



“INFLUENCIA DE LA BATIMETRIA LOCAL EN LA MODELACIÓN DE PROPAGACIÓN DE OLAJE MEDIANTE MIKE 21 SW, APLICADO A CURAUMILLA Y LEBU”

DEFENSA DE PROYECTO DE TÍTULO

DICIEMBRE
2018

ALUMNO
IVETTE FERNANDEZ ANEIVA

PROFESOR GUÍA
LUIS ZAMORANO

COMISIÓN
PATRICIO WINCKLER
GUBBLER OTAROLA



CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS Y ALCANCES
- MARCO TEÓRICO
- ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA
- SENSIBILIDAD DEL MODELO NUMÉRICO
- RESULTADOS Y ANÁLISIS
- CONCLUSIONES



Estudio de Oleaje



Objetivo



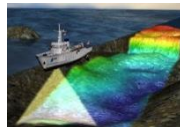
Extensión **\$ \$**
Resolución **\$**



Otros Costos



Precisión

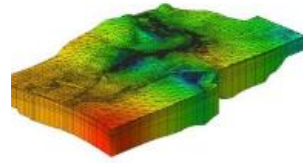


Lugar de estudio

Certificación



Batimetría



100% FREE!

Libre Acceso



Base de datos comercial



SHOA



Campañas de Medición





OBJETIVOS

El objetivo general de la presente memoria de título es:

- Cuantificar la sensibilidad de los resultados de un modelo de propagación espectral de oleaje desde aguas profundas, en función de la extensión de los levantamientos batimétricos disponibles en dos zonas de estudio, Curaumilla y Lebu.

Objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Implementar y calibrar un modelo de propagación de oleaje para ambas zonas de estudio, mediante el software MIKE 21 SW, que permita sensibilizar los estadígrafos del oleaje modelados, respecto a distintas condiciones de batimetría de entrada.





OBJETIVOS

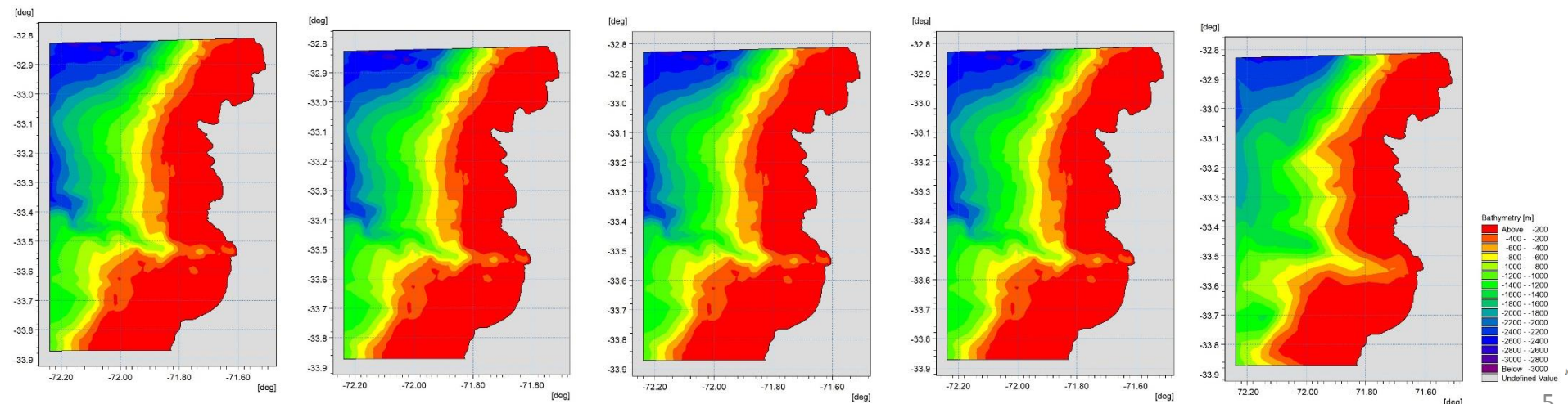
El objetivo general de la presente memoria de título es:

- Cuantificar la sensibilidad de los resultados de un modelo de propagación espectral de oleaje desde aguas profundas, en función de la extensión de los levantamientos batimétricos disponibles en dos zonas de estudio, Curaumilla y Lebu.

Objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Generar cinco escenarios batimétricos de distinta extensión en el eje perpendicular a la línea de costa, en función de distintas combinaciones de fuentes de información batimétrica disponible.

Nombre	Nomenclatura
Escenario 1	(G+E+S+D)
Escenario 2	(G+E+S+D-80)
Escenario 3	(G+E+S+D-60)
Escenario 4	(G+E+S+D-40)
Escenario 5	(SHOA)





OBJETIVOS

El objetivo general de la presente memoria de título es:

- Cuantificar la sensibilidad de los resultados de un modelo de propagación espectral de oleaje desde aguas profundas, en función de la extensión de los levantamientos batimétricos disponibles en dos zonas de estudio, Curaumilla y Lebu.

Objetivos específicos planteados son los siguientes:

- Evaluar el comportamiento y la variabilidad de los estadígrafos del oleaje (altura significativa, período medio y dirección media), obtenidos de las modelaciones de escenarios batimétricos.

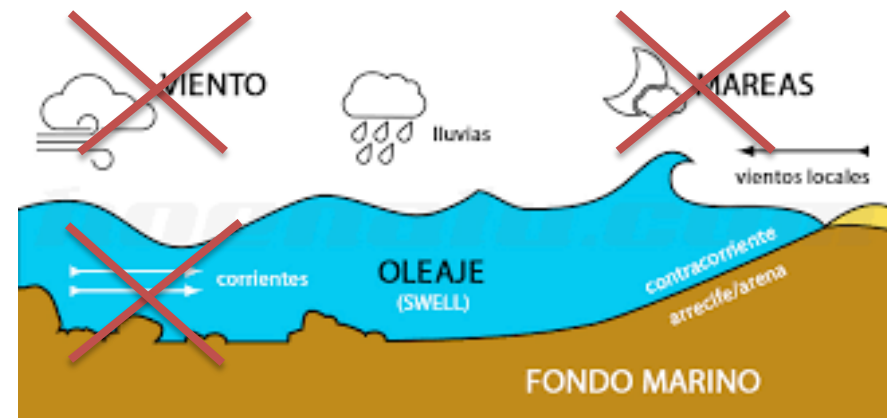
$$H_{mo}, T_m, D_m$$



ALCANCES

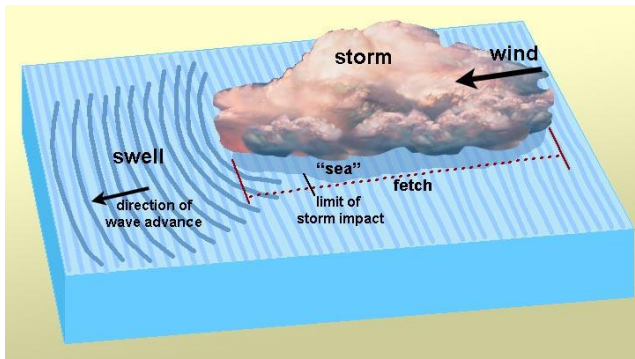
Los alcances o limitaciones planteados son los siguientes:

- No se incluye el viento ni las corrientes como forzantes de oleaje local
- Para la propagación del oleaje espectral desde aguas profundas, se impone una condición de borde uniforme en el límite occidental de cada modelo
- Los modelos numéricos implementados en cada localidad, son calibrados a partir de los parámetros espectrales obtenidos en terreno mediante ADCP
- La batimetría de detalle a utilizar para la caracterización del fondo marino, fue obtenida a través de mediciones de terreno.





GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DE OLEAJE



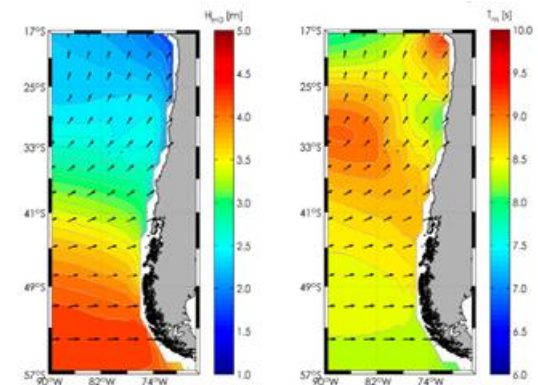
Mar de Viento (SEA)

Mar de Fondo (SWELL)



- Oleaje caótico y desordenado, rotura frecuente
- Diferentes D, poca correlación entre T y H

- Oleaje ordenado con ondas suaves y relativamente regulares
- H y T similares



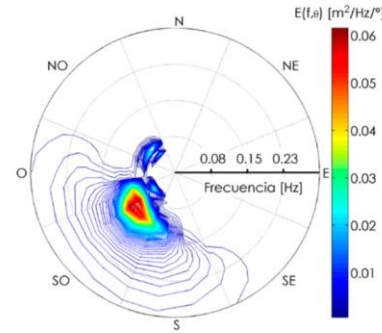
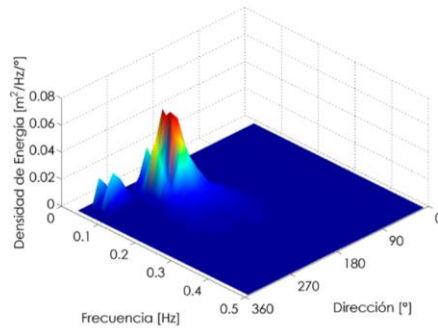
Promedios H_{mo} , T_m . (Atlas de oleaje, 2016)

- ❑ Vientos superficiales ciclones extratropicales
- ❑ Cinturón de los vientos O





REPRESENTACIÓN ESPECTRAL DEL OLAJE



$$E(f, \theta)$$

Fuente: (Atlas de oleaje, 2016)

ALTURA SIGNIFICATIVA

$$H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$$

PERÍODO MEDIO

$$T_m = \frac{m_0}{m_1}$$

DIRECCIÓN MEDIA

$$\theta D_m = \arctan_2 \left(\frac{\int_0^{2\pi} E(\theta) \sin \theta S \theta}{\int_0^{2\pi} E(\theta) \cos \theta S \theta} \right)$$

➤ Donde;

m_0 corresponde al momento de orden 0 del espectro direccional $E(f, \theta)$.



DESCRIPCIÓN MODELO

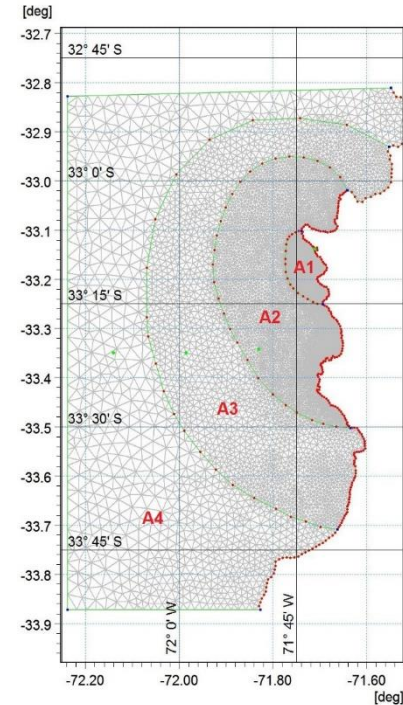
➤ FORMULACIÓN ESPECTRAL MIKE 21 SW

Ecuación de balance de energía, en coordenadas cartesianas

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla (\bar{v}N) = \frac{S}{f}$$

Términos Fuente

$$S = S_{in} + \underline{S_{n1}} + \underline{S_{ds}} + \underline{S_{bot}} + \underline{S_{surf}}$$



➤ Donde;

E: Energía

f: Frecuencia angular

t: Tiempo

$N(\bar{x}, f, \theta, t)$ es la densidad acción del oleaje $N=E/f$

$\bar{x}(x, y)$ son las coordenadas cartesianas

$\bar{v}(c_x, c_y, c_f, c_\theta)$ es la velocidad de propagación de un grupo de ondas

∇ es el operador vectorial nabla

S termino fuente para la ecuación de balance de energía



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

➤ EVALUACIÓN DEL OLEAJE MODELADO → ESTADÍSTICOS DE ERROR

Sesgo

$$Sesgo = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i - X_i$$

DIFERENCIA PORCENCUAL

$$Dif \% = \frac{1}{N} \sum \frac{Y_i - X_i}{X_i} 100$$

RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}$$

➤ **Donde;**

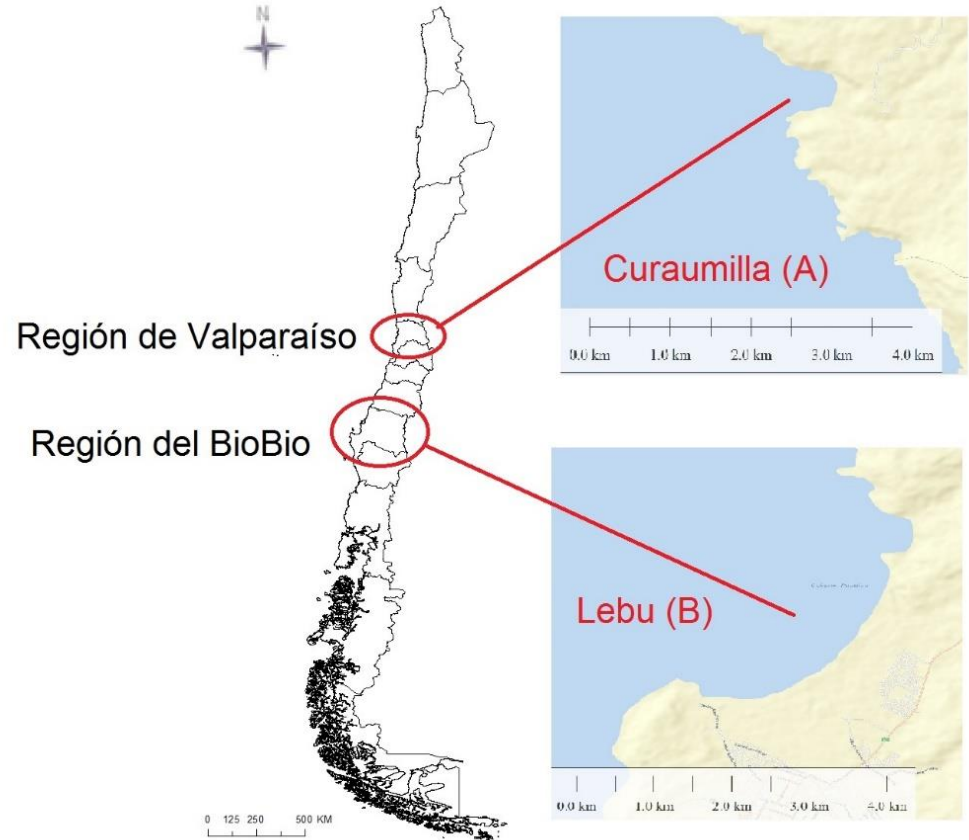
X_i : Corresponde al i-ésimo dato medido por el instrumento.

Y_i : Corresponde al i-ésimo dato generado por el modelo.



ANTECEDENTES

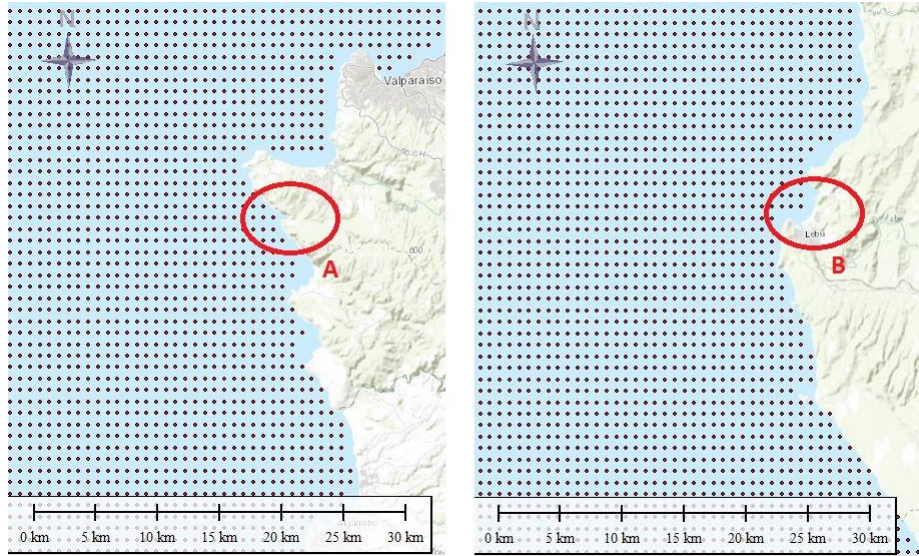
➤ ZONA DE ESTUDIO



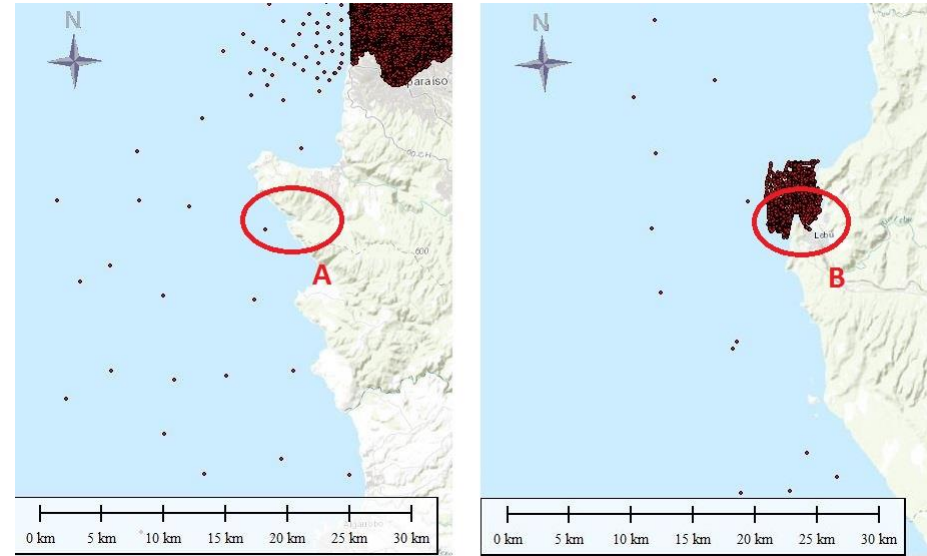
ANTECEDENTES - BATIMETRÍA



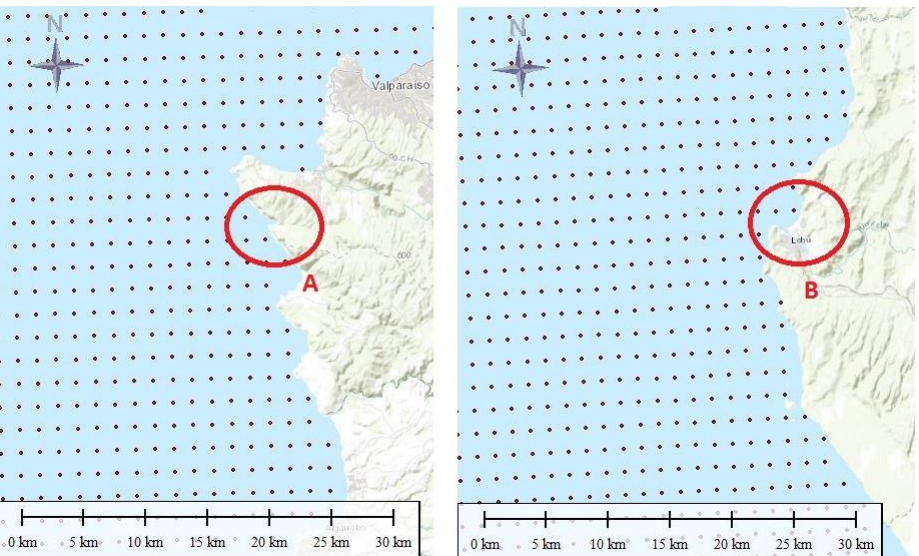
a) Sondajes GEBCO



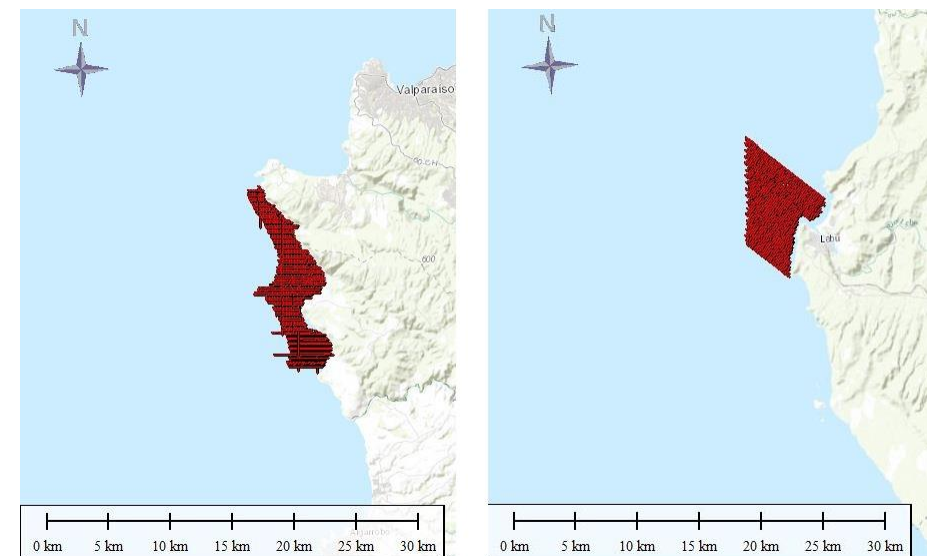
c) Sondajes SHOA



b) Sondajes ETOPO



d) Sondajes de detalle

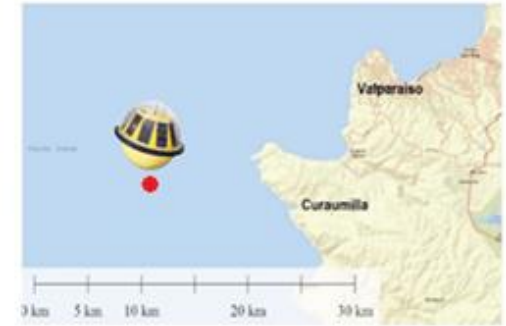
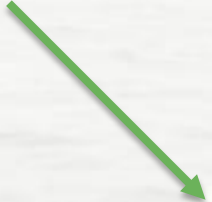




ANTECEDENTES

➤ DATOS DE OLEAJE AP

BOYA TRIAXYS

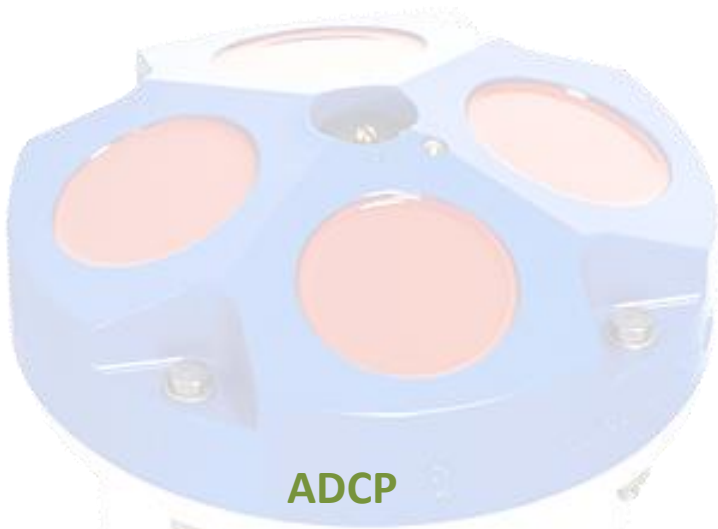


Nombre Boya	Sector	Posición Geográfica		Profundidad de Fondo [m]	Fechas de Medición
		Latitud [S]	Longitud [O]		
1	Curauilla	33° 6'7.12"	71°49'32.86"	150	01-08-2011 al 12-12-2013*
2	Lebu	37°35'41.79"	73°45'39.72"	150	01-08-2011 al 26-05-2012*

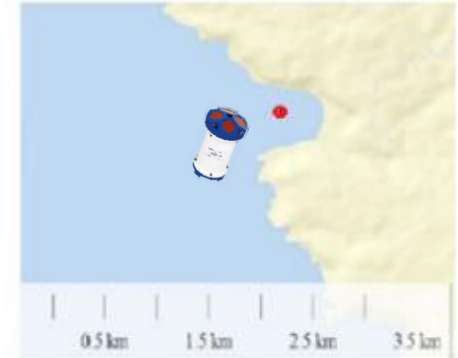


ANTECEDENTES

➤ DATOS DE OLEAJE AS



ADCP



Nombre ADCP	Sector	Posición Geográfica		Profundidad de fondeo [m]	Fechas de medición
		Latitud [S]	Longitud [O]		
3	Curauilla	33° 08' 15.7"	71° 42' 37.3"	20	24-04-2012 al 09-09-2013*
4	Lebu	37° 35' 11"	73° 39' 28"	15	01-09-2011 al 27-05-2012*



DOMINIO Y TIEMPO MODELACIÓN



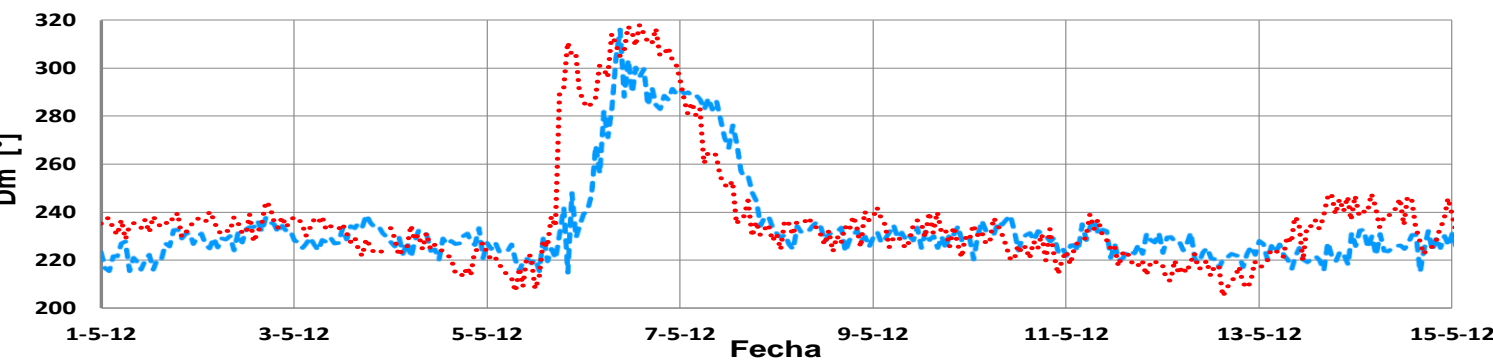
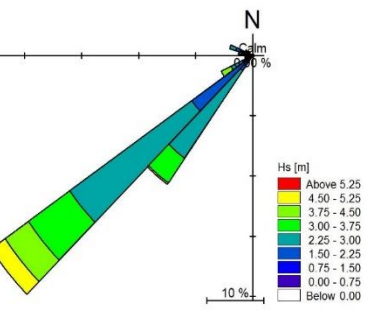
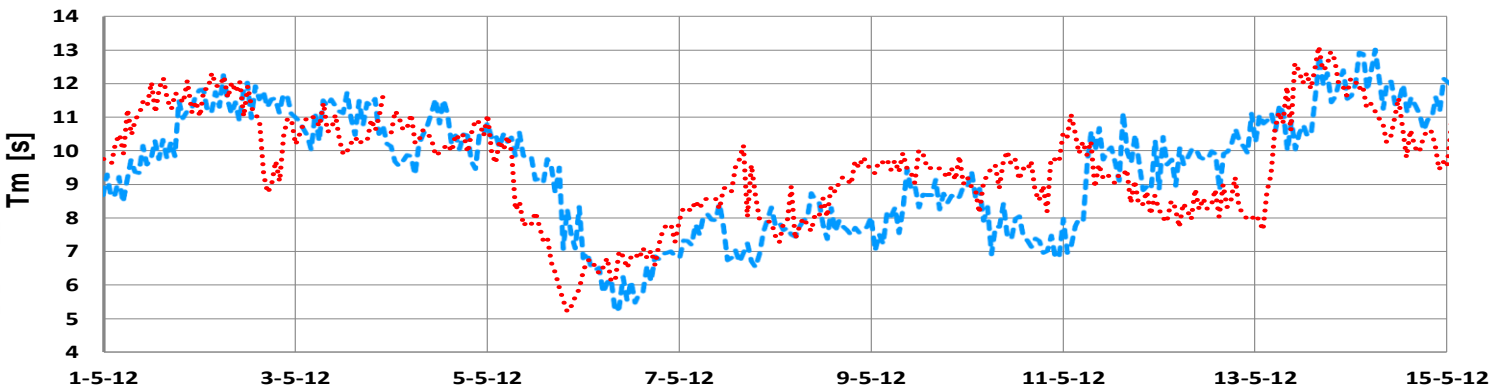
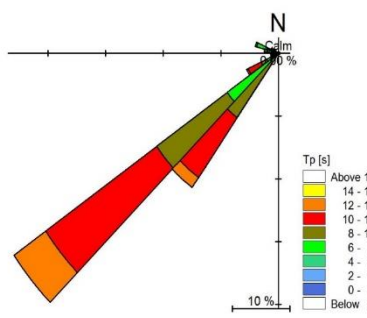
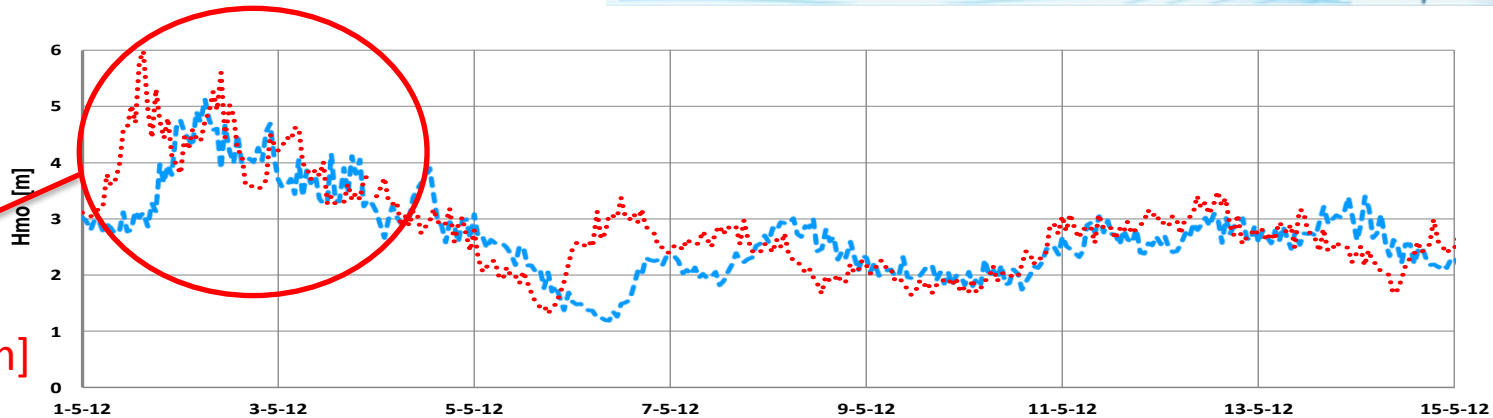
	Periodo 1		Periodo 2		Periodo 3		Periodo 4		Periodo 5		Periodo 6	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Boya Triaxys Norte	24-06-2011	05-11-2011	14-02-2012	16-02-2012	01-03-2012	26-05-2012	15-11-2012	31-07-2013				
Boya Triaxys Sur	16-06-2011	29-09-2011	14-02-2012	16-02-2012	01-03-2012	26-05-2012	18-06-2012	29-09-2012	01-10-2012	28-06-2013	01-07-2013	21-12-2013

	Fondeo 1		Fondeo 2		Fondeo 3		Fondeo 4		Fondeo 5		Fondeo 6	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
ADCP Curaumilla			24-04-2012	28-07-2012	24-07-2012	24-10-2012	27-10-2012	19-02-2013	27-02-2013	02-07-2013	02-07-2013	07-09-2013
ADCP Lebu			01-09-2011	10-11-2011	22-11-2011	21-02-2012	22-02-2012	27-05-2012				

CONDICIÓN DE BORDE MODELO

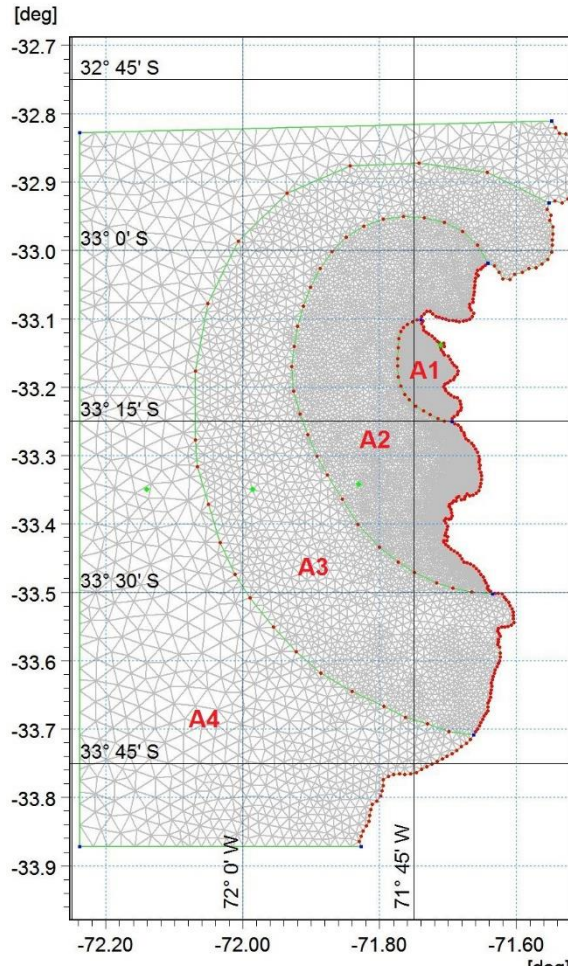


H_{mo} Mayores a 4 [m]



--- Dm Boya Curaumilla Dm Boya Lebu

MALLA DEL MODELO - CURAUMILLA

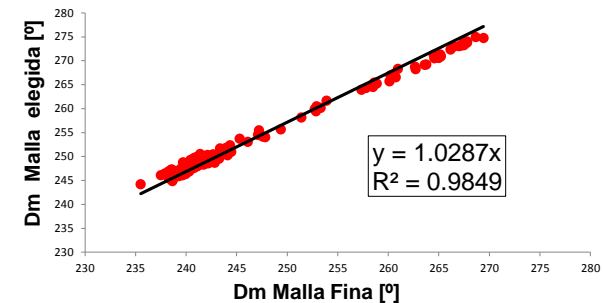
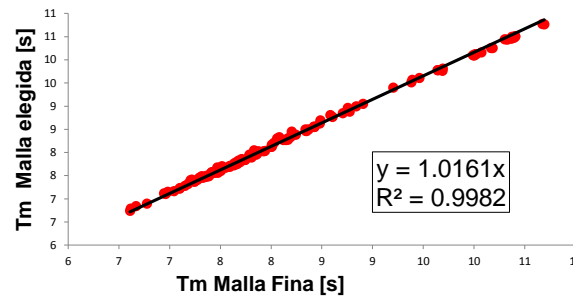
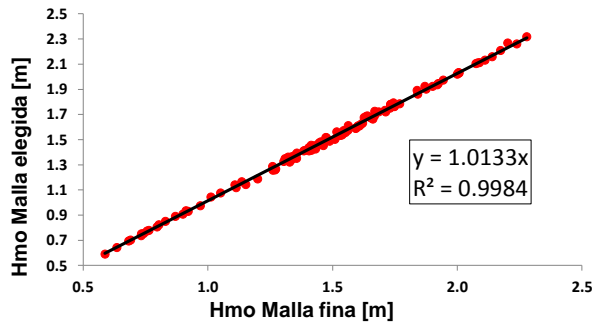
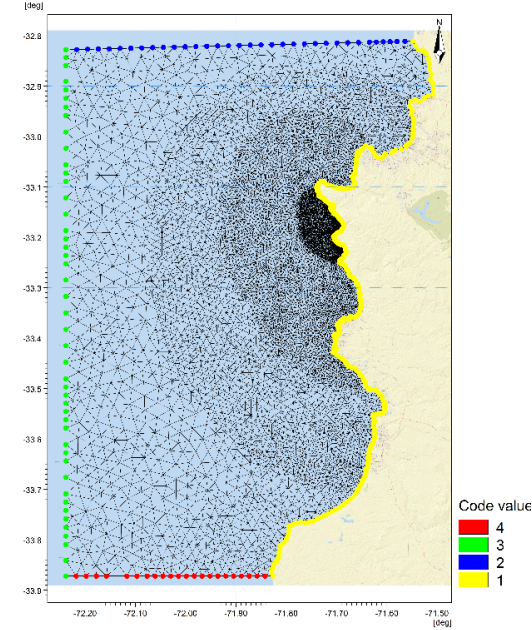


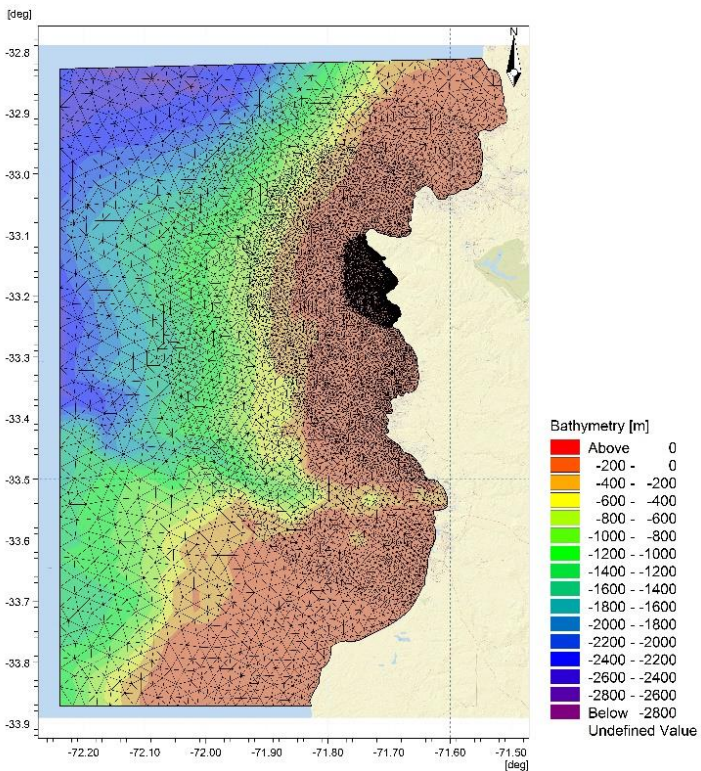
Curaumilla	Nodos	Elementos
Malla 1	3425	6454
Malla 2	7525	14504
Malla 3	11824	22999

Hmo [m]	Parámetro	Malla 1	Malla 2	Malla 3
	Sesgo	0.01	0.07	0.02
	RMSE	0.06	0.07	0.03
	Dif%	1.4%	4.5%	1.3%

Tm [s]	Parámetro	Malla 1	Malla 2	Malla 3
	Sesgo	0.50	0.21	0.14
	RMSE	0.55	0.22	0.14
	Dif%	6.3%	2.6%	1.7%

Dm [°]	Parámetro	Malla 1	Malla 2	Malla 3
	Sesgo	17.35	1.88	7.15
	RMSE	17.54	1.99	7.21
	Dif%	7.0%	-0.8%	2.9%

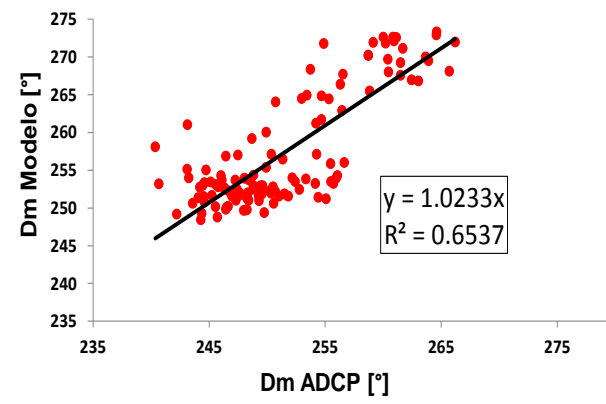
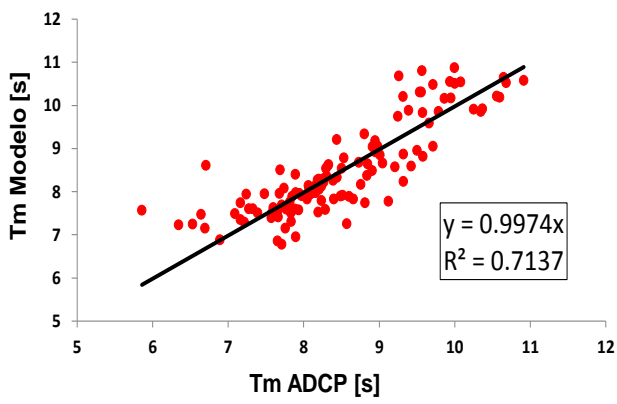
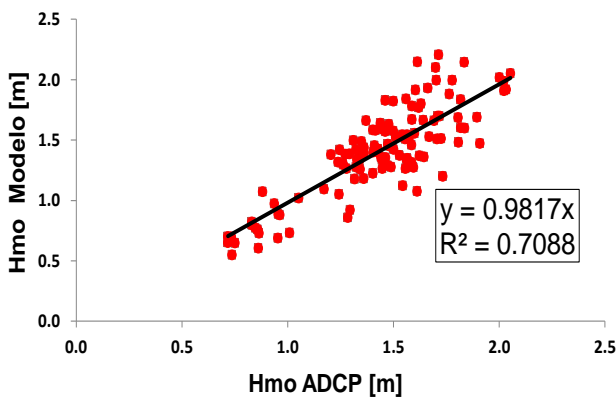




	Parámetro de Error	Triangulación Lineal	Vecino mas cercano	Kriging
Hs [m]	Promedio	1.41	1.43	1.44
	Sesgo	0.03	0.00	0.00
	RMSE	0.20	0.21	0.21
	Dif%	-2%	3%	-1%

	Parámetro de Error	Triangulación Lineal	Vecino mas cercano	Kriging
Tm [s]	Promedio	8.48	8.56	8.55
	Sesgo	-0.01	0.07	0.07
	RMSE	0.57	0.57	0.57
	Dif%	0.1%	1.1%	3.0%

	Parámetro de Error	Triangulación Lineal	Vecino mas cercano	Kriging
Dm [°]	Promedio	257	260	259
	Sesgo	5.86	8.64	7.55
	RMSE	7.35	9.64	8.71
	Dif%	2.3%	3.4%	3.0%





SENSIBILIDAD PARÁMETROS FÍSICOS

Difracción

Interacción no lineal

Fricción de fondo ✓

Disipación debida al Whitecapping

Disipación debido a la rotura

Difraction

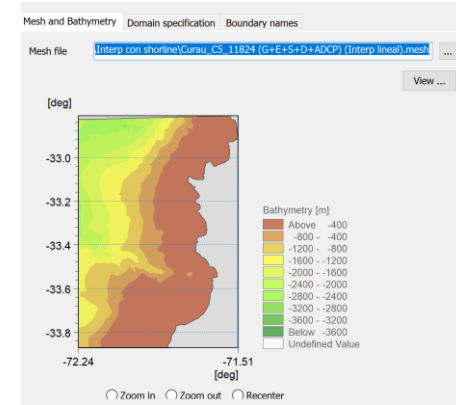
Type: No diffraction

Smoothing factor: 0.1

Number of smoothing steps: 3

Wave Breaking

Model: No wave breaking



Energy transfer

Include quadruplet-wave interaction

Include triad-wave interaction

Transfer coefficient: 0.25

Casos	Difracción	Interacción no lineal		Rotura	Whitecapping	Tiempo de computo [Dias]
		Cuadrupletos-Olas	Triadas-Olas			
1	No	No	No	No	No	3.4
2	Si	No	No	No	No	7.9
3	No	Si	No	No	No	NO CONV.
4	No	No	Si	No	No	2.2
5	No	No	No	Si	No	2.2
6	No	No	No	No	Si	2.2
7	No	No	No	Si	Si	2.2
8	No	No	Si	No	Si	5.0
9	Si	No	No	No	Si	7.2
10	No	No	Si	Si	Si	5.0
11	Si	Si	No	Si	Si	10.3
12	No	Si	No	Si	Si	4.9

White capping

Model: White capping

Dissipation coefficient, Cdis, data

Format: Constant

Constant value: 4.5

Dissipation coefficient, DELTA dis, data

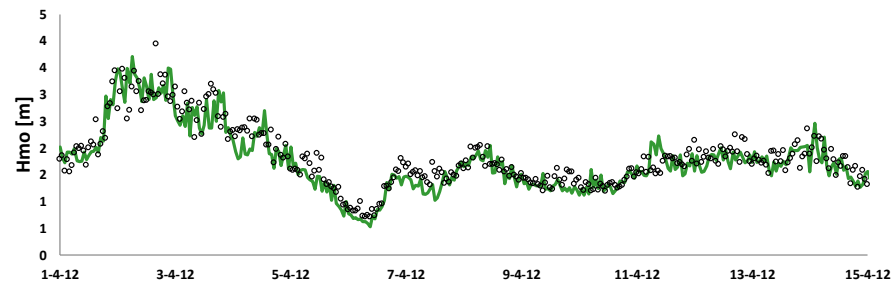
Format: Constant

Constant value: 0.5

Power for mean angular frequency: -1

Power for mean wave number: -1

Type of spectrum: Wind sea part





ESCENARIOS BATIMÉTRICOS

Escenario 1: Carta náutica SHOA + ETOPO + GEBCO + Detalle hasta los -100 [m] de profundidad

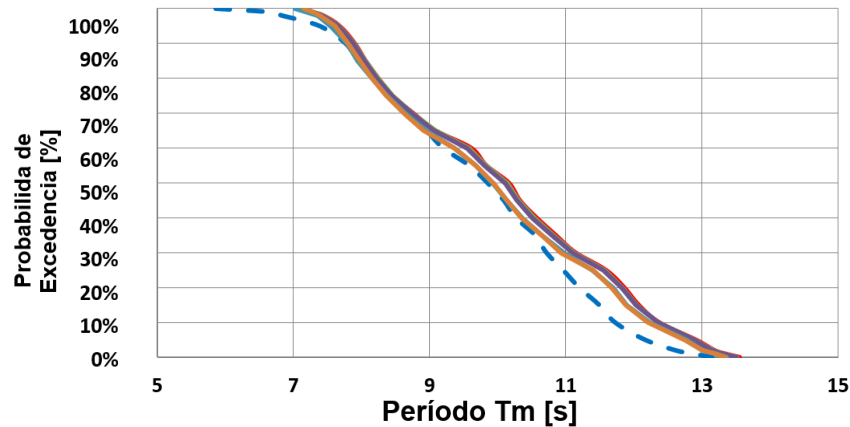
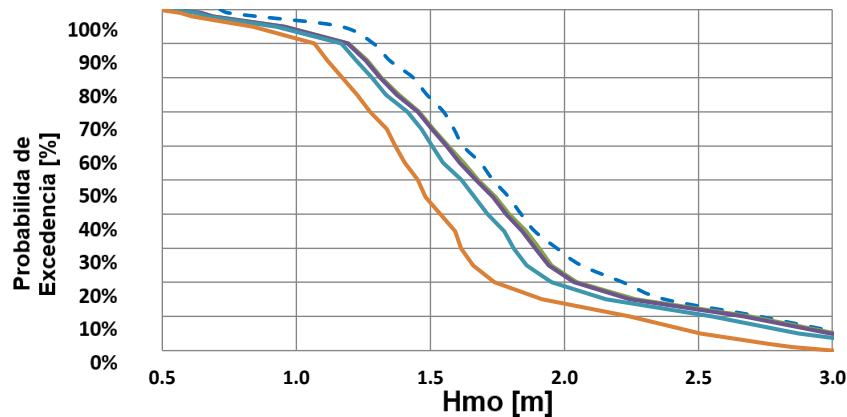
Escenario 2: Carta náutica SHOA + ETOPO + GEBCO + Detalle hasta los -80 [m] de profundidad

Escenario 3: Carta náutica SHOA + ETOPO + GEBCO + Detalle hasta los -60 [m] de profundidad

Escenario 4: Carta náutica SHOA+ ETOPO + GEBCO + Detalle hasta los -40 [m] de profundidad

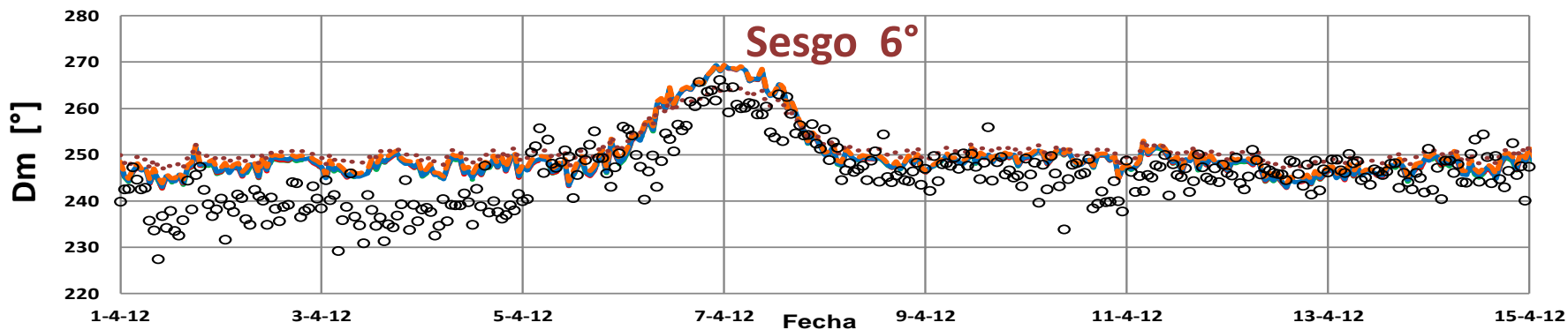
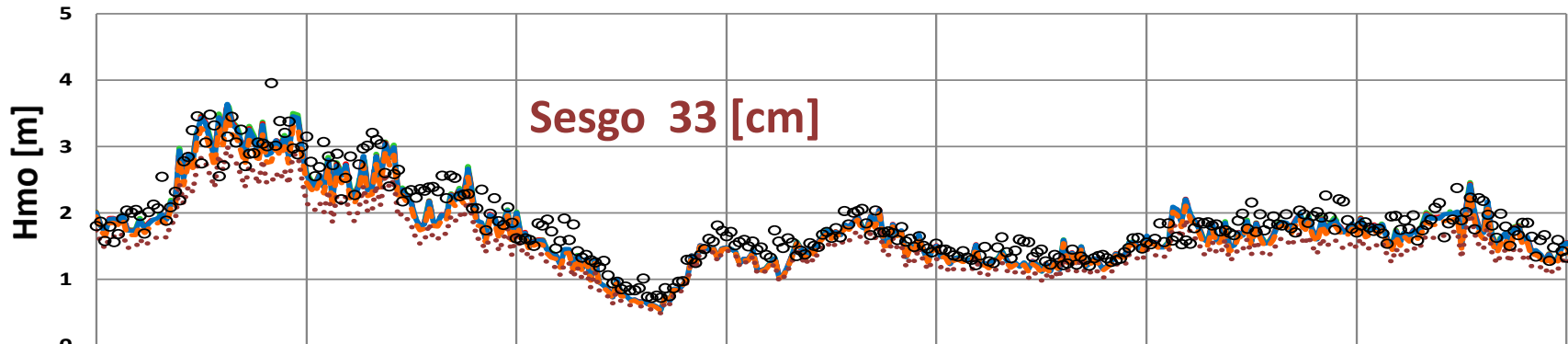
Escenario 5: Carta náutica SHOA

Nombre	Nomenclatura
Escenario 1	(G+E+S+D)
Escenario 2	(G+E+S+D-80)
Escenario 3	(G+E+S+D-60)
Escenario 4	(G+E+S+D-40)
Escenario 5	(SHOA)

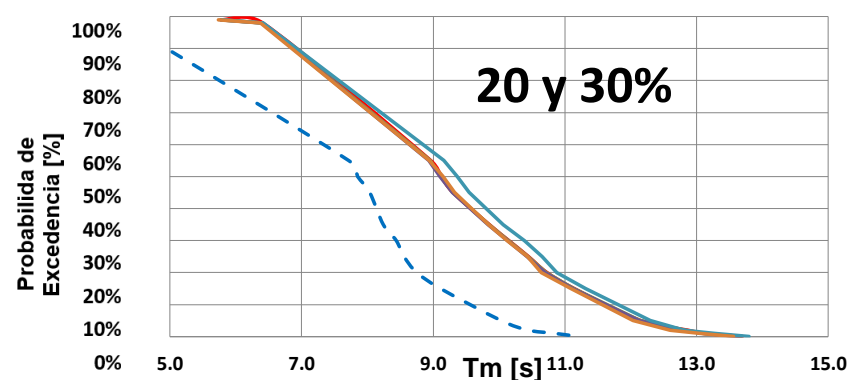
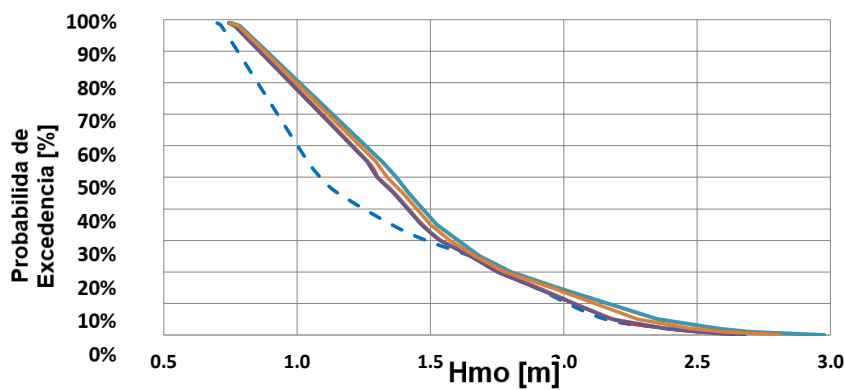


RESULTADOS CURAUMILLA

- - - ADCP (G+E+S+D+ADCP) (G+E+S+D-80+ADCP)
 ——— (G+E+S+D-60+ADCP) (G+E+S+D-40+ADCP) (SHOA)

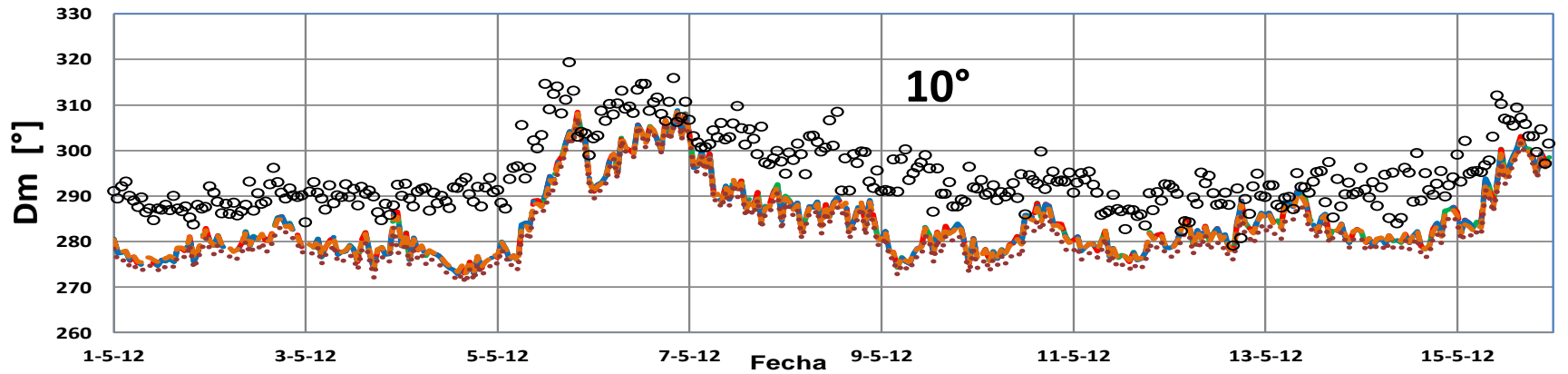
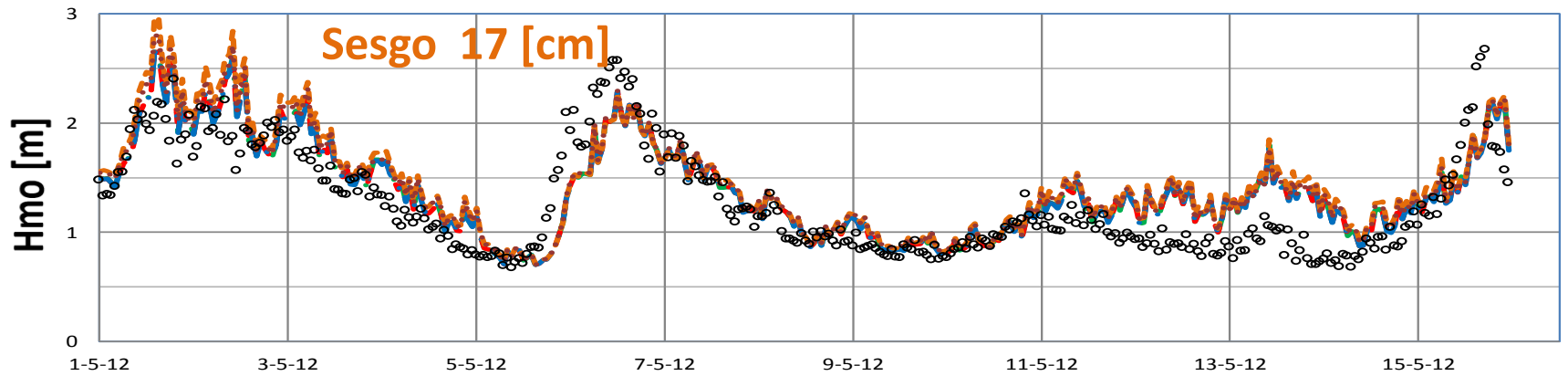


○ ADCP ——— (G+E+S+D+ADCP) - - - (G+E+S+D-80+ADCP) ——— (G+E+S+D-60+ADCP) - - - (G+E+S+D-40+ADCP) (SHOA)



RESULTADOS LEBU

- ADCP
- (G+E+S+D+ADCP)
- (G+E+S+D-80+ADCP)
- (G+E+S+D-60+ADCP)
- (G+E+S+D-40+ADCP)
- (SHOA)



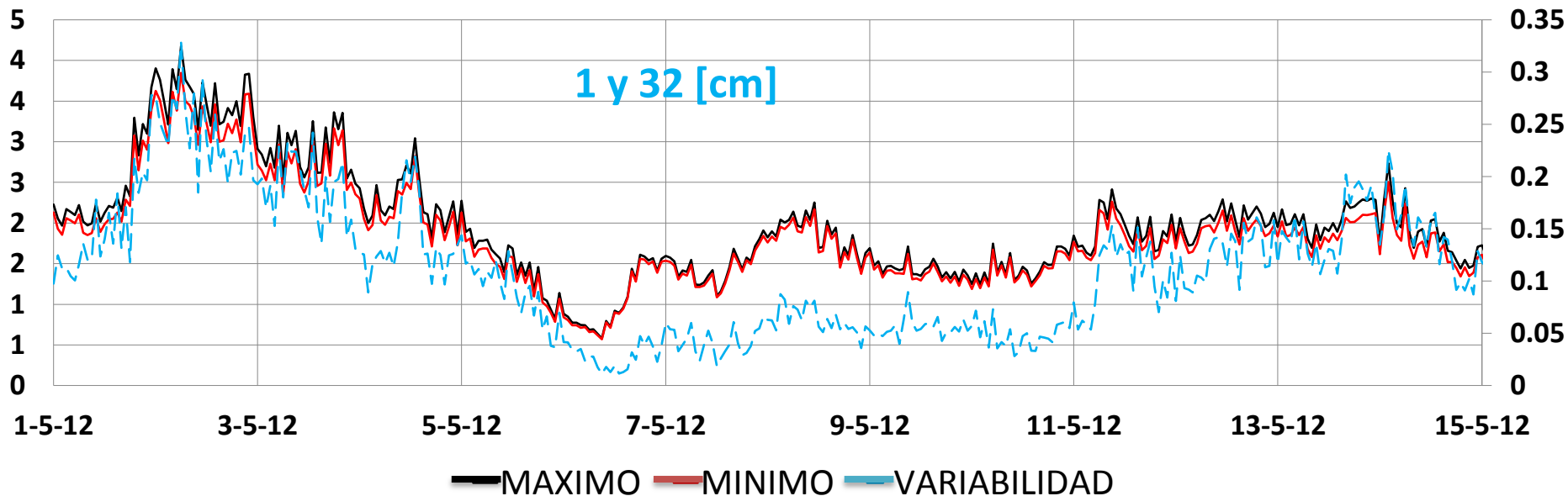
- ADCP
- (G+E+S+D+ADCP)
- (G+E+S+D-80+ADCP)
- (G+E+S+D-60+ADCP)
- (G+E+S+D-40+ADCP)
- (SHOA)

RESULTADOS



H_{mo} [m]

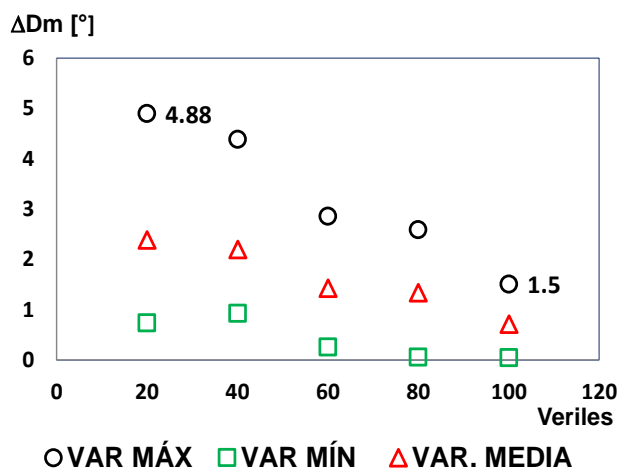
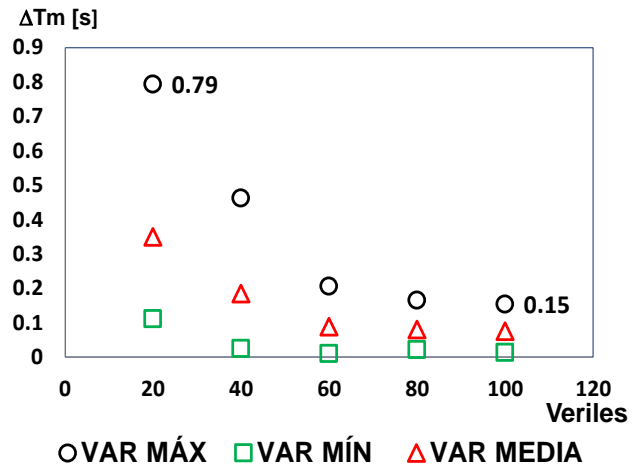
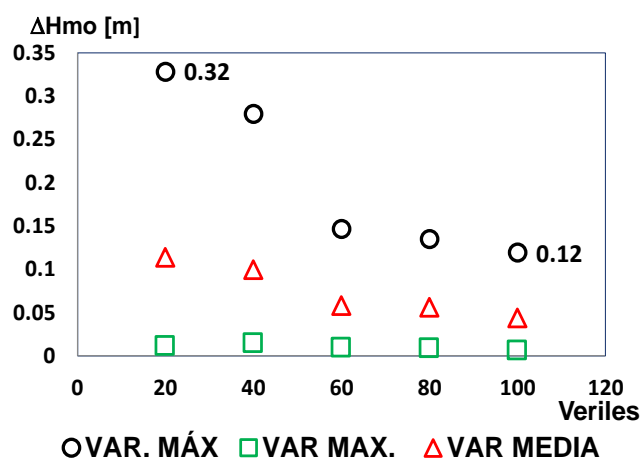
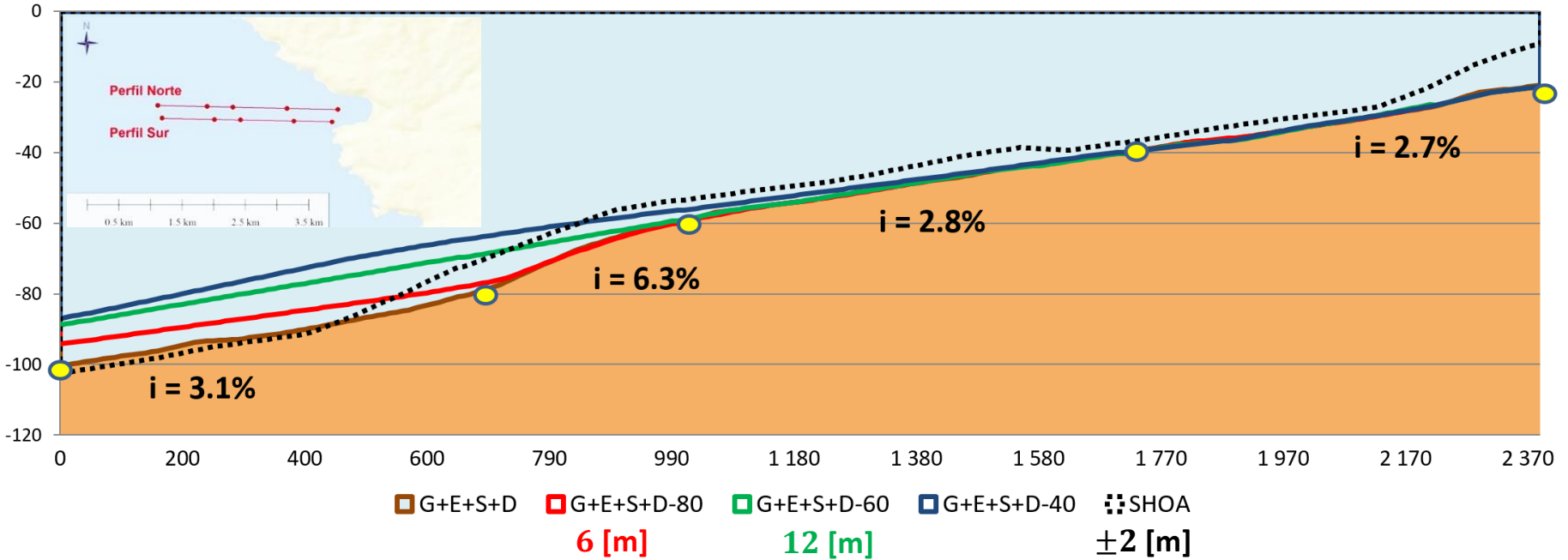
$H_{mo_{máx}} - H_{mo_{mín}}$ [m]



RESULTADOS CURAUMILLA



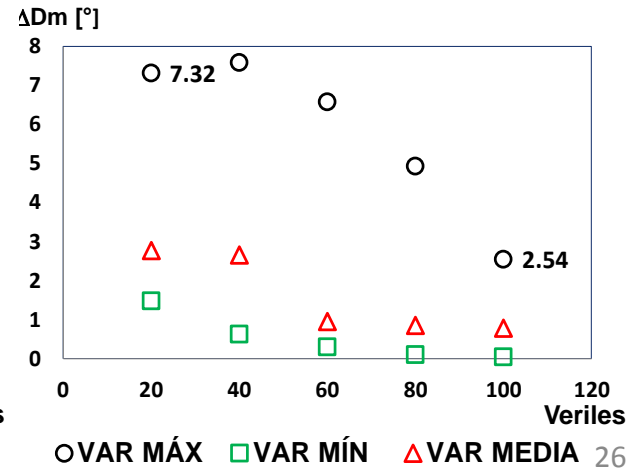
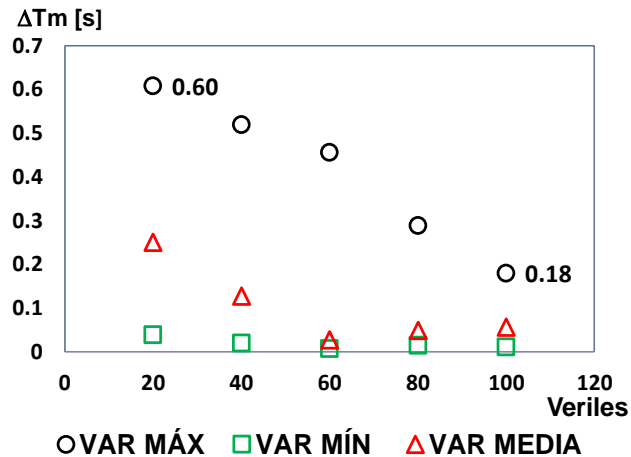
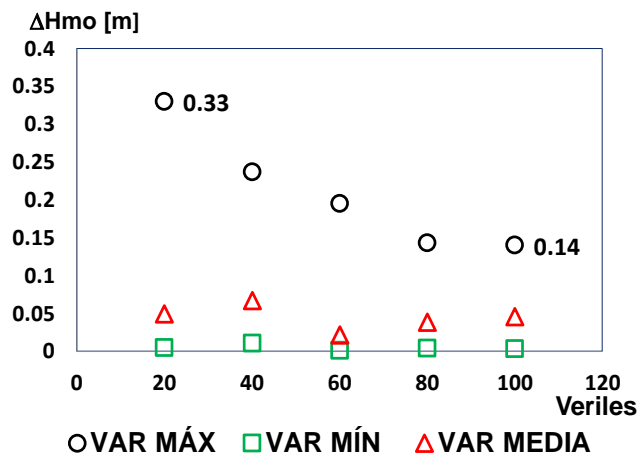
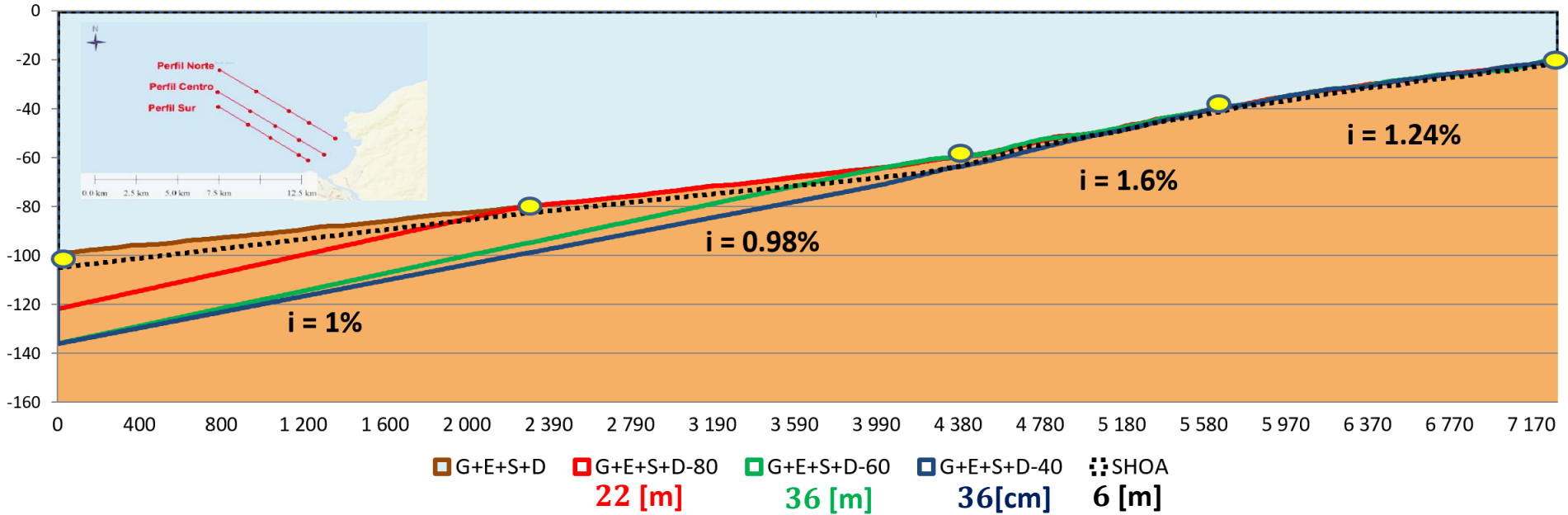
Perfil Norte - Vista en elevación



RESULTADOS LEBU



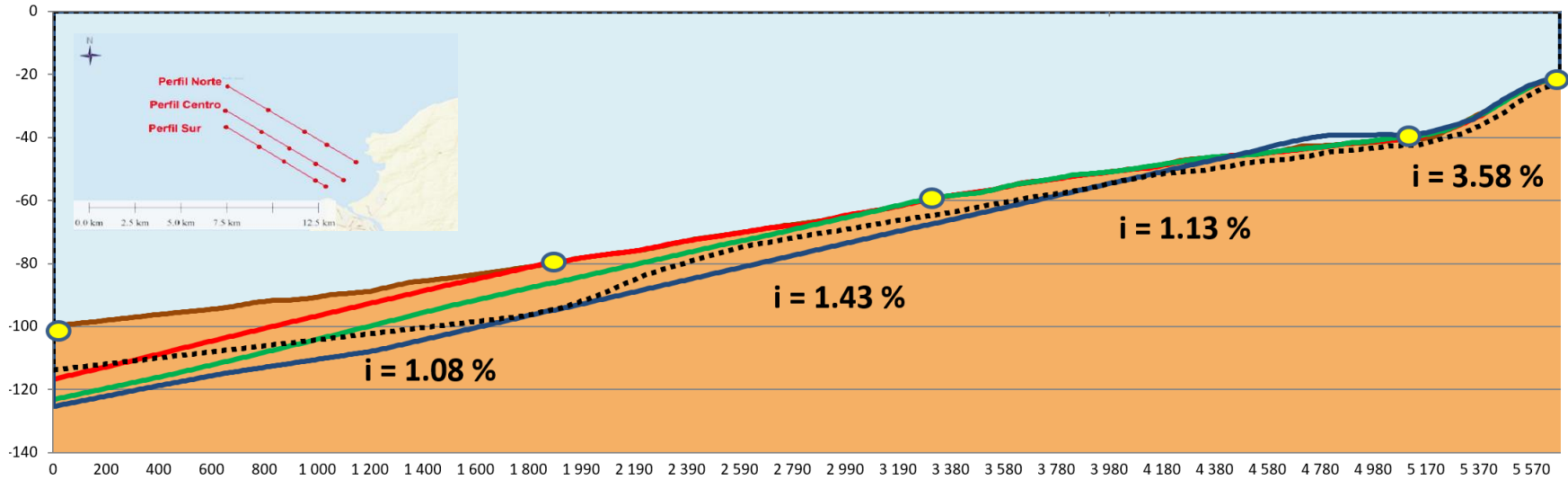
Perfil Norte - Vista en elevación



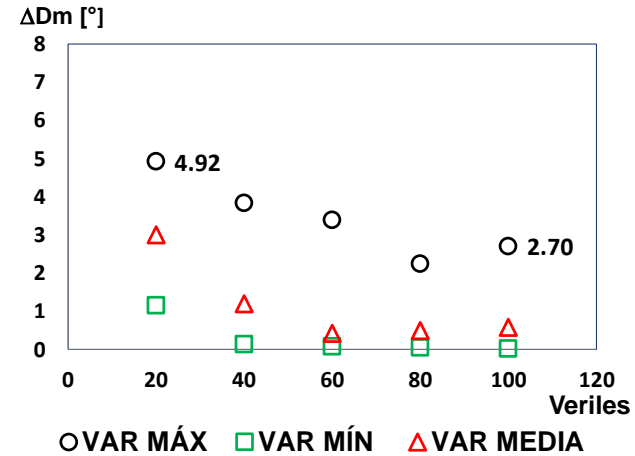
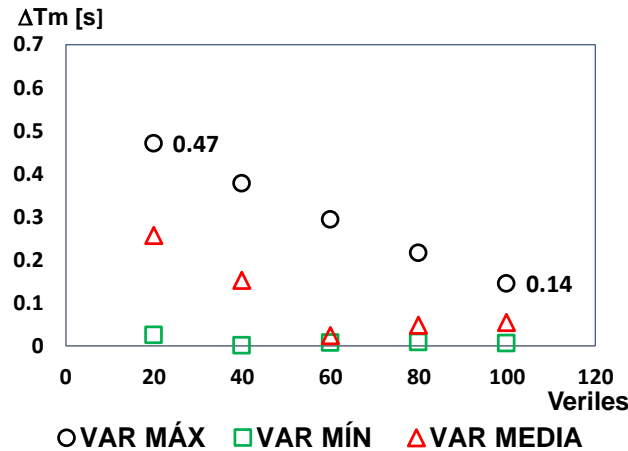
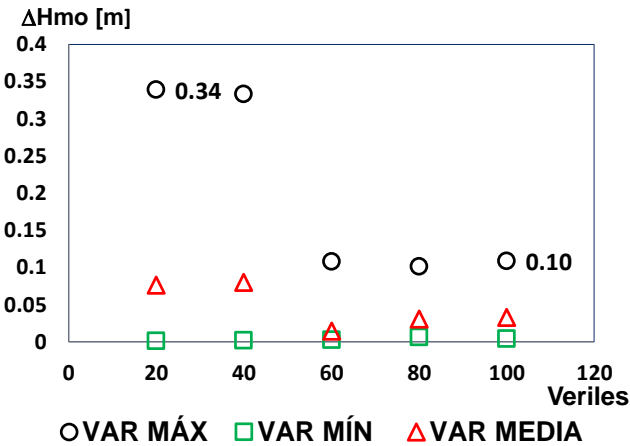
RESULTADOS LEBU



Perfil Sur - Vista en elevación



■ G+E+S+D
 ■ G+E+S+D-80
 ■ G+E+S+D-60
 ■ G+E+S+D-40
 ⋯ SHOA



CONCLUSIONES

- ❑ El desempeño del modelo de propagación espectral, varía en la capacidad predictiva de los estadígrafos del oleaje, en función de los escenarios batimétricos, tomando como referencia las mediciones del ADCP.

Hmo → Curaumilla: Subestiman las alturas -7 [cm] (G+E+S+D) y -33 [cm] (SHOA)
Lebu: Sobreestiman las alturas 17 [cm] (G+E+S+D-40)

Tm → Curaumilla: Sobreestiman los periodos 0.34 [s] (G+E+S+D) y 0.18 [s] (SHOA) - (G+E+S+D-40)
Lebu: Sobreestiman los periodos 0.18 [s] (SHOA) - (G+E+S+D-40) y 0.34 [s] G+E+S+D)

Dm → Curaumilla: Sobreestiman las direcciones 3.6 [°] (G+E+S+D) y 5.41 [°] (SHOA)
Lebu: Subestiman las direcciones -10.22 [°] (G+E+S+D) y -12.15 [°] (SHOA)

Para periodos menores a 7 [s] el modelo no representa de comportamiento del oleaje.

- ❑ Al analizar los escenarios batimétricos de las dos zonas de estudio por medio de los perfiles transversales, respecto a la batimetría que tiene más detalle, se observa que en Curaumilla las batimetrías para profundidades mayores a 60 [m] representan menores profundidades que las reales, mientras que para Lebu representan mayores profundidades.



- ❑ El análisis de sensibilidad, en función de la extensión de los levantamientos batimétricos disponibles, indica que la variabilidad de los estadígrafos de oleaje modelos es creciente a medida que el oleaje se aproxima a la costa, específicamente entre los veriles -100 y -20.

Hmo → 0.37 [m] Perfil Centro Lebu
Tm → 0.81 [s] Perfil Sur Curaumilla
Dm → 12.5 [°] Perfil Sur Curaumilla

} -20 [m]

- ❑ Hay mayores variabilidades entre los resultados de los modelos, al comprar los diferentes escenarios batimétricas para el estadígrafo de dirección media y menores variabilidades para las alturas significativas.
- ❑ Se observa un comportamiento similar de la variabilidad de los resultados entre perfiles transversales seleccionados, para cada zona de estudio.
- ❑ Al generar los 5 escenarios batimétricos de distinta extensión en el eje perpendicular a la línea de costa, se concluye de acuerdo a las zonas de estudio analizadas, que considerar sondajes hasta una profundidad de -60 [m] hubiese sido suficiente para la representación del oleaje, de acuerdo a los análisis realizados.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

“INFLUENCIA DE LA BATIMETRIA LOCAL EN LA MODELACIÓN DE PROPAGACIÓN DE OLAJE MEDIANTE MIKE 21 SW, APLICADO A CURAUMILLA Y LEBU”

DEFENSA DE PROYECTO DE TÍTULO

DICIEMBRE
2018

ALUMNO
IVETTE FERNANDEZ ANEIVA

PROFESOR GUÍA
LUIS ZAMORANO

COMISIÓN
PATRICIO WINCKLER
GUBBLER OTÁROLA



CURAUMILLA 10-12-2018

