

Energía Undimotriz

Curso Tecnologías Emergentes en Energías Renovables.

Clase 2

Junio 2018

Rodrigo Alonso
ralonso@fing.edu.uy

Contenido clase 2:

- Repaso Clase 1
- Evaluación del potencial undimotriz de una zona
- Potencial Undimotriz de Uruguay
- Métodos para el estudio de WEC's
- Experiencia a partir del estudio de un OSWC WEC

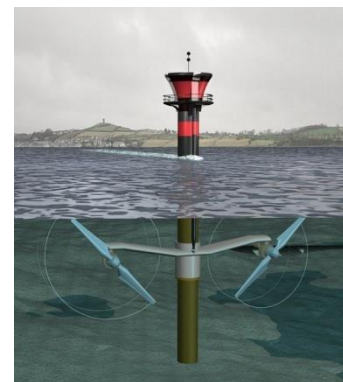
Repaso Clase 1

De las 5 fuentes de energía del mar, es la que presenta un mayor potencial, y particularmente en Uruguay es la que presenta mejores condiciones para su desarrollo.

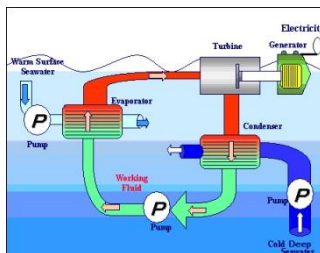
Mareas



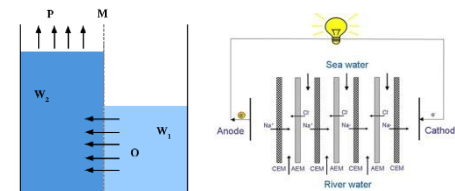
Corrientes



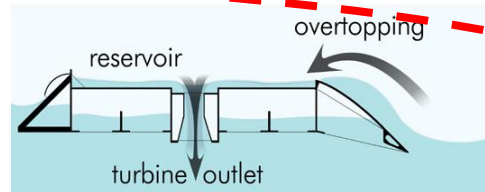
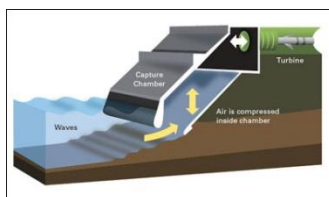
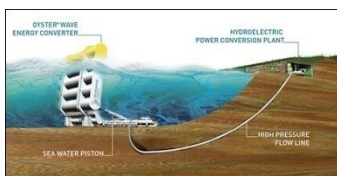
Gradiente Térmico



Gradiente Salino



Oleaje (Undimotriz)



Repaso Clase 1

Fortalezas

- Renovable, limpia y autóctona
- Alta densidad energética
- Predicción fiable a ~1semana
- Poca variabilidad de corto plazo
- Disponible día y noche
- Proximidad entre generación y consumo
- Generación de puestos de trabajo
- Impulso al desarrollo de ramas anexas (e.g. Industria Naval)

Debilidades

- Hostilidad del medio marino
Repercute en altos costos y gran incertidumbre sobre la fiabilidad de los emprendimiento.
- Impacto en un ambiente complejo y dinámico como la costa.
- Interferencia con otras actividades que hacen uso del espacio marítimo-costero.

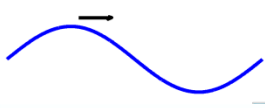
Repaso Clase 1

Situación actual

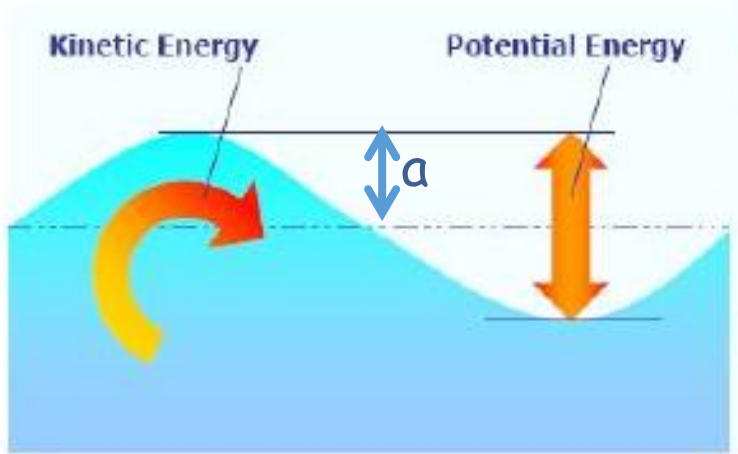
- Industria inmadura, en la que se identifican diversas tecnologías, las cuales presentan diversos niveles de desarrollo.
Diferencias conceptuales en las formas de conversión, y niveles de desarrollo que van desde la validación del concepto a la demostración pre-comercial.
- Polos de desarrollo en Europa, USA y Australia.
Existencia de sitios de testeo, emprendimientos con mayor nivel de desarrollo, planes de desarrollo del sector.
- Recientes fracasos de emprendimientos promisorios.
Oyser y Pelamis
- Búsqueda de sinergia con otras actividades, particularmente eólica off-shore.

Repaso Clase 1

Energía del oleaje



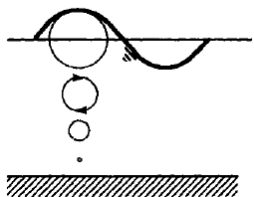
Onda progresiva
(Teoría lineal)



$$E = E_{potencial} + E_{cinética} = \frac{1}{2} \rho g a^2$$

$$P = E \cdot C_G$$

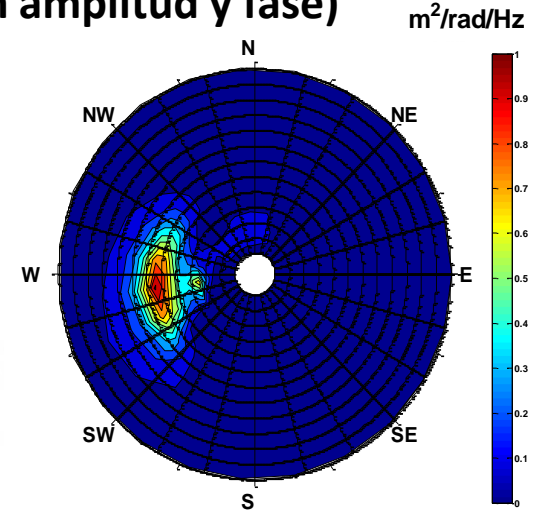
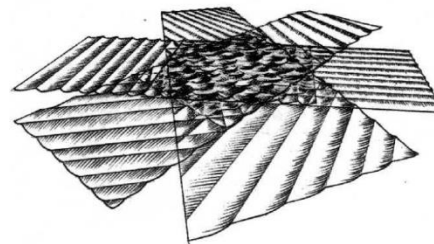
Aguas profundas:



$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi}$$

($H = 2a$ y T : período)

Estado de mar
(Modelo aleatorio en amplitud y fase)



$$E = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g E_{varianza}(f, \theta) df d\theta$$

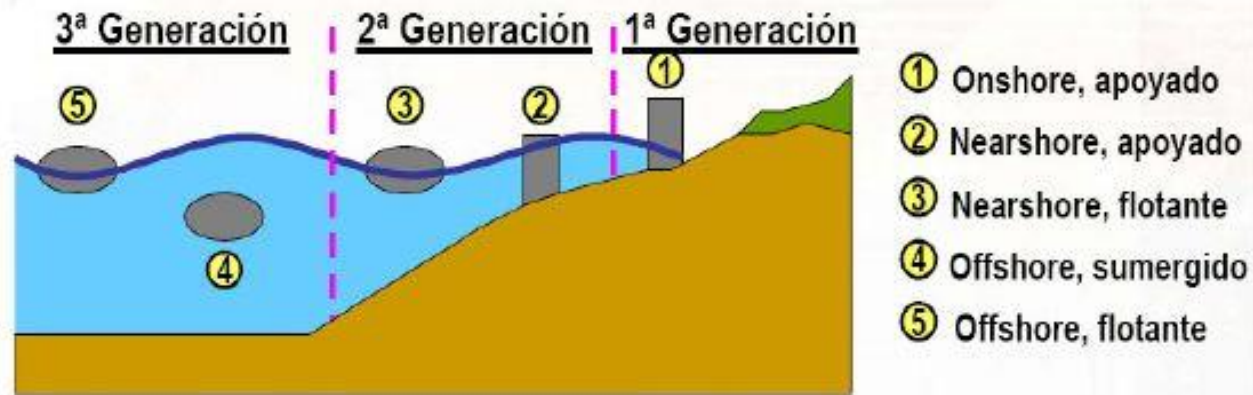
$$P = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g E_{varianza}(f, \theta) C_G(f) df d\theta$$

$$P = \frac{\rho g^2 H_s^2 T_E}{64\pi} \left(\begin{array}{l} H_s: \text{Altura de ola significativa} \\ T_E: \text{Período de Energía} \end{array} \right)$$

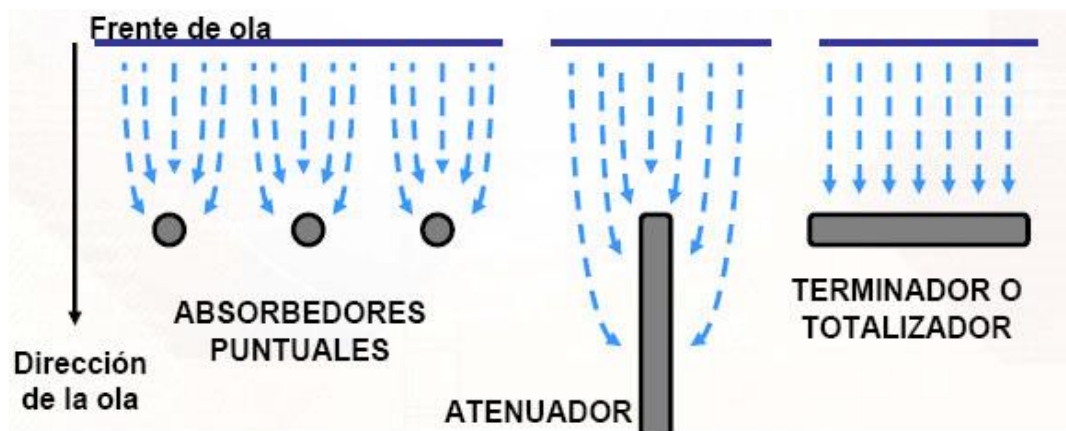
Repaso Clase 1

Dispositivos de conversión Wave Energy Converters (WEC's)

Clasificación según ubicación:



Clasificación según tipo de impacto:



Repaso Clase 1

Dispositivos de conversión Wave Energy Converters (WEC's)

<u>I. Working Principle</u>	<u>Schematic</u>		
		Wave Activated Bodies	
Oscillating Water Column		Bulge Wave	
Overtopping Device		Oscillating Wave Surge	
Heave Buoy		Rotating Mass	
Submerged Pressure Differential		Cycloidal Wave Absorber	

Fig. 5. Wave Energy Converter classification – working principles (based on OSU).

Repaso Clase 1

Dispositivos de conversión Wave Energy Converters (WEC's)

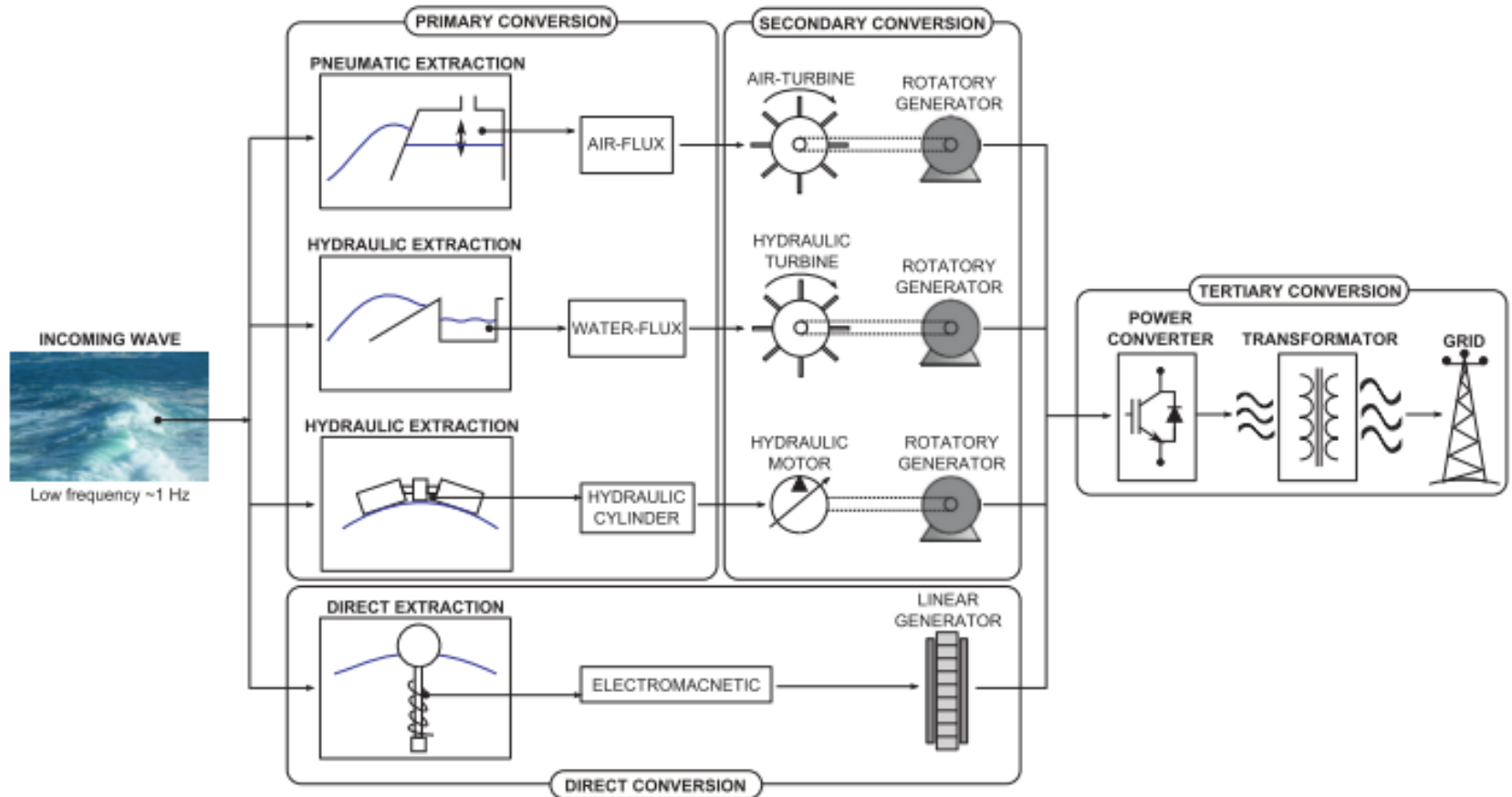


Fig. 9. Energy conversion stages.

Repaso Clase 1

Dispositivos de conversión Wave Energy Converters (WEC's)

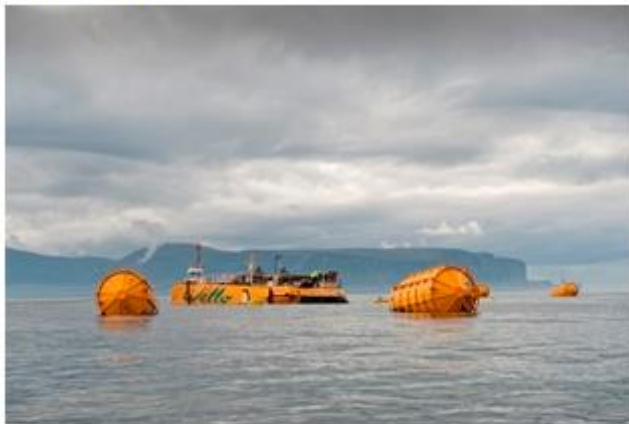
Ensayandose actualmente en EMEC



CORPOWER OCEAN



LAMINARIA

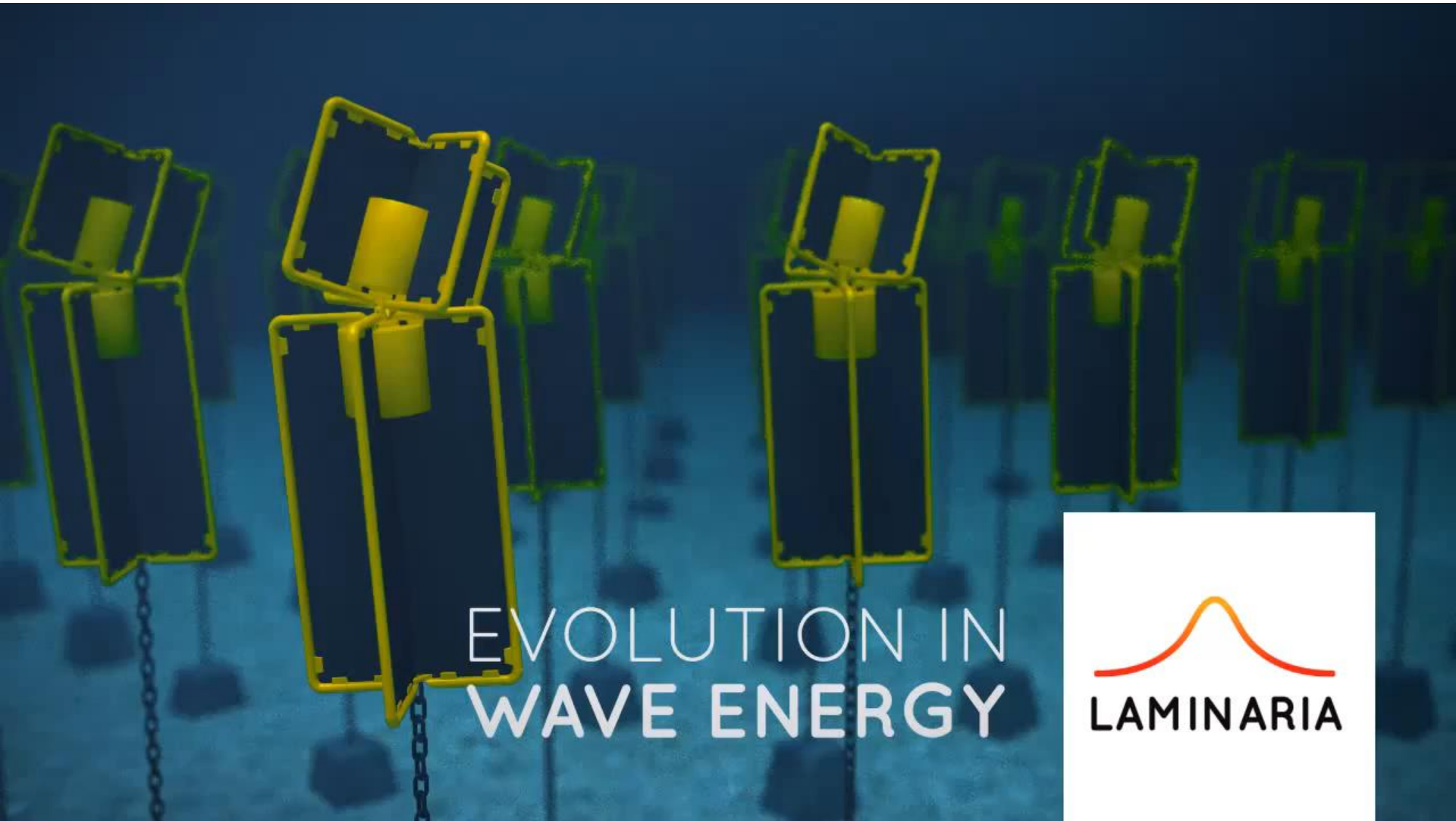


WELLO OY

EMEC 
THE EUROPEAN MARINE ENERGY CENTRE LTD

.....

Repaso Clase 1 Dispositivos ensayándose actualmente en EMEC



Repaso Clase 1 Dispositivos ensayándose actualmente en EMEC



Phase control
5 x energy density



*Small & light
devices*



*Effective install
and O&M*

Pneu-mechanical
drive train (PTO)



CorPower WEC features

- Lightweight system with high natural frequency of oscillation.
- Inherently resonant by WaveSpring control.
- Detuned in storms, strongly reducing the loads providing good survivability up to 32m waves.

Repaso Clase 1 Dispositivos ensayándose actualmente en EMEC

Evaluación del Potencial Undimotriz de una zona.

Potencial Teórico o Meteorológico:

Flujo de energía mecánica involucrado en el proceso físico definido como oleaje.

Refiere únicamente al recurso.

Cota superior del potencial técnico y práctico.

Su análisis es un punto de partida indispensable para cualquier emprendimiento undimotriz.

Potencial Técnico:

Cantidad de energía que puede ser aprovechada.

Se trata de una fracción del potencial teórico.

Va a depender de la tecnología.

Potencial Práctico:

Involucra a la gestión del espacio marítimo

Potencial Teórico > Potencial Técnico > Potencial Práctico

Evaluación del Potencial Undimotriz (Teórico) de una zona.

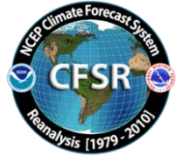
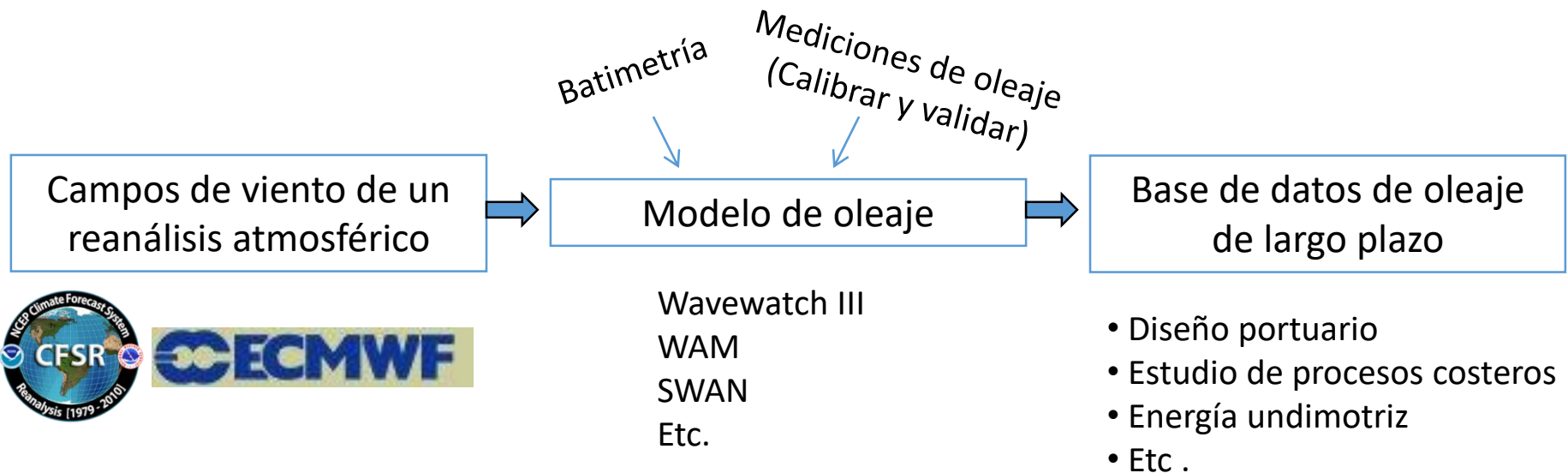
Se establece a partir de un reanálisis de oleaje.

Elementos a considerar:

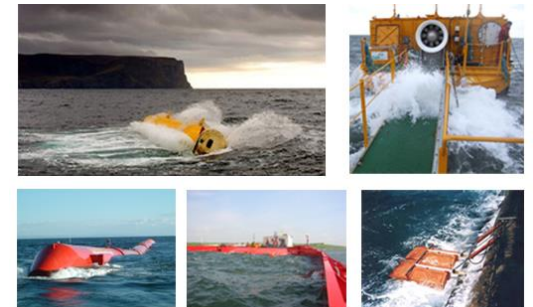
- Distribución espacial.
- Distribución omnidireccional en estados de mar.
- Distribución en direcciones.
- Variabilidad temporal a distintas escalas.
- Clima extremal.

Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

Generación de series de datos de oleaje de largo plazo O (10 años) a partir de modelación numérica forzada con campos de viento de un Reanálisis Atmosférico. (**Reanálisis de oleaje**)



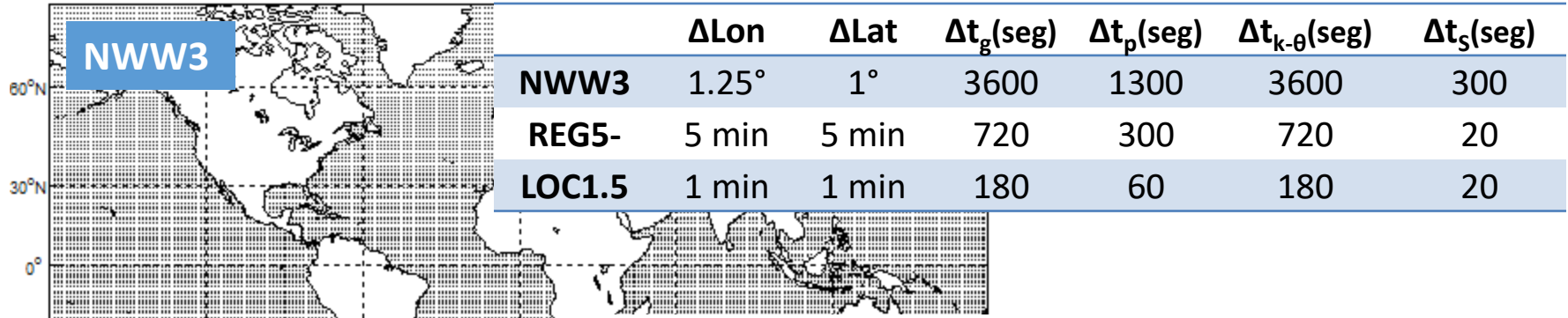
Wavewatch III
WAM
SWAN
Etc.



Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

Modelo WAVEWATCH III (WWIII) versión 3.14 modo multi-grilla.

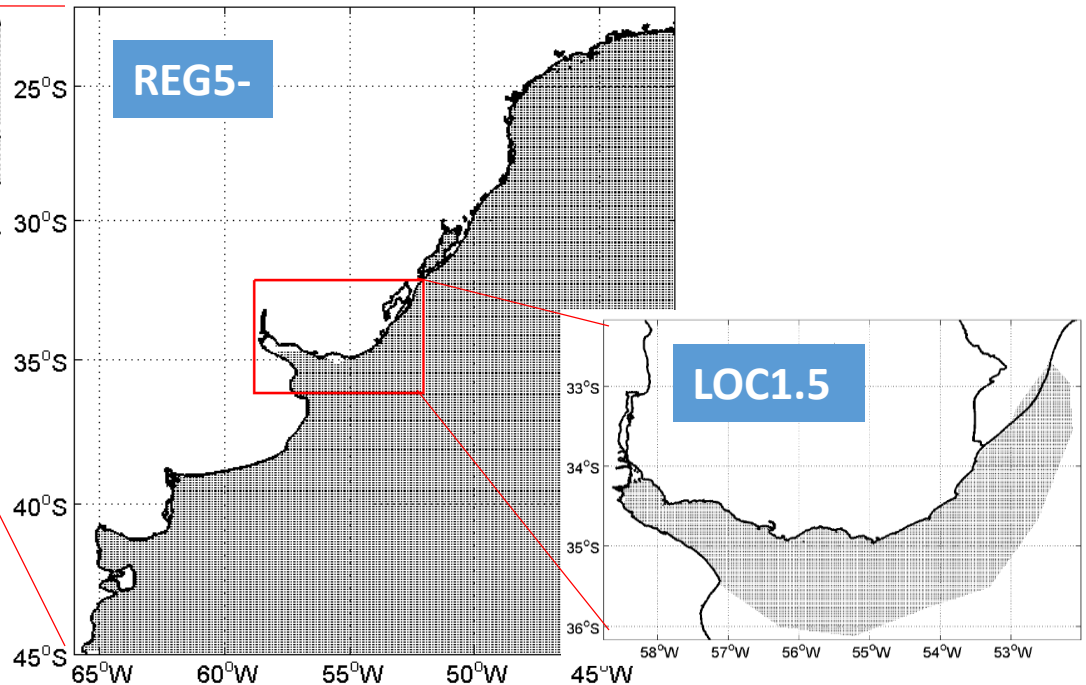
Grillas de cálculo



Grilla espectral:

N_{dir}	N_{frec}	f_1	X_f
24	25	0.0418 Hz	1.1

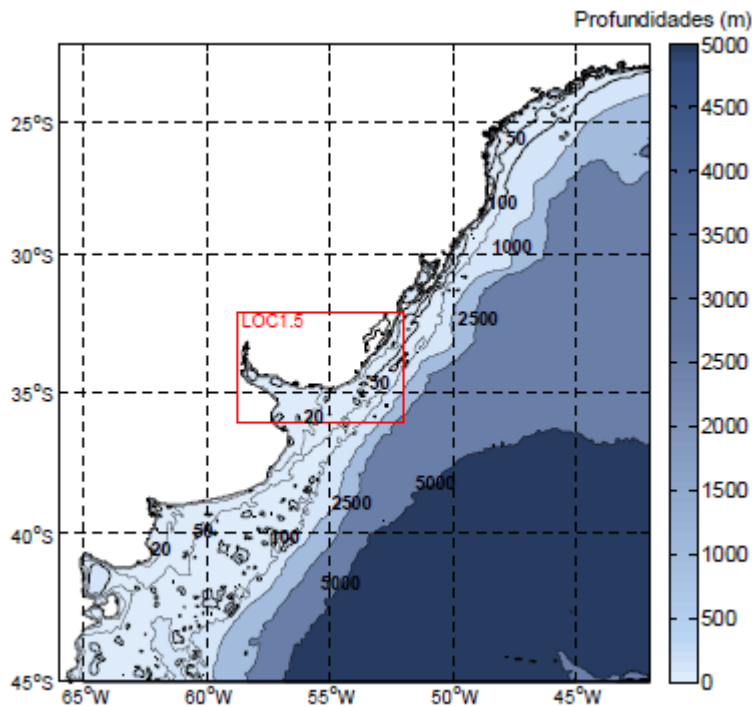
$$f_{m+1} = 1.1 * f_m$$



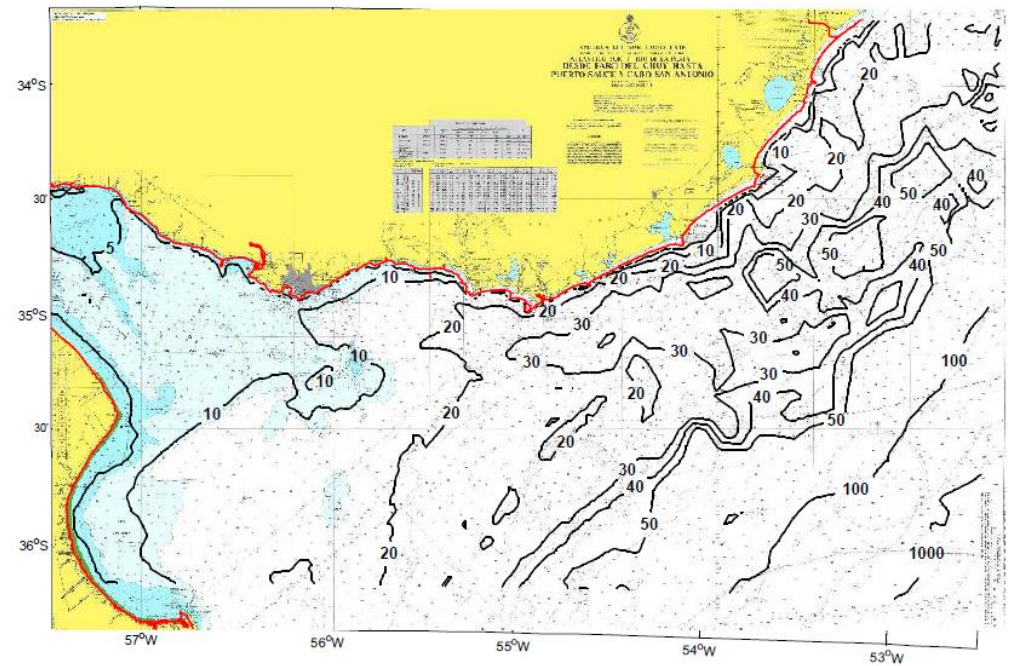
Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

•Batimetría:

GEBCO (Grillas global y regional)

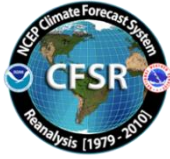


Cartas náuticas (Grilla local)

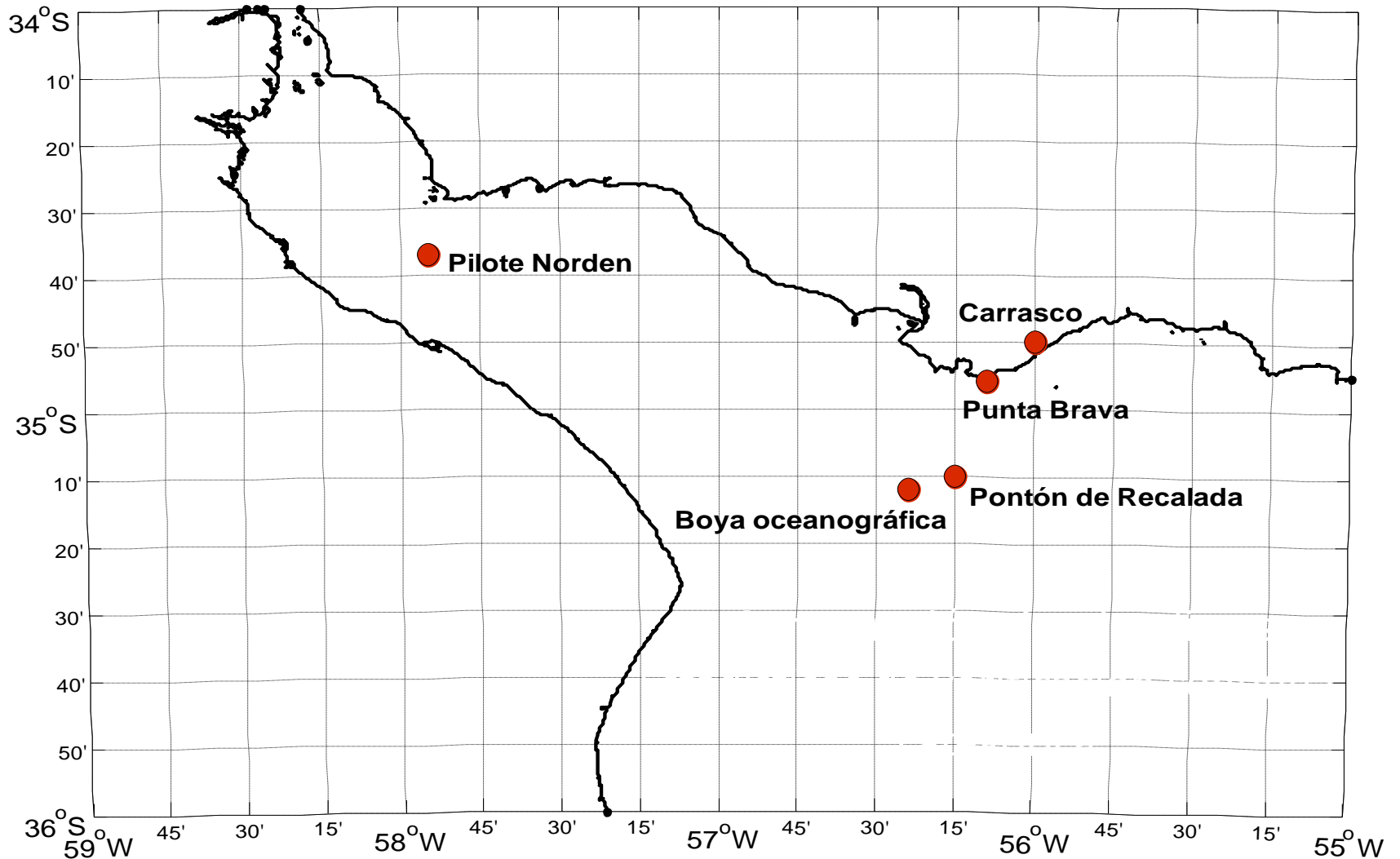


Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

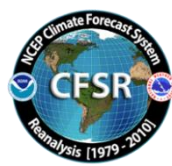
• Viento:



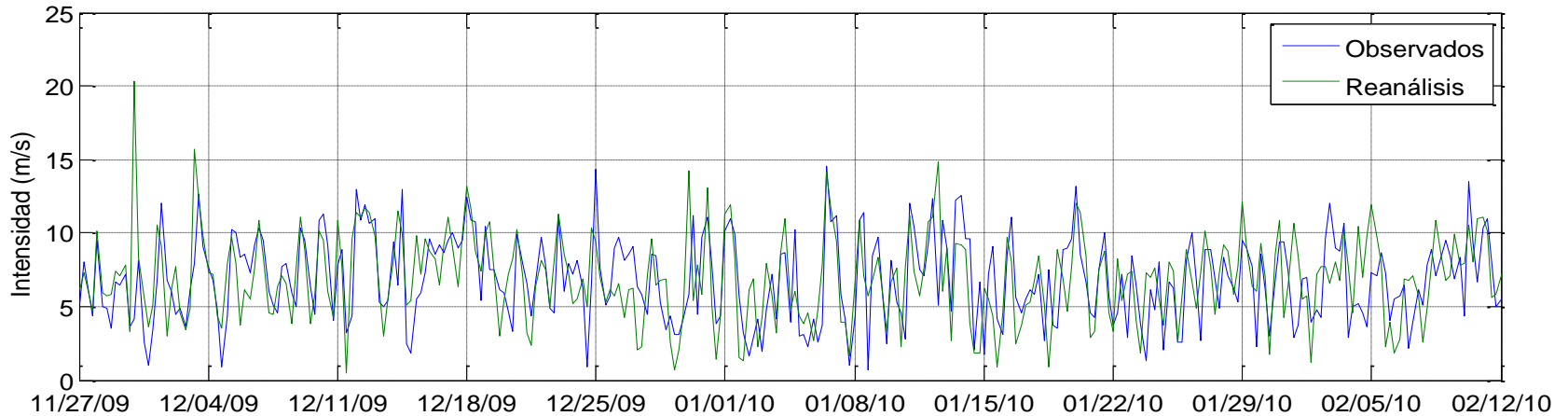
Comparación con datos medidos en estaciones marítimas y costeras.



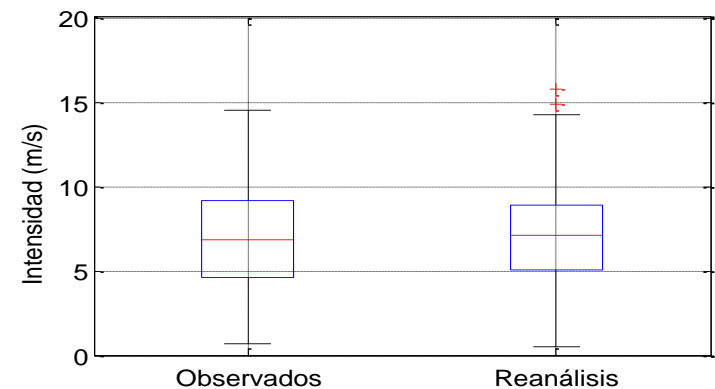
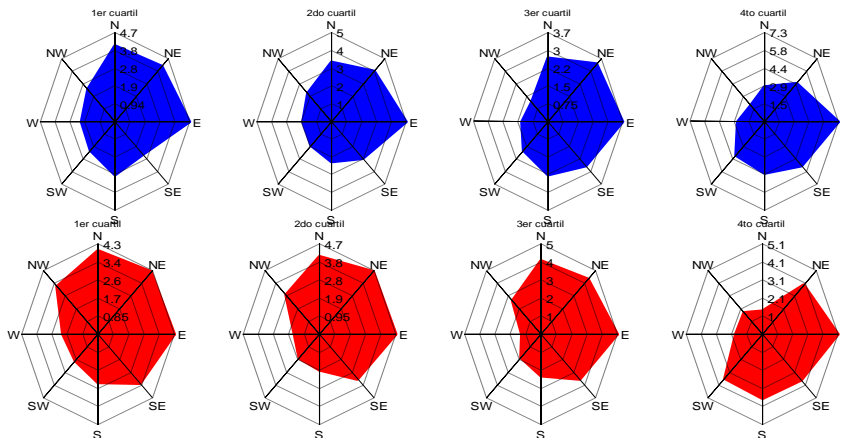
• Viento:



Comparación con datos medidos en estaciones marítimas y costeras.



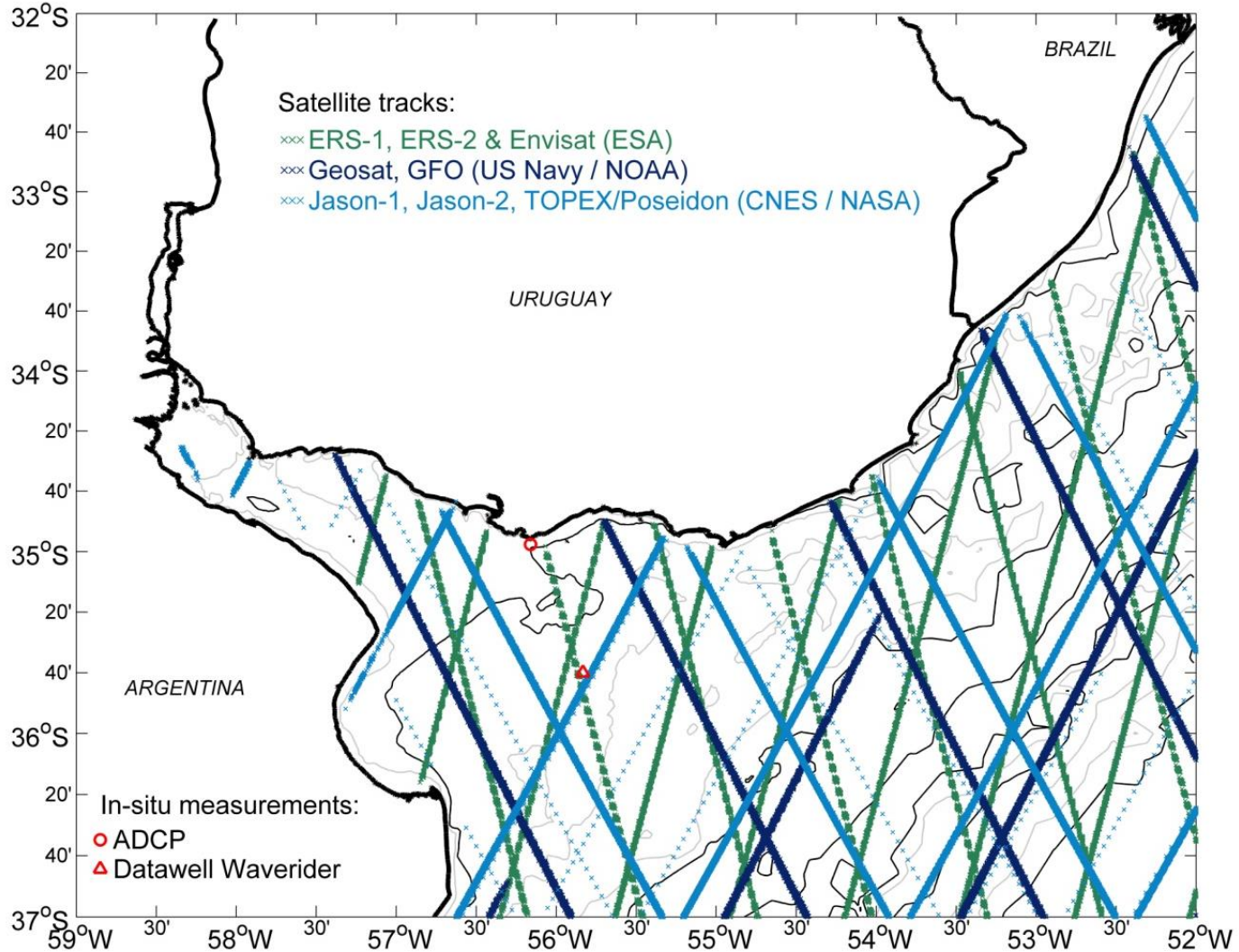
- No se observan grandes diferencias en las comparaciones visuales.
- Climas similares.
- Bajos valores de las distintas medidas del error consideradas.
- Correlaciones entre 0.5 y 0.7.
- Valores positivos de los distintos indicadores de habilidad considerados.



Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

- **Calibración y Validación**

Información disponible



Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

• Calibración y Validación

Elección de $S_{in} + S_{ds}$

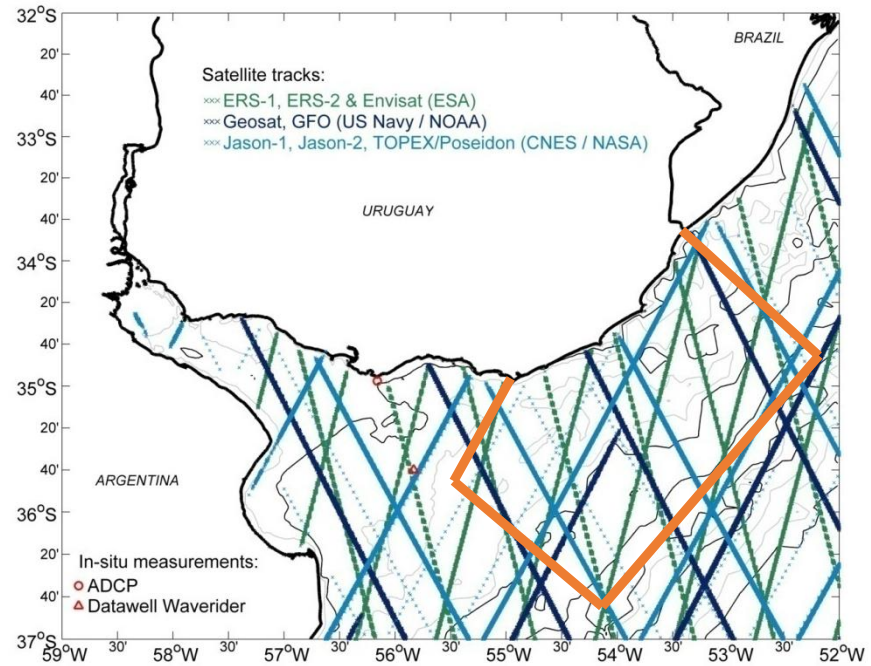
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_x \cdot (c_g + U)N + \nabla_s \cdot c_s N = \frac{S}{\sigma}$$

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{db}$$

$$BIAS = \overline{y_m - y_o}$$

$$RMSE = \sqrt{\overline{(y_m - y_o)^2}}$$

$$SI = \frac{\sqrt{((\overline{y_m - y_m}) - (\overline{y_o - y_o}))^2}}{\overline{y_o}} \times 100$$



1/1/2005-30/6/2005, (2223 datos para comparar)

	<i>BIAS</i>	<i>RMSE</i>	<i>SI</i>
<i>WAM-3</i>	-0.20	0.37	18.4
<i>Tolman and Chalikov</i>	-0.16	0.34	17.6
<i>WAM-4 and variants</i>	-0.15	0.34	17.5

Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

- **Calibración y Validación**

Elección de S_{in} + S_{ds}

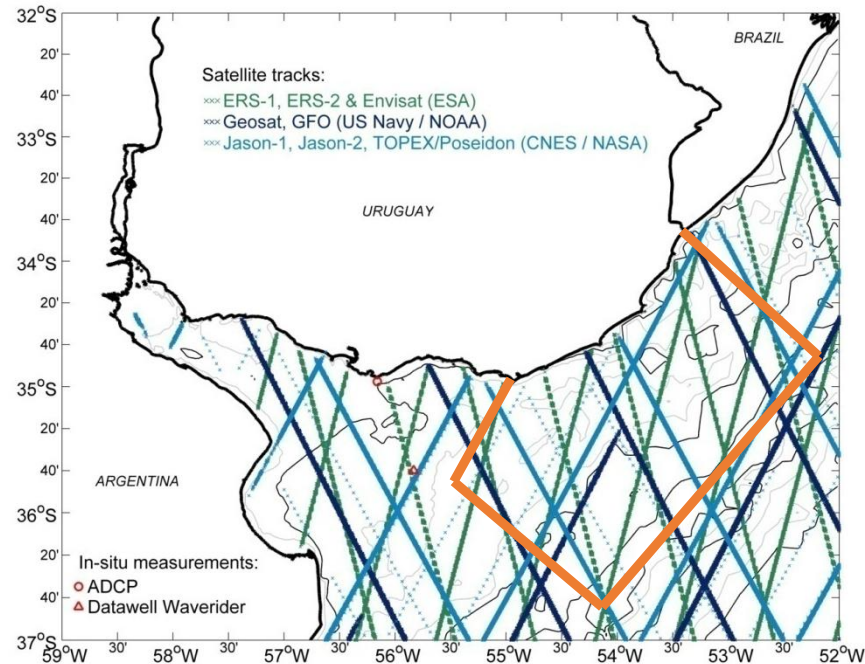
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_x \cdot (c_g + U)N + \nabla_s \cdot c_s N = \frac{S}{\sigma}$$

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{db}$$

$$BIAS = \overline{y_m - y_o}$$

$$RMSE = \sqrt{\overline{(y_m - y_o)^2}}$$

$$SI = \frac{\sqrt{\overline{((y_m - \overline{y_m}) - (y_o - \overline{y_o}))^2}}}{\overline{y_o}} \times 100$$



1/1/2005-30/6/2005, (2223 datos para comparar)

	<i>BIAS</i>	<i>RMSE</i>	<i>SI</i>
<i>WAM-3</i>	-0.20	0.37	18.4
<i>Tolman and Chalikov</i>	-0.16	0.34	17.6
<i>WAM-4 and variants</i>	-0.15	0.34	17.5

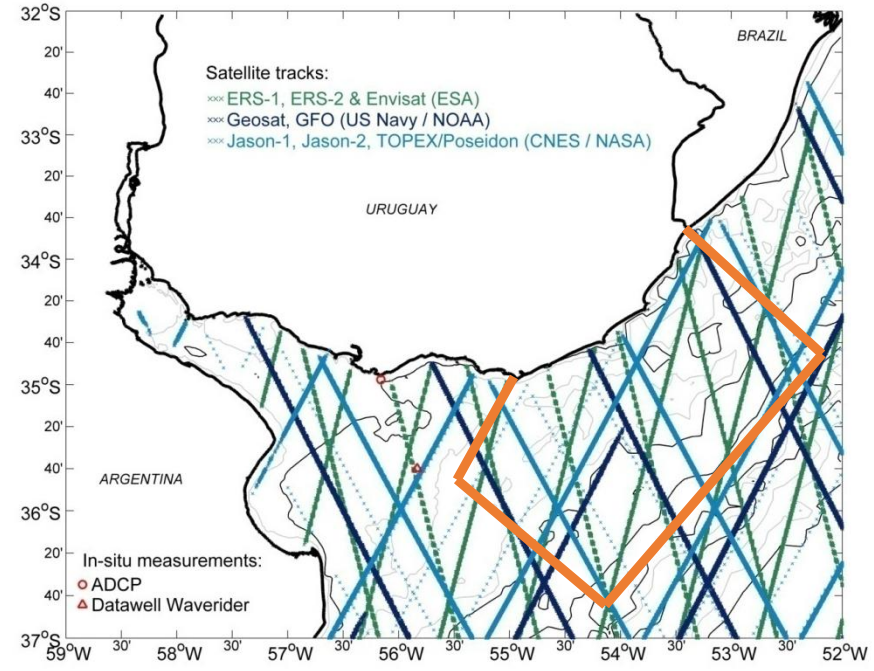
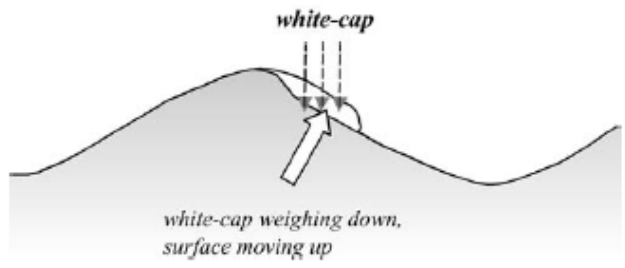
Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

- **Calibración**

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_x \cdot (c_g + U)N + \nabla_s \cdot c_s N = \frac{S}{\sigma}$$

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{db}$$

$$S_{ds} = C_{ds} \beta \left(\iint N \right) N(k, \theta)$$

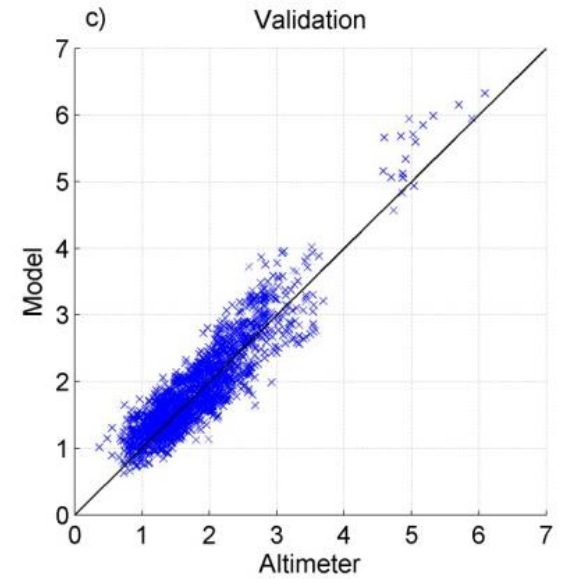
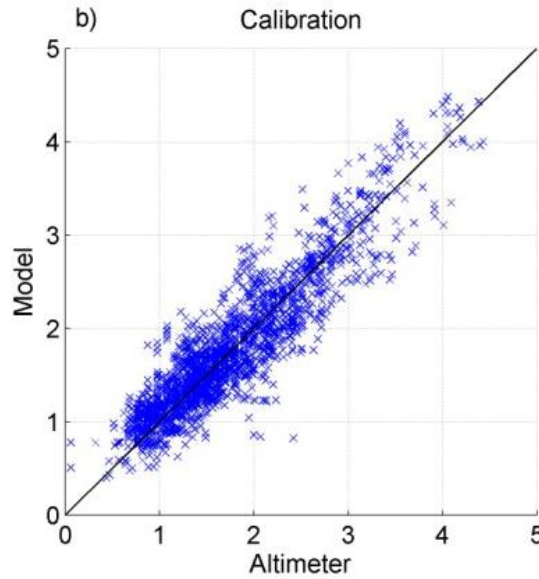
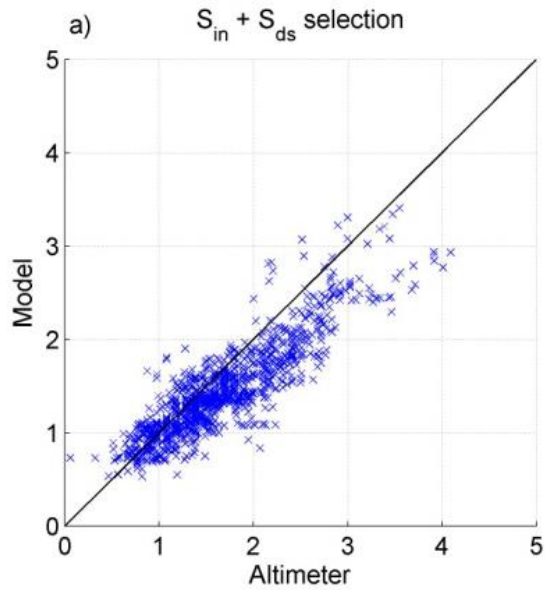


1/1/2005-30/6/2005, (2223 datos para comparar)

	<i>BIAS</i>	<i>RMSE</i>	<i>SI</i>
$C_{ds} = -2.1$	-0.15	0.34	17.5
$C_{ds} = -1.5$	0.02	0.29	17.3

Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

- **Calibración y Validación**



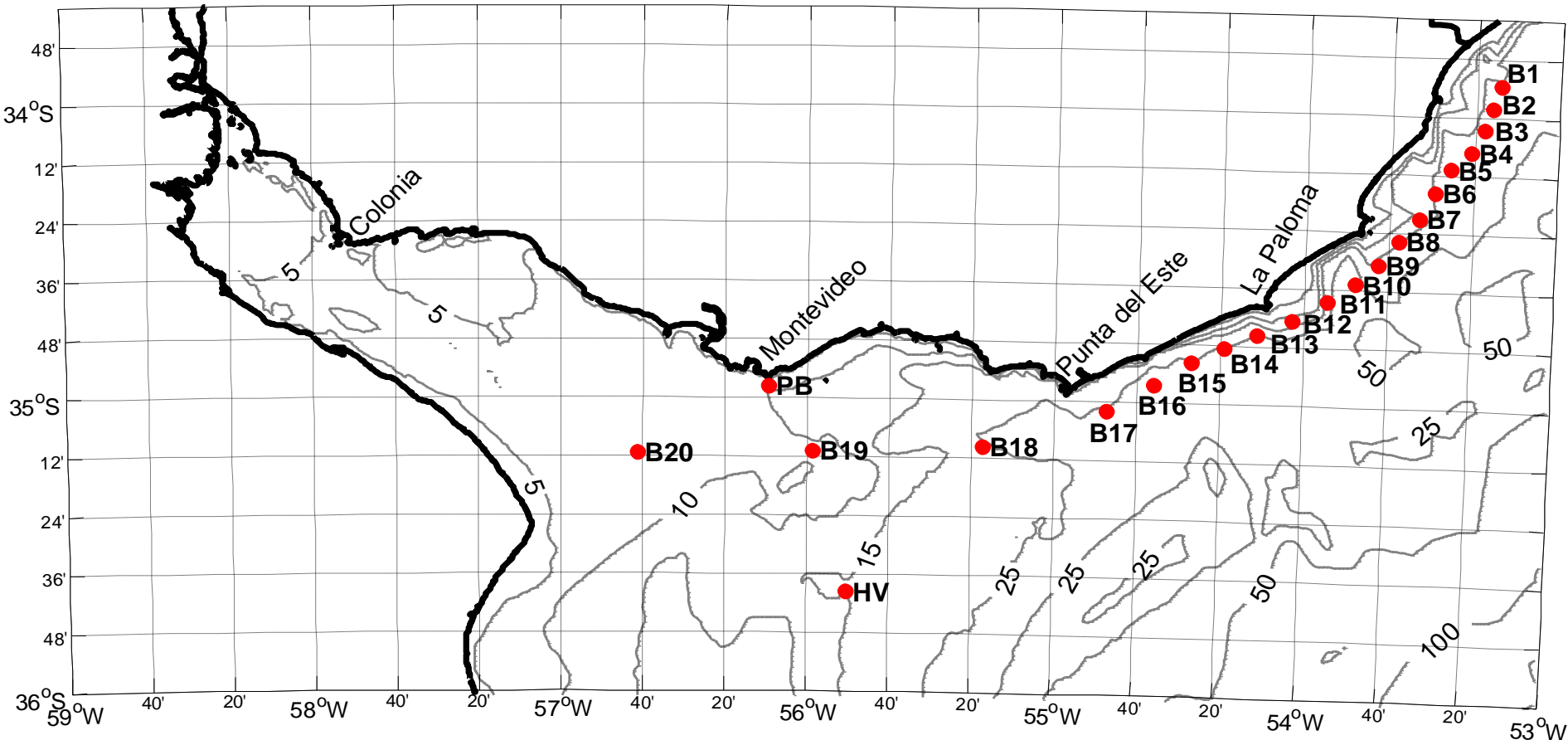
	<i>BIAS</i>	<i>RMSE</i>	<i>SI</i>
Atlantic region	0.02	0.29	17.3
<i>Outer RDP</i>	-0.05	0.28	27.8
<i>Inner and middle RDP</i>	-0.25	0.35	33.8
<i>Buoy</i>	0.09	0.28	22.5
<i>ADCP</i>	0.04	0.26	50.2

Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

- Base de datos generada

*

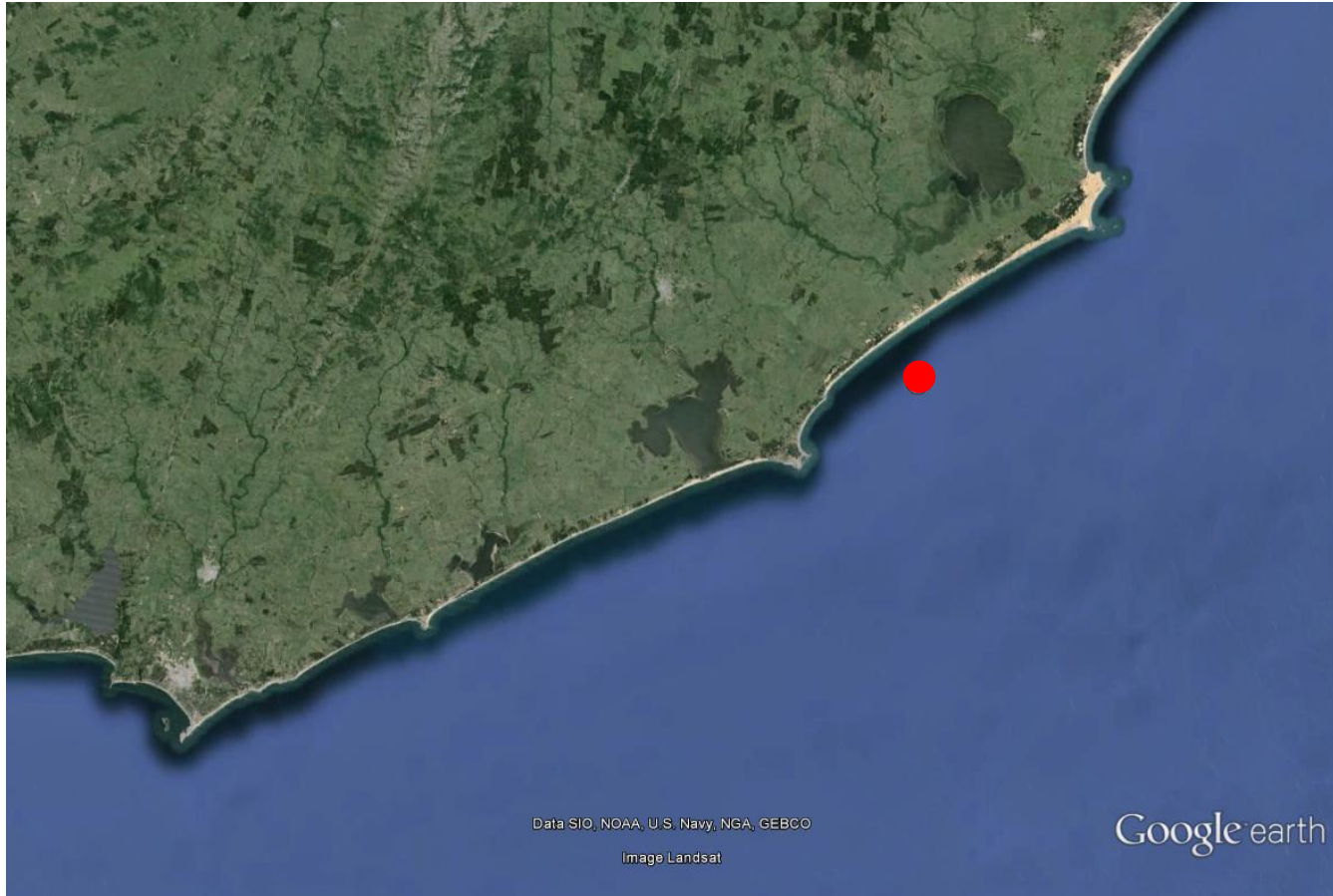
- 31 años: 1980-2010
- Datos cada 3 hs
- Campos de los principales parámetros (H_s , T_m , T_p , θ_m , θ_p , σ_θ , etc.)
- Espectros completos en 22 boyas virtuales ()



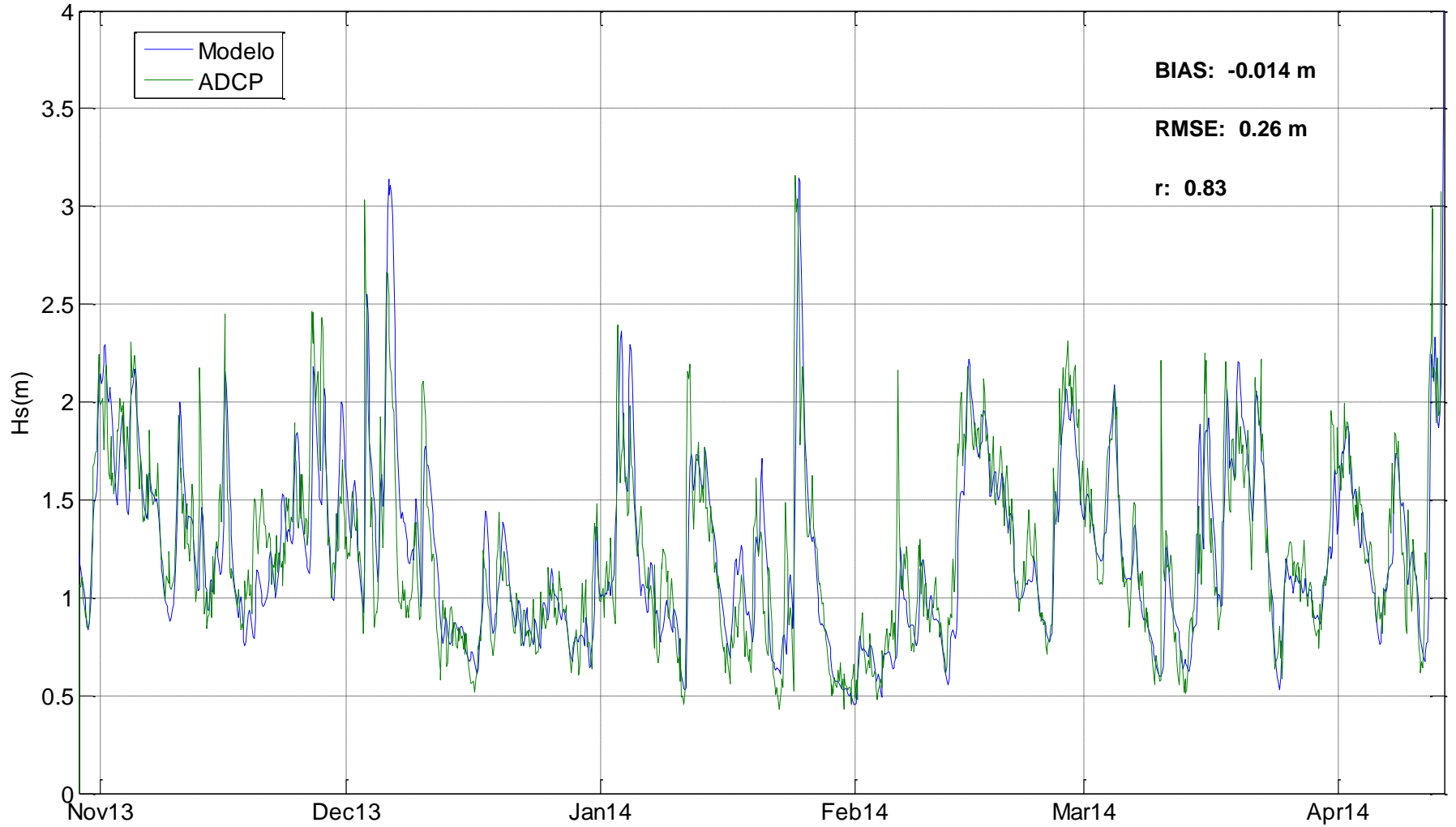
* Se ha ido actualizando con campos de viento CFSv2. Hoy 1979 - 2016

Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

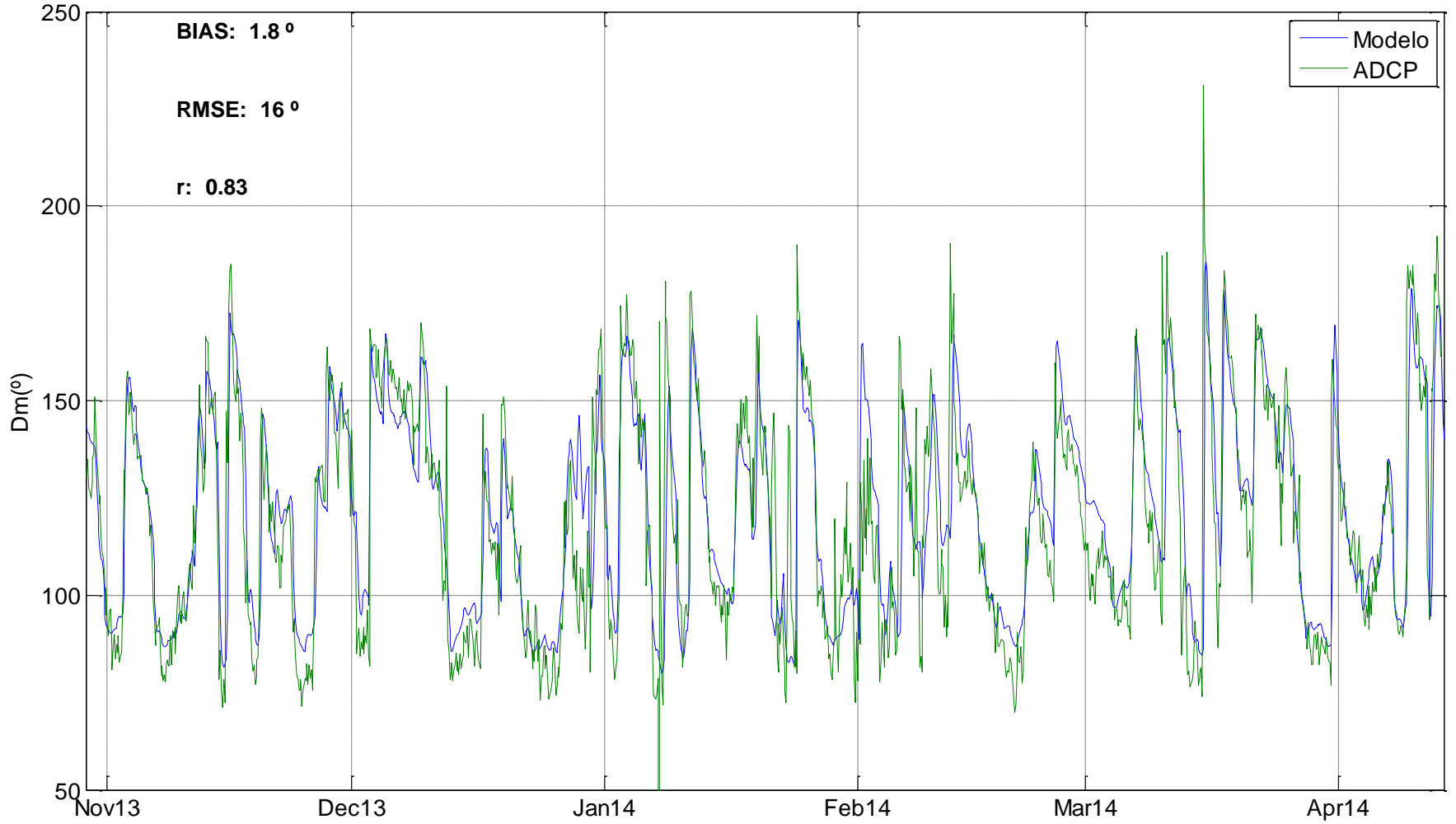
Comparación con datos de ADCP, fondeado en EL Palenque



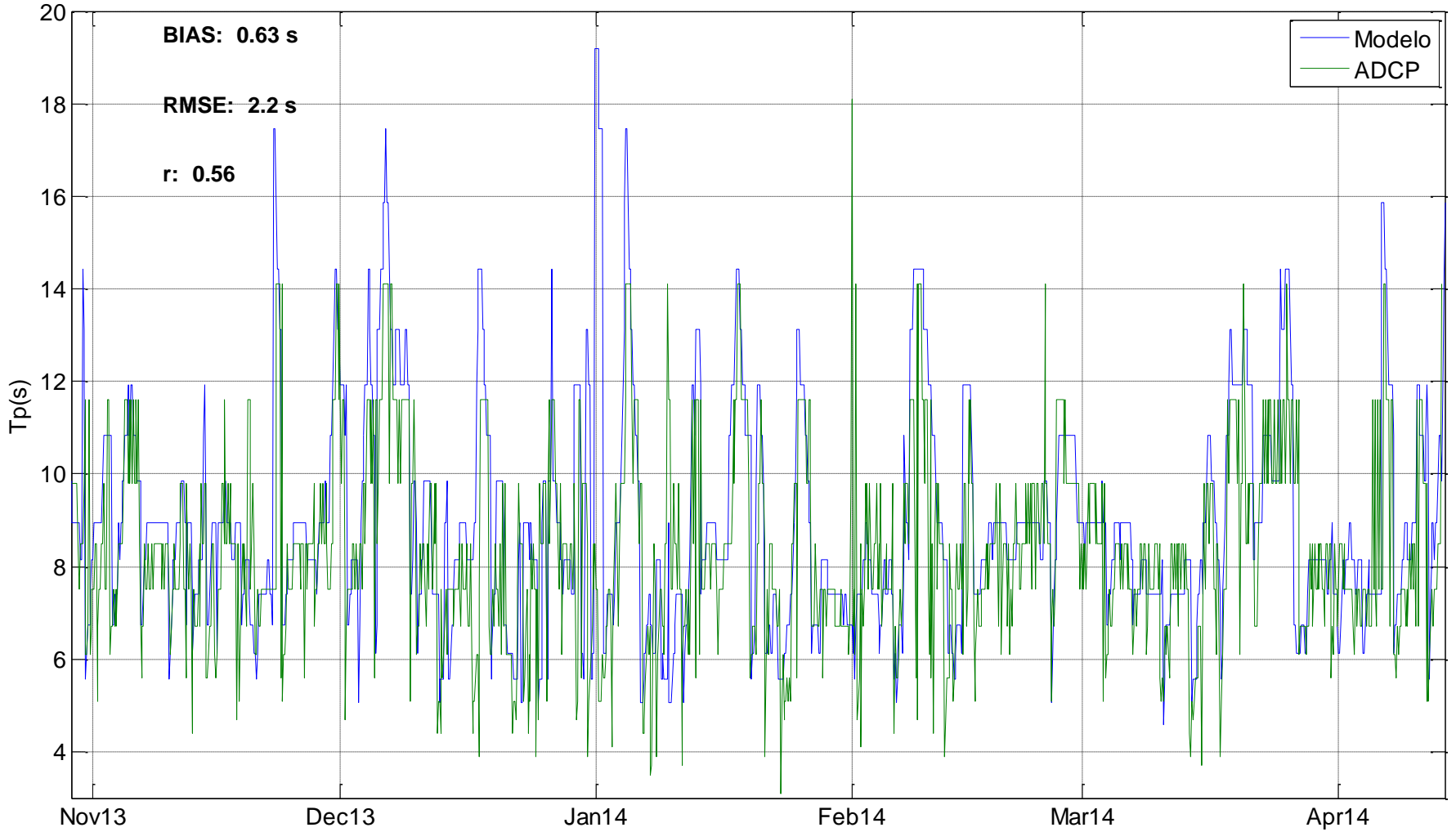
Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.



Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

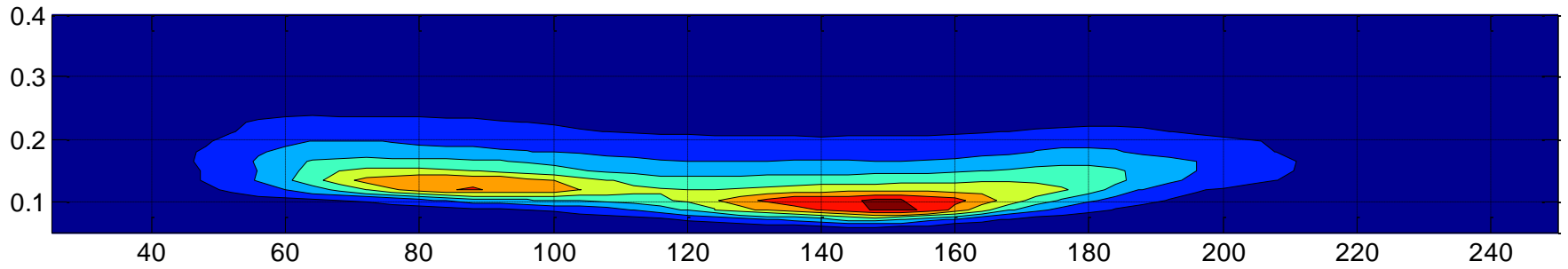


Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

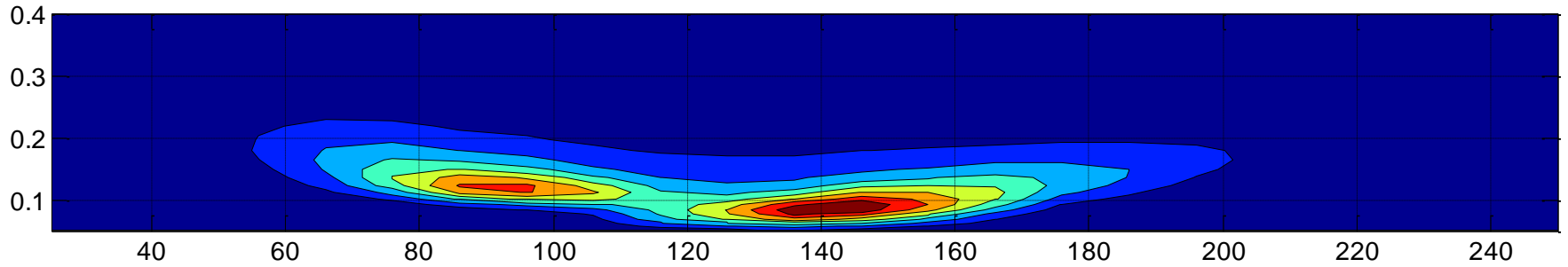


Potencial Undimotriz de Uruguay. Reanálisis de oleaje.

ADCP

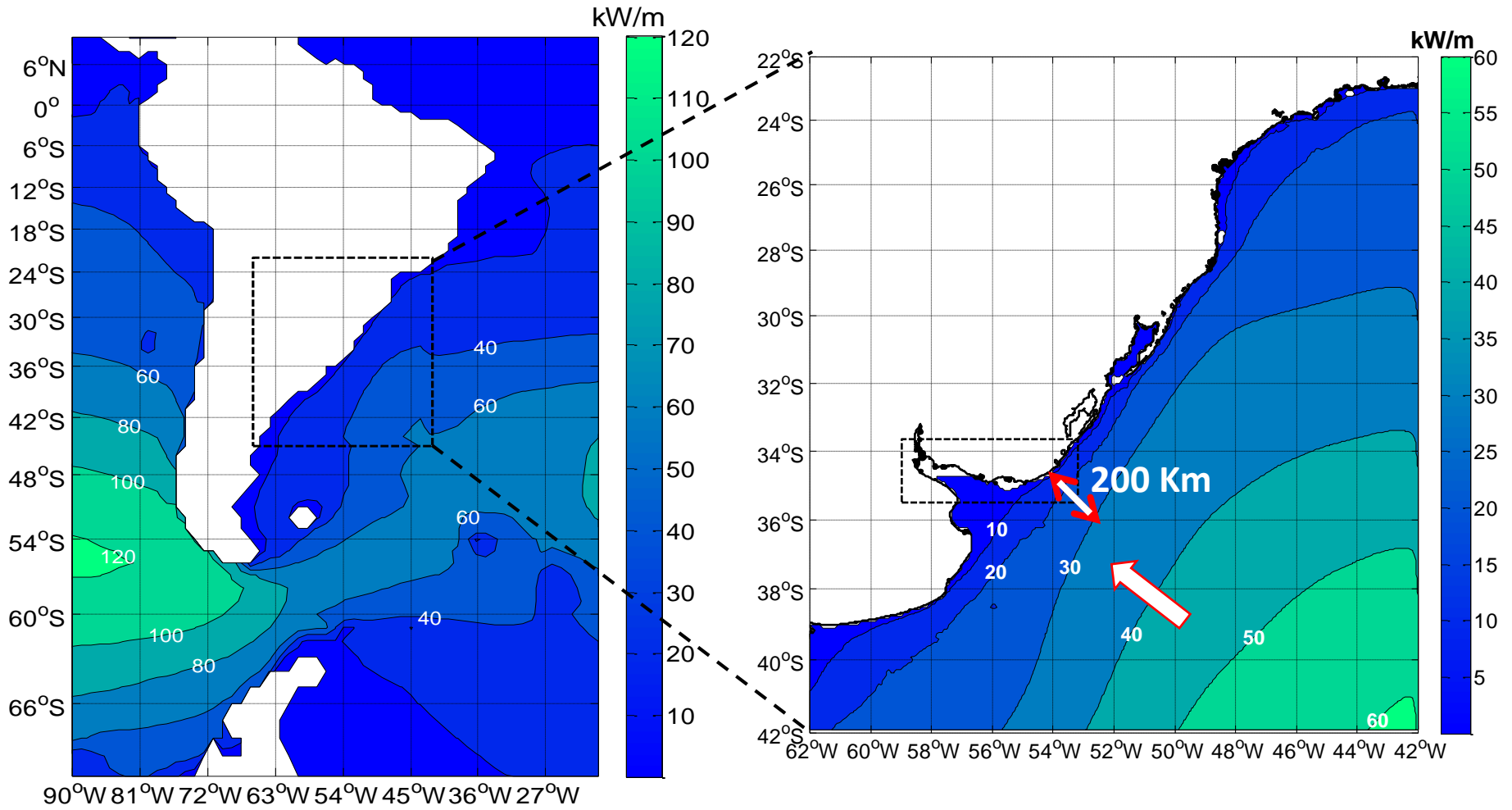


Modelo local



Potencial Undimotriz de Uruguay

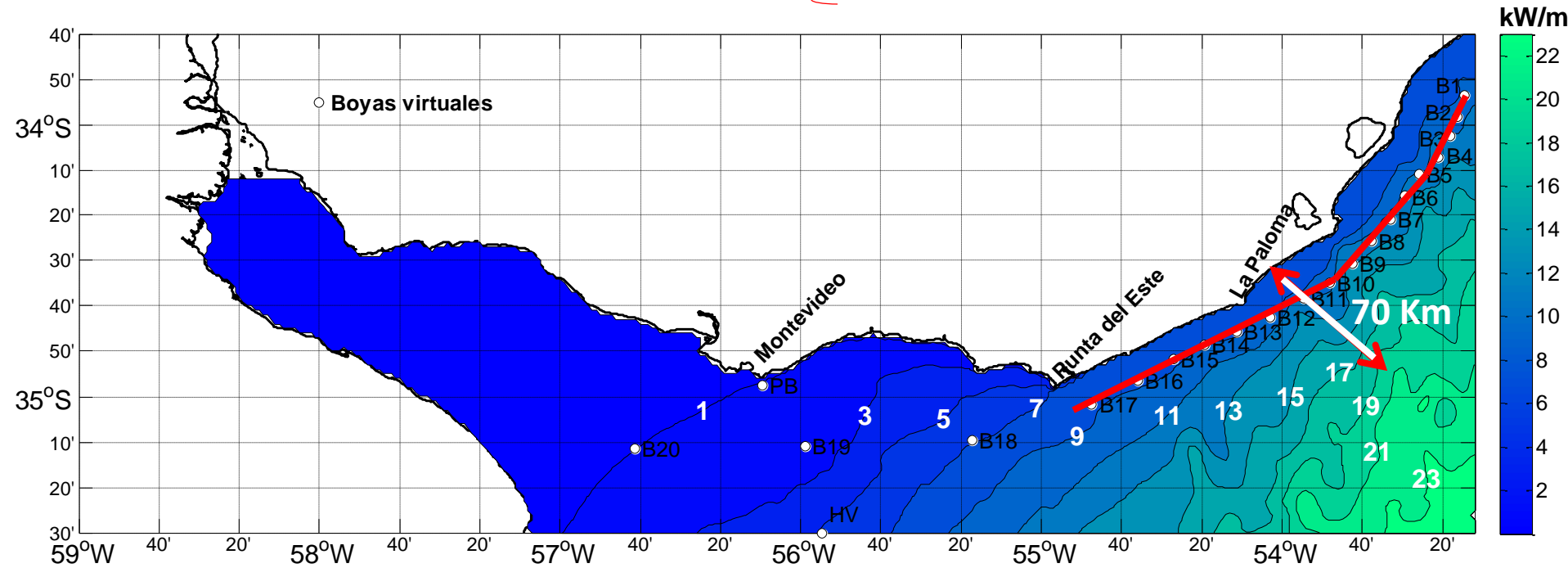
Distribución espacial.



Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución espacial.

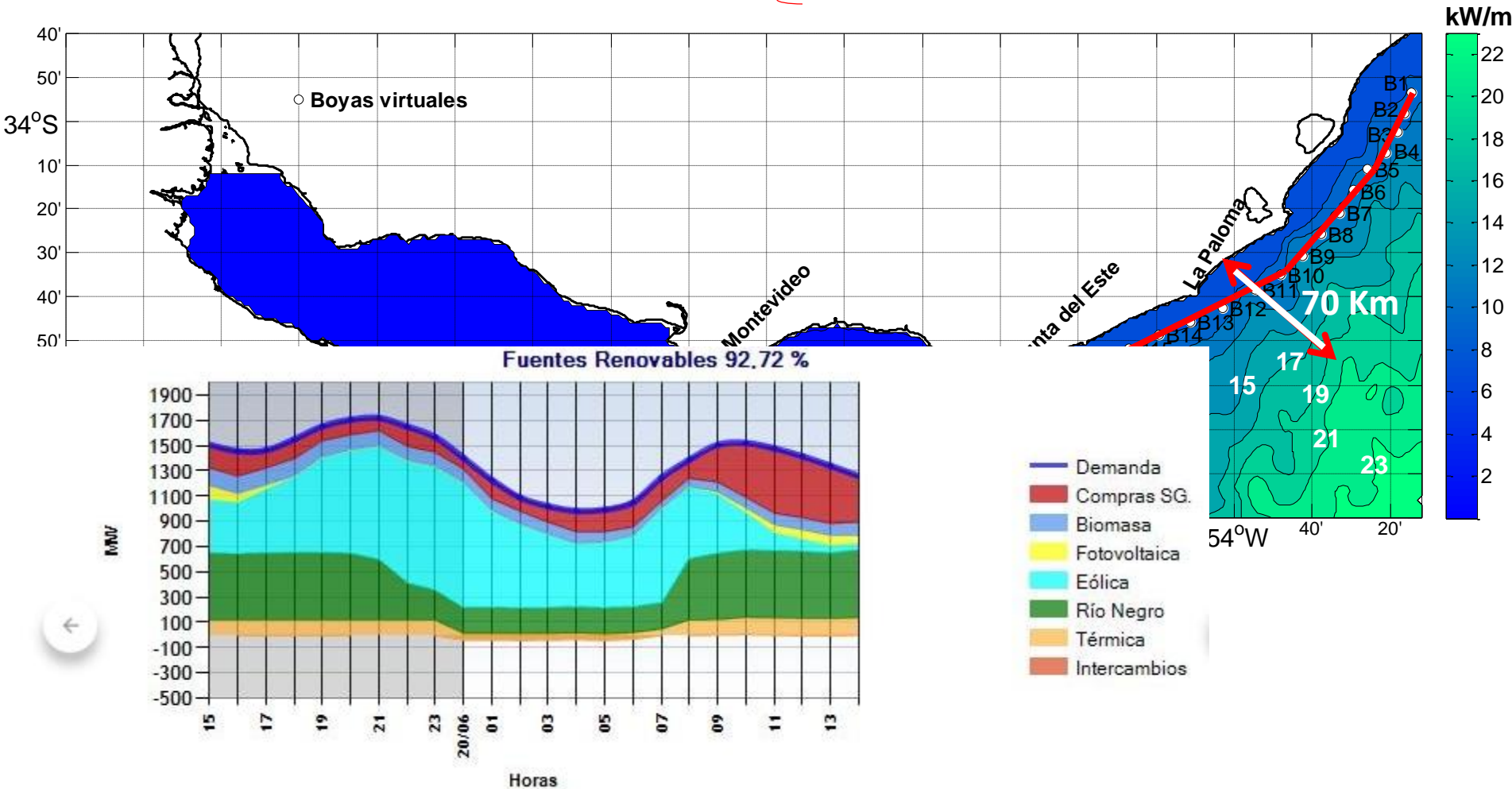
Costa atlántica (≈ 20 m de profundidad) { Energía media anual: **19.3 TWh**
Potencia media: **2.2 GW**



Potencial Undimotriz de Uruguay

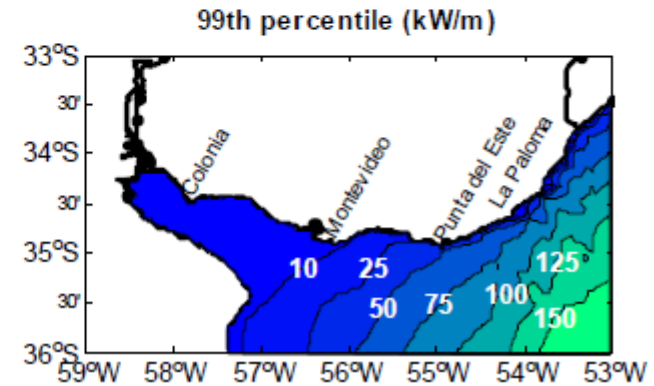
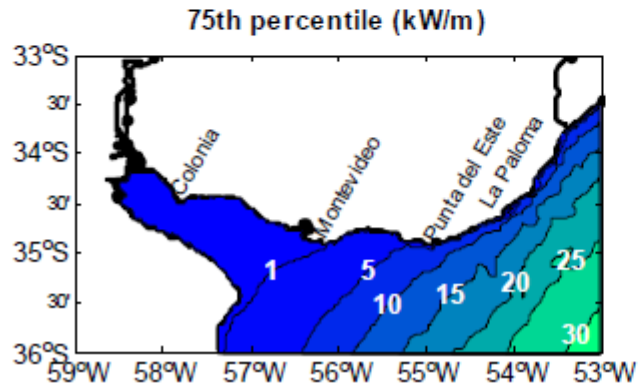
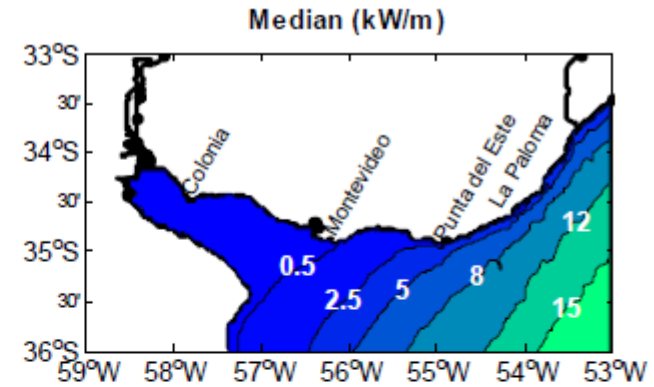
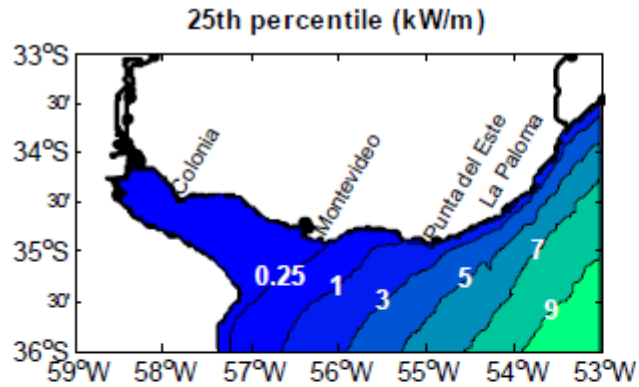
Distribución espacial.

Costa atlántica (≈ 20 m de profundidad) } Energía media anual: **19.3 TWh**
Potencia media: **2.2 GW**



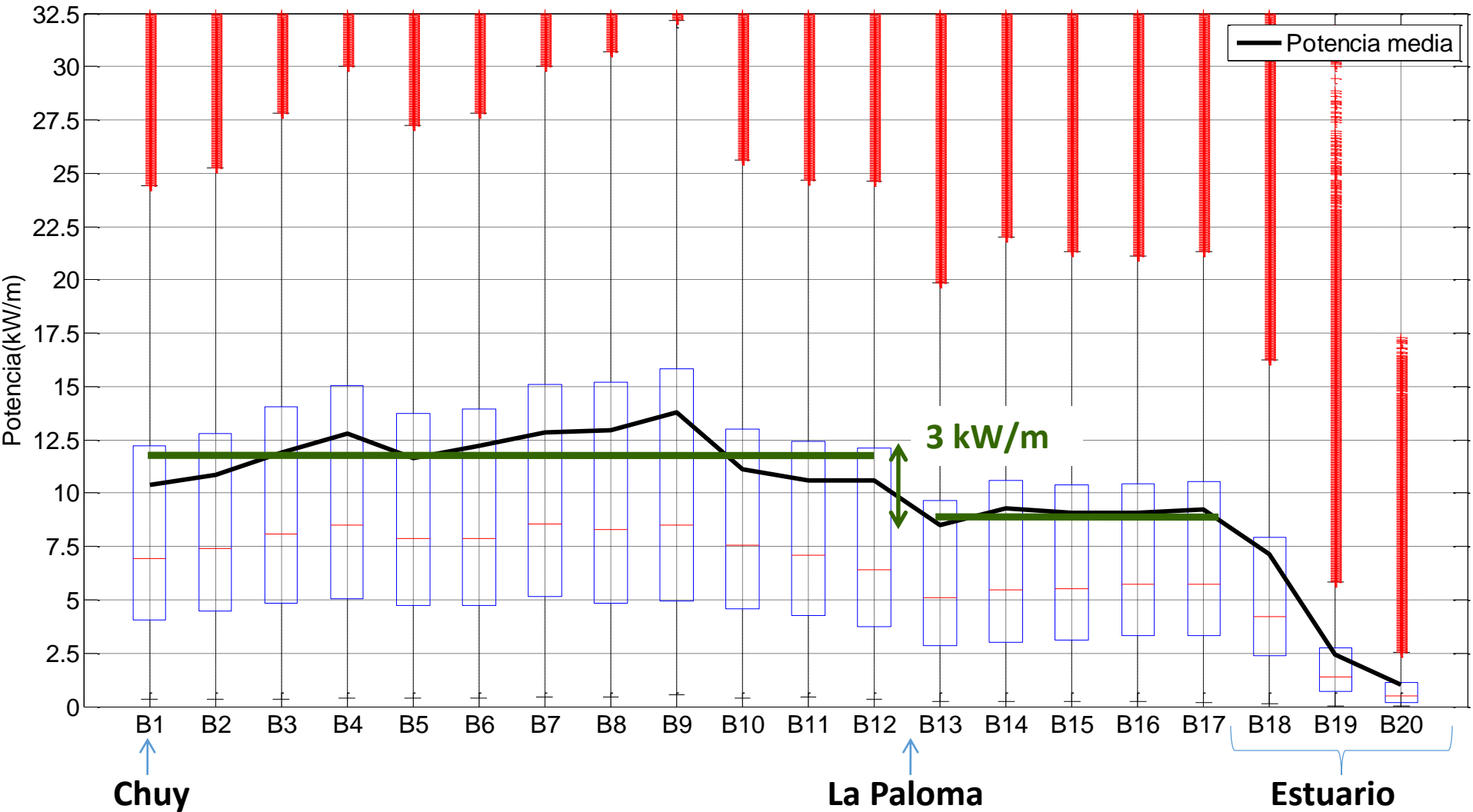
Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución espacial.



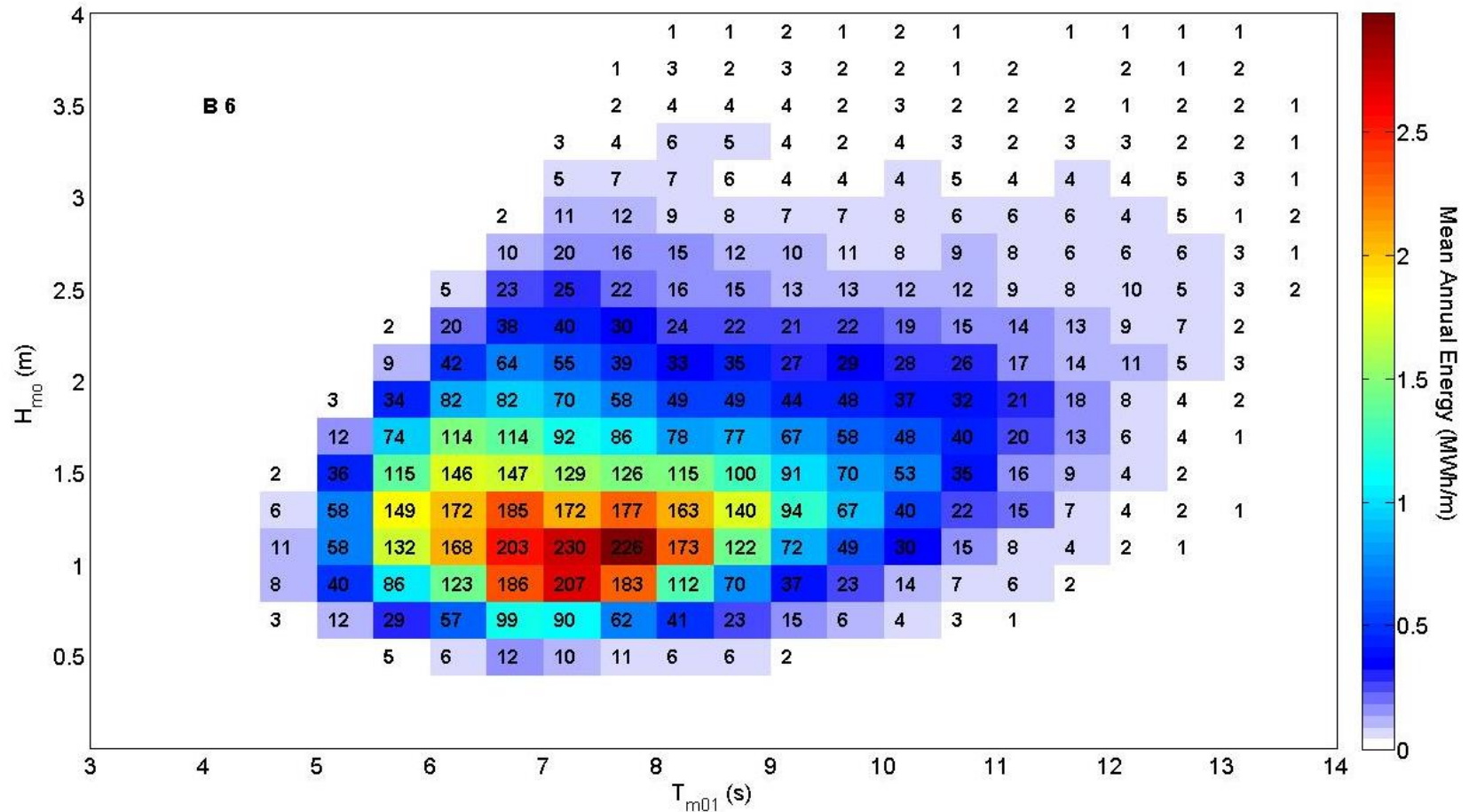
Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución espacial.



Potencial Undimotriz de Uruguay

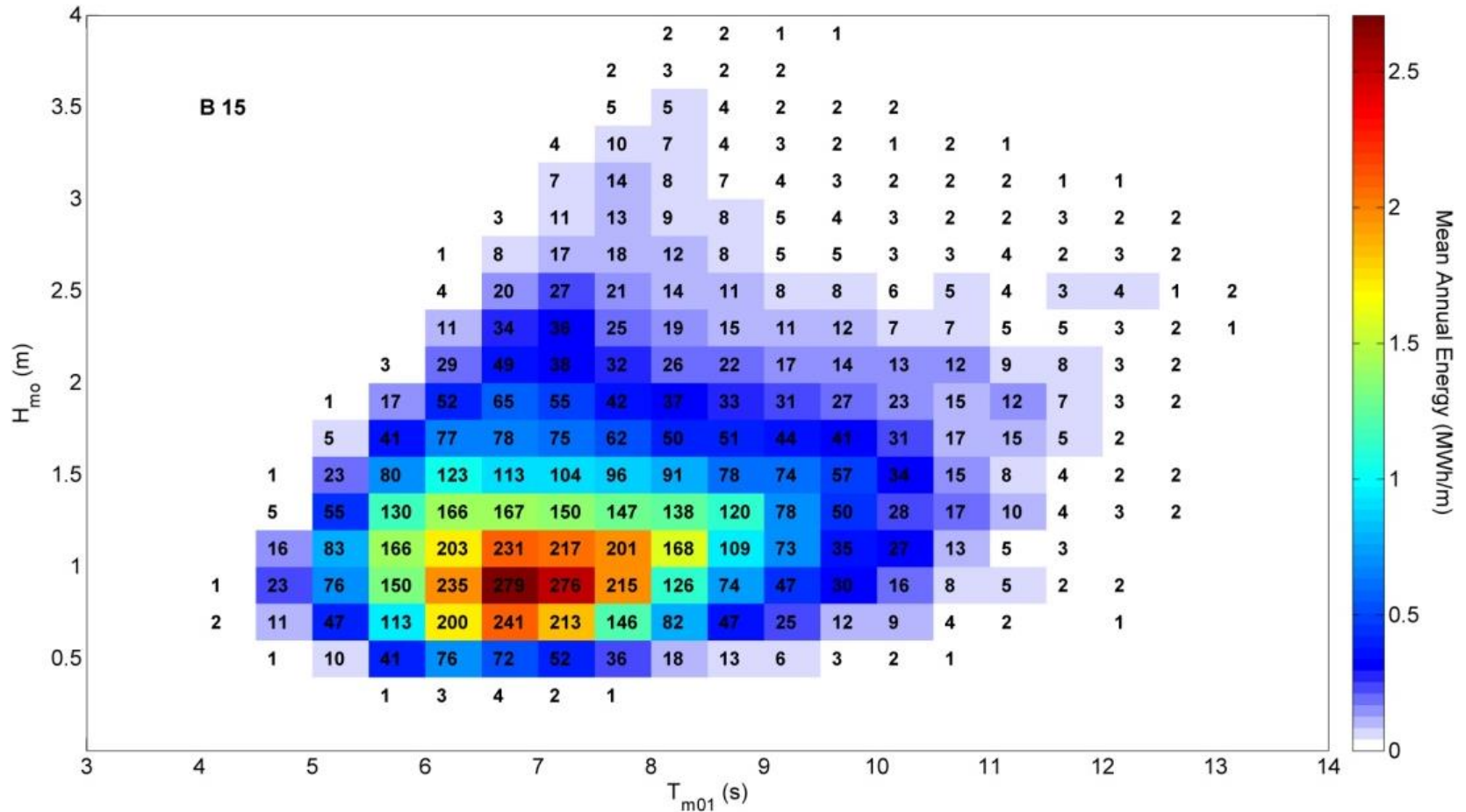
Distribución omnidireccional en estados de mar.



* Los números refieren a horas por año

Potencial Undimotriz de Uruguay

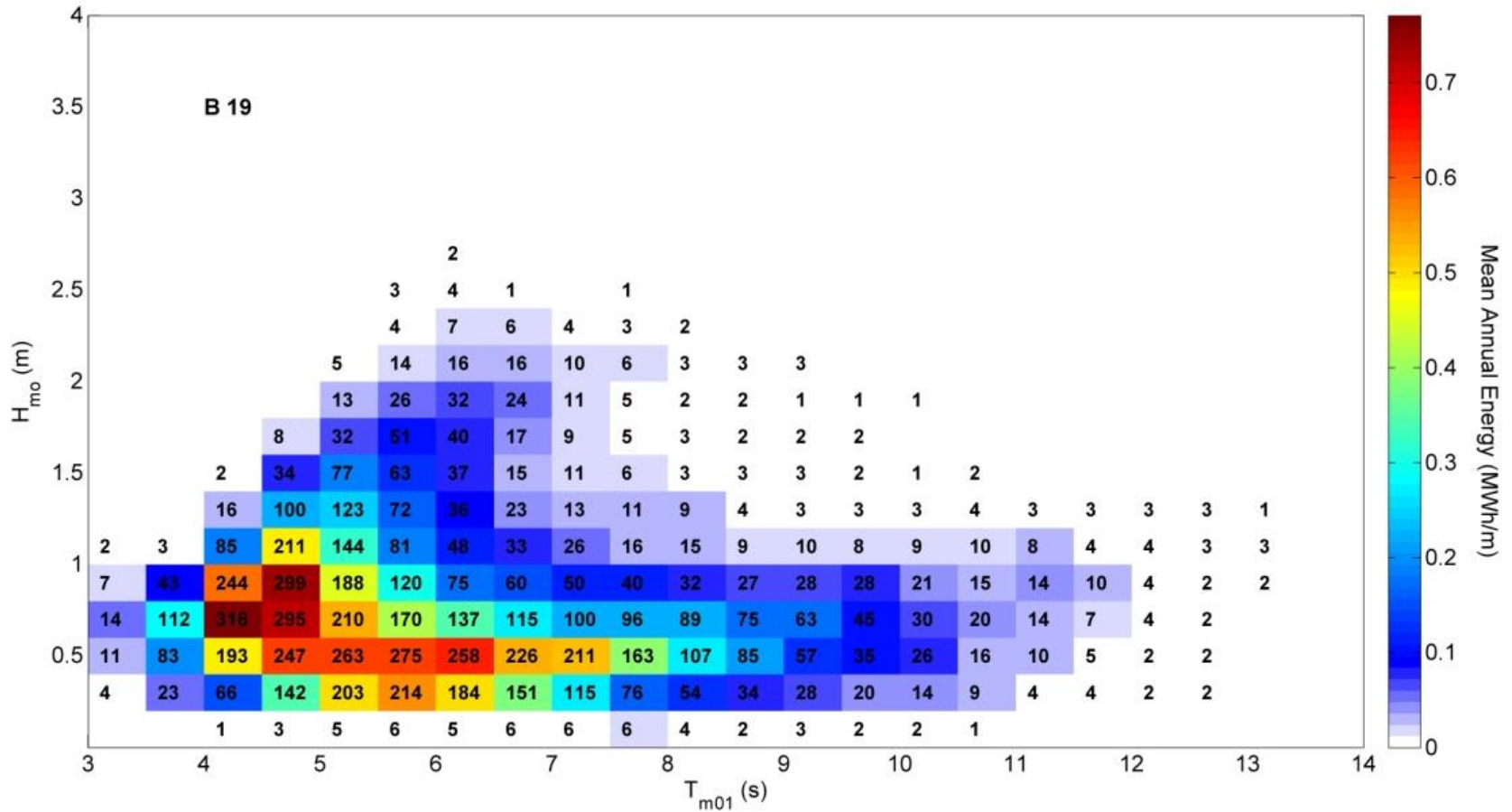
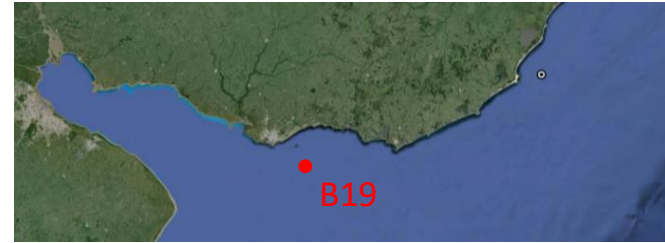
Distribución omnidireccional en estados de mar.



* Los números refieren a horas por año

Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución omnidireccional en estados de mar.



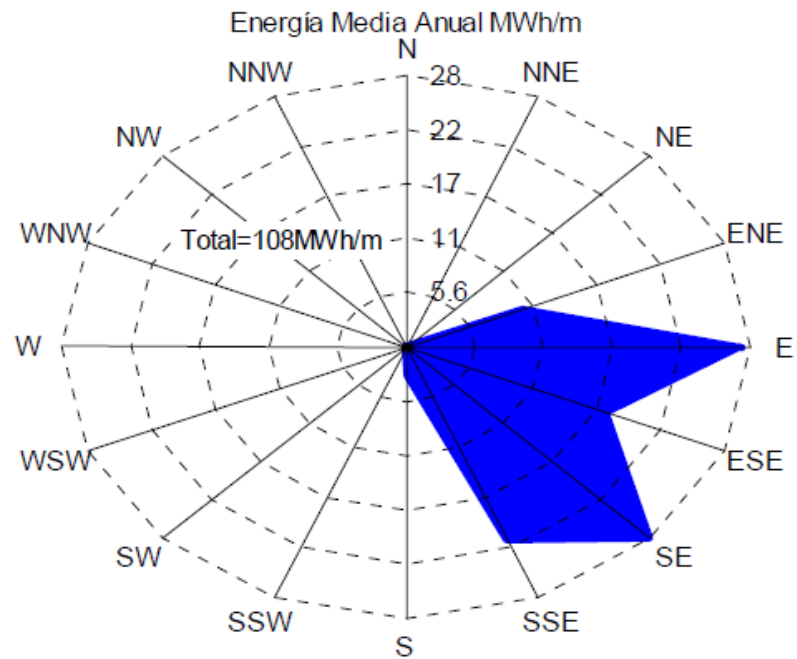
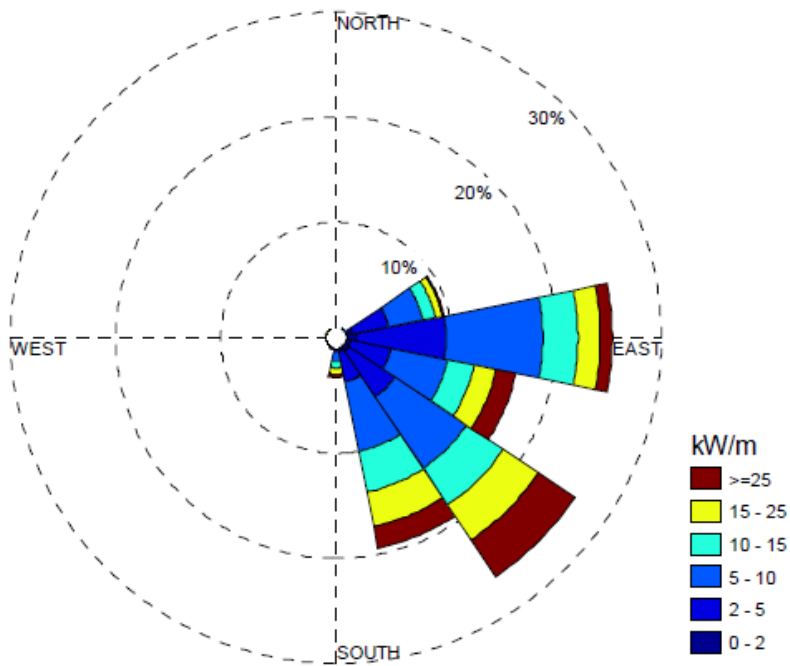
* Los números refieren a horas por año

Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.



Rosa de Potencia

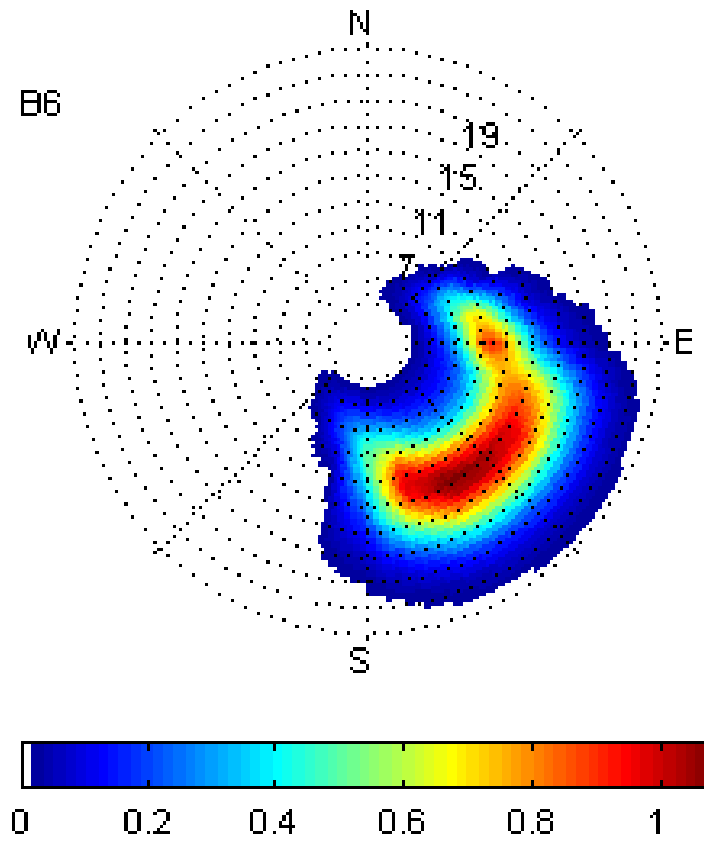


Distribución direccional de la energía

Potencial Undimotriz de Uruguay Distribución en direcciones.



Espectro promedio

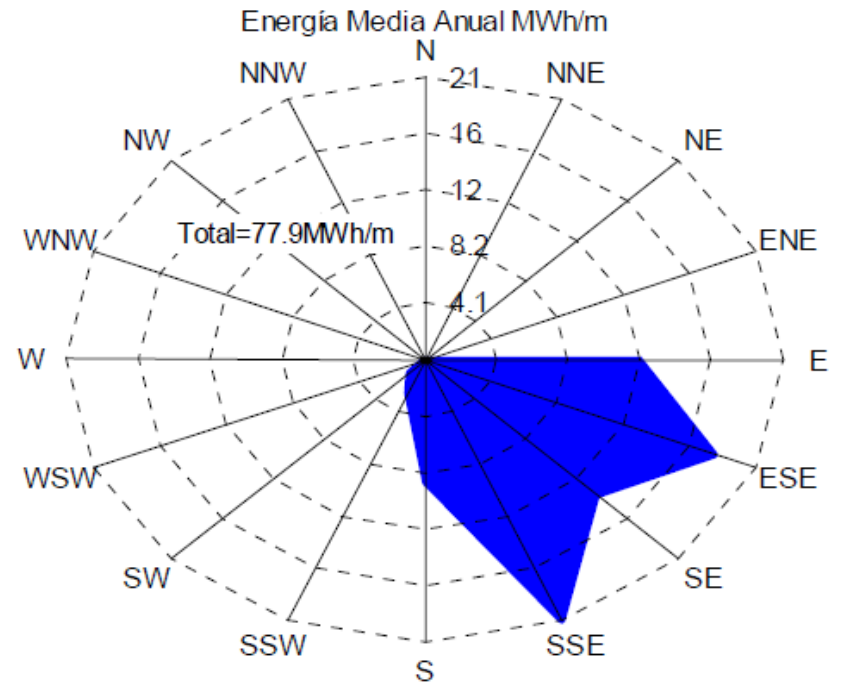
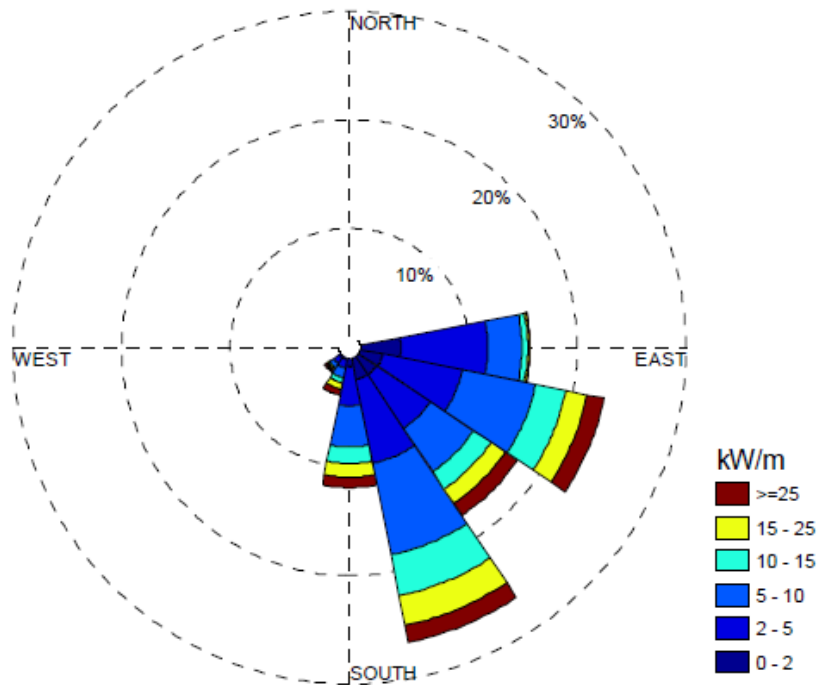


Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.



Rosa de Potencia



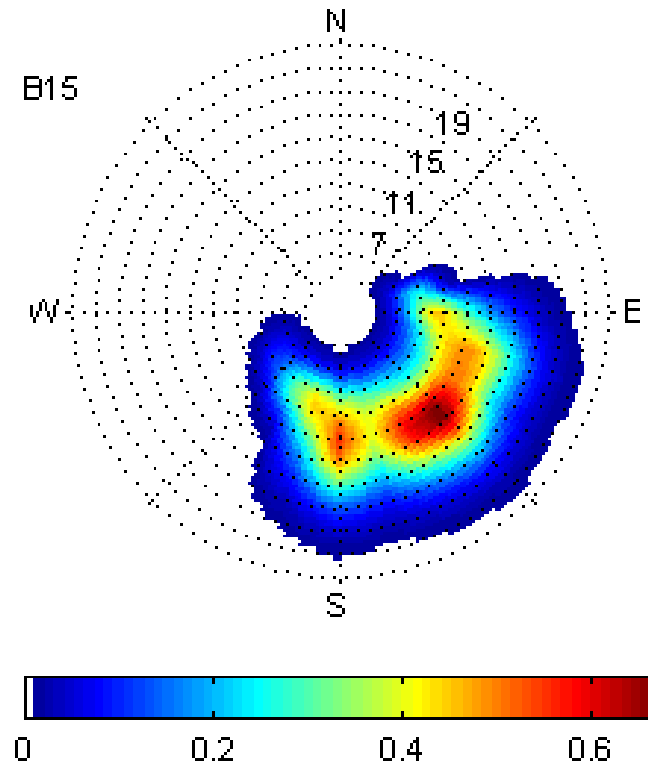
Distribución direccional de la energía

Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.

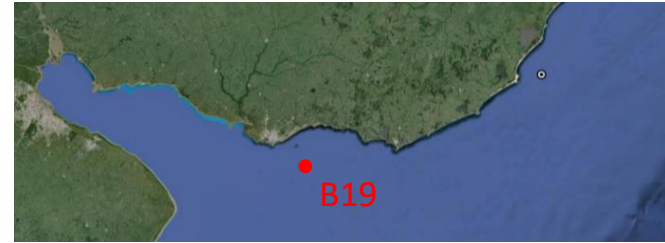


Espectro promedio

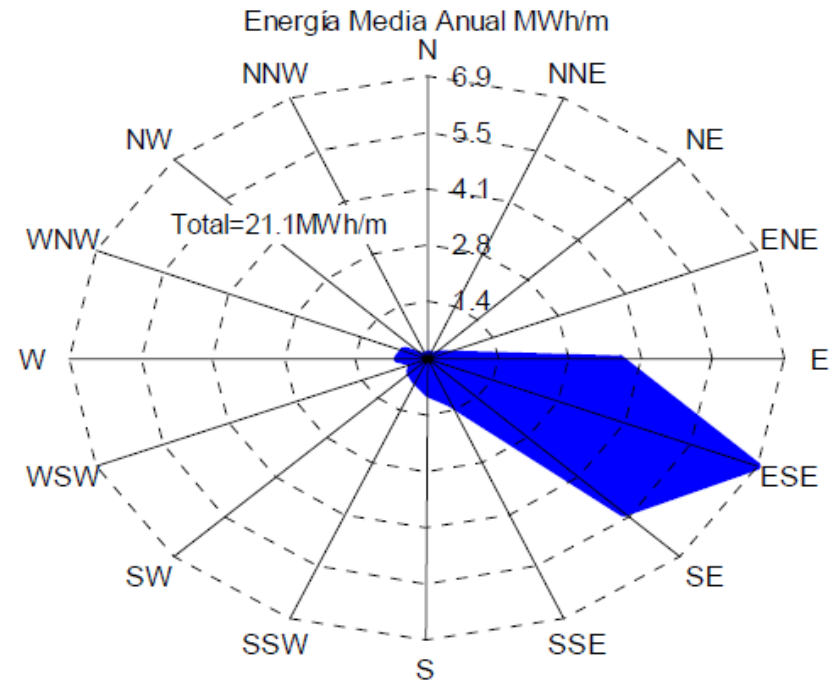
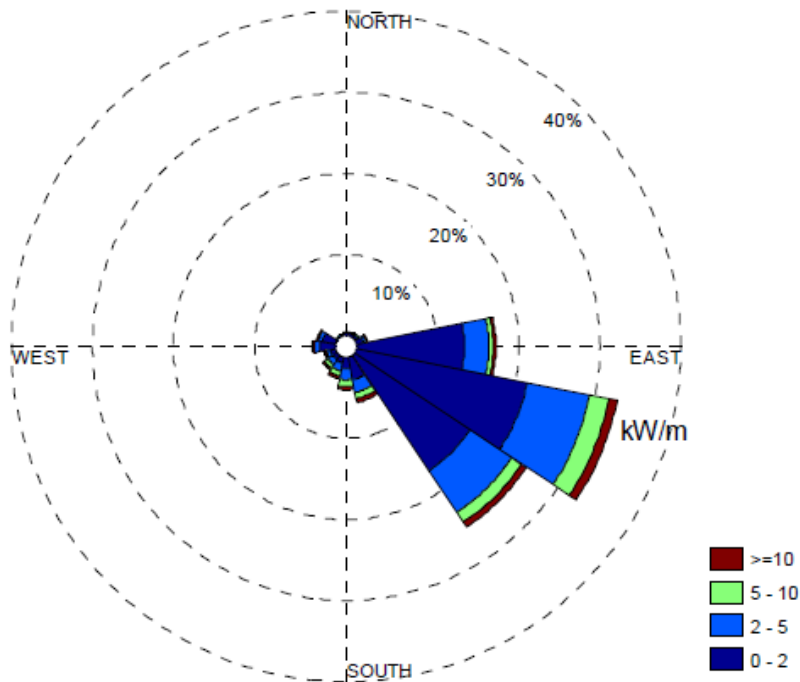


Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.



Rosa de Potencia



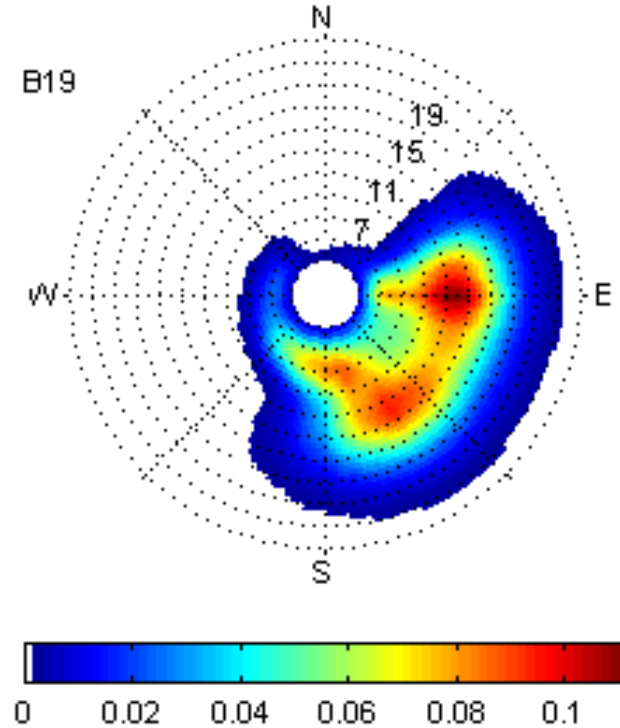
Distribución direccional de la energía

Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.



Espectro Promedio

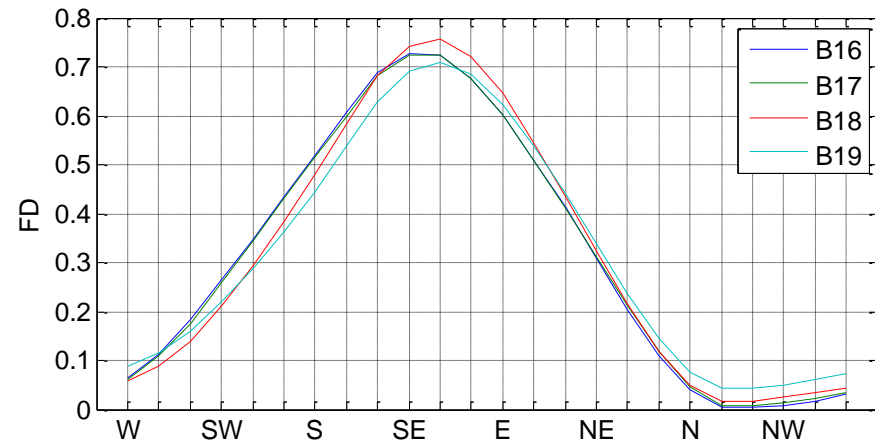
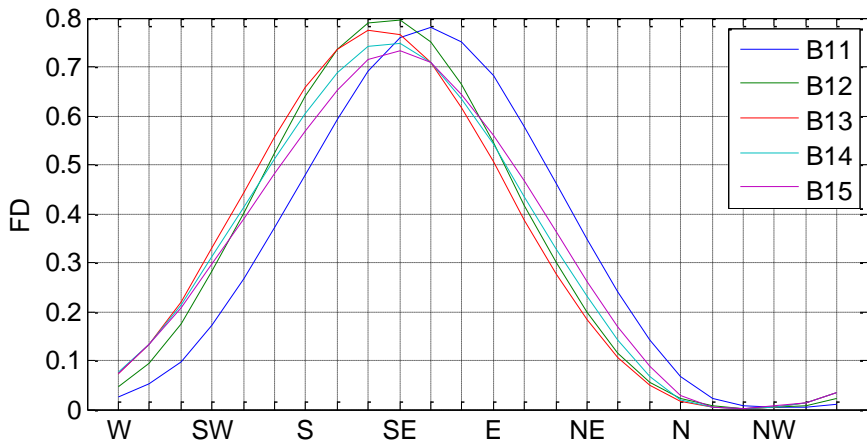
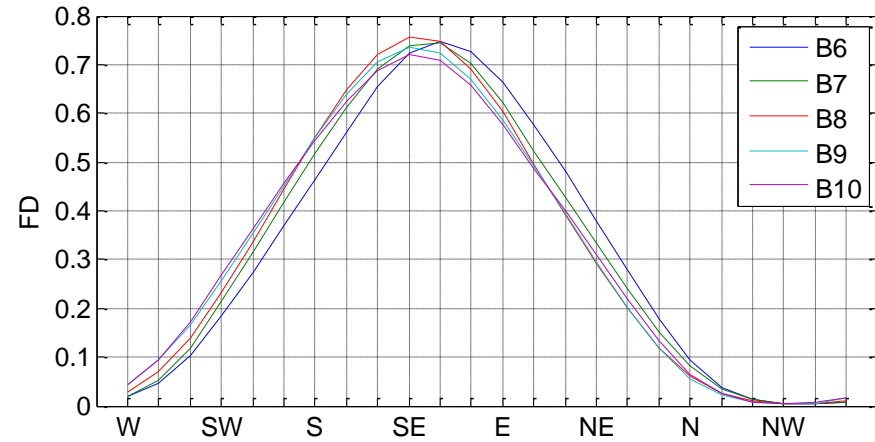
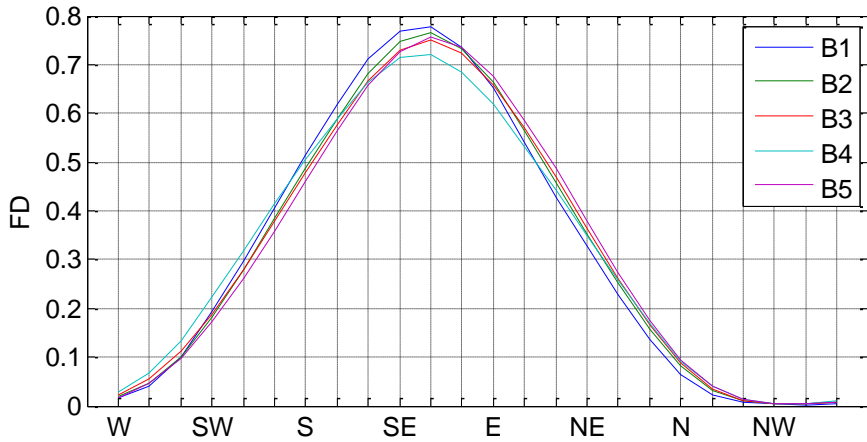
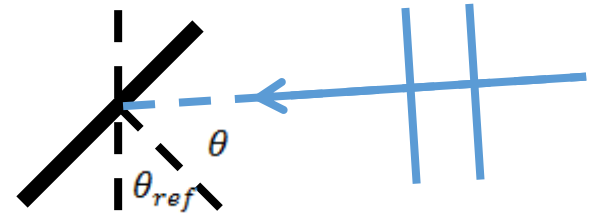


Potencial Undimotriz de Uruguay

Distribución en direcciones.

Factor Direccional (FD)

$$FD = \frac{\int_0^\infty \int_{\theta_{ref}-\frac{\pi}{2}}^{\theta_{ref}+\frac{\pi}{2}} E(f, \theta) C_g(f) \cos(\theta - \theta_{ref}) d\theta df}{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} E(f, \theta) C_g(f) d\theta df}$$



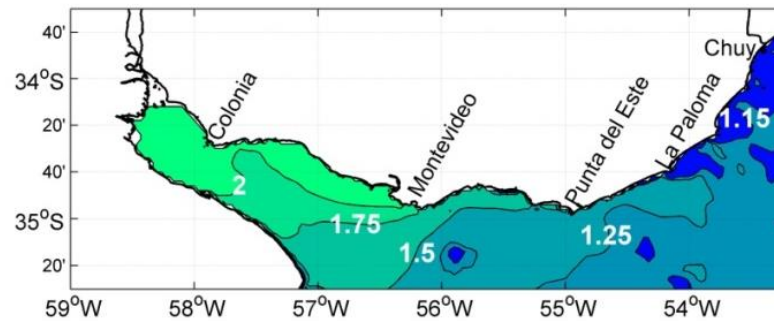
Potencial Undimotriz de Uruguay

Variabilidad temporal.

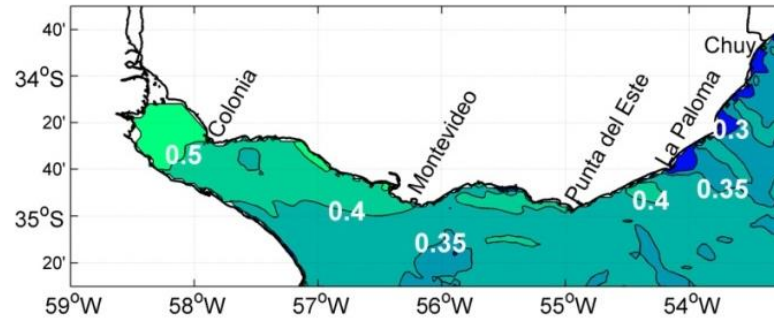
Variabilidad ante distintas escalas temporales

$$COV = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{[(P - \bar{P})^2]^{0.5}}{\bar{P}}$$

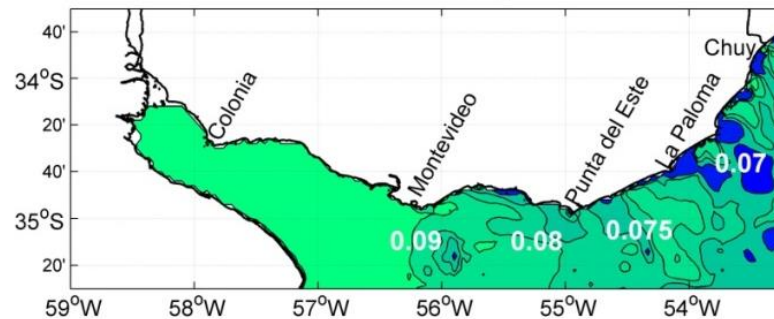
COV 3h



COV Monthly



COV Annually

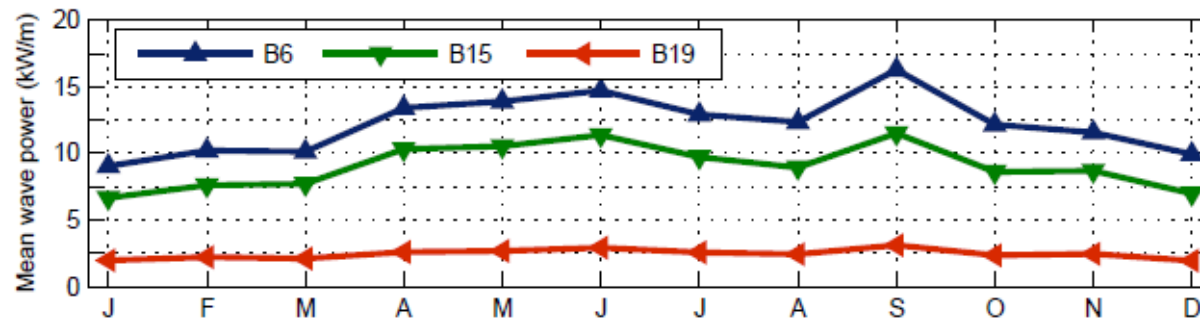
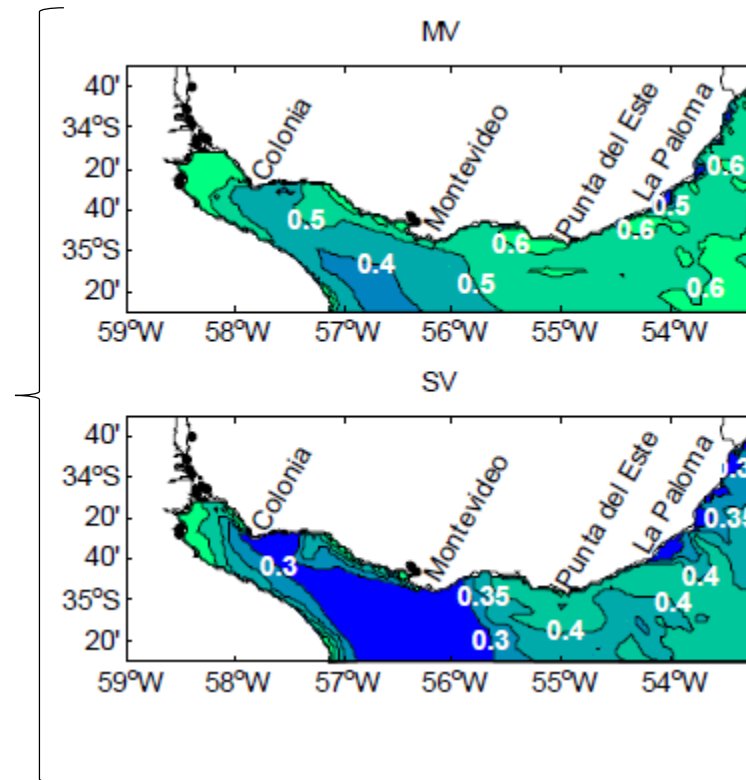


Potencial Undimotriz de Uruguay

Variabilidad temporal.

$$SV = \frac{P_{S1} - P_{S4}}{\bar{P}},$$

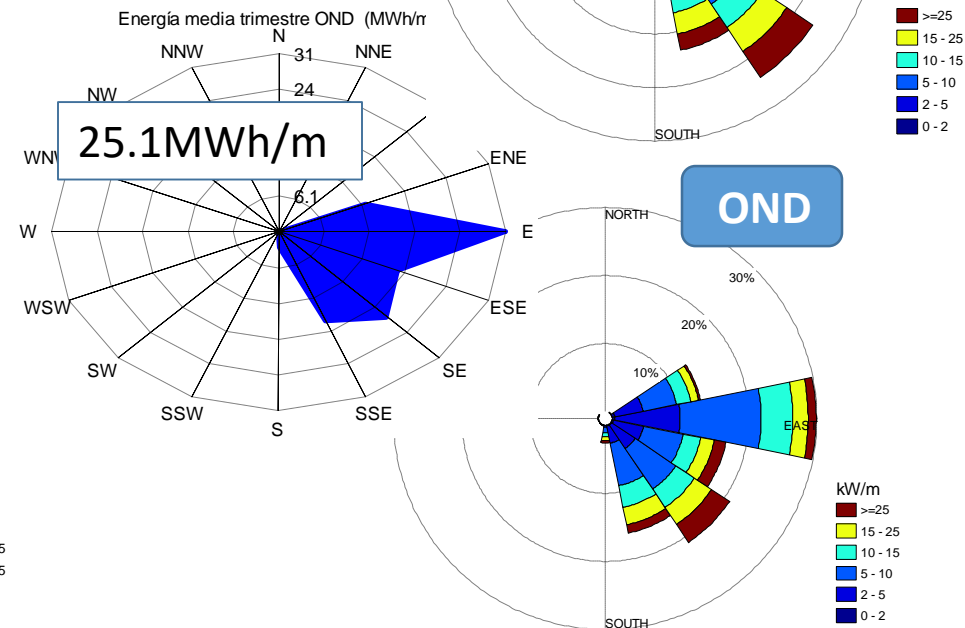
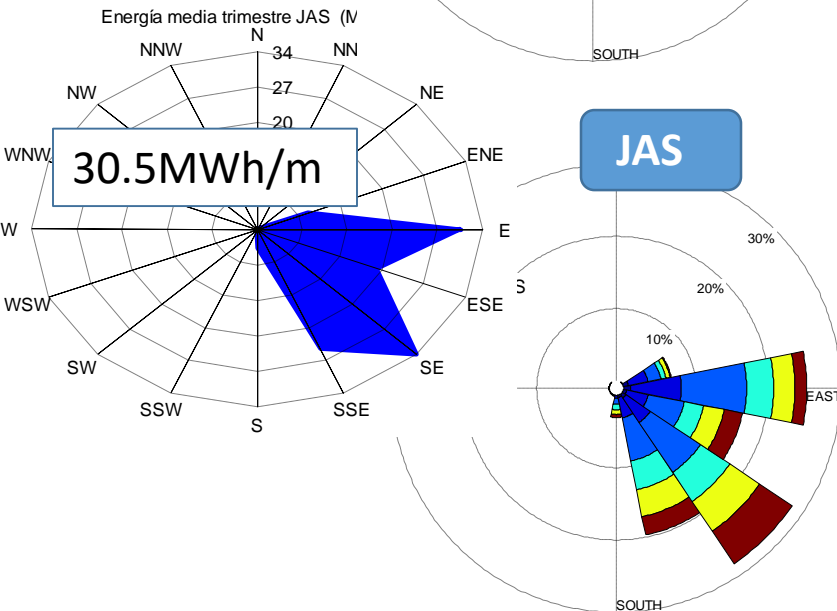
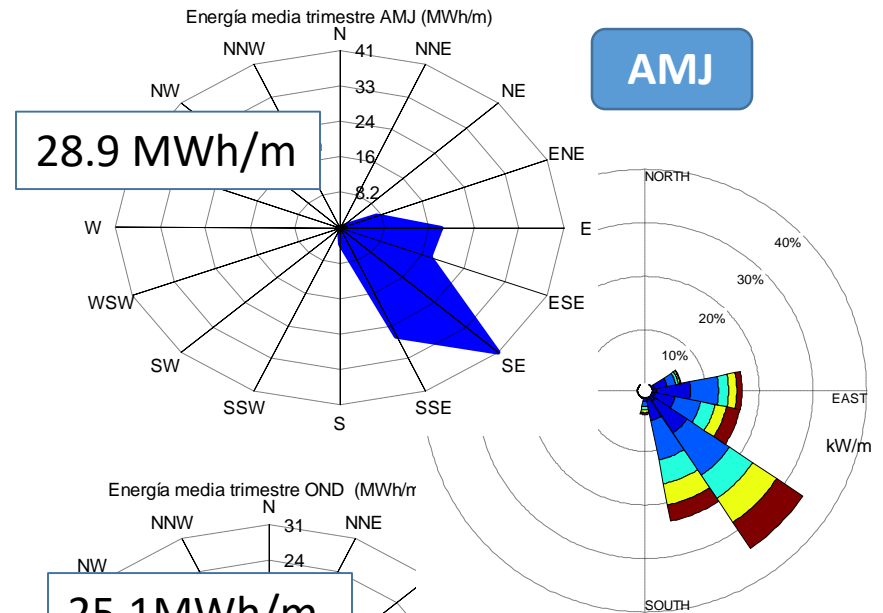
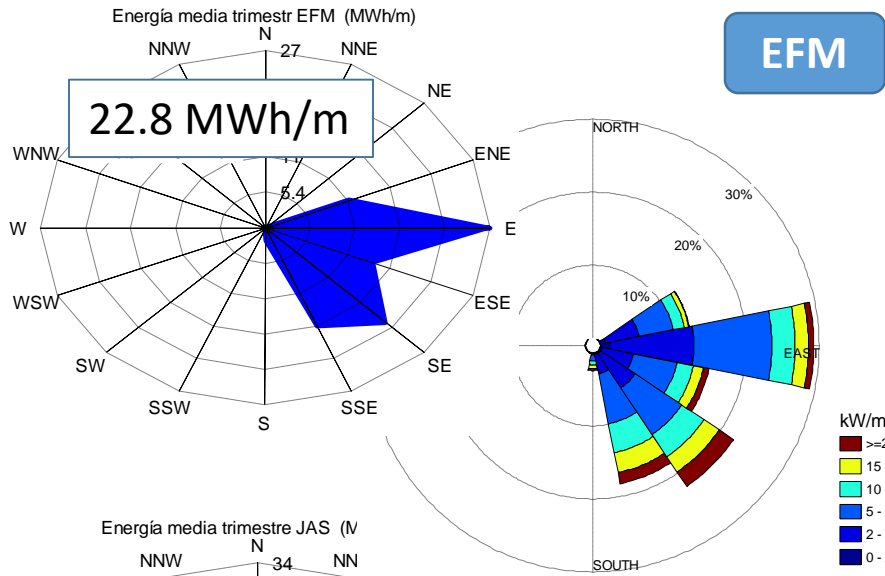
$$MV = \frac{P_{M1} - P_{M12}}{\bar{P}},$$



Potencial Undimotriz de Uruguay

Variabilidad temporal.

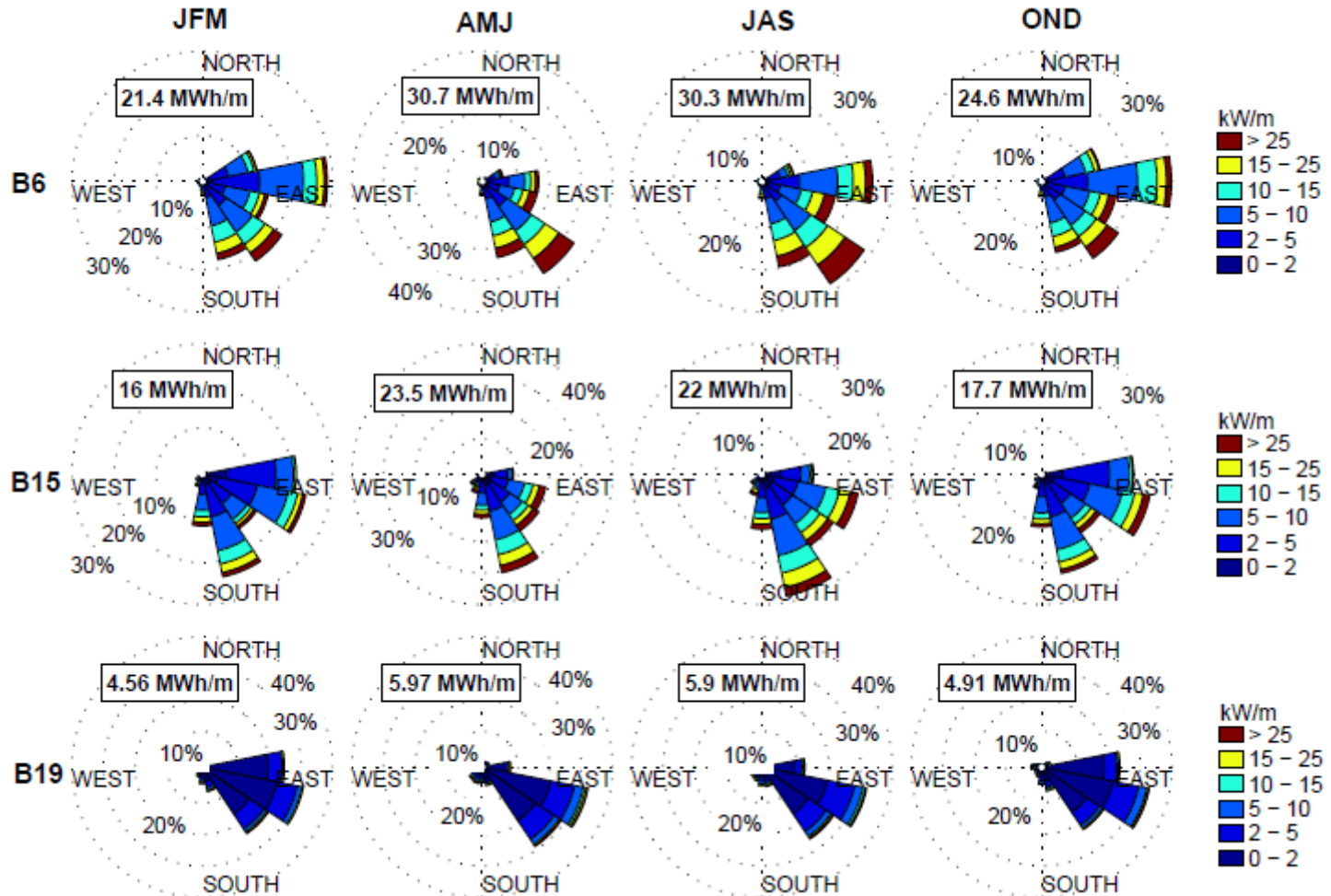
Variabilidad Estacional



Potencial Undimotriz de Uruguay

Variabilidad temporal.

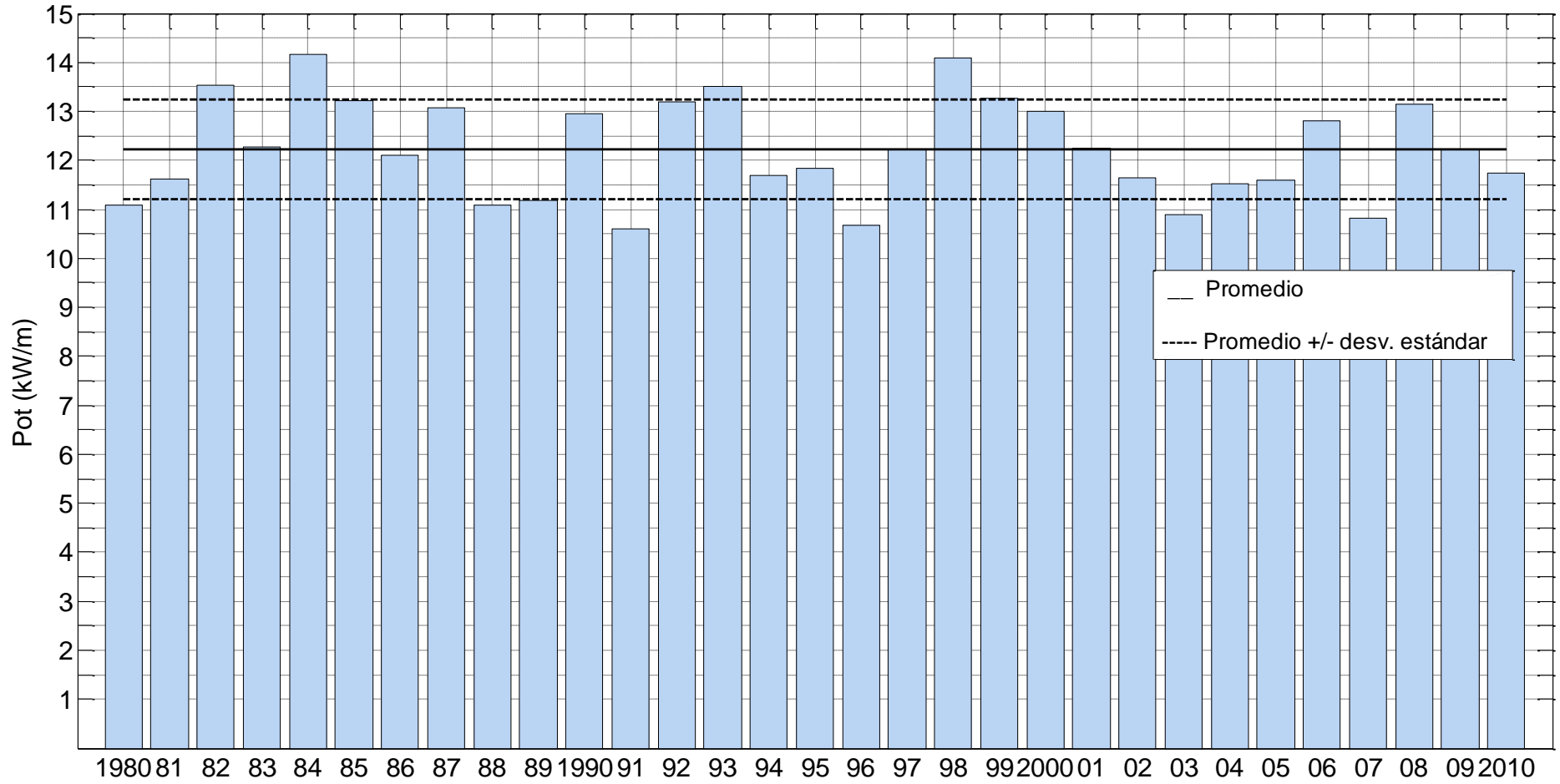
Variabilidad Estacional



Potencial Undimotriz de Uruguay

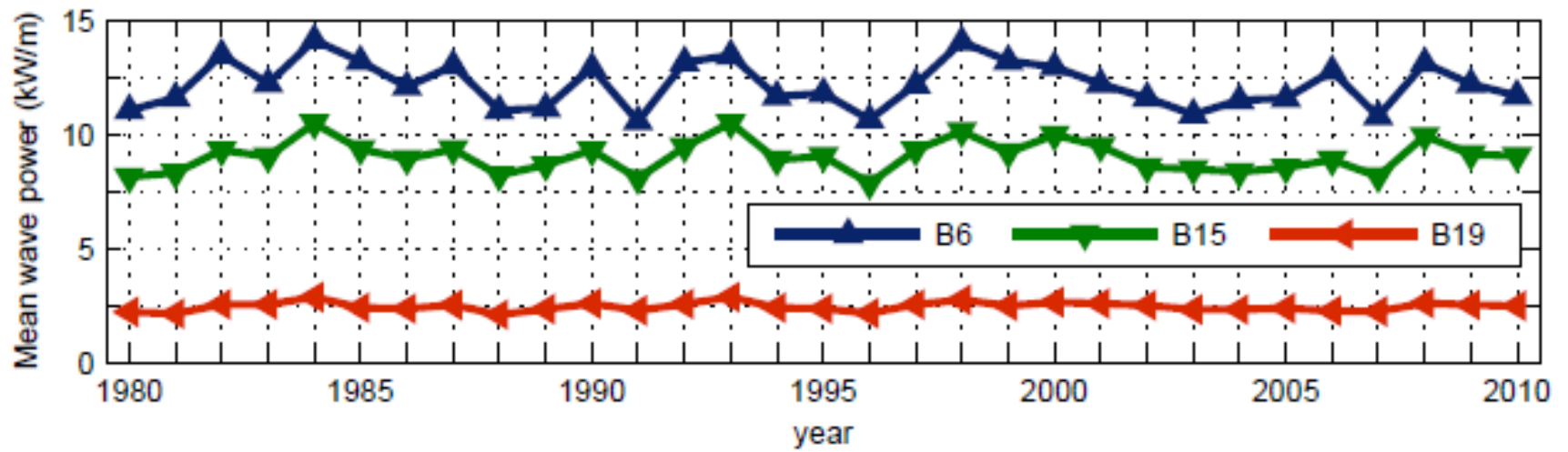
Variabilidad temporal.

Variabilidad inter-anual



Potencial Undimotriz de Uruguay

Variabilidad temporal.



Potencial Undimotriz de Uruguay

Correlación con índices climáticos.

Table 7

Linear correlation between the monthly wave energy anomaly and climatic indexes. Only correlations statistically significant at the 90% level are shown (correlations significant at the 95% level are labeled in bold).

Buoy	Climatic index			
	AAO	TSA	Nino 3.4	SOI
B6	0.10	-	-	-0.10
B15	0.12	-	-	-
B19	0.11	-	-	-

AAO: Oscilación Antártica; Niño 3.4

TSA: Tropical Southern Atlantic; SOI: Oscilación sur

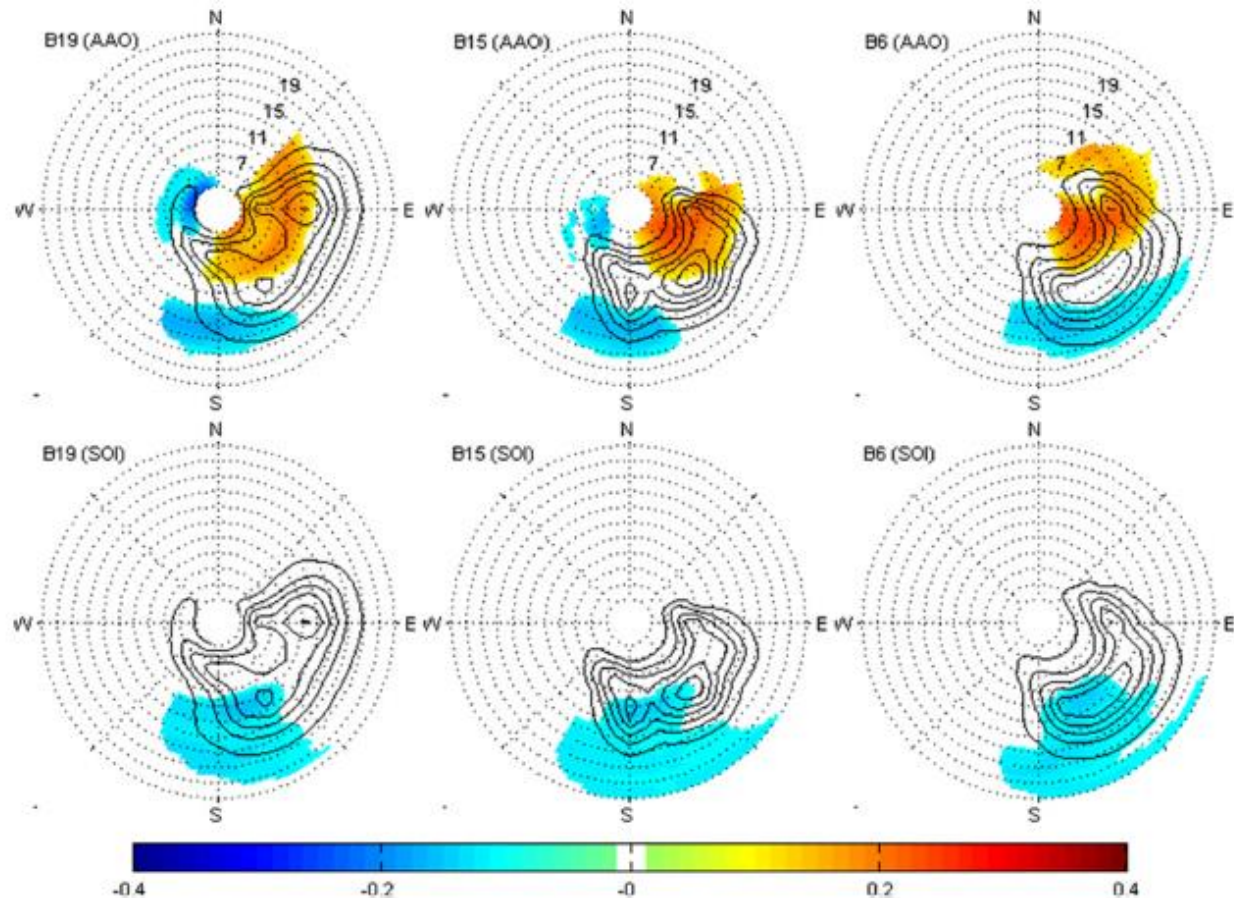


Fig. 17. Linear correlation between the monthly wave energy anomaly at each spectral bin and the AAO and SOI indexes. Black contour lines correspond to the mean annual energy spectrum at each buoy. Only the correlations statistically significant at the 95% level are shown.

Potencial Undimotriz de Uruguay

Eventos Extremos.

ETER (Exploitation to extreme ratio): He/Hd
 Un indicador de la eficiencia estructural del WEC

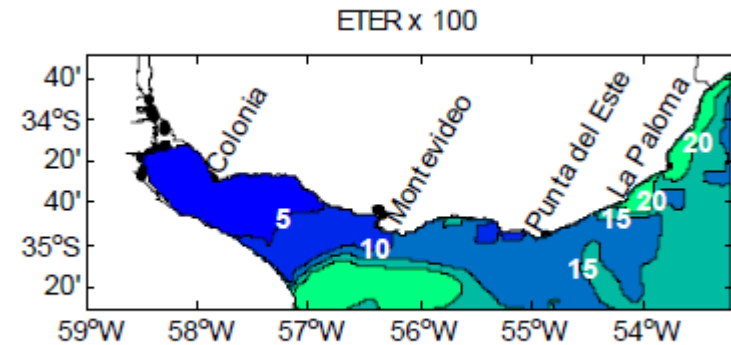
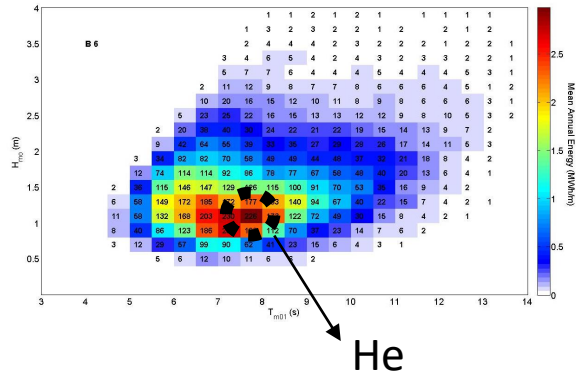
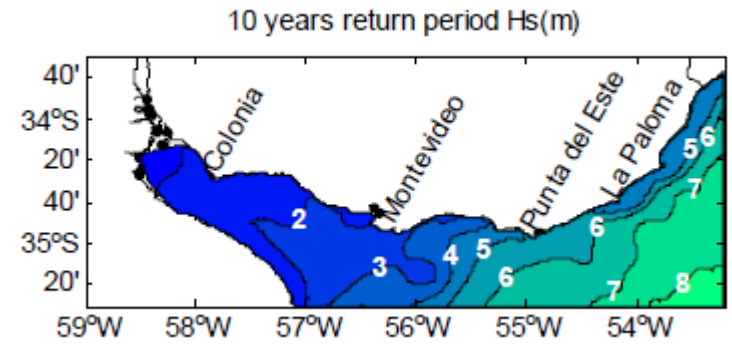
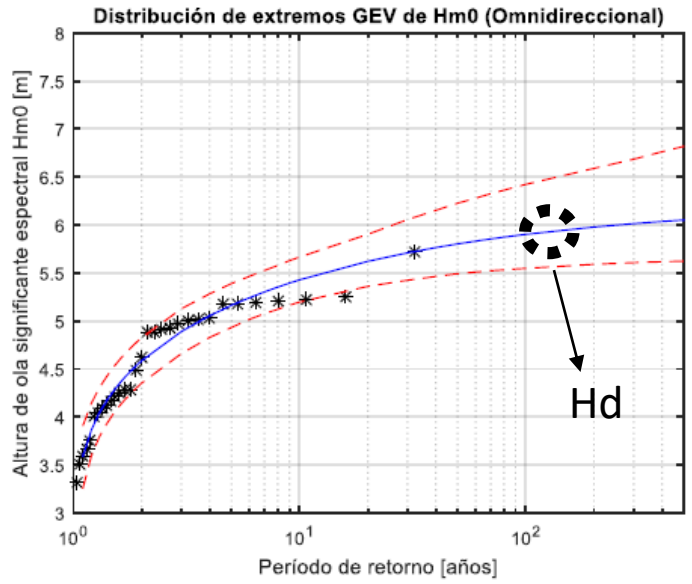


Fig. 18. Exploitation to extreme ratio (ETER) index map.



Potencial Undimotriz de Uruguay

Síntesis.

- En el estuario el potencial decae fuertemente siendo un orden menor que en la plataforma continental.
- Costa atlántica (≈ 20 m de profundidad) **19.3 TWh (2.2 GW)** de energía media anual a lo largo de los **200 km** de costa.
- Hacia aguas profundas: **20 y 30 kW/m** a **70 y 200 km** de la costa respectivamente.
- Los estados de mar más frecuentes son los que presentan una mayor contribución al potencial.
- Dispersión de la energía en el cuadrante E-S
- La variabilidad en el corto plazo muestra la necesidad de contar con pronósticos.
- Poca variabilidad estacional en la magnitud de la potencia media.
- Se observa variabilidad estacional respecto a las direcciones de las cuales proviene el oleaje. (**Mayor peso del Este en las estaciones cálidas**).

Potencial Undimotriz de Uruguay

Síntesis.

- Poca variabilidad interanual. Detectándose correlación con índices climáticos AAO y TSA.
- Eventos extremos poco severos. Es decir, la ola de referencia para el diseño estructural del WEC no es extremadamente mayor que la ola de referencia para el diseño del funcional.
- El tramo al NE de La Paloma, presenta un mayor potencial, a la vez que resulta más favorable desde la perspectiva de la variabilidad del recurso y la severidad de los eventos extremos.

Potencial Undimotriz de Uruguay

Síntesis.

En base a los resultados obtenidos:

Se considera que el oleaje de nuestra plataforma continental constituye un recurso atractivo para integrar la matriz energética del país, contribuyendo a su diversificación y sostenibilidad.

El tramo de costa La Paloma – Chuy es el que se presenta como más atractivo desde el punto de vista de las características del recurso

Métodos para el estudio de WEC's

Modelación Física

Flujo a superficie libre: Similitud de Froude ($e_L = e_T^2$)

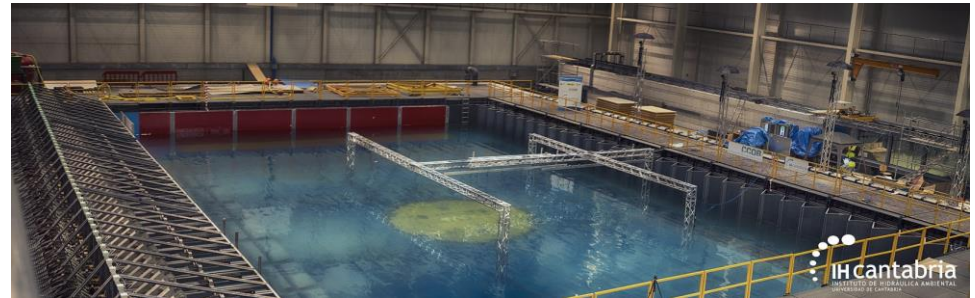
Canal de oleaje

Oleaje Regular

Oleaje Irregular



Tanque de oleaje



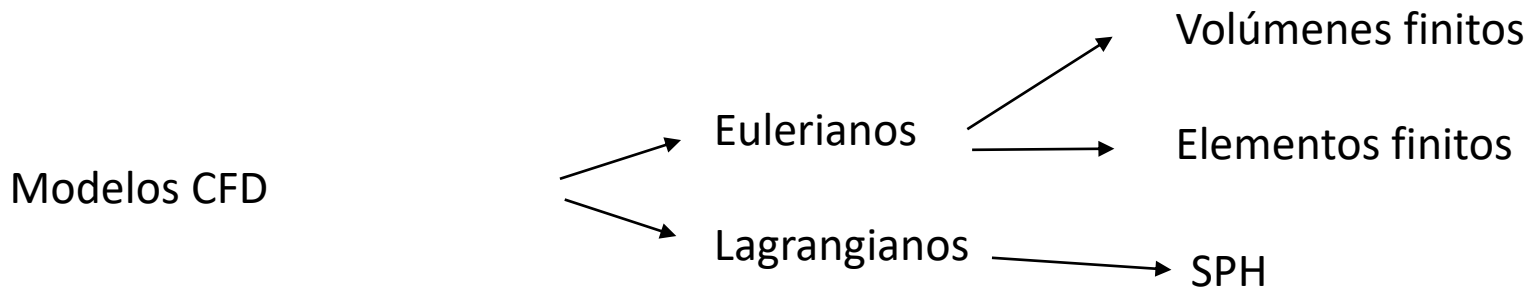
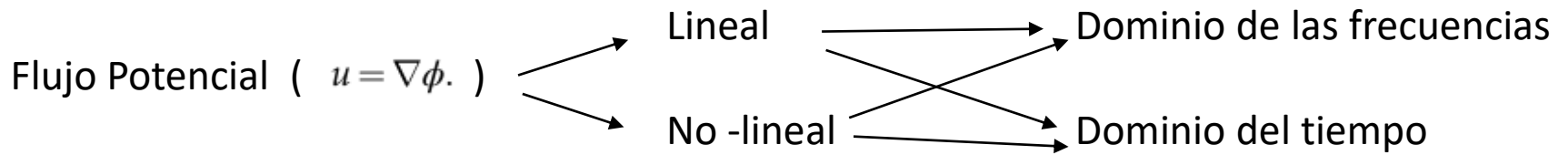
Ensayos en campo



Métodos para el estudio de WEC's

Modelación Numérica

Distintos tipos de modelos



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico (Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).

En base a los resultados, estimación del potencial técnico en la escollera de La Paloma

Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10

Caracterización experimental del comportamiento dinámico del pistón.

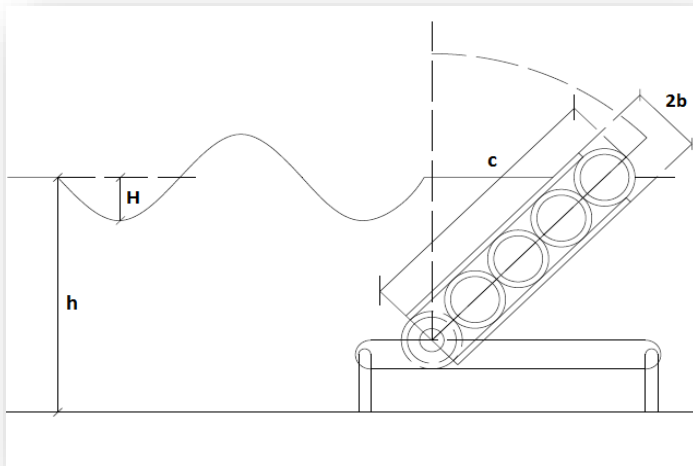
Modelación CFD (SPH).

Mejora del diseño a partir del simulador numérico WEC-SIM

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).



PTO lineal. $M_{PTO} = B \cdot \dot{\theta}$

Hipótesis de bidimensionalidad (Ancho de la placa mayor a la longitud de onda)

Ecuación gobernante: Segunda cardinal a la placa, aplicado en el eje de rotación.

$$I_S \ddot{\theta} = T_W - T_G - T_{PTO}$$

- I_S - Momento de inercia del sistema en el eje de giro
- T_W - Momento asociado a las fuerzas hidrodinámicas
- T_G - Momento asociado al peso del sistema
- T_{PTO} - Momento asociado al dispositivo de extracción de potencia PTO

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).

$$I_S \ddot{\theta} = T_W - T_G - T_{PTO}$$

A partir de la linealidad se aplica el principio de superposición

$$T_W = T_E + T_D + T_I$$

Momento debido al empuje hidrostático (T_E)

Momento debido a la acción dinámica (T_I y T_D)

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).

$$I_S \ddot{\theta} = T_W - T_G - T_{PTO}$$

A partir de la linealidad se aplica el principio de superposición

$$T_W = T_E + T_D + T_I$$

Momento debido al empuje hidrostático (T_E)

Momento debido a la acción dinámica (T_I y T_D)

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).

Acción Dinámica:

$$T_D = -I_D \ddot{\theta} - b_D * \dot{\theta}$$

Componentes Hidrostáticas:

$$T_E - T_G = -K_E \theta = \frac{1}{2} M_w \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_f}\right) g c \theta$$

Momento asociado al oleaje incidente:

$$T_I = iA4\rho_f\omega U_0 h e^{i\omega t}$$

Momento asociado al dispositivo de extracción de energía:

$$T_D = b_{PTO} \dot{\theta}$$

$$I_S \ddot{\theta} = T_W - T_G - T_{PTO} \implies \ddot{\theta}(I_S + I_D) + (k_E)\theta + (b_D + b_{PTO}) \dot{\theta} = T_I$$

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).

$$\theta(t) = \operatorname{Re} \left\{ \frac{i\Omega}{\omega} e^{-i\omega t} \right\} \longrightarrow \Omega = \frac{|T_I|}{\sqrt{\left(\frac{k_E}{\omega} - \omega(I_S + I_D) \right)^2 + (b_D + b_{PTO})^2}}$$

POTENCIA EXTRAIBLE POR EL SISTEMA

$$P = B_{PTO} \dot{\theta}^2$$

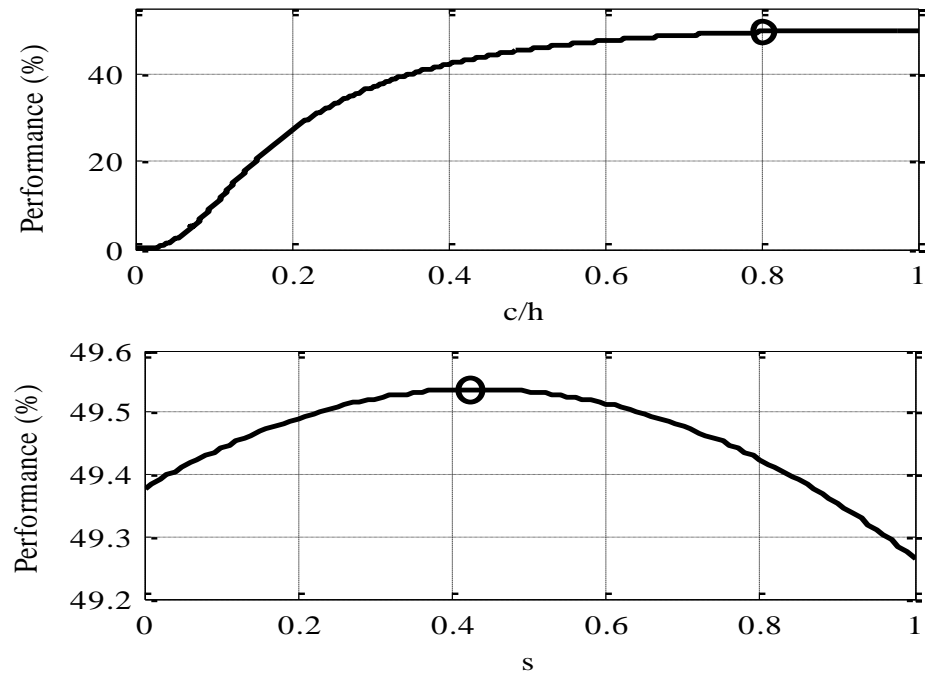
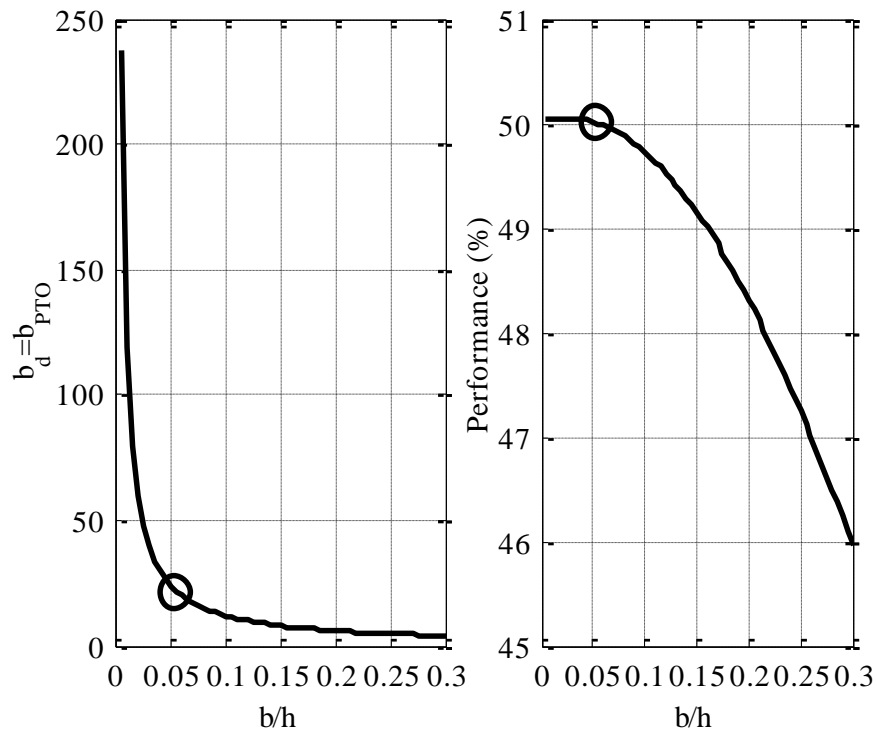
$$\frac{k_E}{\omega} - \omega(I_S + I_D) = 0$$

$$b_{PTO} = |b_D|$$

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

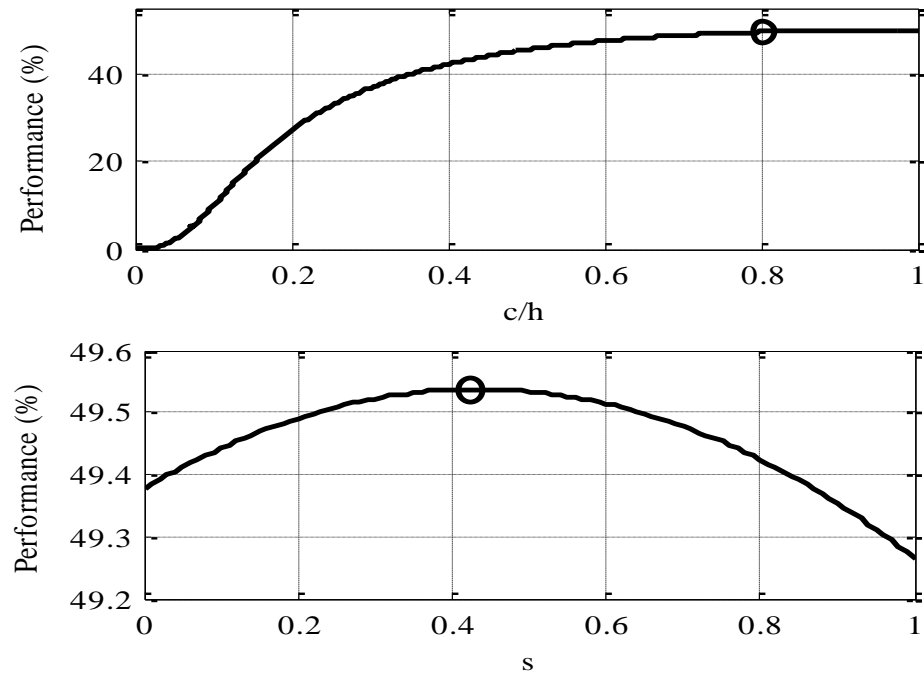
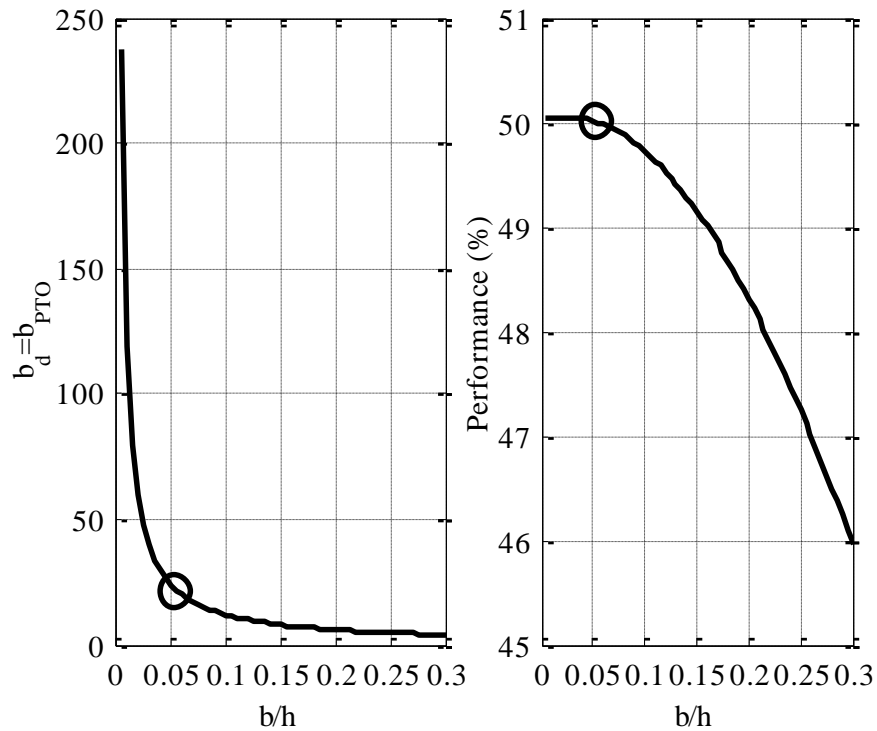
(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Diseño en base a un modelo analítico

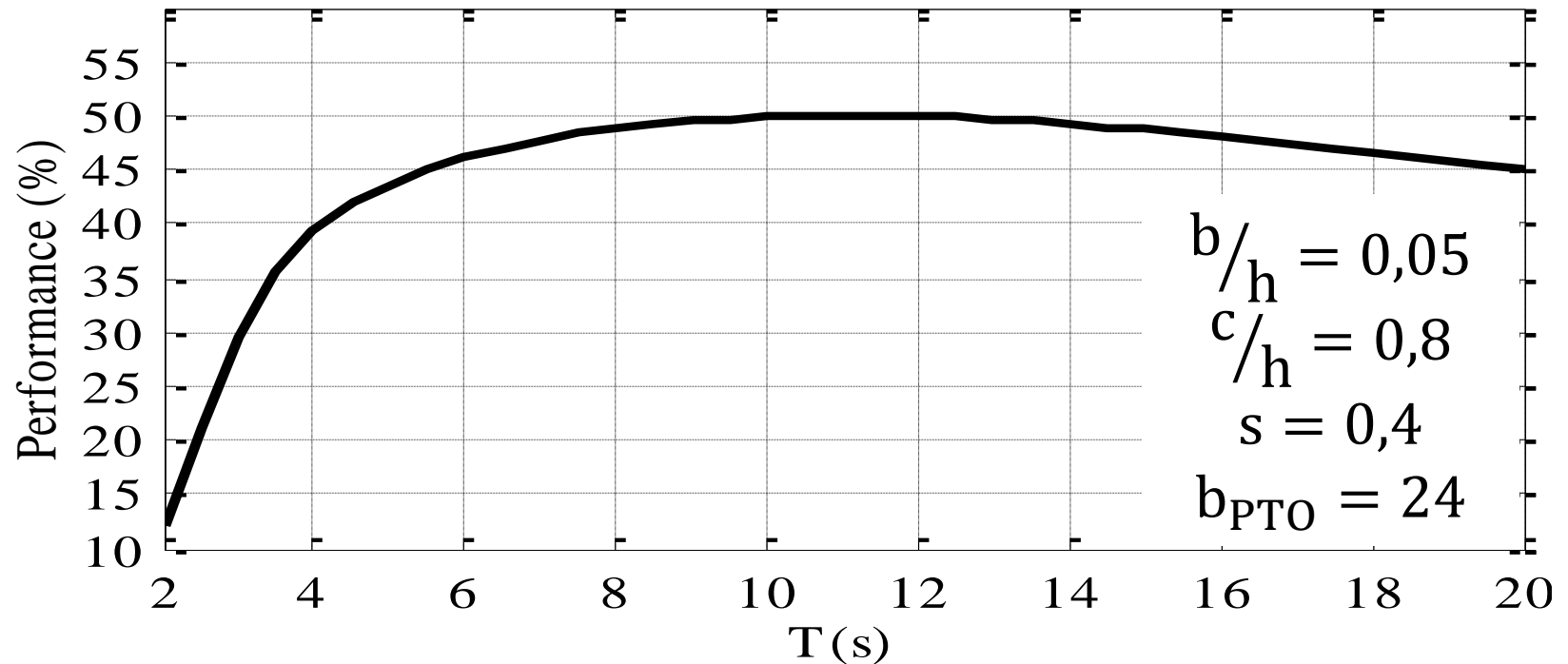
(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

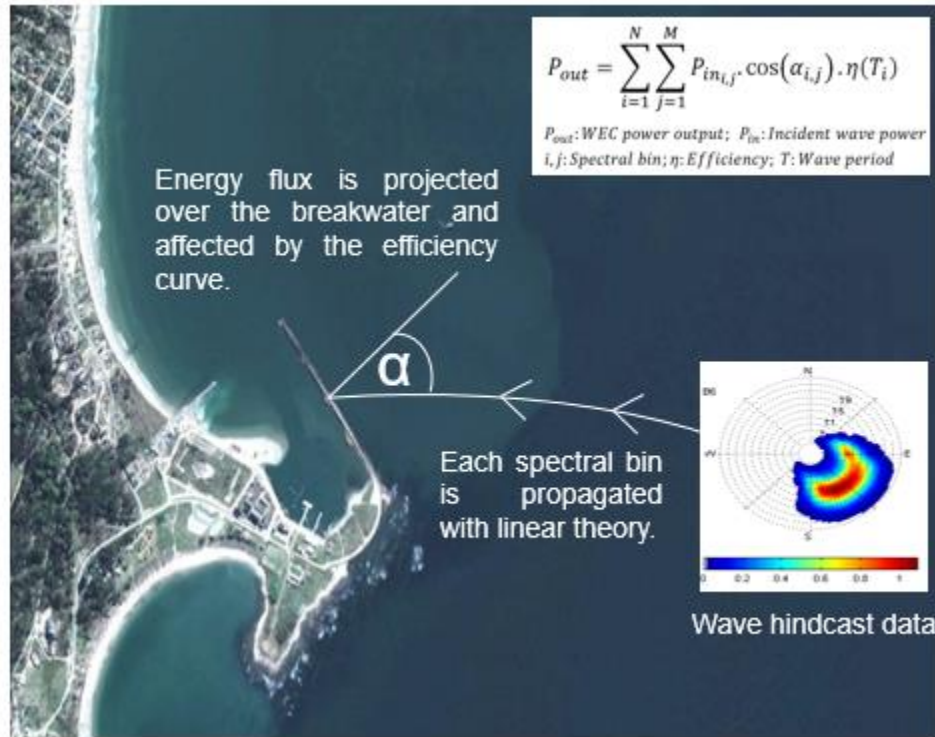
Diseño en base a un modelo analítico

(Flujo potencial linealizado en el dominio de las frecuencias).



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Estimación del potencial técnico en la escollera de La Paloma



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Estimación del potencial técnico en la escollera de La Paloma

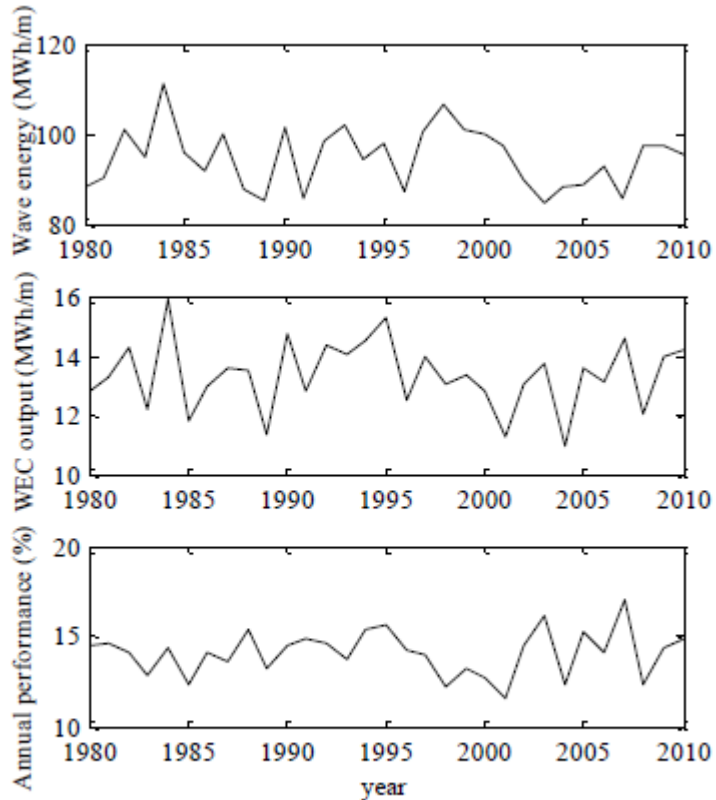


Figure 6.-Annual wave energy at the reference point (upper), estimated annual captured energy (middle) and annual performance (lower).

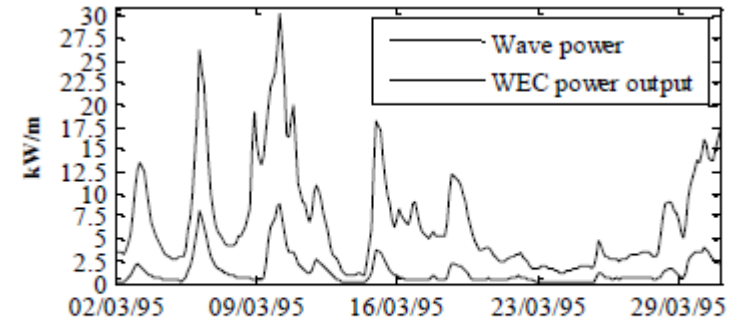


Figure 5.-Comparison of temporal series of estimated power captured and omnidirectional power of waves at the reference point

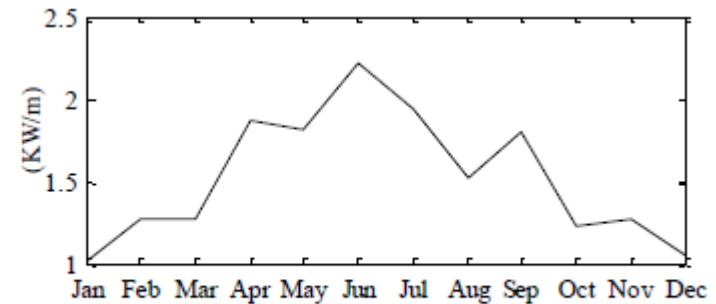


Figure 7.-Annual cycle of monthly mean power captured.

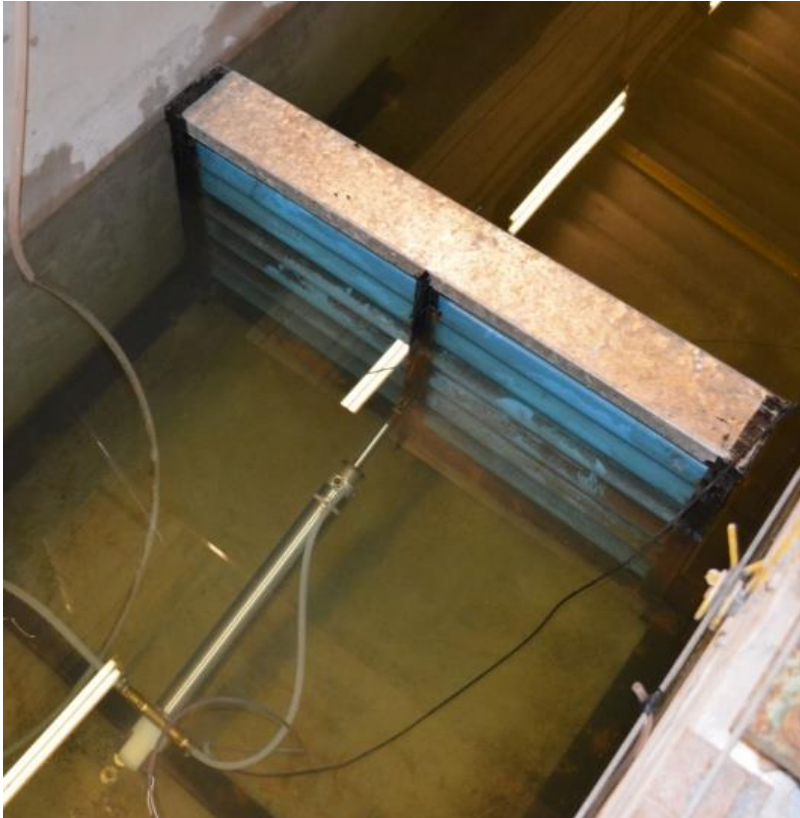
Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Estimación del potencial técnico en la escollera de La Paloma

- El potencial técnico para el dispositivo estudiado es un 14.1% del potencial teórico.
- Aparece una variación estacional marcada en el potencial técnico .
- Ambos resultados se atribuyen a la oblicuidad entre el oleaje dominante y el dispositivo alineado con la escollera.

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10



Condiciones reales

$H=20 - 25 \text{ cm}$

$T=3 - 4 \text{ s}$

$d= 80 \text{ cm.}$

Condiciones de Ensayo

$H_{\text{prototipo}} = 2 \text{ m} - 2.5 \text{ m}$

$T_{\text{prototipo}} = 9.5 - 12.6 \text{ s}$

$d_{\text{prototipo}} = 8 \text{ m}$

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10

$$Energía_{Incidente} = Energía_{Transmitida} + Energía_{Reflejada} + Energía_{Absorbida}$$



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

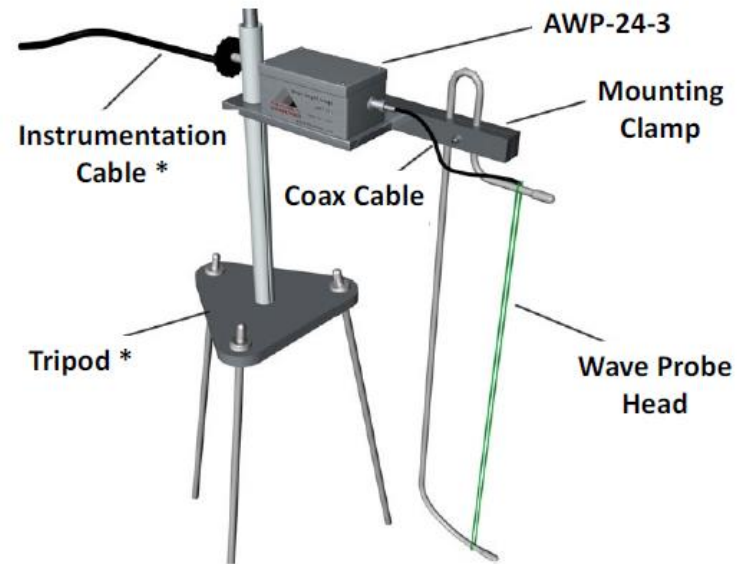
Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10



Válvula
regulación

Regla de
medición de
nivel

Figure. 7.- Sistema de medición de caudal



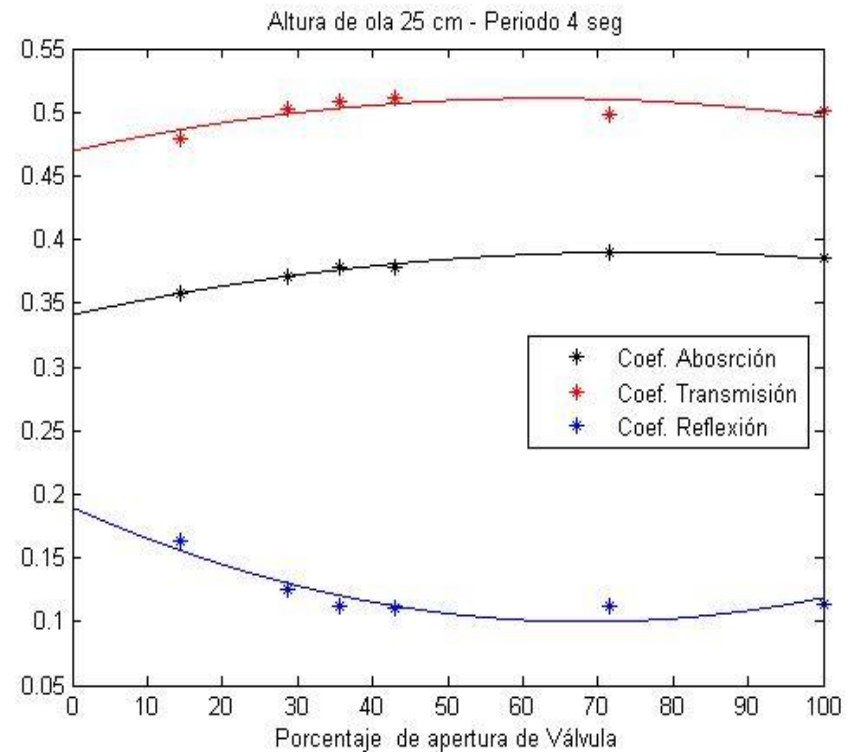
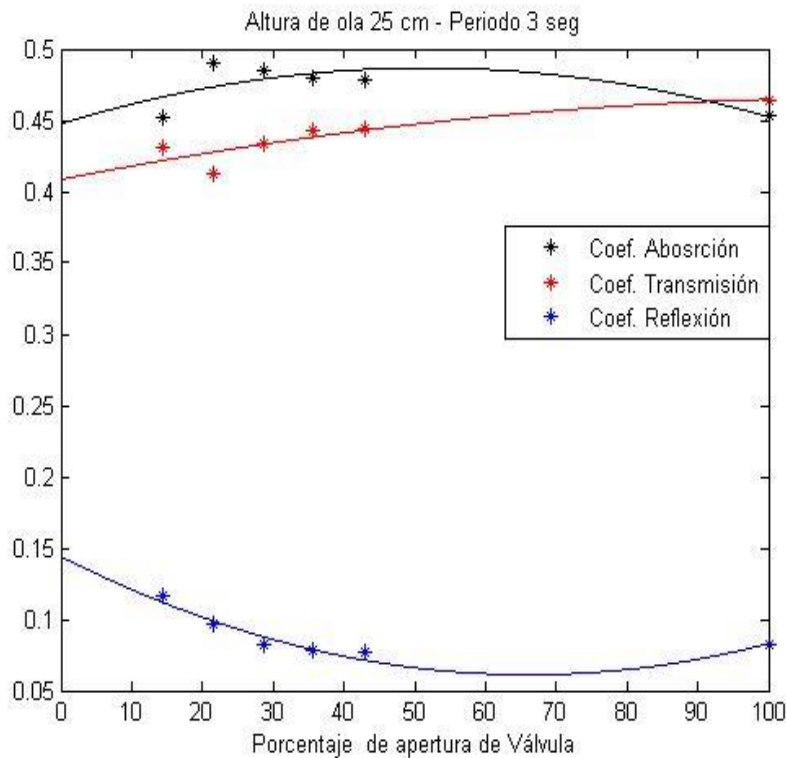
Note: Components marked with * are not provided by Akamina Technologies.

Figure 1-1: Wave Height Gauge and Tripod

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

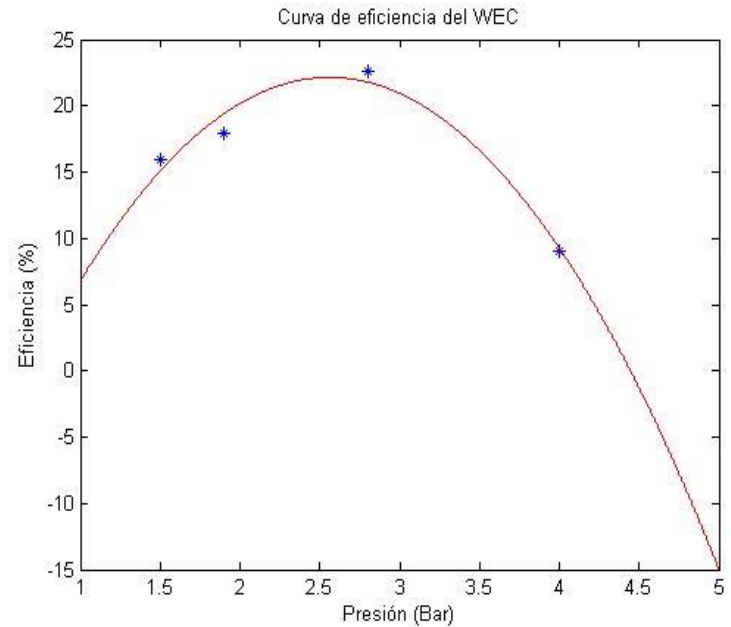
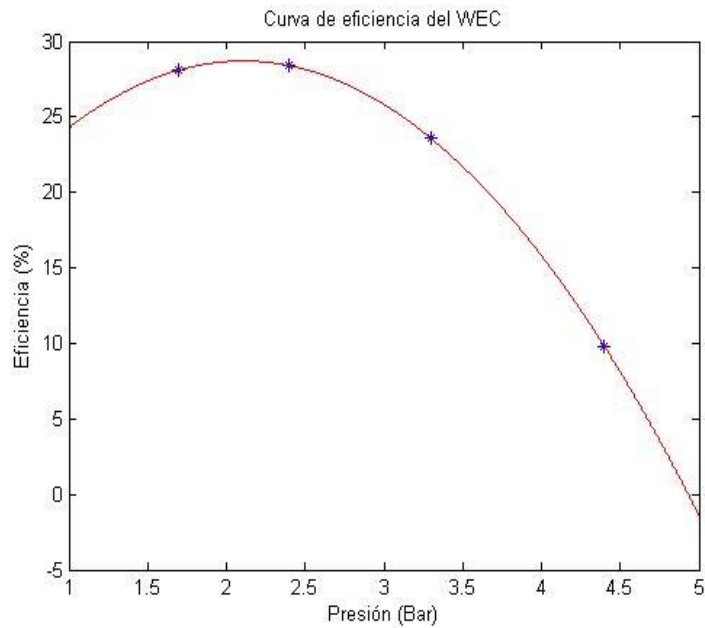
Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10

$$C_{Absorción} = \frac{E_{Absorbida}}{E_{Incidente}} \quad C_{Tranmistida} = \frac{E_{Tranmistida}}{E_{Incidente}} \quad C_{Reflejada} = \frac{E_{Reflejada}}{E_{Incidente}}$$



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Ensayos en el canal, oleaje regular, escala de longitudes 1:10



Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Caracterización experimental del comportamiento dinámico del pistón y Modelación CFD (SPH).

Experimental and numerical studies of dynamic behaviours of a hydraulic power take-off cylinder using spectral representation method

Moisés Brito^{a,*}, Luis Teixeira^b, Rui M. L. Ferreira^a, Maria Graça Neves^c

^aCERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

^bInstituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay

^cHarbours and Maritime Structures Division, Hydraulics and Environment Department, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

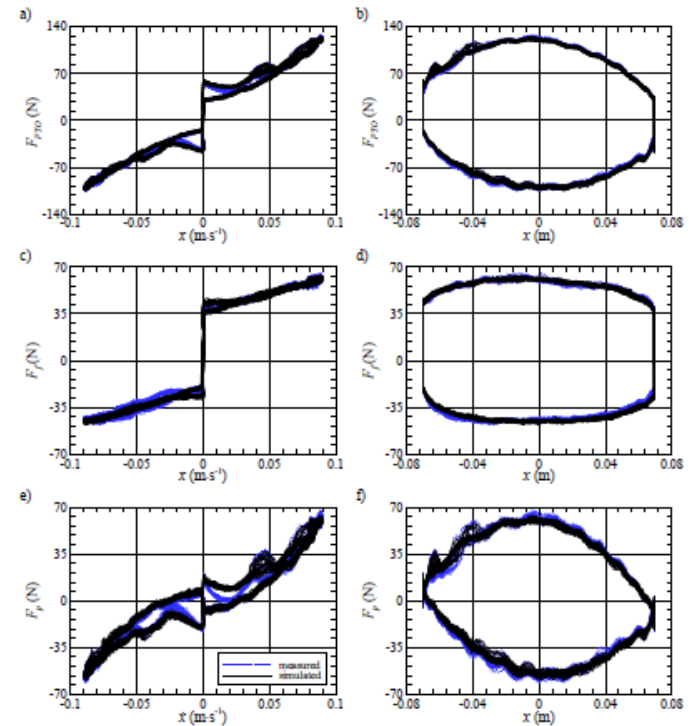


Figure 8: Comparison of measured and simulated results for $T = 5.1$ s: a) $F_{PT0}(\dot{x})$; b) $F_{PT0}(x)$; c) $F_I(\dot{x})$; d) $F_I(x)$; e) $F_P(\dot{x})$; f) $F_P(x)$.

Experiencia a partir del estudio de un OSWC

Caracterización experimental del comportamiento dinámico del pistón y Modelación CFD (SPH).

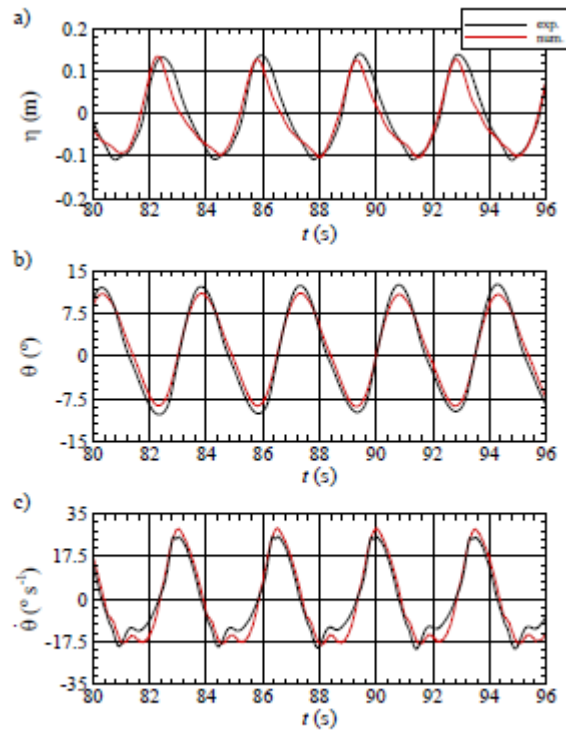


Fig. 7. Time histories: a) free-surface elevation in WP1; b) angle of the flap; c) angular velocity of the flap.

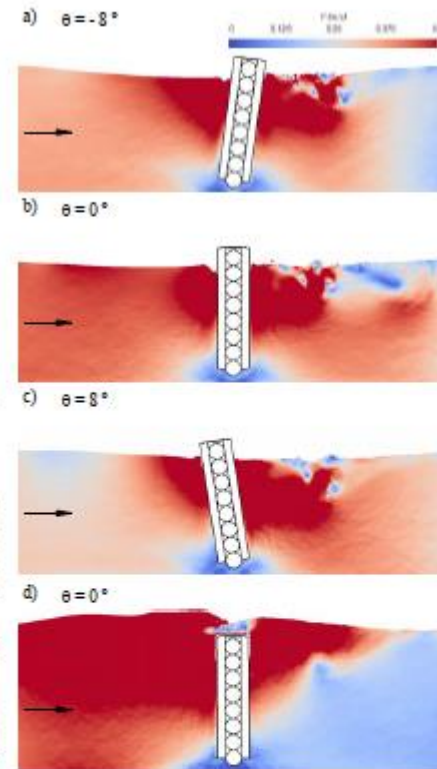


Fig. 5. Different instants of numerical results colored by velocity magnitude.

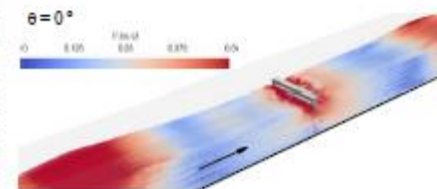


Fig. 6. 3D numerical results colored by velocity magnitude for $\theta = 0^\circ$.