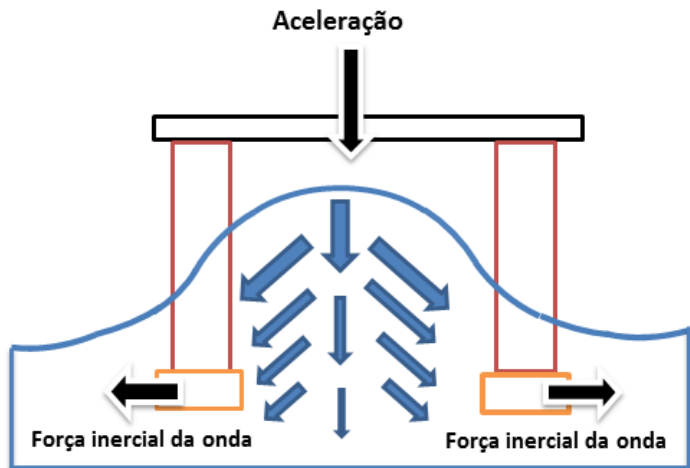
Objetivo

Momento Flector

en la cubierta de la plataforma debido a las fuerzas de separación en los flotadores generada por las olas.



[DNV Column-Stabilized units, 2012].



Criterio de Evaluación,
condición de ola crítica DNV.

Elección y calibración del tanque de olas

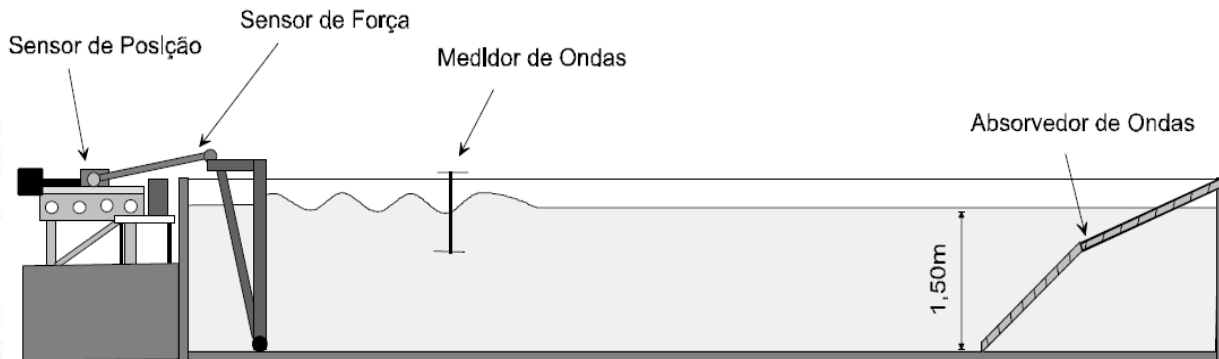
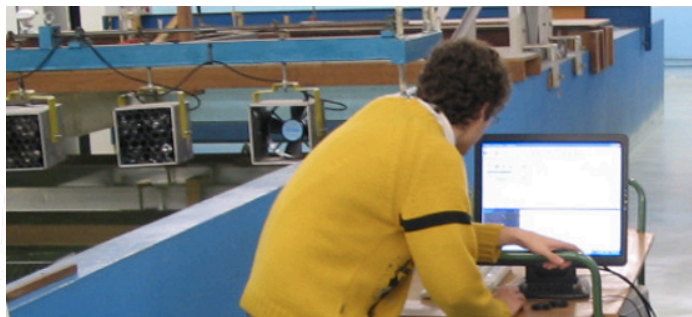


Diagrama esquemático del arreglo experimental del tanque LENO-USB [SOUZA, 2003].

Dimensiones principales del tanque de pruebas LENO-USB [MALTA, 2010].

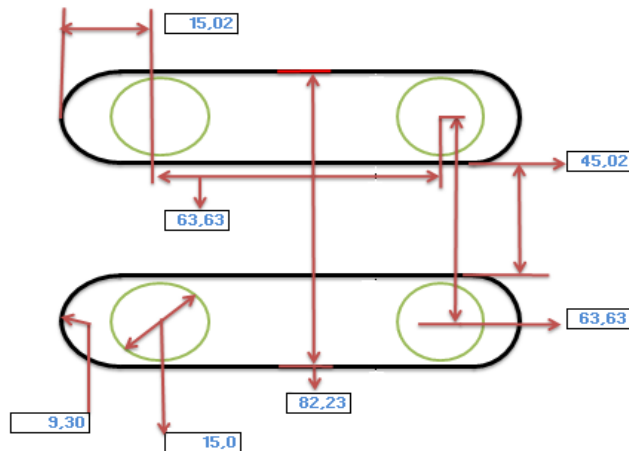
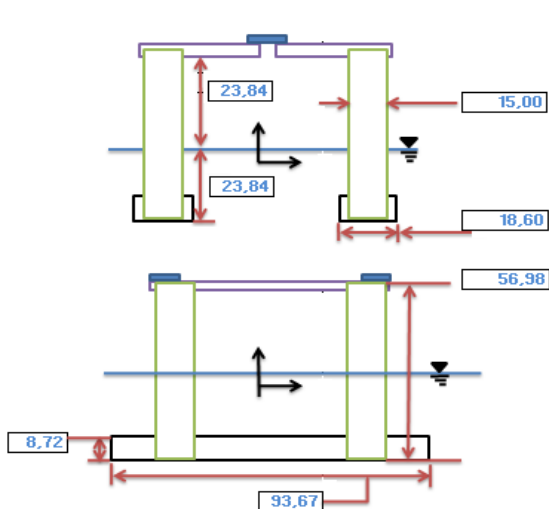
- Longitud: 21,61 m
- Ancho: 4,85 m
- Profundidad máxima: 1,78 m
- Olas de 0,5 a 3,0 Hz.
- Inclinación de playa 8 y 11 grados.



Canal de ensayos hidrodinámicos

Laboratorio de Modelos

Elección de la escala y construcción del modelo



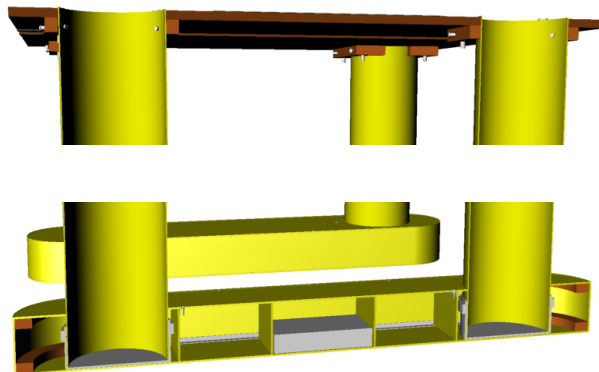
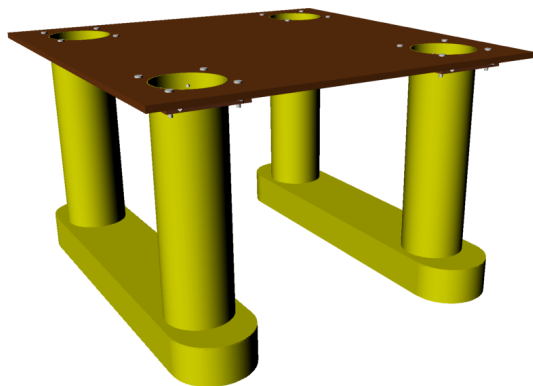
GVA 4000 - Dimensões em centímetros (cm)

1:86 Factor de escala

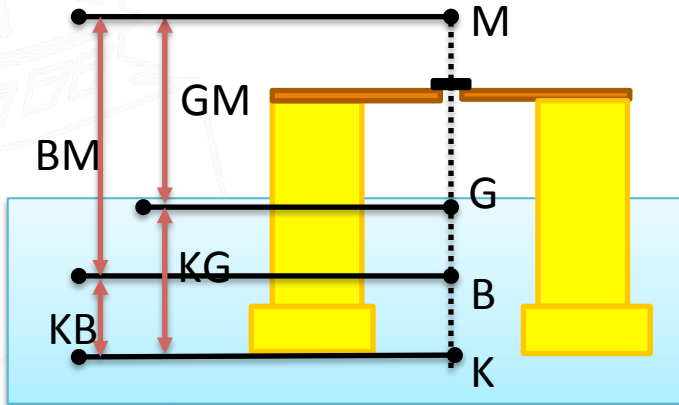
Asumiendo el factor de escala λ y la teoría de semejanza geométrica de Froude:

$$Fr = \frac{V_F}{\sqrt{gD_F}} = \frac{V_M}{\sqrt{gD_M}}$$

$$\lambda = L_F / L_M$$



$$GM = KB + BM - KG$$



$$Awl = \frac{\pi D_c^2}{64}$$

$$Mad = 1,36 * \pi a^2 * 2C_t$$

$$W = \sqrt{\frac{4Awl * g}{Mad + Dop}}$$

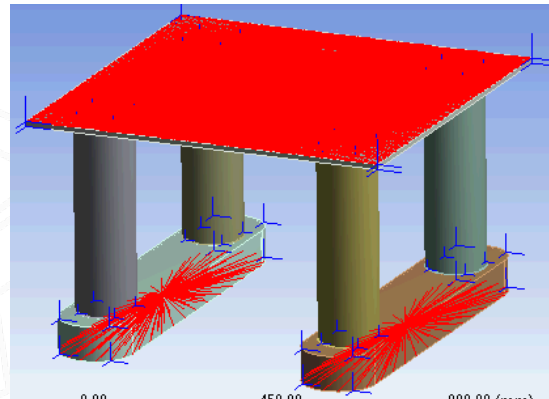
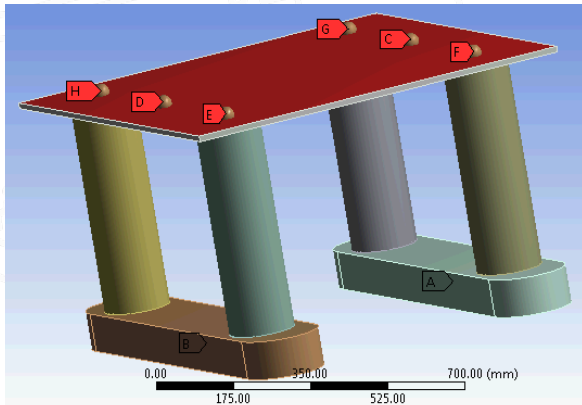
$$f_n = \frac{W}{2\pi}$$

$$KB = \left[2V_{sp} \frac{A_p}{2} + 4V_{sc} \left(\frac{C_{op}}{2} + \frac{A_p}{2} \right) \right] / D_{op}$$

$$BM = 4 \left[\frac{\pi D_c^2}{64} + \pi \left(\frac{D_c}{2} \right)^2 \left(\frac{E_{cc}}{2} \right)^2 \right] / D_{op}$$

Calado Operacional	23,8	cm
Volume submerso dos pontoons	14545,1	cm ³
Volume submerso das colunas	2671,9	cm ³
Volume total submerso em operação	39777,9	cm ³
Deslocamento operacional do modelo, (D _{op})	40,8	Kg
Lastro	22,7	Kg

Área da linha de'agua (A _{wl})	176,7	cm ²
Massa adicional (M _{ad})	69228,5	cm ³
Inercia da linha d'agua (W)	2,5	cm ⁴
Período Natural de Heave (T)	2,5	Seg
Frequência Natural de Heave (f)	2,52	Rad/s

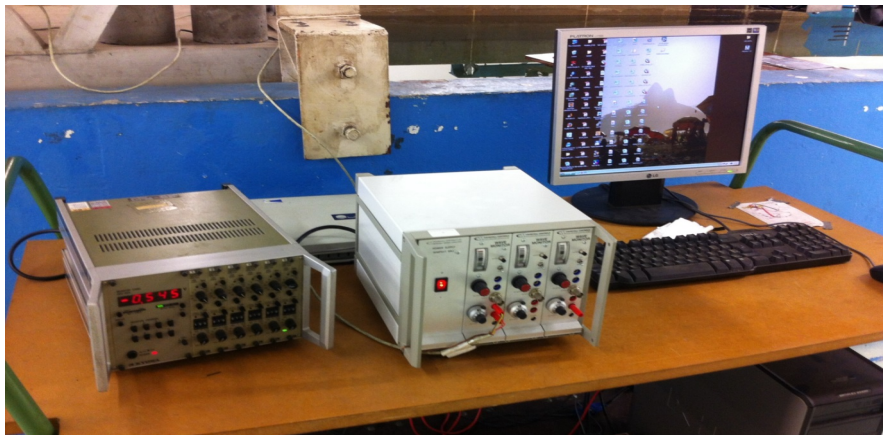


Distribución de masa (lastro)

KB	7,56	cm
BM	18,24	cm
GM	2,79	cm
KG	23,01	cm

[Static structural, ANSYS]

Elección de la instrumentación

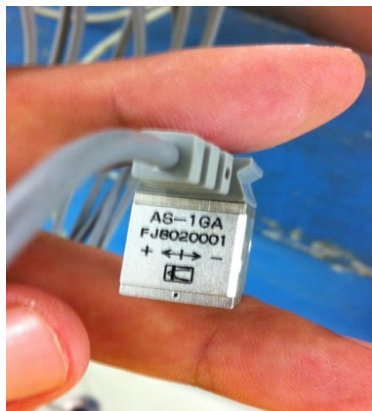


Sistema de adquisición de datos y calibración de sensores

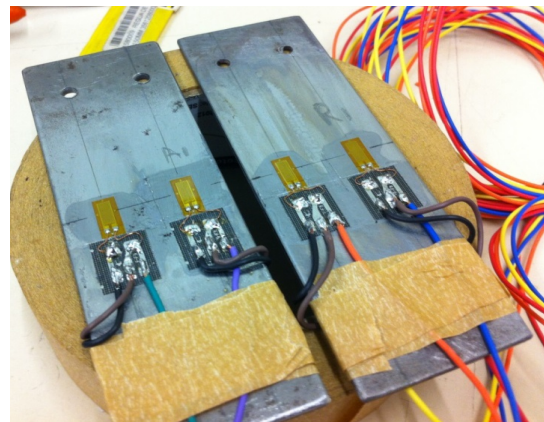
Celdas de Carga, como elemento concentrador de esfuerzo en arreglo de 4 extensómetros activos en configuración de puente completo para medición de momento flector en la cubierta del modelo.



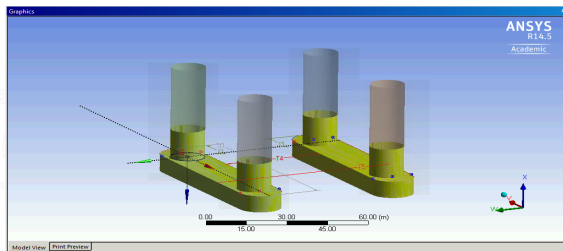
Sensor de Olas



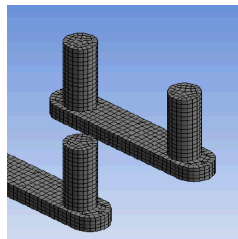
Acelerómetros



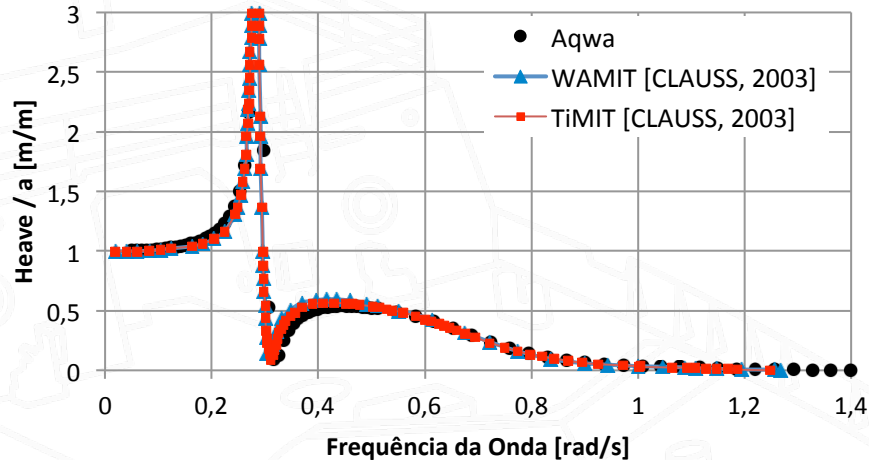
Diseño de celdas de carga



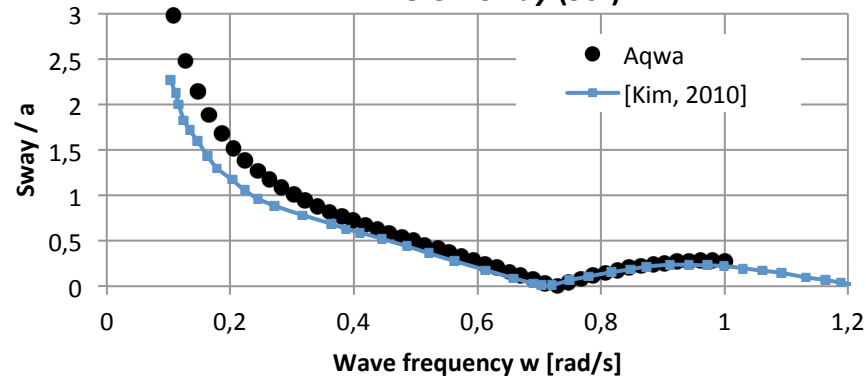
[AQWA – ANSYS]



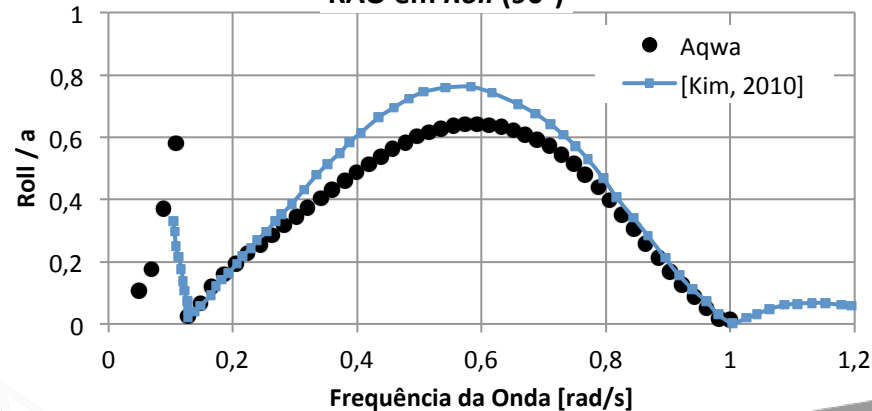
RAO em Heave (180°)



RAO em Sway (90°)

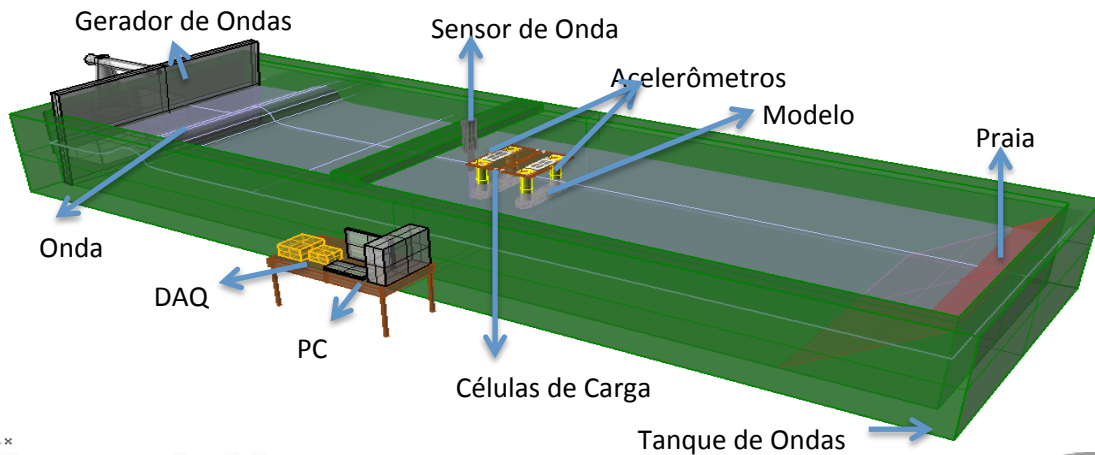
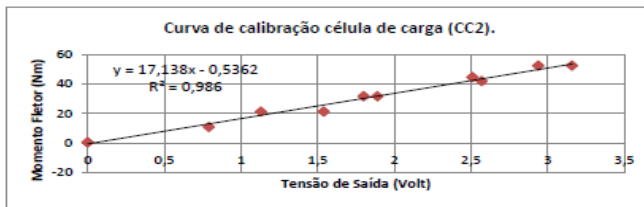
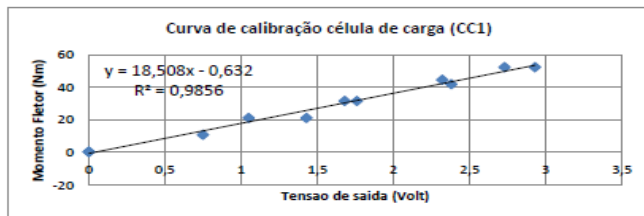
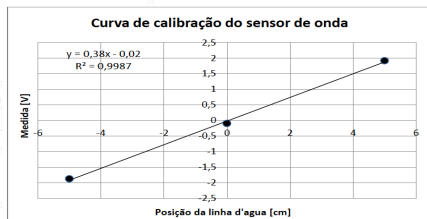
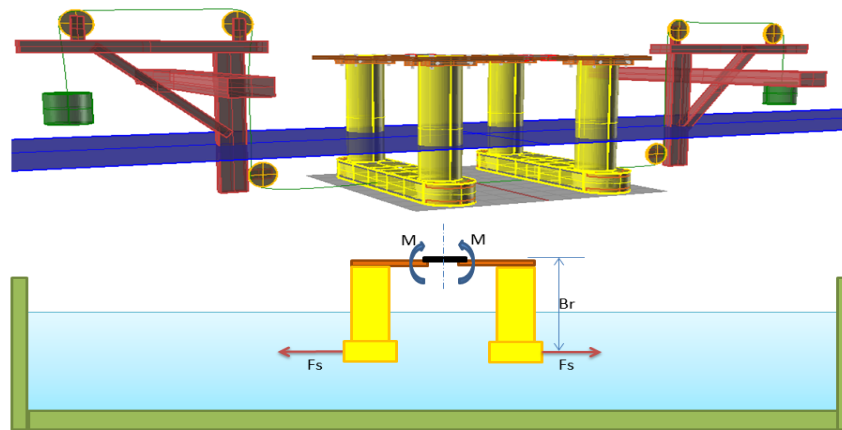
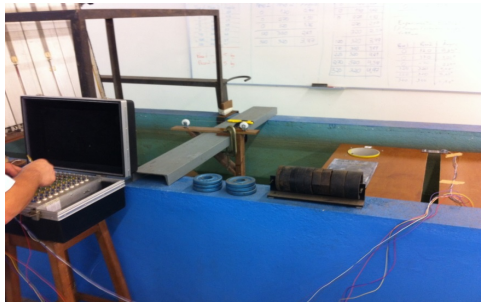


RAO em Roll (90°)



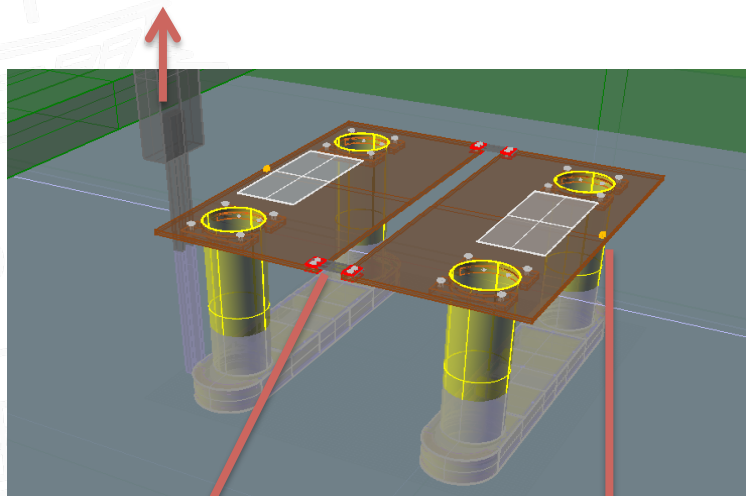
Resposta del RAO de la plataforma simulada en **AQWA** y los resultados computacionales de [CLAUSS, 2003] en posición a 180° y [KIM, 2010] en posición a 90°

Calibración del modelo e instrumentos en el tanque



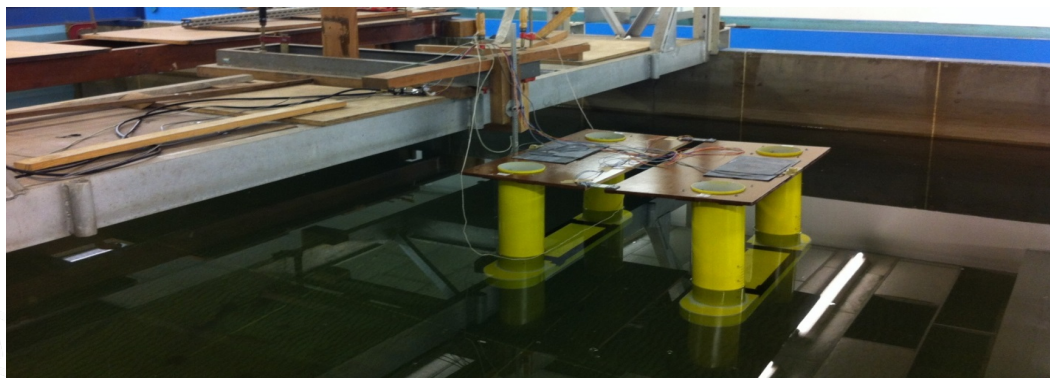
Ajuste del modelo en el tanque

Sensor de Olas



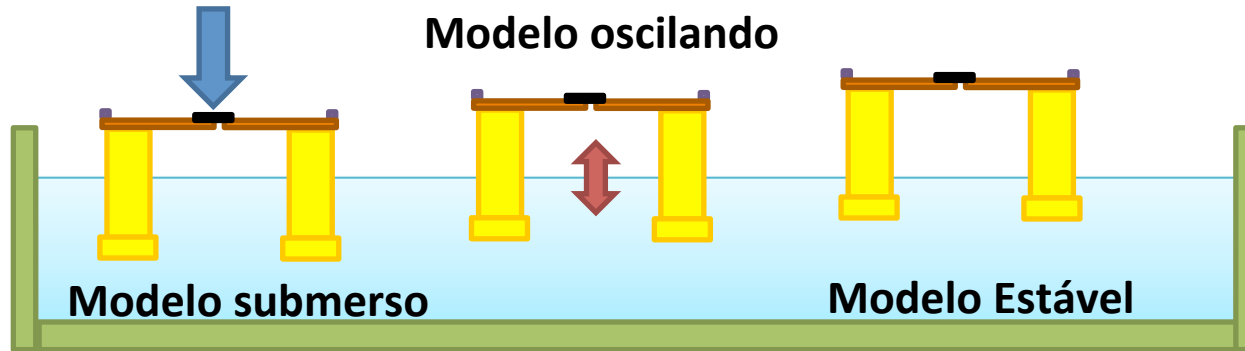
Celda de carga

Acelerómetro

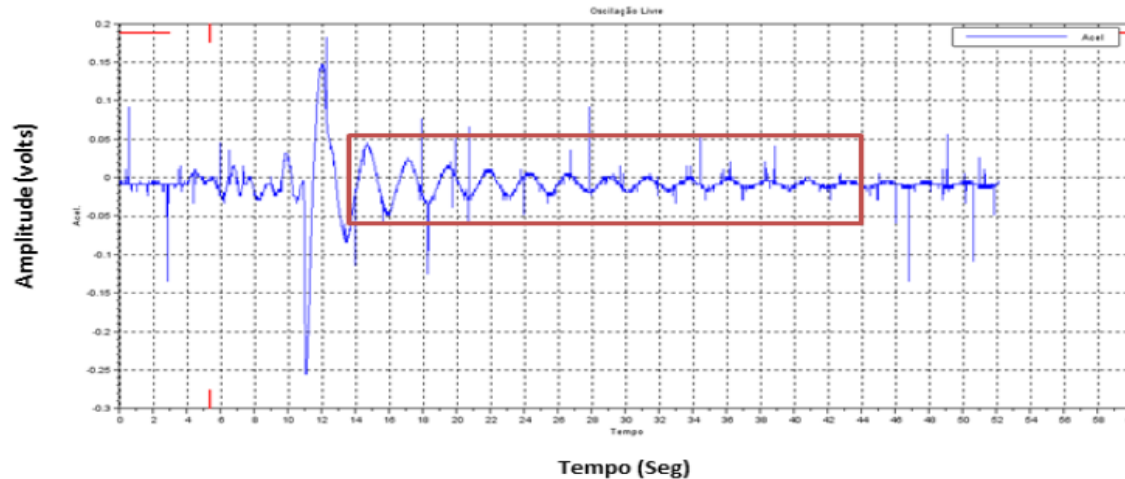


Posicionamiento del modelo e instrumentación en el tanque hidrodinámico para calibración, ajustes finales y ejecución de la matriz de ensayos.

Ejecución de la matriz de ensayos



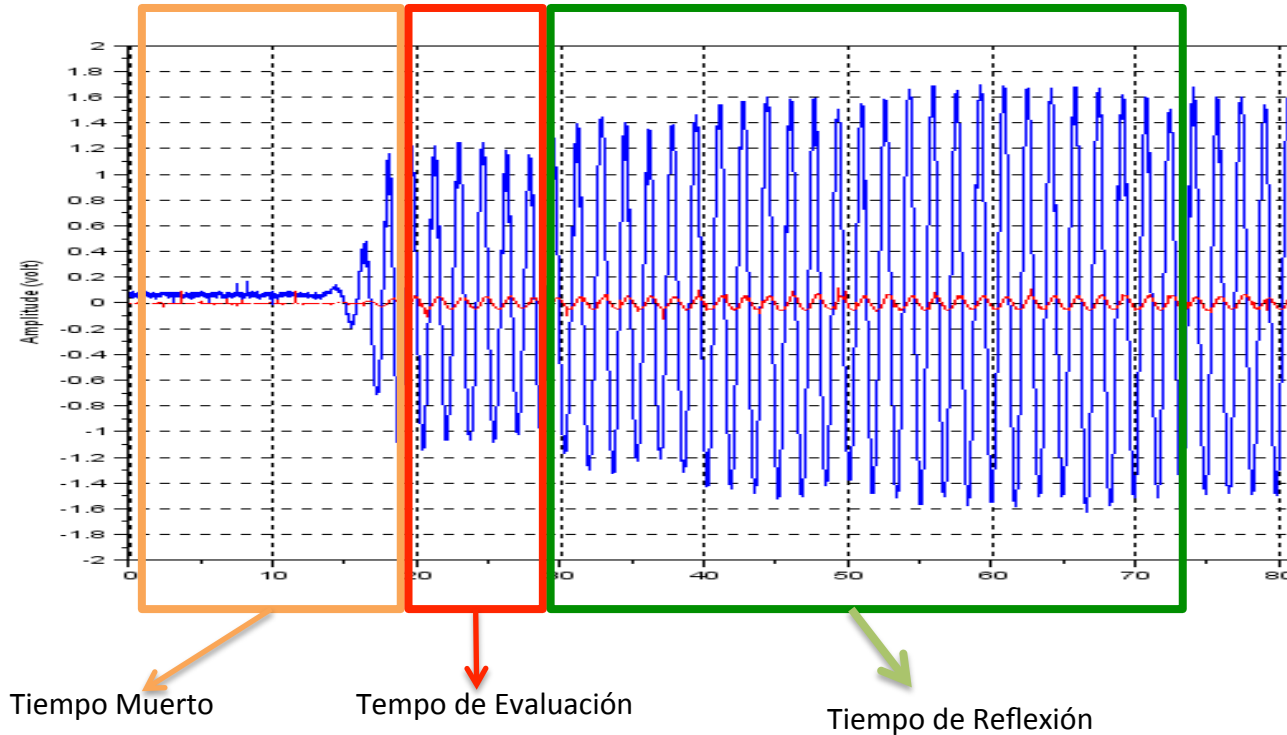
En oscilación libre, en un rango de tiempo de aproximadamente 30 segundos, fueron registradas cerca de 12 oscilaciones.



Frecuencia natural del modelo em escala reducida equivale a $2,52 \text{ Rad/s} \approx 0,401 \text{ Hz}$

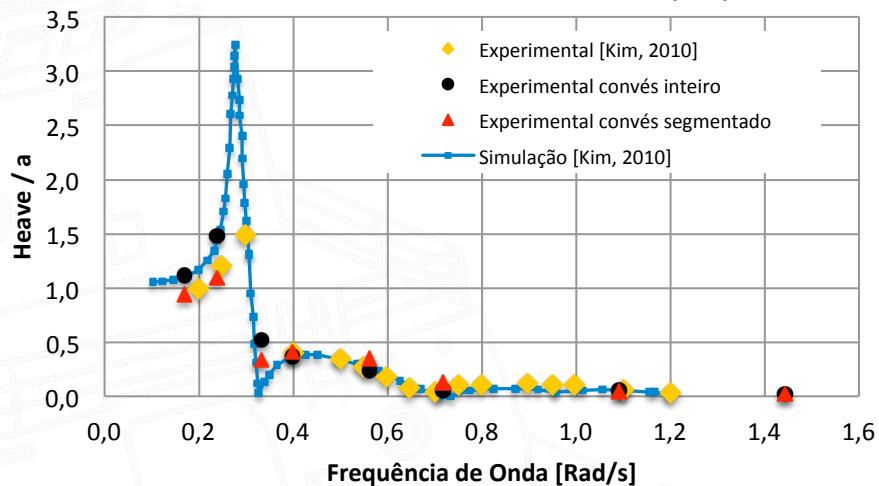
Oscilación Libre

Tratamiento de datos



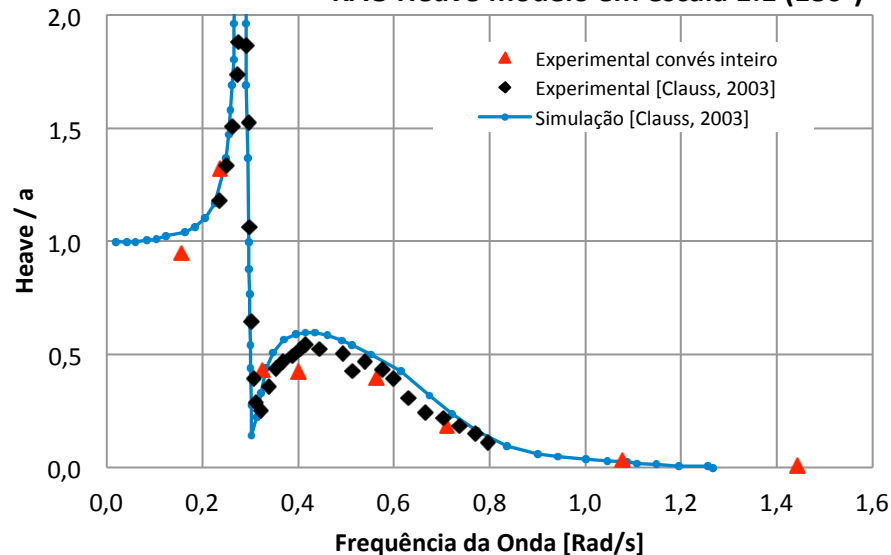
Intervalos de evaluación de la señal adquirida
(Ej: respuesta eléctrica del sensor de olas).

RAO en *Heave* modelo en escala 1:1 (90°)



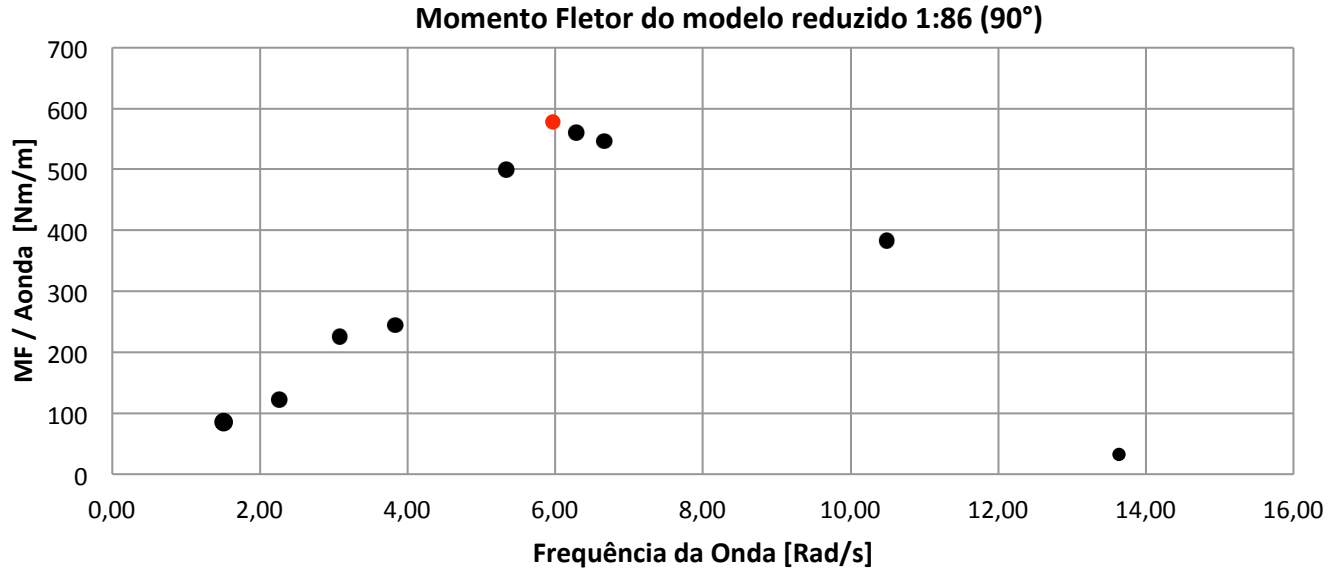
RAO en *Heave* experimental del modelo ensayado en escala real, respecto a la respuesta experimental de [KIM, 2010], en posición a 90°.

RAO *Heave* modelo en escala 1:1 (180°)



RAO en *Heave* experimental del modelo ensayado en escala real respecto a la respuesta experimental de [CLAUSS, 2003], en posición a 180°.

Resultados de Ensayos



Momento Flector actuante en la cubierta del modelo semi-sumergible en escala reducida en posición a 90°.

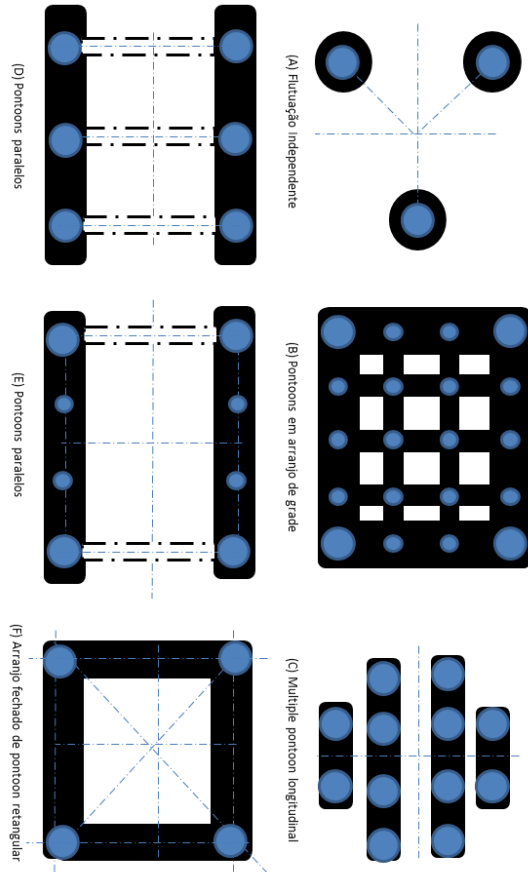
$$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{1.64 \text{ m}}{1.60 \text{ m/s}} = 1.03 \text{ seg} = 0.97 \text{ Hz} \rightarrow F = 6.1 \text{ Rad/s} \quad [\text{DNV}]$$

$$F = 5.97 \text{ Rad/s}$$

[Experimental]

Error < 5% considerado
valido respecto al
procedimiento propuesto.

Objetivo (caso COLOMBIA)



[CHAKRABARTI, 2005]

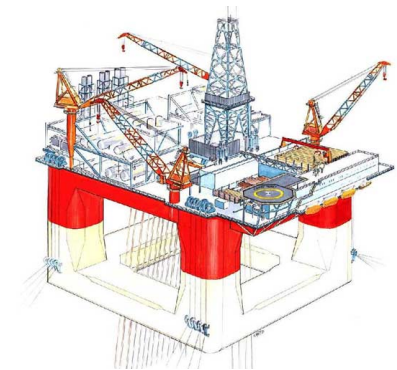
Definir Requisitos Operacionales :

- Espectro de Energia del Mar (comportamiento del mar)
- Lámina de agua de operación
- Tipo de operación (estructura)
- Vida útil de proyecto



Twin pontoon

X



Ring pontoon

Conclusiones:

- El procedimiento experimental desarrollado fue validado a través de la comparación con resultados experimentales presentados en la literatura.
- El procedimiento propuesto buscó acompañar las recomendaciones y pasos establecidos por la literatura en cuanto a la selección de los diferentes recursos necesarios para la ejecución de los ensayos.
- Las eventuales diferencias observadas en los resultados pueden ser credenciadas a las limitaciones presentes en los recursos disponibles para la ejecución de los ensayos.
- Se adquirieron las competencias necesarias para desarrollar ensayos hidrodinámicos para diferentes tipos de estructuras oceánicas en diversos escenarios de aplicación.
- Si bien el procedimiento propuesto puede ser abiertamente aplicado para los requerimientos offshore del Caribe Colombiano. Como país, que estamos haciendo al respecto del desarrollo de infraestructura para ensayos hidrodinámicos de estructuras navales y oceánicas ??



CONGRESO INTERNACIONAL DE
V DISEÑO E
INGENIERÍA
NAVAL

Marzo 15 - 17 de 2017

MUCHAS GRACIAS!!!