



“Estudio de Metodologías de Estimación de Oleaje Local. Aplicación a Sectores de la Zona Sur de Chile”

Alumno memorista: Iván Rojas Vásquez.
Profesor guía: Matías Quezada L.
Profesores revisores: Catalina Aguirre G.
Mauricio Molina P.

CONTENIDO

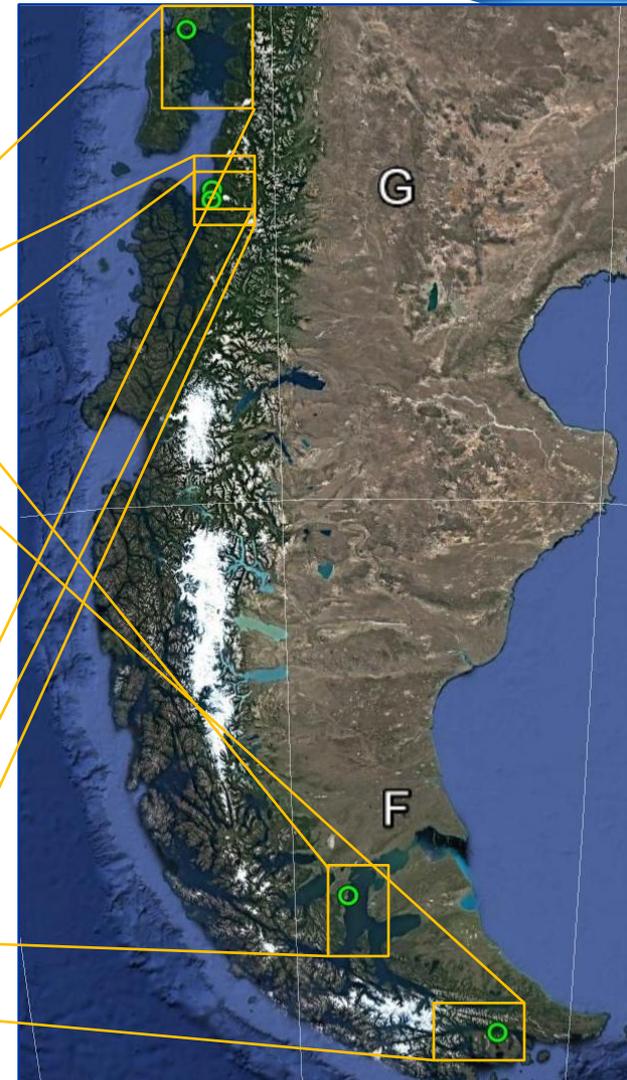
1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS Y ALCANCES
3. MARCO TEÓRICO
 - OLEAJE
 - ESTIMACIÓN DE OLEAJE
 - VIENTOS
 - REGISTROS
 - VALIDACIÓN
4. METODOLOGÍA
 - CARACTERIZACIÓN
 - ESTIMACIÓN ESTACIONARIA
 - ESTIMACIÓN NO ESTACIONARIA
 - VALIDACIÓN
5. RESULTADOS
6. DISCUSIÓN
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

Punta Coronel

Santo Domingo

- En varios estudios de oleaje local realizados en el medio nacional de los que se tuvo conocimiento, se observó que los análisis no presentaban evidencias claras ni argumentos convincentes de la correlación entre resultados y registros. A la vez, no se encontró documentos que utilizarán un modelo de base física en las estimaciones.
- Se planteó estudiar la aplicación de distintas herramientas de estimación de oleaje (ROM y ACES, SWAN) en algunos de dichos casos, buscando encontrar en los distintos niveles de análisis, procedimientos que permitieran llegar a obtener una validación más robusta.



OBJETIVOS Y ALCANCES

OBJETIVOS

Evaluar el nivel de desempeño que se puede obtener al realizar estimación de oleaje local, para varios casos reales, y usando distintas metodologías disponibles.

- Identificar lugares con información suficiente.
- Analizar la información levantada en terreno.
- Estimar condiciones de oleaje con cada método seleccionado.
- Validar los resultados obtenidos.
- Entregar propuestas de procedimientos a aplicar en estudios de oleaje local.

ALCANCES

- Generación de oleaje local.
- Estimación estacionaria y no estacionaria.
- Datos de viento puntuales.
- Base de datos registros viento y oleaje, excepto para Bahía Catalina.
- No se incluyen efectos de la corriente, ni de la marea.

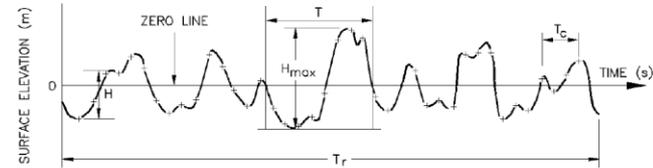
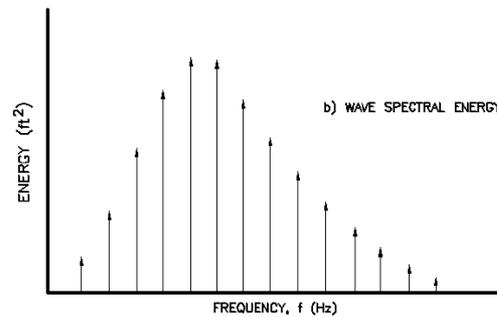
MARCO TEÓRICO: OLAJE

OLEAJE IRREGULAR

- Estudio de las condiciones de oleaje esperadas. Análisis estadísticos y probabilísticos que permiten cuantificar la severidad de las condiciones medidas y pronosticar eventos extremos.

Análisis Espectral

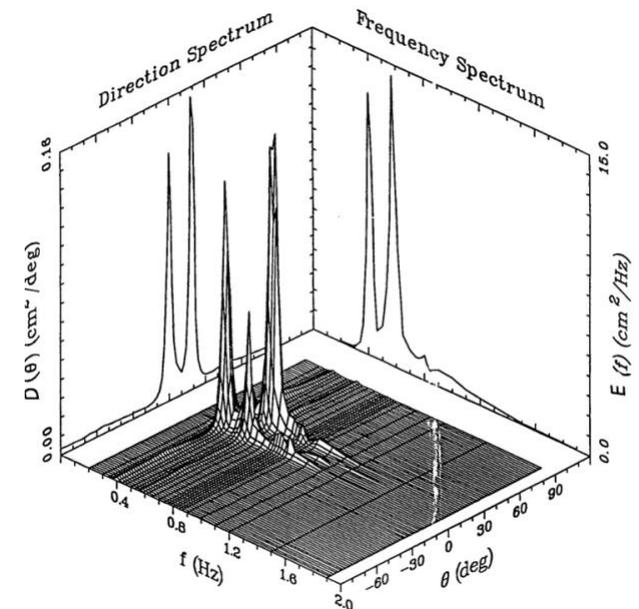
- Corto plazo. Señales de desnivelación o símiles.
- Muestreo fenómeno continuo. Análisis de Fourier.
- Espectro de frecuencias y direccional.



$$\eta(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos(\omega_n t - \varepsilon_n) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(n\omega_n t) + b_n \sin(n\omega_n t)$$

$$m_i = \int_0^{\infty} f^i E(f) df \quad \text{con } i = 0, 1, 2, \dots$$

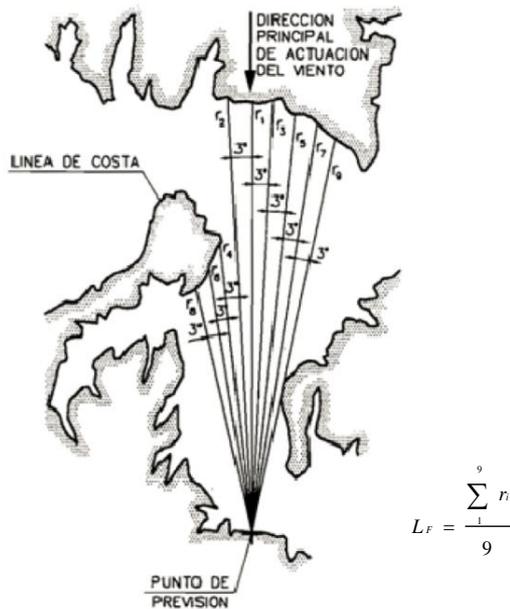
$$H_{m0} = 3.8 \sqrt{m_0} \approx 4 \sqrt{m_0} \quad T_p \quad Dir_p$$



MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

ROM 04-95: Acciones Climáticas II: Viento

- Puertos de Estado de España.
- Análisis de vientos, y cálculo de cargas.
- Anexo II.



- Basado en SPM (1984). SMB (1958), revisado por Mitsuyasu (1968), revisado por Hasselman (1973).
- Velocidades altas, y fetches cortos (120 km) y de geometrías simples.
- Intensidad y dirección de viento constantes en un tiempo y espacio determinados.

Fórmulas.

- Crecimiento en aguas profundas

$$H_s = 5.112 \cdot 10^{-4} \cdot U_A \cdot (L_F)^{1/2}$$

$$T_p = 6.238 \cdot 10^{-2} \cdot (U_A \cdot L_F)^{1/3}$$

$$t_{\min} = 3.215 \cdot 10 \cdot \left[\frac{L_F^2}{U_A} \right]^{1/3}$$

- Completo desarrollo

$$H_s = 2.482 \cdot 10^{-2} \cdot (U_A)^2$$

$$T_p = 8.3 \cdot 10^{-1} \cdot U_A$$

$$t_{\min} = 7.296 \cdot 10^3 \cdot U_A$$

- Limitado por duración

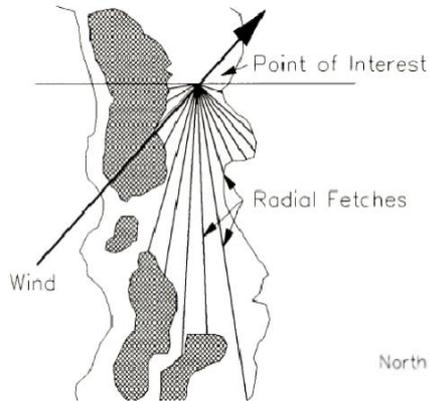
$$H_s = 4.433 \cdot 10^{-5} \cdot (U_A)^2 \cdot (t/U_A)^{5/7}$$

$$T_p = 1.830 \cdot 10^{-2} \cdot U_A \cdot (t/U_A)^{0.411}$$

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

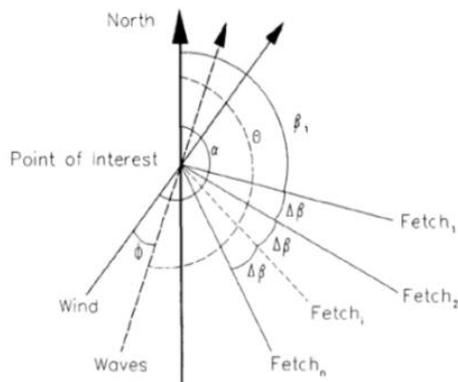
Automated Coastal Engineering System

- US Army Corps of Engineers.
- Implementa diversas técnicas de diseño y análisis.
- Módulo Wave Prediction.



$$t_{fetch} = 51.09 \frac{F^{0.72}}{g^{0.28} \widehat{U}_a^{0.44}}$$

$$F_{\phi}^{0.28} \cdot (\cos \phi)^{0.44}$$



- Metodología SPM (1984) mejorada.
- Fetches restringidos Smith (1991).
- Fetches relativamente cortos (<75 mi).
- Velocidad y dirección ctes. ($\Delta U \leq 5$ kt y $\Delta \alpha \leq 15^\circ$).

Fórmulas.

$$H = 0.0015 \left(\frac{\widehat{U}_a^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{\widehat{U}_a^2} \right)^{1/2}$$

- Crecimiento en aguas profundas

$$T = 0.3704 \left(\frac{\widehat{U}_a}{g} \right) \left(\frac{gF}{\widehat{U}_a^2} \right)^{0.28}$$

- Completo desarrollo

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{\widehat{U}_e^2}{g} \right)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{\widehat{U}_e}{g} \right)$$

- Limitado por duración

$$H = 0.000103 \left(\frac{\widehat{U}_a^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{\widehat{U}_a} \right)^{0.69}$$

$$T = 0.0702 \left(\frac{\widehat{U}_a}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{\widehat{U}_a} \right)^{0.39}$$

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

Simulated WAVes Nearshore

- Modelo 3G desarrollado por Delft University of Technology.
- Generación de oleaje en regiones costeras y en presencia de corrientes.
- Balance Espectral de Densidad de Acción (Hasselmann et al. 1973).
- Procesos estándar: Generación por viento, descrestamiento, interacciones no lineales por cuádrupletas.
- Procesos adicionales: Interacciones no lineales por tripletas, fricción de fondo, rotura por fondo.
- Diferencias Finitas. Esquema Implícito. Coordenadas cartesianas, curvilíneas y esféricas.
- Análisis Estacionario y No Estacionario.

$$N = E / \sigma$$

- **Ecuación de Gobierno.**

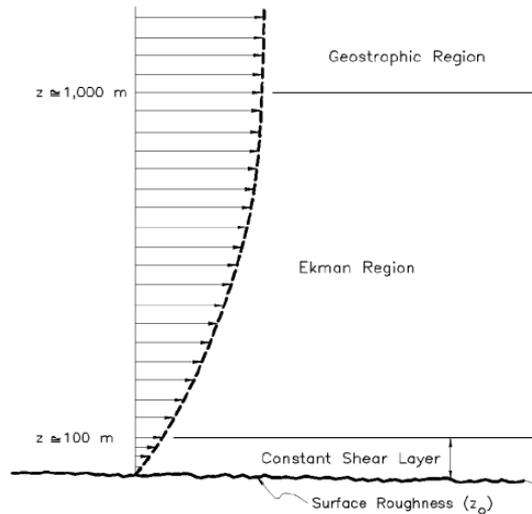
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_{\vec{x}} \cdot \left[(\vec{c}_g + \vec{U}) N \right] + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma}$$

- **Fuentes y Sumideros.**

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br}$$

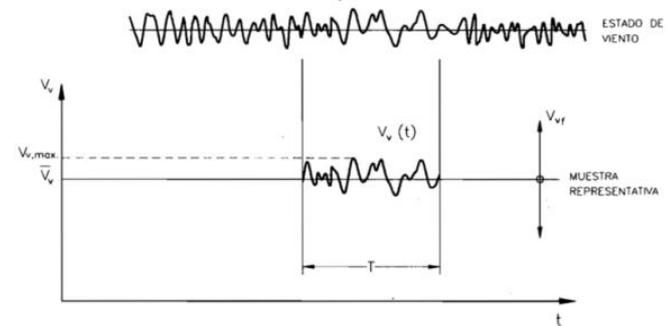
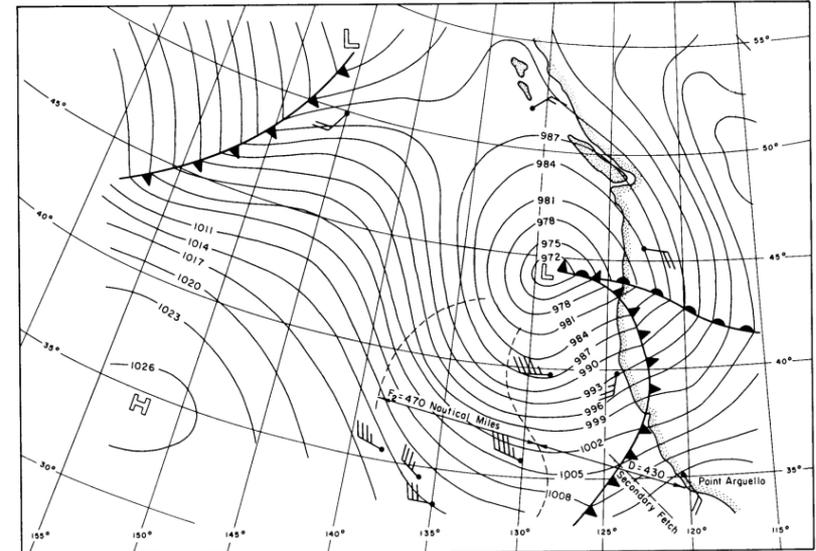
MARCO TEÓRICO: VIENTOS

- Movimiento de masas de aire presentes en la atmósfera. La energía solar provoca gradientes de temperatura y densidad.
- Nivel Geostrófico. Capa Límite Atmosférica. Capa de Ekman. Capa Esfuerzo Constante.



$$\tau_0 = \rho \cdot C_D \cdot U_{10}^2 \Rightarrow C_D = \left(\frac{U_*}{U_{10}} \right)^2 \Rightarrow C_D = \left(\frac{k}{\ln \frac{10}{z_0}} \right)^2$$

$$U_{10} = U_z \frac{\ln \frac{10}{z_0}}{\ln \frac{z}{z_0}}$$



MARCO TEÓRICO: REGISTRO DE VIENTOS

Anemómetro Young

- Rotación produce una señal de corriente alterna con frecuencia directamente proporcional a la velocidad del viento.

Control de calidad

- Ref. 8: IOOS, QARTOD, Manual for Real-Time Quality Control of Wind Data, 2014.

3.0	Quality Control	9
3.1	QC Flags	9
3.2	Test Hierarchy.....	10
3.3	QC Test Descriptions	11
3.3.1	Applications of QC Tests to Wind Sensors	11
	Test 1 - Timing/Gap Test (Required)	12
	Test 2 - Syntax Test (Required).....	12
	Test 3 - Location Test (Required).....	13
	Test 4 - Gross Range Test (Required)	13
	Test 5 - Climatology Test (Required).....	14
	Test 6 - Spike Test (Strongly Recommended)	15
	Test 7 - Rate of Change Test (Strongly Recommended)	16
	Test 8 - Flat Line Test (Strongly Recommended).....	17
	Test 9 - Multi-Variate Test (Suggested)	18
	Test 10 - Attenuated Signal Test (Suggested)	19
	Test 11 - Neighbor Test (Suggested)	20



Manual for Real-Time Quality Control of Wind Data

A Guide to Quality Control and Quality Assurance for Coastal and Oceanic Wind Observations

Version 1.0
October 2014



MARCO TEÓRICO: REGISTRO DE OLEAJE

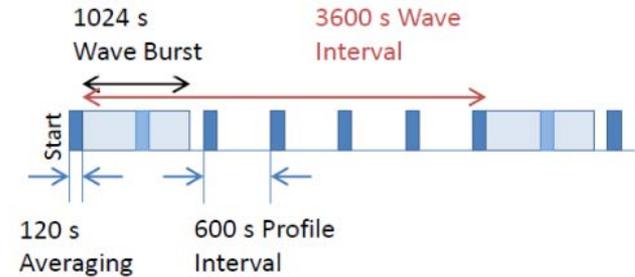
ADCP

- Lecturas de la velocidad de las partículas que se mueven junto al flujo de agua, por medio de ondas acústicas en varios haces. Mide también con otro haz desnivelación, y cuenta con un sensor de presión incorporado.
- Series de tiempo son procesadas calculando un espectro de energía.
- Espectro cruzado entre cada par de registros individuales. Están linealmente relacionado con el espectro direccional.

Control de calidad

- Ref. 7: IOOS, QARTOD, Manual for Real-Time Quality Control of In Situ Surface Wave Data, 2015.

3.0	Quality Control.....	11
3.1	QC Flags	11
3.2	QC Test Types and Hierarchy.....	12
3.3	QC Test Descriptions	14
3.3.3	LT Time Series QC Tests for Bulk Wave Parameters	29
	LT Time Series Check Ratio or Check Factor (Test 14) - Strongly Recommended	29
	LT Time Series Mean and Standard Deviation (Test 15) - Strongly Recommended	31
	LT Time Series Flat Line (Test 16) - Required	32
	LT Time Series Operational Frequency Range (Test 17) - Required	33
	LT Time Series Low-Frequency Energy (Test 18) - Required	34
	LT Time Series Bulk Wave Parameters Max/Min/Acceptable Range (Test 19) - Required	35
	LT Time Series Rate of Change (Test 20) - Required.....	37
	Neighbor Check (Test 21) - Suggested	38



Manual for Real-Time Quality Control of In-Situ Surface Wave Data

A Guide to Quality Control and Quality Assurance of In-Situ Surface Wave Observations

Version 2.0
August 2015



MARCO TEÓRICO: VALIDACIÓN

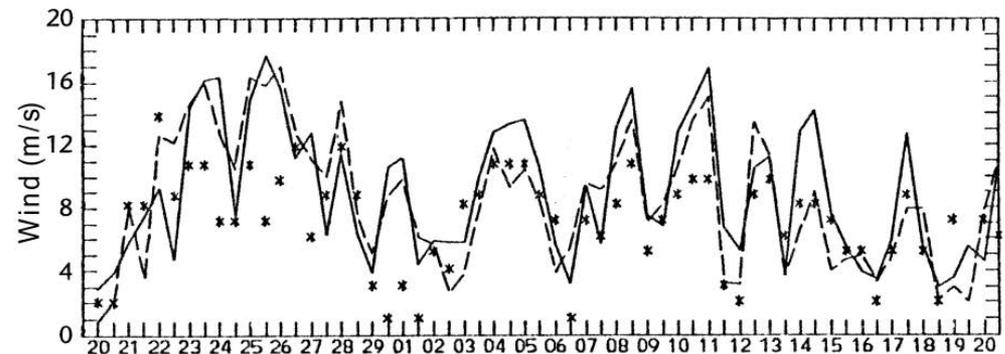
- Verificar la exactitud de las estimaciones obtenidas mediante un método para un lugar en particular, con el objetivo de dar confiabilidad a los pronósticos realizar.

HERRAMIENTAS

- Distribuciones.
Tablas, histogramas, excedencia.
- Series de tiempo.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (X_n - Y_n)^2}$$

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{X}}$$



Buoy/GSOWM Waves

RMS 1.08

Mean error 0.7

Scatter Index 0.35

Buoy/GSCLI Winds

RMS 3.39

Mean error 1.5

Scatter Index 0.48

Buoy/WAM Waves

RMS 0.91

Mean error 0.1

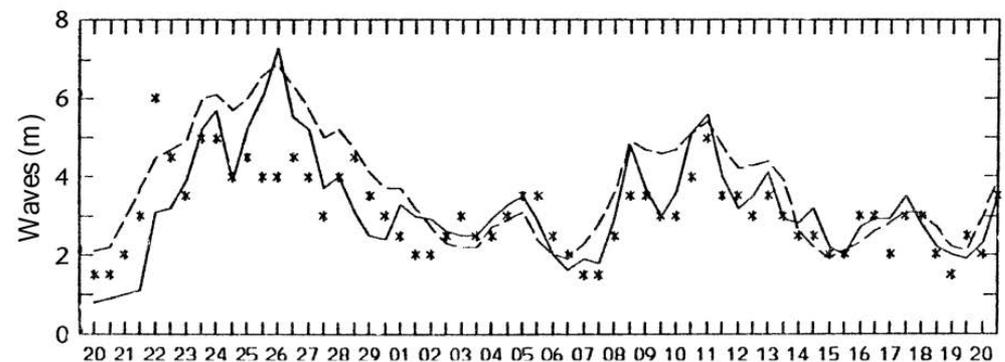
Scatter Index 0.30

Buoy/NOGAPS Wind

RMS 3.90

Mean error 2.0

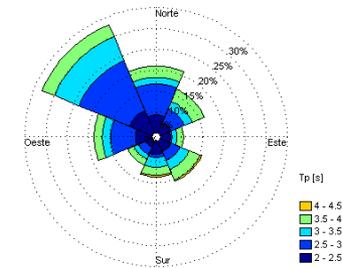
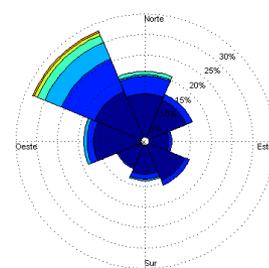
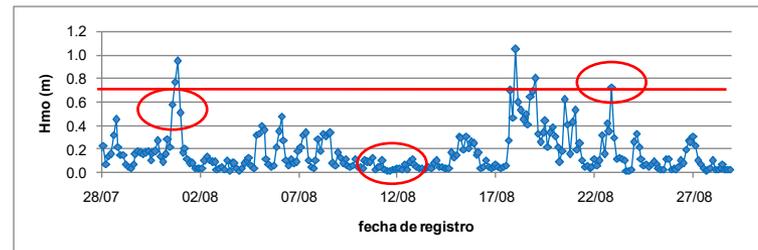
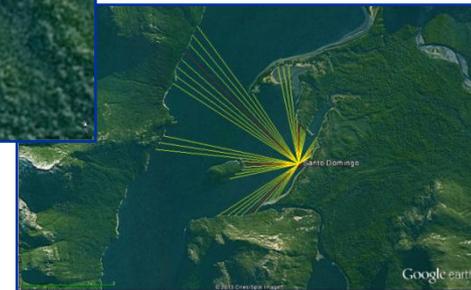
Scatter Index 0.55



METODOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN

- Presentación del lugar.
 Geografía y topografía.
 Puntos de registro.
- Definición área de generación.
 Dominio y fetches.
- Control de calidad registros.
 Tests: Spikes, Tasa de cambio, Línea Plana, Rango.
- Descripción condiciones registradas.
 Distribuciones.
 Particularidades.



METODOLOGÍA

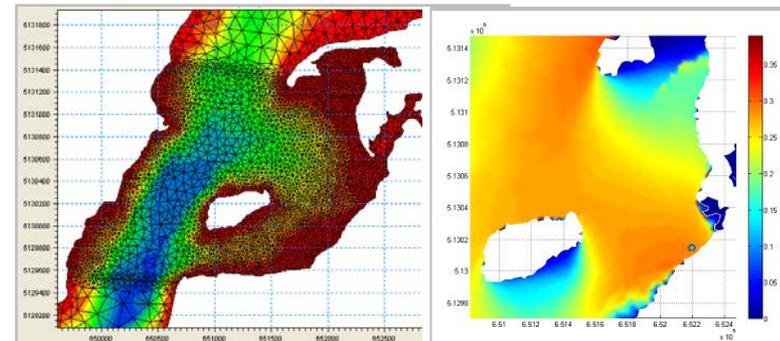
ESTIMACIÓN ESTACIONARIA

- Remuestreo del viento. Tabla de intensidades.
- SWAN modo estacionario:
 - Grilla no estructurada.
 - Comando GEN3 (entrada por viento, descrestamiento, interacciones por cuadrupletas, rotura por fondo).
 - Comando AGROW (Crecimiento inicial lineal, luego exponencial).
 - Comando NUMERIC (Definiciones numéricas de la modelación).
 - Campo de resultados. Extracción.

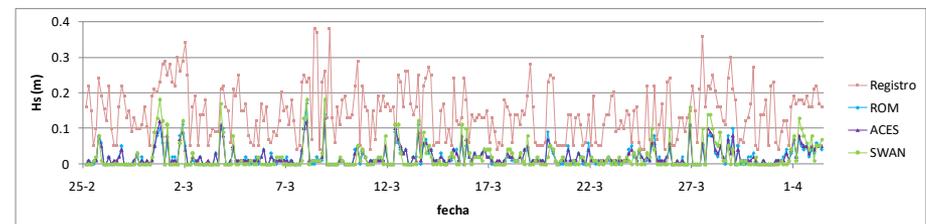
$$C_{\sigma} \equiv \frac{|c_{\sigma}| \Delta T}{\Delta \sigma} \leq \alpha_{\sigma} \quad C_{\theta} \equiv \frac{|c_{\theta}| \Delta T}{\Delta \theta} \leq \alpha_{\theta}$$

- Calculo directo con ROM. Interpolación con ACES y SWAN.

	Rango direccional				
	Noreste	Surweste	Weste	Norweste	Norte
Dirección viento * (geográfica, desde)	45	225	270	315	0
Dirección viento en SWAN * (matemática, hacia)	225	45	0	315	270
Intensidad máxima [m/s]	9	10	8	10	9



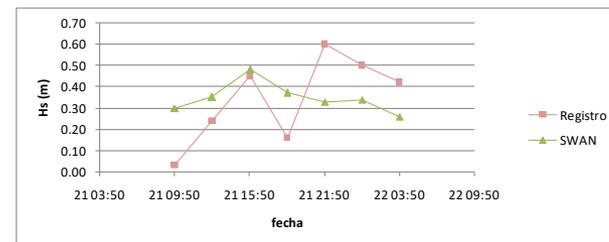
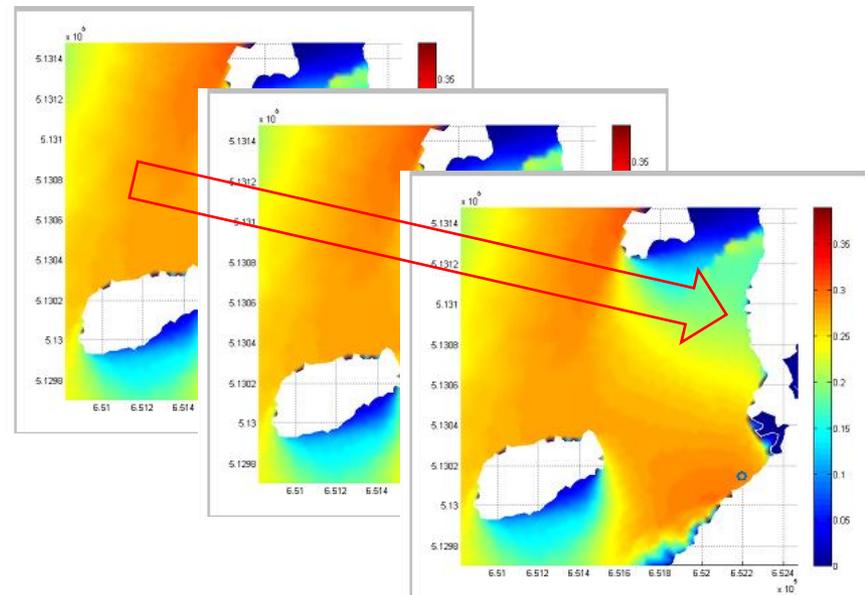
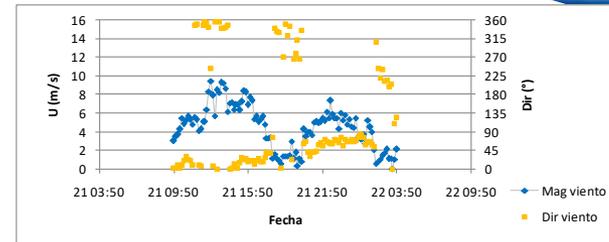
Magnitud viento (m/s)	Direcciones							
	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
1								
2								
3	0.00				0.00	0.00	0.07	0.05
4	0.03				0.02	0.01	0.11	0.09
5	0.05				0.09	0.03	0.12	0.11
6	0.08				0.13	0.16	0.15	0.14
7	0.11				0.16	0.18	0.18	0.16
8	0.12				0.18	0.21	0.21	0.19
9	0.14				0.21		0.25	0.23
10					0.19		0.29	
11								



METODOLOGÍA

ESTIMACIÓN NO ESTACIONARIA

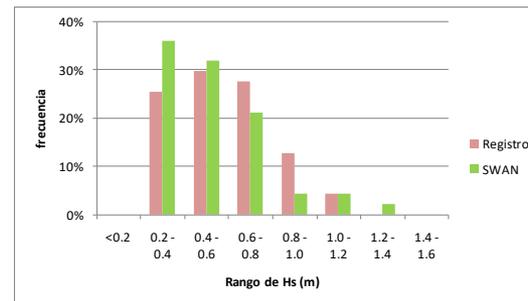
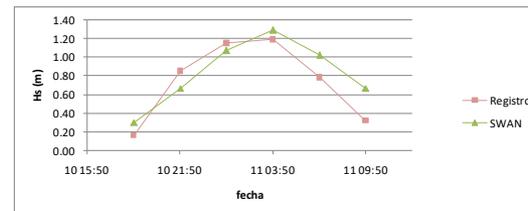
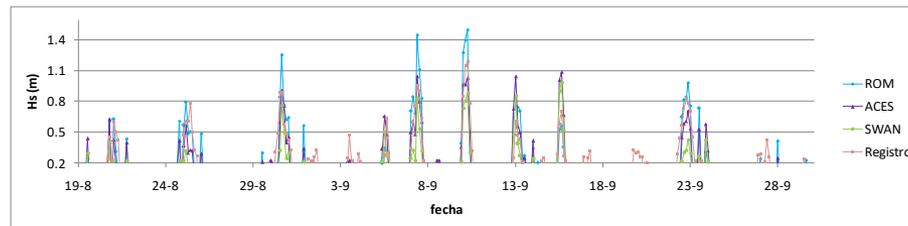
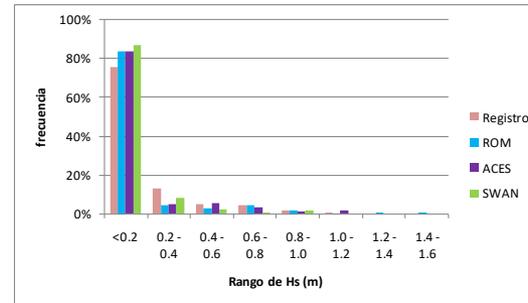
- Selección de eventos de viento.
- Se modifica la manera de ingresar los datos de viento (.wnd y .list).
- Modificación Comando NUMERIC.
- Definición de ingreso y salida de datos.
- Se agrega término de crecimiento lineal.
- Campos de resultados



METODOLOGÍA

VALIDACIÓN

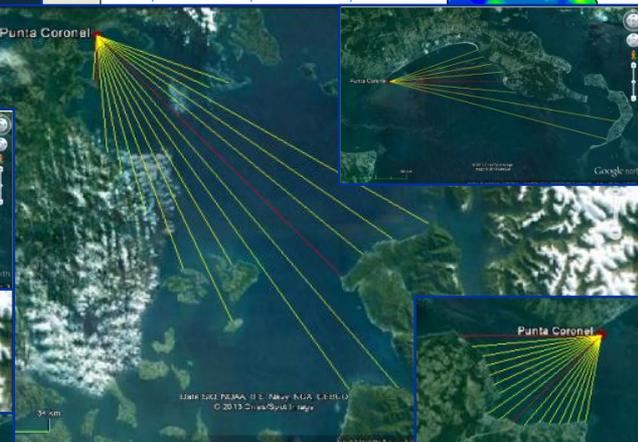
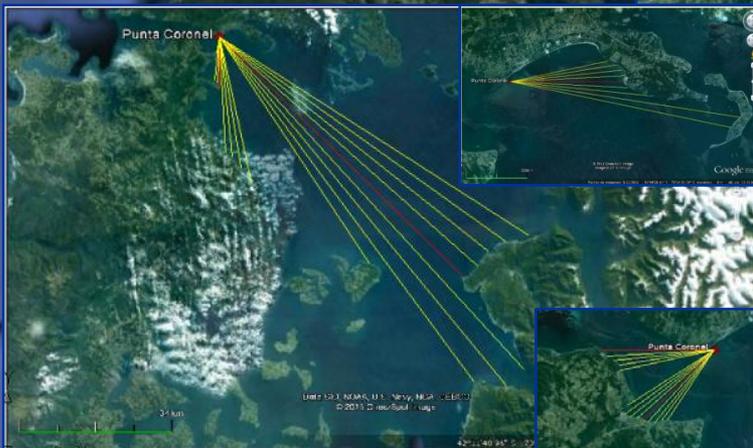
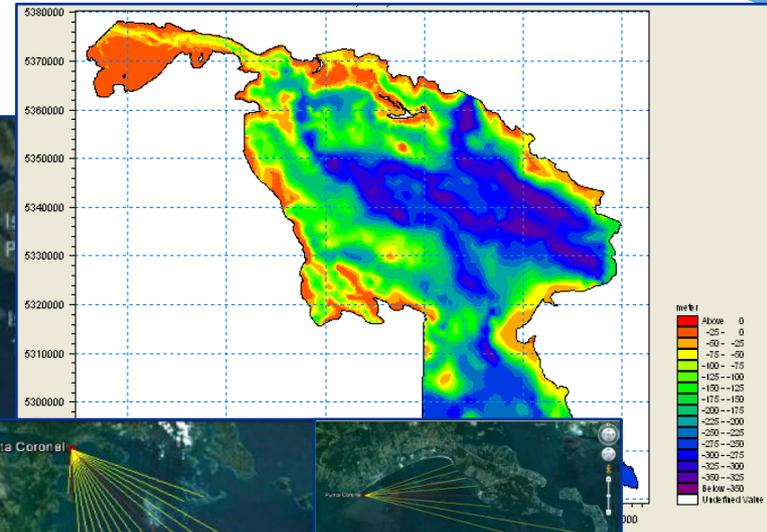
- Estacionaria.
Distribuciones.
Series de tiempo.
- No Estacionaria.
Eventos.
Distribución conjunta.
Indicadores.
- Conclusión.



$$SI = \frac{RMSE}{\bar{X}}$$

PUNTA CORONEL: ÁREA DE GENERACIÓN

- 14 Junio al 17 Julio de 2009 (33 [d]).
- E.M. Young, 30 [m], 10 [min]
- RDI WorkHorse 600 [kHz], -13,5 [m], 3 [hr].
- Mayor fetch del SE. (U_w máximas del W).



Direcciones				
E	SE	S	SW	W
77.7	90.7	85.7	50.1	4.5

	Direcciones				
	E	SE	S	SW	W
Lf (km)	6.9	83.6	17.3	4.9	2.8

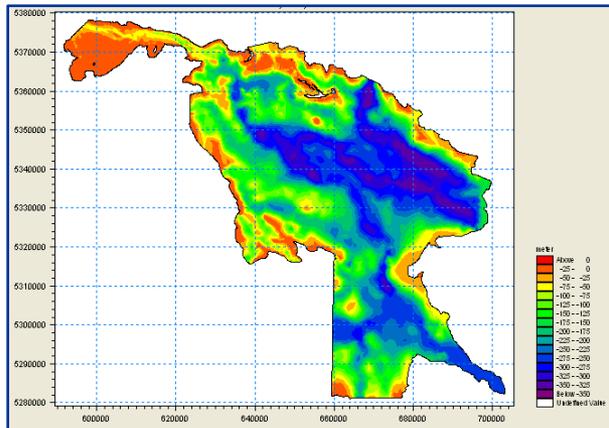
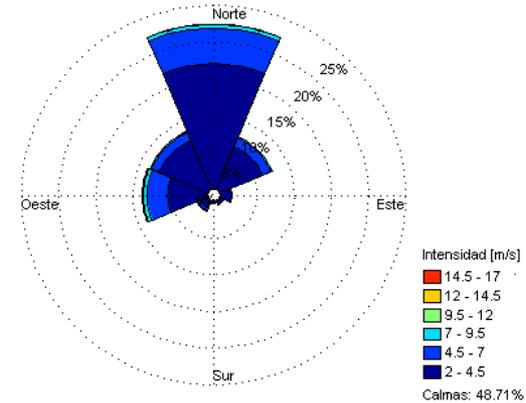
PUNTA CORONEL: REGISTRO VIENTOS

Control de calidad

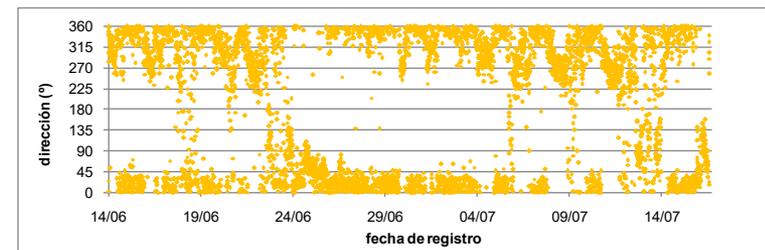
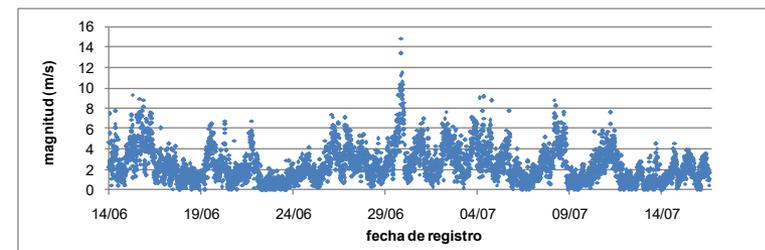
- Sin alertas.

Distribución

- 48.7% de intensidades < 2 [m/s].
- Int. Máx: W, 14.9 [m/s]. S, 7.8 [m/s].
- 38.5% fuera del fetch.
- Generador 12.8% (W, 8.8%).



	Rango direccional				
	Este	Sureste	Sur	Surweste	Weste
Dirección Geográfica	90	135	180	225	270
Dirección SWAN	180	135	90	45	0
Intensidad máxima [m/s]	5	6	8	11	15



PUNTA CORONEL: REGISTRO OLEAJE

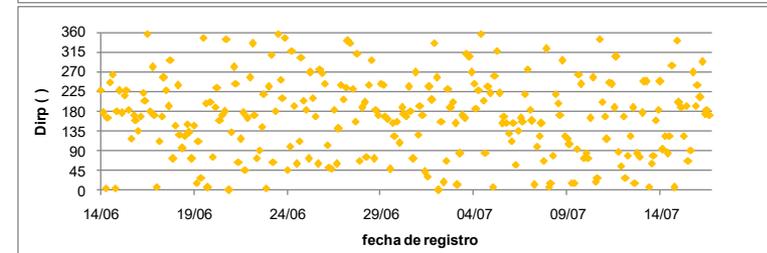
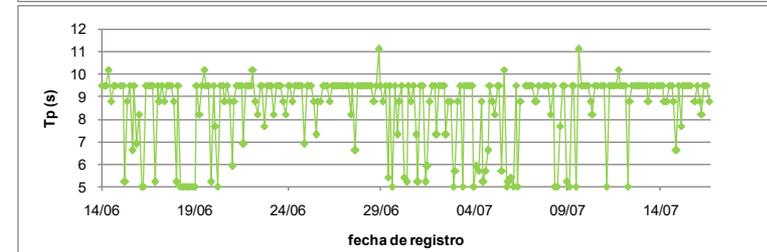
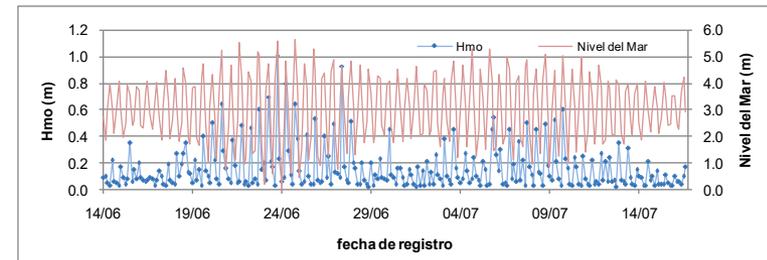
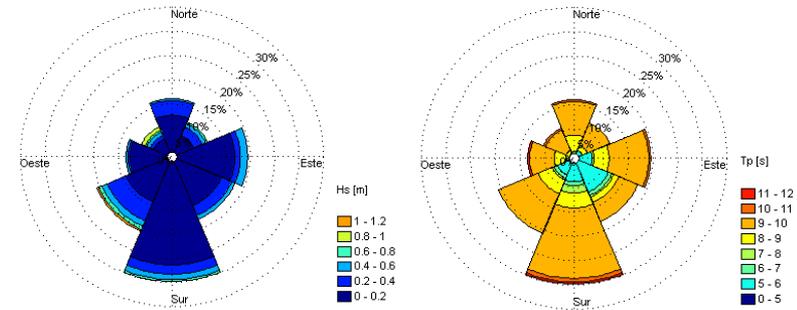
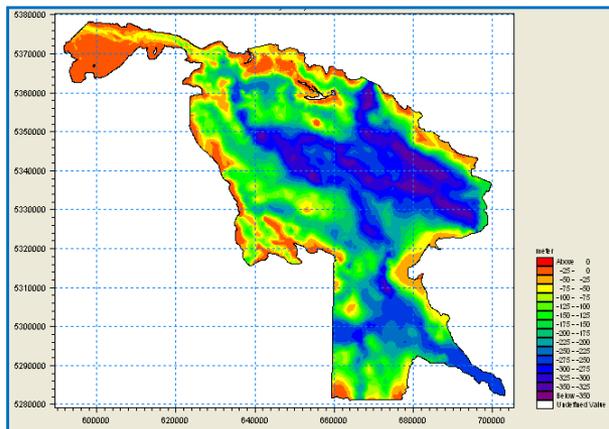
Control de Calidad

- $T_p = 9.5$ [s]. 6 valores escapados.
- H_s y $Dirp$ cambios súbitos de valor.
- H_s varían cíclicamente, $Dirp$ irregular.

Distribución

- 24.8% S, 15.7% SW, 14.5% E, 13.0% SE.
- 76.3% de $H_s < 0.2$ [m], 21.3% de 0.2 a 0.6 [m], 2.3% hasta 1.01 [m].
- 54.6% de $T_p = 9.5$ [s].

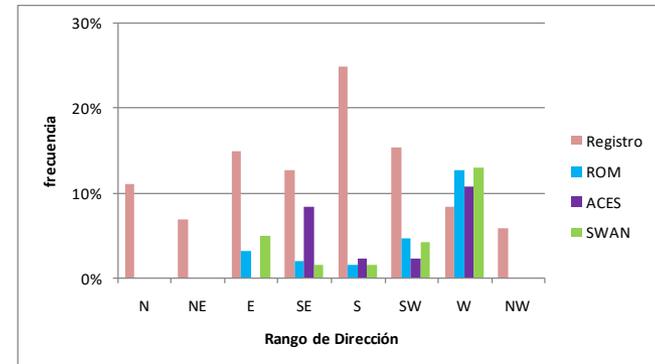
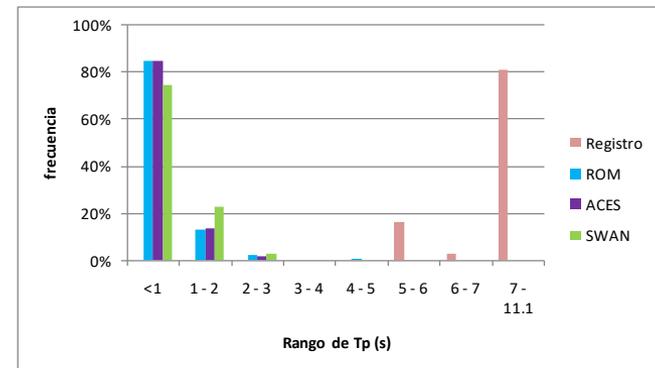
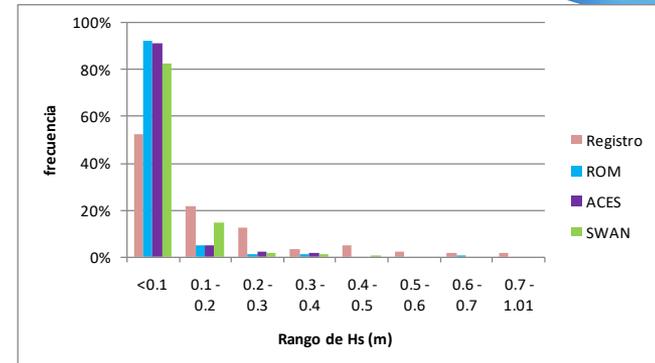
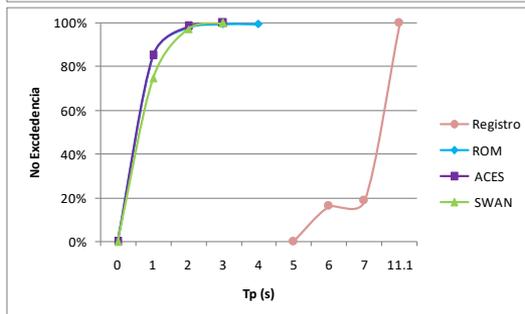
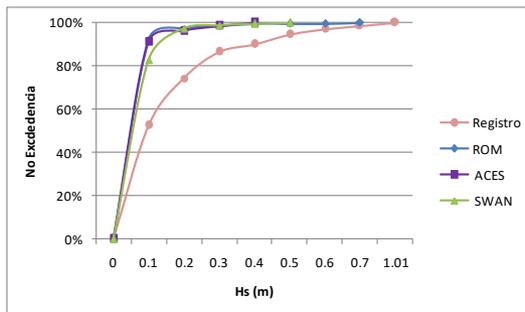
Serie de H_s muestra relación con presión del ADCP (C. P.=0.35).



PUNTA CORONEL: RESULTADOS

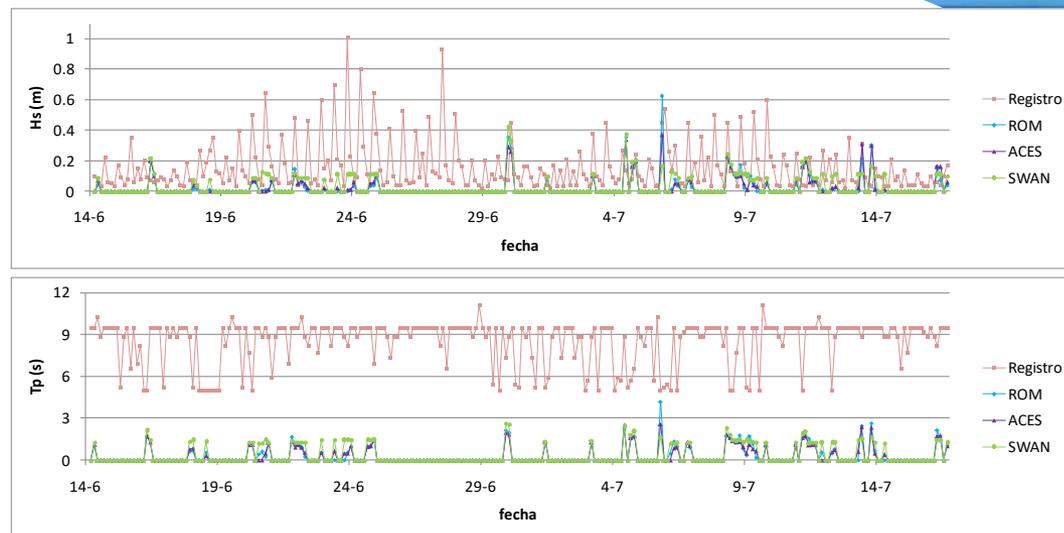
RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Sobre 90% de $H_s < 0.2$ [m] con los tres métodos.
- No se estiman $T_p > 3$ [s].
- Diferencias en direcciones estimadas con ACES.
- Porcentaje similar a registros solo en rango W.



PUNTA CORONEL: RESULTADOS

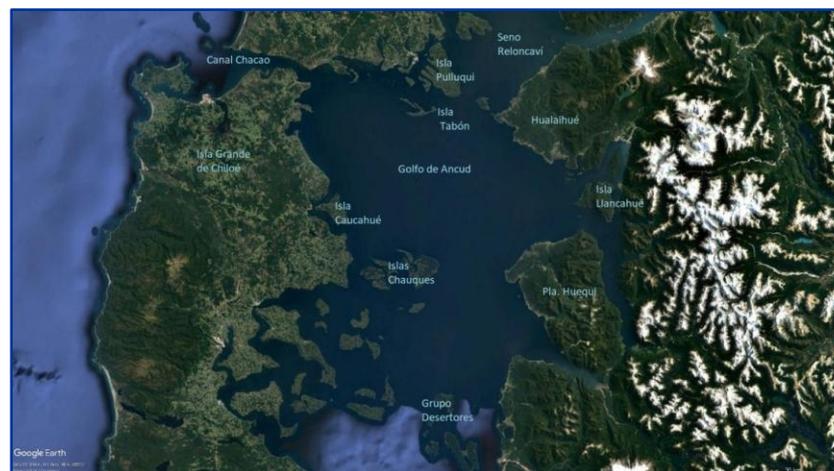
- Condiciones estimadas << registradas.
- Máx. Hs = 0.62 [m], T_p = 4.2 [s] con ROM, para U = 4.8 [m/s] del SSE.



VALIDACIÓN

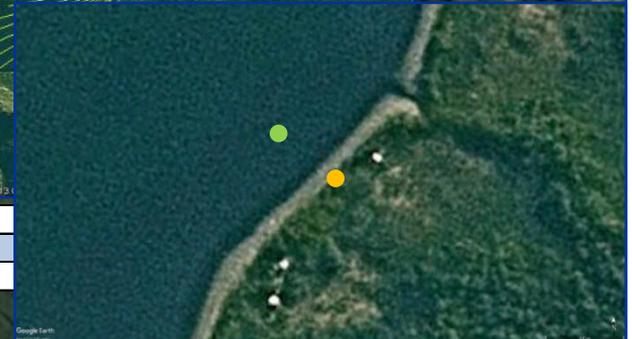
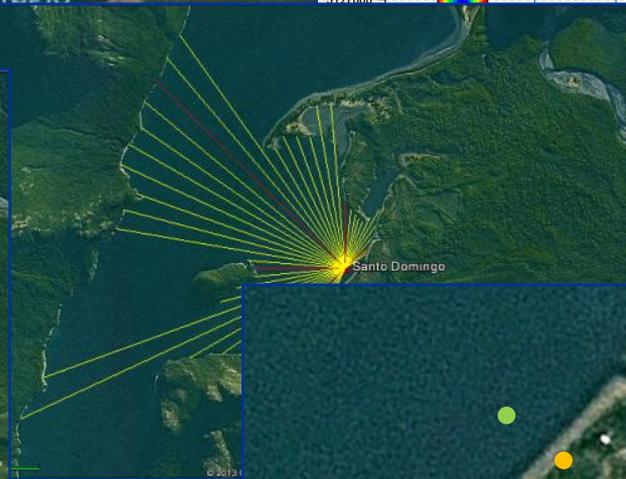
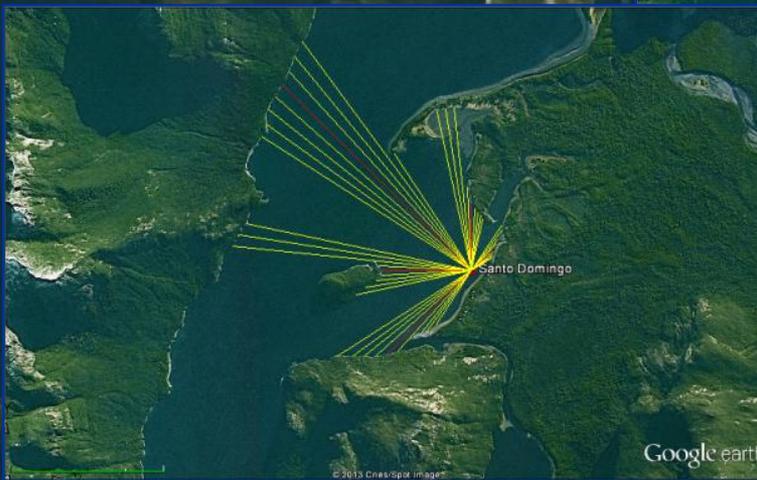
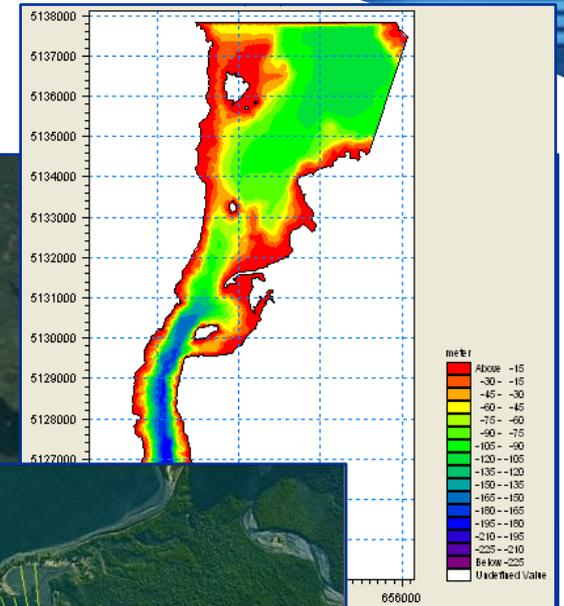
Baja severidad de condiciones de viento dentro del fetch.
Anomalías en registros.

Con la información disponible para el sector de Punta Coronel no resulta posible validar un método de estimación de oleaje local.



SANTO DOMINGO: ÁREA DE GENERACIÓN

- 25 Febrero al 03 Abril de 2009 (39 [d]).
- E.M. Young, 10 [msnm], 10 [min].
- NK AWAC 600 [kHz], -16.0 [m], 3 [hr].
- Mayor fetch del NW. U máximos del N.



Lf (km)	Direcciones				
	SW	W	NW	N	NE
	0.9	1.2	2.0	0.7	0.3

SW	W
1.0	2.0

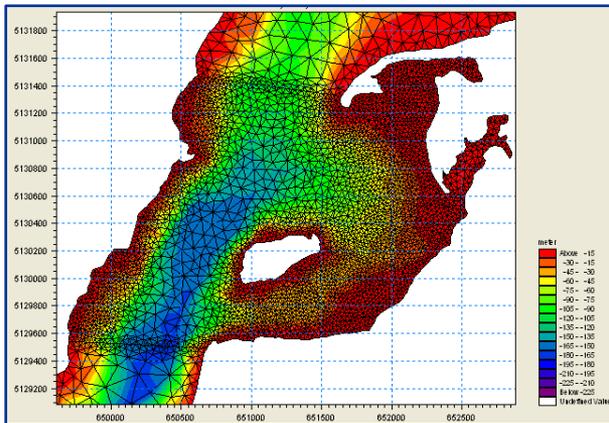
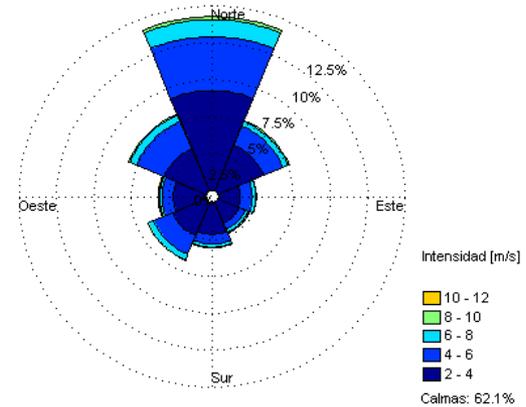
SANTO DOMINGO: REGISTRO VIENTOS

Control de calidad

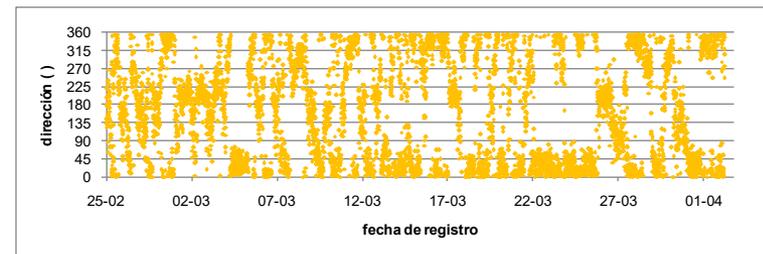
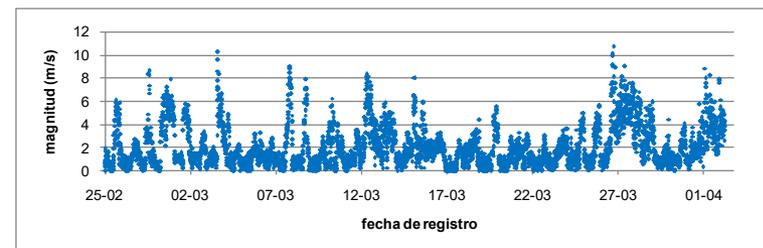
- Sin alertas.

Distribución

- 62.1% de intensidades < 2 [m/s].
- Int. Máx: SE, 10.7 [m/s]. W, 10.3 [m/s].
- 7.9% fuera del fetch. Generador 30.0% (N, 11.8%).



	Rango direccional				
	Noreste	Surweste	Weste	Norweste	Norte
Dirección viento ° (geográfica, desde)	45	225	270	315	0
Dirección viento en SWAN ° (matemática, hacia)	225	45	0	315	270
Intensidad máxima [m/s]	9	10	8	10	9



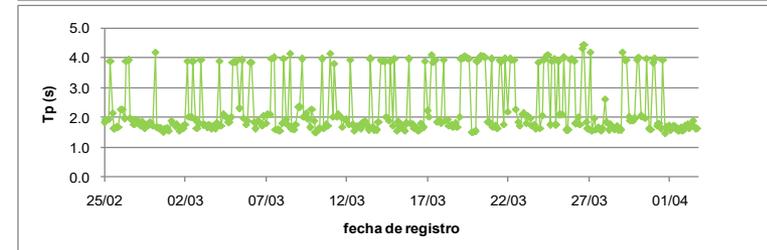
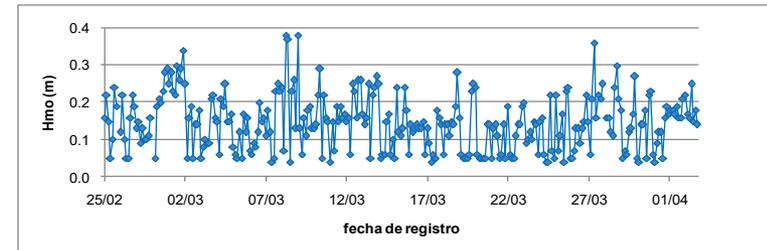
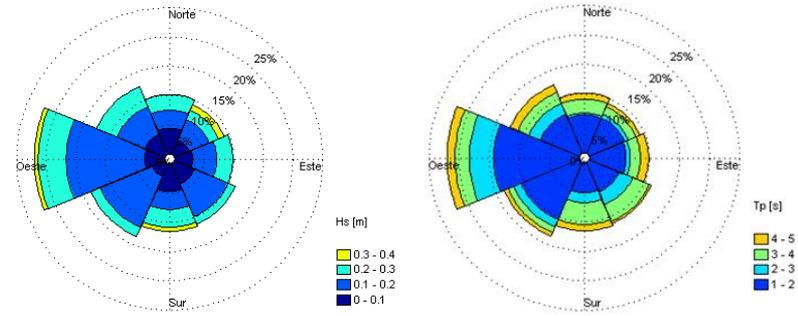
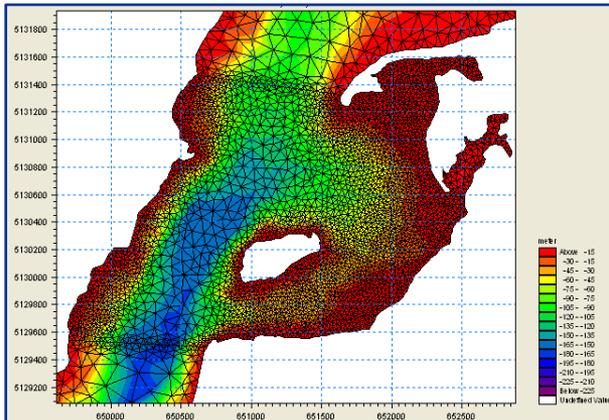
SANTO DOMINGO: REGISTRO OLEAJE

Control de Calidad

- 3 Valores escapados de Hs filtrados.
- Mayoría de Tp ~ 2 [s], otros ~ 4 [s].
- Dirp se muestran irregulares.

Distribución

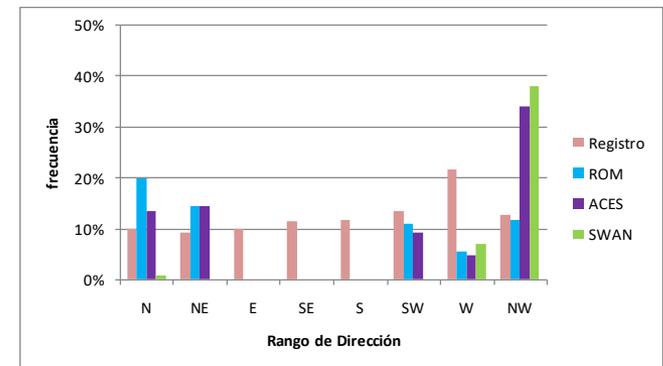
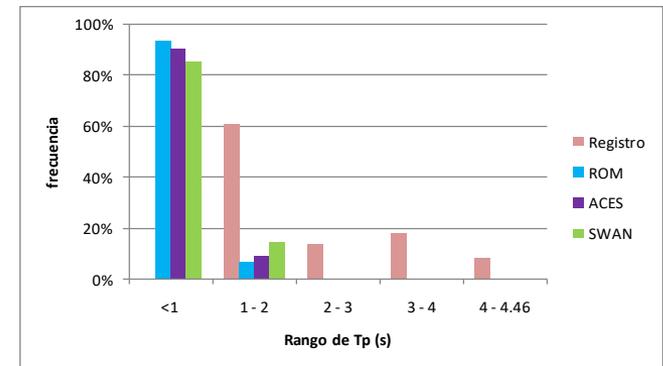
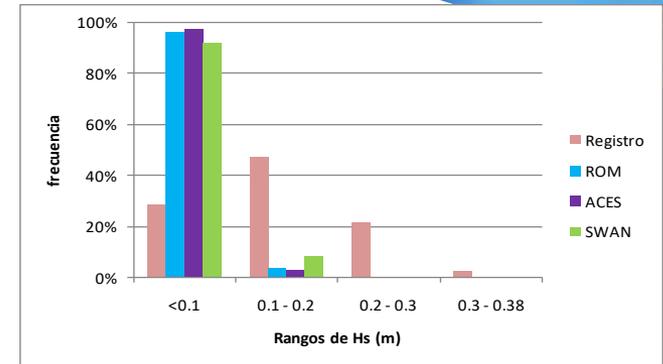
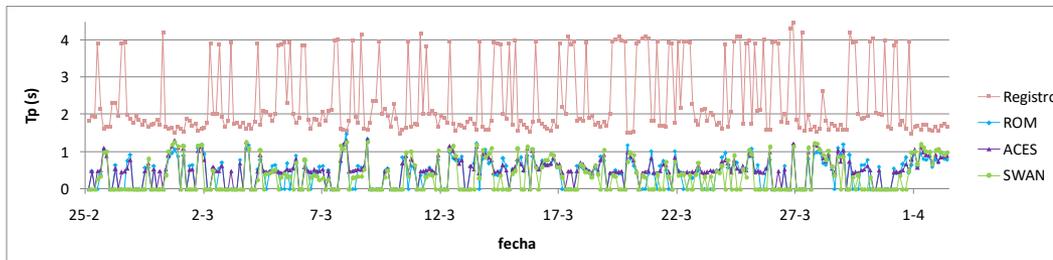
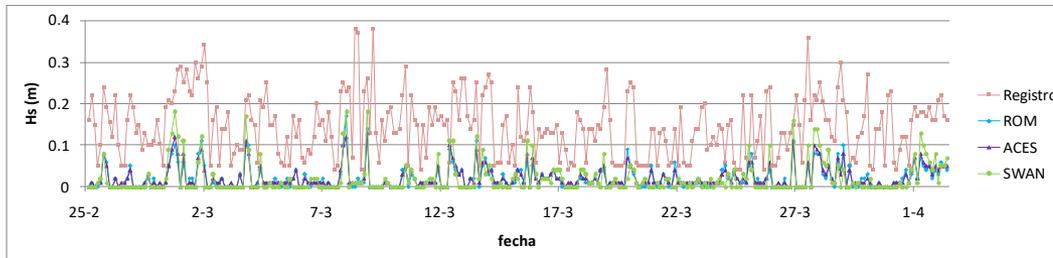
- 22.0% W, cercano a 10% para el resto de los rangos.
- 76.9% de Hs < 0.2 [m], 21.4% de 0.2 a 0.3 [m], 1.7% hasta 0.38 [m].
- 74.6% Tp ~ 2 [s]. 25.4% Tp ~ 4 [s].



SANTO DOMINGO: RESULTADOS

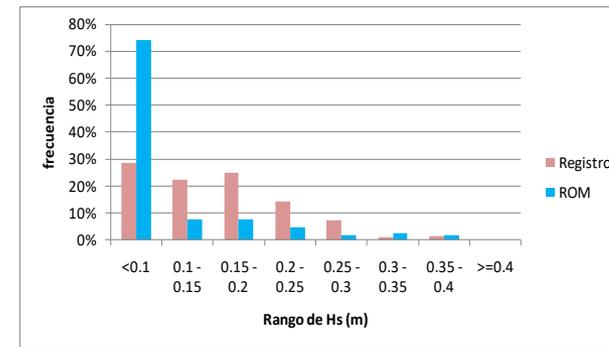
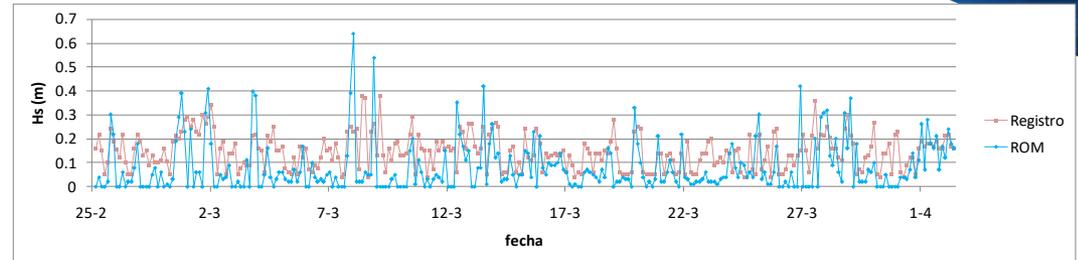
RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Registro poco severo ($H_s < 0.4$ [m], $T_p < 5.0$ [s]).
- Estimaciones muy bajas ($H_s < 0.2$ [m], $T_p < 2.0$ [s]).
- Registros de T_p cercanos a 4 [s] irrealistas.
- Coef. de Pearson de 0.41 indica una relación directa y moderada.



SANTO DOMINGO: VALIDACIÓN

- Amplificación arbitraria intensidades de viento (factor de 3).
- Cálculo con ROM.
- Mayor coherencia en condiciones máximas de Hs.



Incoherencia entre los registros de viento y oleaje.

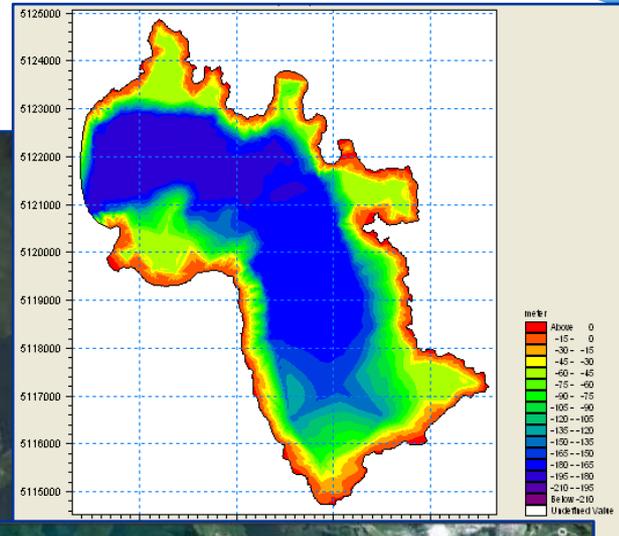
La información disponible para el sector de Santo Domingo no permite validar un método de estimación de oleaje local.



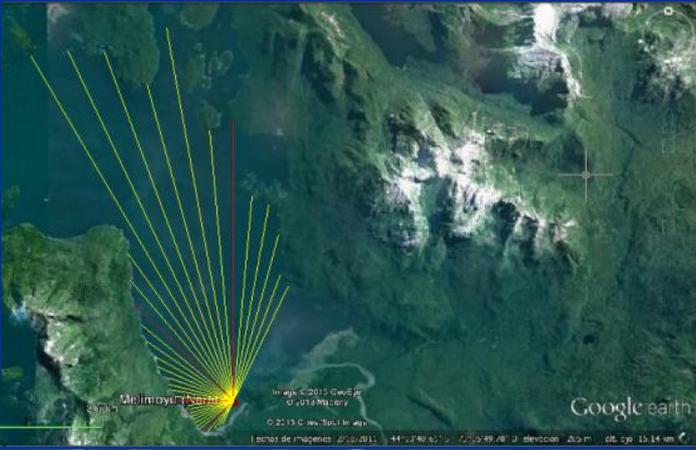
MELIMOYU: ÁREA DE GENERACIÓN

- 28 Julio al 29 Agosto de 2009 (33 [d]).
- E.M. Young, 20 [msnm], 10 [min].
- NORTEK AWAC 600 kHz, -17.0 [m], 3 [hr].
- Mayores fetches del NW y N. U máximos del W.

Estero Mena



	Direcciones			
	SW	W	NW	N
Lf (km)	1.0	1.3	3.4	5.7



	Direcciones			
	SW	W	NW	N
Lf (km)	6.7	7.2	8.8	8.6

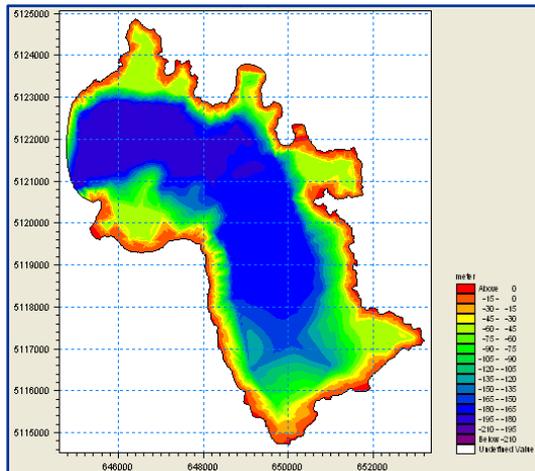
MELIMOYU: REGISTRO VIENTOS

Control de Calidad

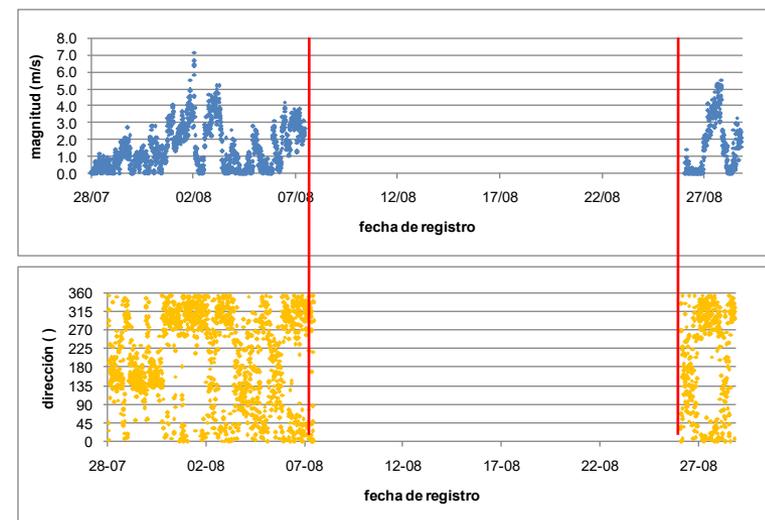
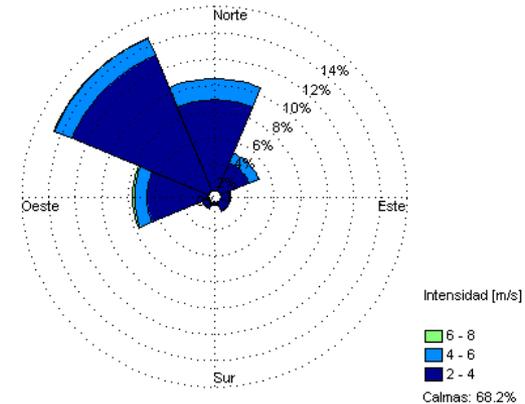
- Sin alertas.

Distribución

- 68.0% de intensidades < 2 [m/s].
- Int. Máx: W, 7.2 [m/s]. NW, 6.4 [m/s].
- 4.6% fuera del fetch. Generador 27.4% (NW, 12.6%).



	Rango direccional				
	Noreste	Surweste	Weste	Norweste	Norte
Dirección viento * (geográfica, desde)	45	225	270	315	0
Dirección viento en SWAN * (matemática, hacia)	225	45	0	315	270
Intensidad máxima [m/s]	5	4	8	7	6



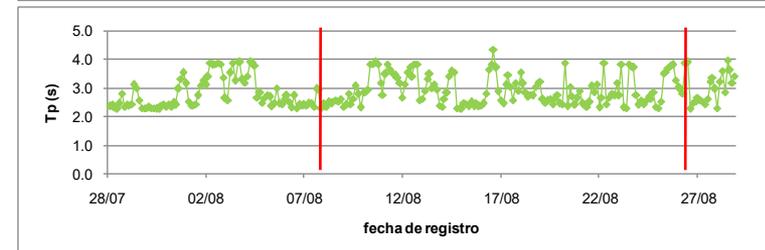
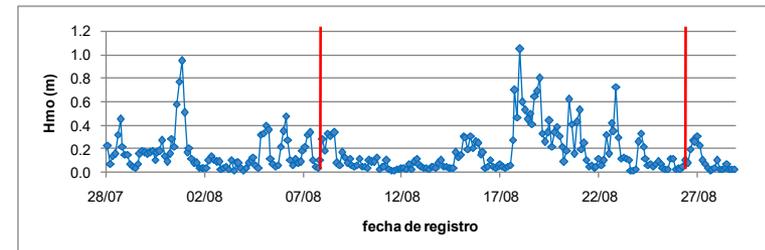
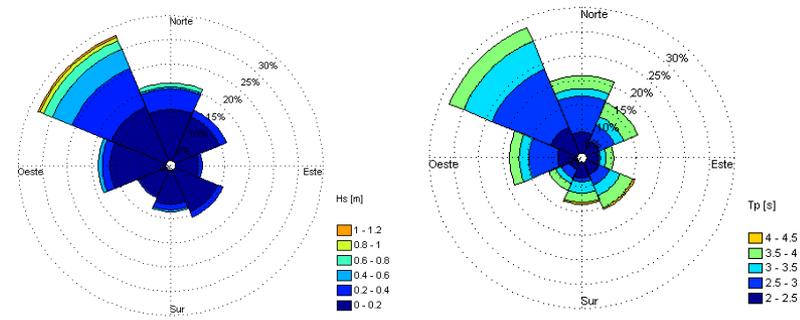
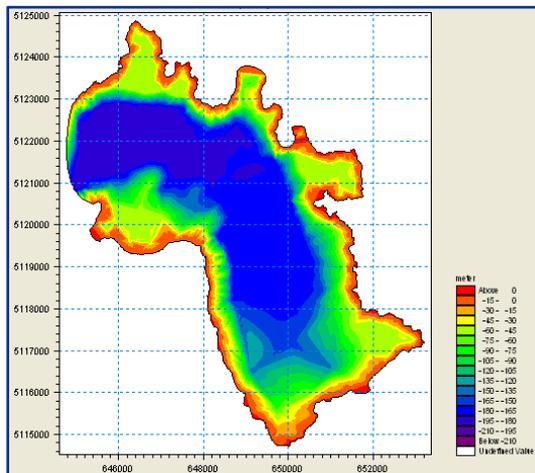
MELIMOYU: REGISTRO OLEAJE

Control de Calidad

- Hs altos pero no escapados.
- Límite inferior de T_p en 2.27 [s].
- Dirp irregulares.

Distribución

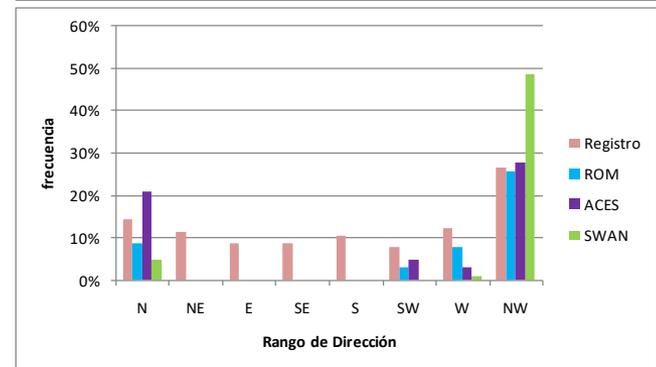
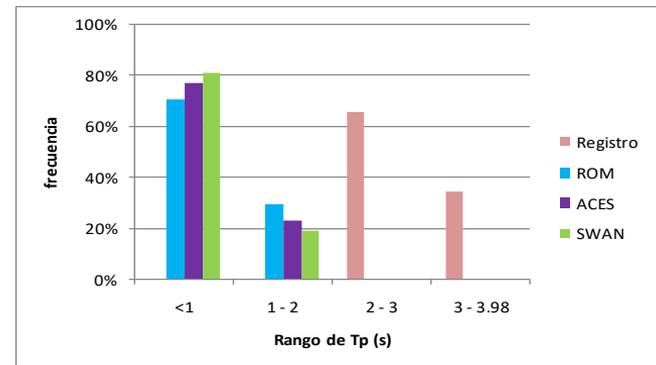
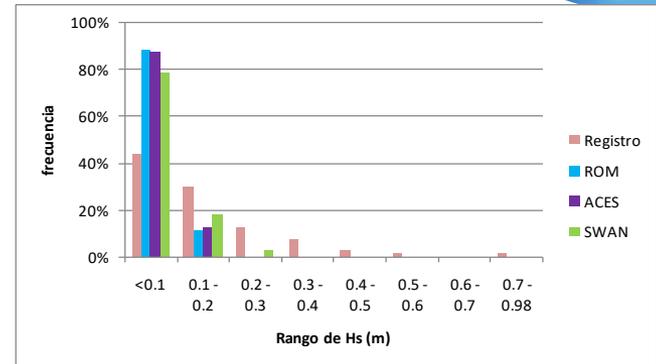
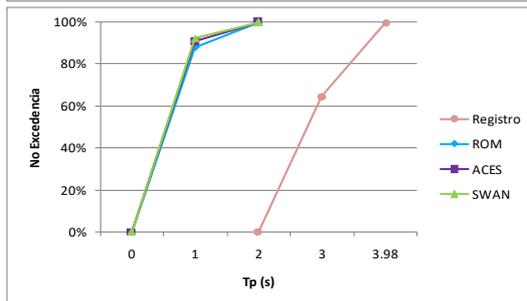
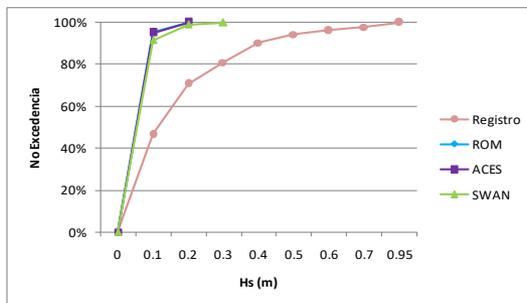
- 27.7% NW, 16.0% N, 13.7% W.
- 71.9% de $H_s < 0.2$ [m], 18.3% de 0.2 a 0.4 [m], 9.0% hasta 1.05 [m].
- 67.6% de T_p de 2 a 3 [s]. 32.4% de 3 a 4 [s]. Máx. 4.3 [s].



MELIMOYU: RESULTADOS

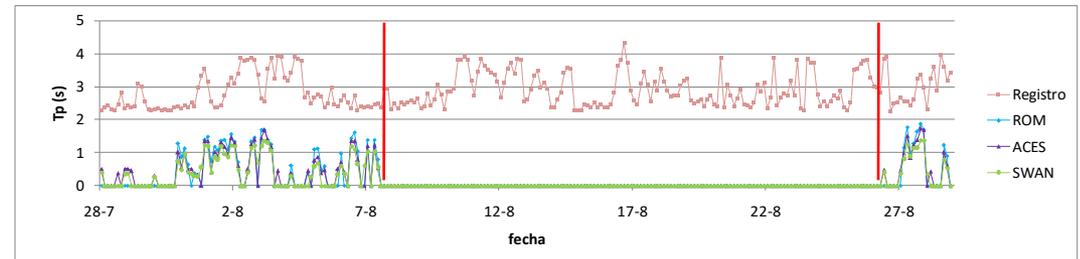
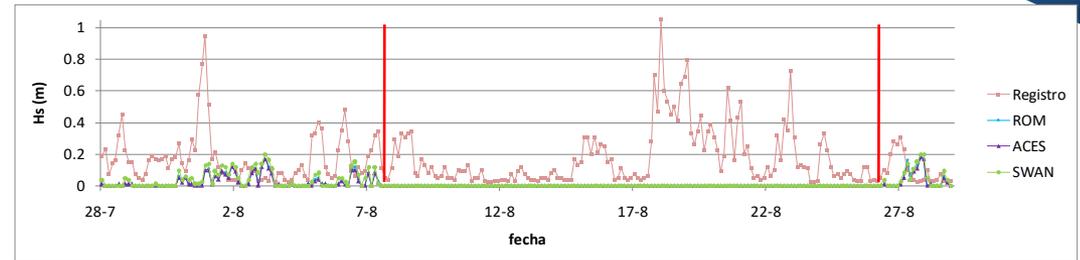
RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Oleaje medido 75% de $H_s < 0.2$ [m].
- Estimaciones solo superan H_s de 0.2 [m] con SWAN.
- T_p muy inferiores con los tres métodos.
- No hay evidencia de los eventos de H_s 1.0 y 0.4 [m] presentes en los registros.



MELIMOYU: VALIDACIÓN

Las condiciones de oleaje medidas no pueden haber sido generadas por los vientos registrados simultáneamente.

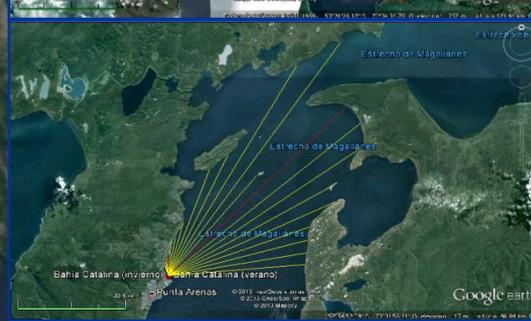
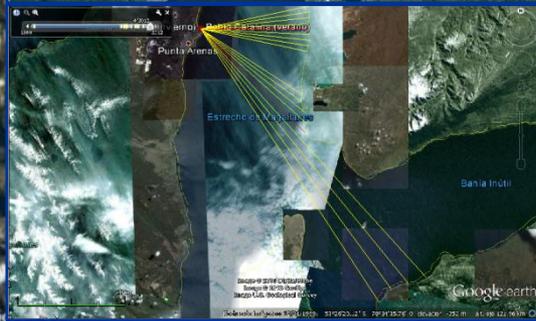
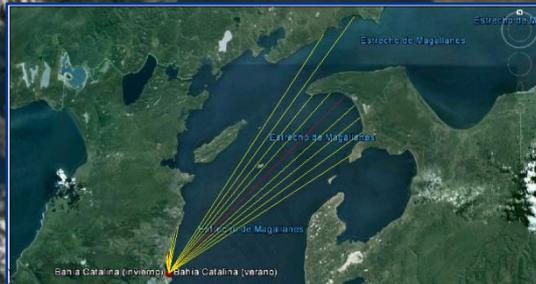
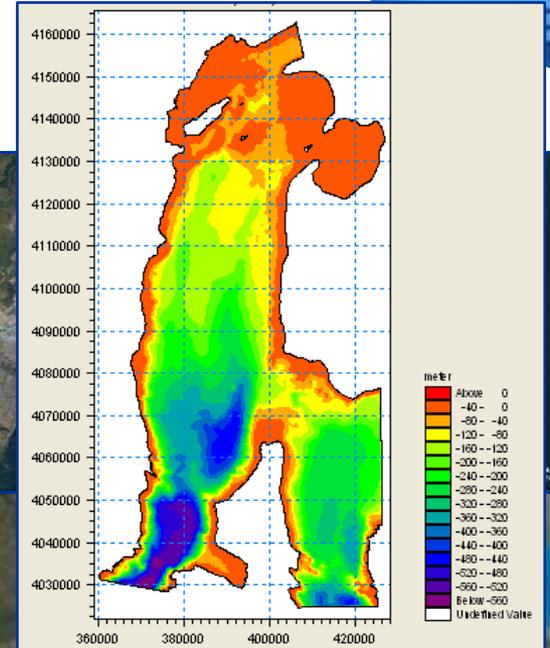


La información disponible para el sector de Melimoyu no permite desarrollar la validación de un método de estimación de oleaje local.



BAHÍA CATALINA: ÁREA DE GENERACIÓN

- 20 Agosto al 30 Septiembre 2011 (42 [d]).
- 14 Diciembre 2011 al 31 Enero (49 [d]).
- E.M. Young, 10 [msnm], 10 [min].
- RDi WorkHorse 1200 [kHz], -18.0 m, 3 [hr].
- Mayores fetches SE y NE. U máximos del NW, y dentro del fetch NE y N.



	Direcciones			
	N	NE	E	SE
Lf (km)	5.3	52.8	28.3	57.5

	Direcciones			
	N	NE	E	SE
Lf (km)	47.4	49.3	46.9	63.1

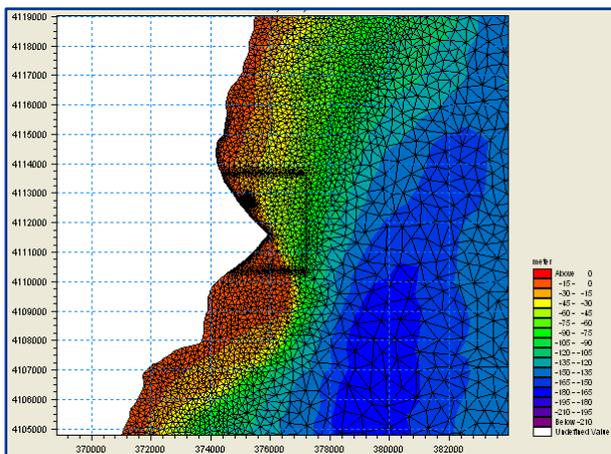
BAHÍA CATALINA INVIERNO : REGISTRO VIENTOS

Control de calidad

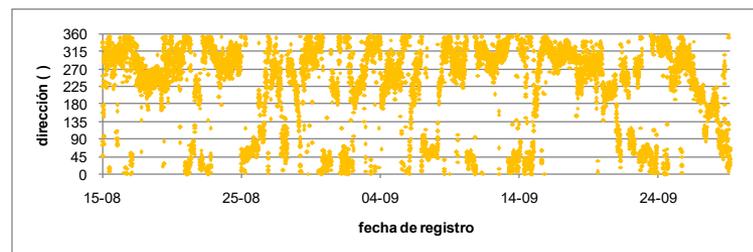
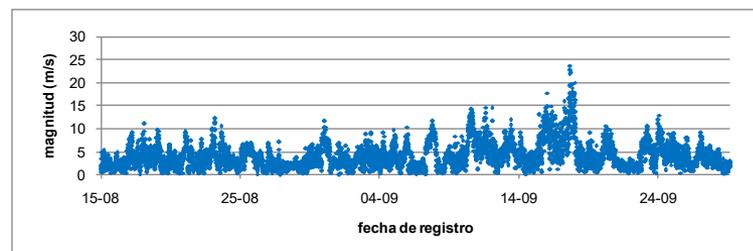
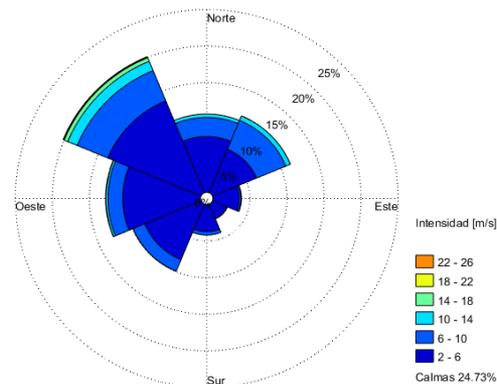
- Sin alertas.

Distribución

- 24.7% de $U < 2$ [m/s]. 3.6% > 10 [m/s].
- Int. Máx: NW, 23.8 [m/s]. NE, 14.2 [m/s].
- 42.9% fuera del fetch.
- Generador 32.3% (NE y N 11%).



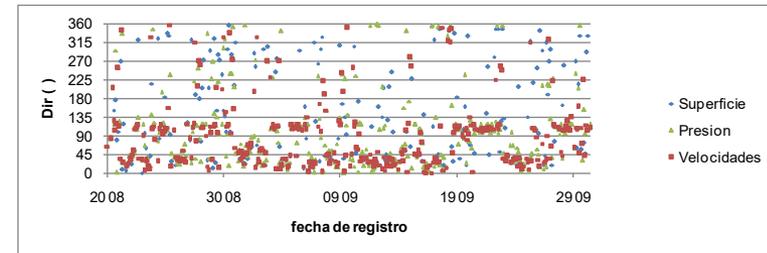
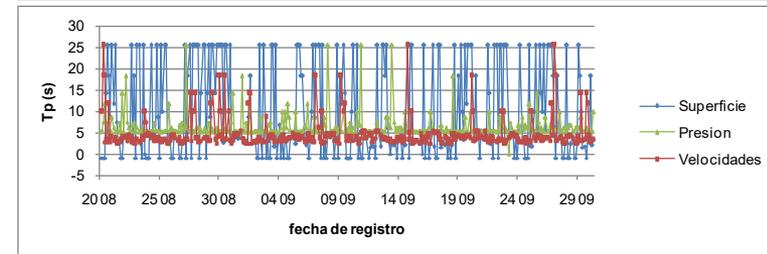
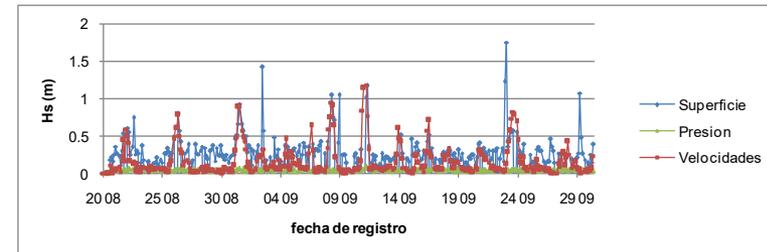
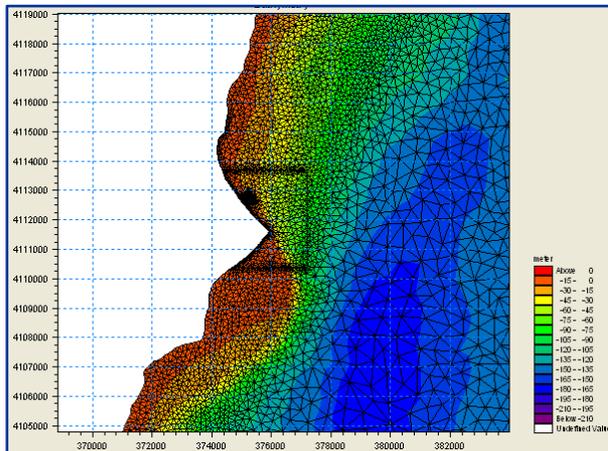
	Rango direccional				
	Noreste	Este	Sureste	Sur	Norte
Dirección viento * (geográfica, desde)	45	90	135	180	0
Dirección viento en SWAN * (matemática, hacia)	225	180	135	90	270
Intensidad máxima [m/s]	15	12	9	10	14



BAHÍA CATALINA INVIERNO: REGISTRO OLEAJE

Procesamiento datos ADCP.

- Presión: Hs da valores muy bajos.
- Desnivelación: Valores irrealistas de Tp y peaks erróneos en Hs.
- Velocidades Orbitales:
 - Valores razonables de Hs.
 - Algunos Tp escapados.
 - Direcciones similares.



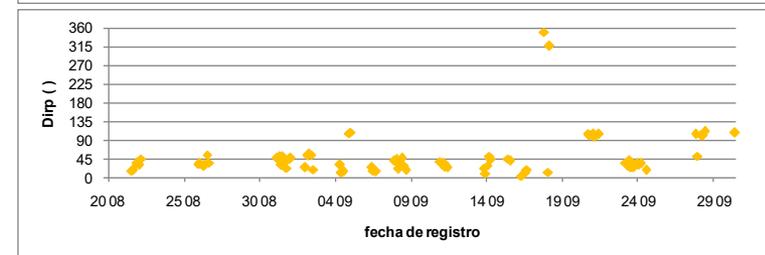
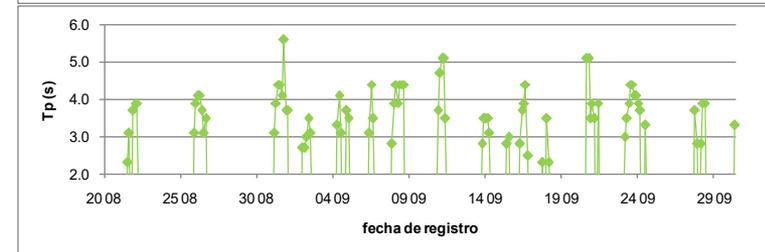
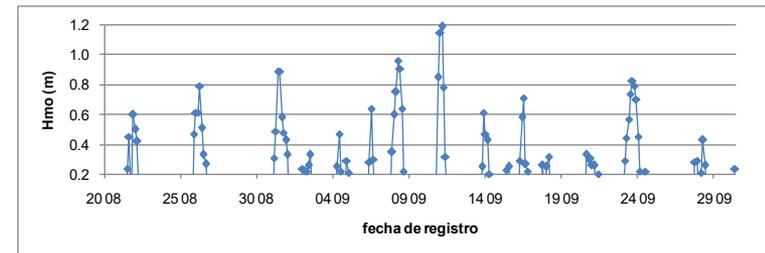
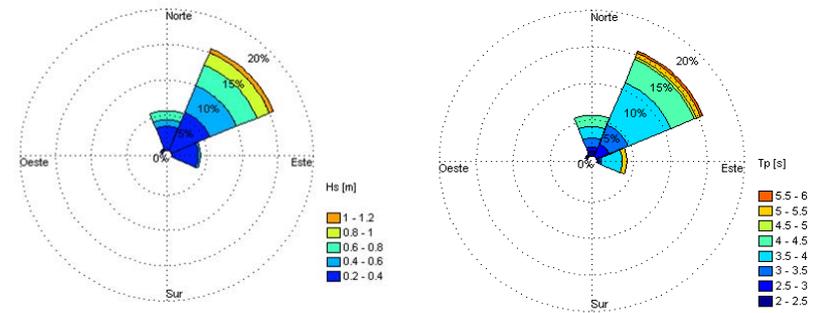
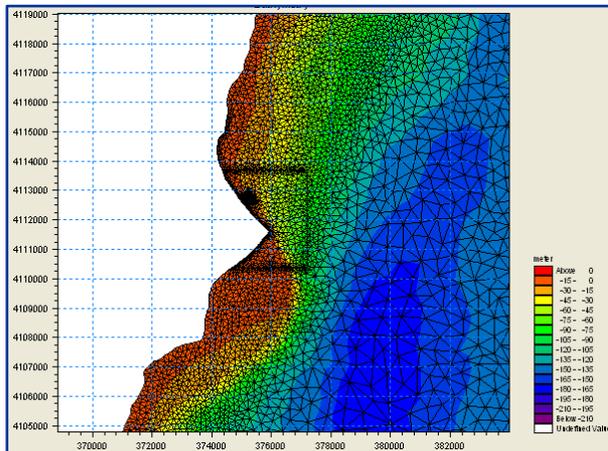
BAHÍA CATALINA INVIERNO: REGISTRO OLEAJE

Control de calidad

- Descartando los registros con $H_s < 0.2$ [m] (75.3%) se eliminaron todos los T_p escapados.

Distribución

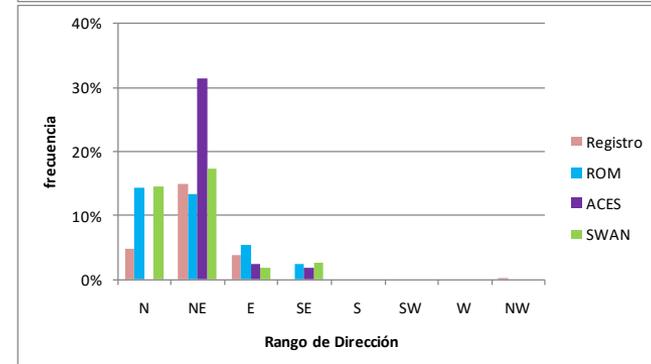
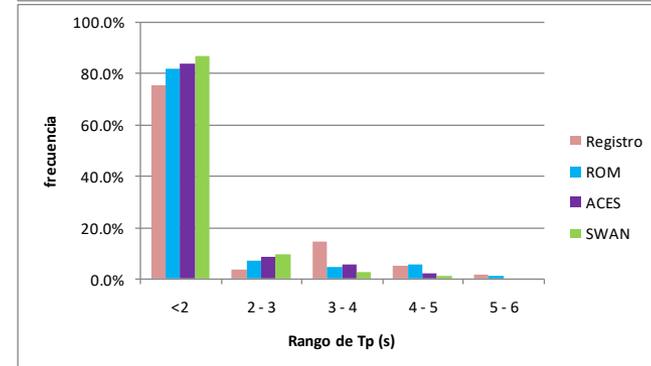
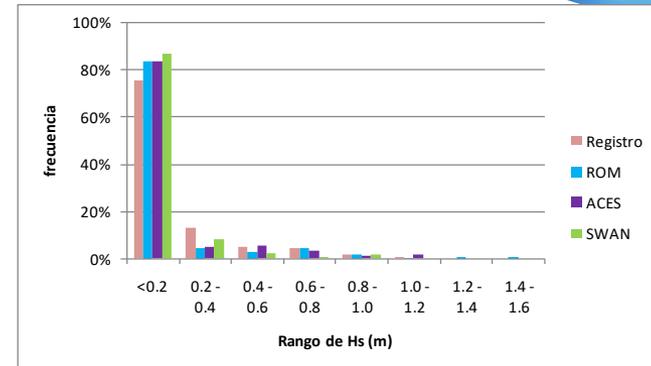
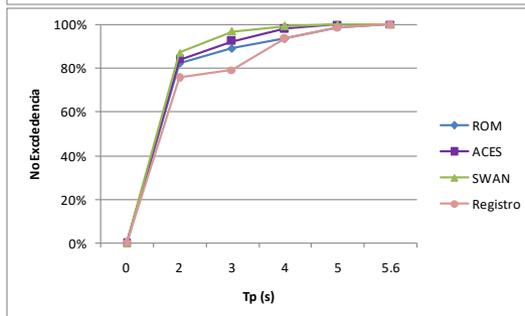
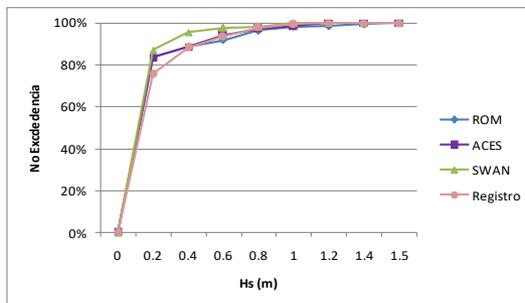
- 15.1% NE, 5.4% N, 3.9% E.
- 18.7% de H_s de 0.2 a 0.6 [m], 6.0% hasta 1.2 [m].
- 18.1% de T_p de 2-4 [s]. 6.6% hasta 5.6 [s].



BAHÍA CATALINA INVIERNO : RESULTADOS

RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Frecuencias similares en todos los rangos de Hs < 1.2 [m] (sólo ROM lo sobrepasa).
- En Tp los porcentajes también son cercanos.
- Distribución similar en N y NE con ROM y SWAN.
- Diferencias al NE con ACES, y N general.

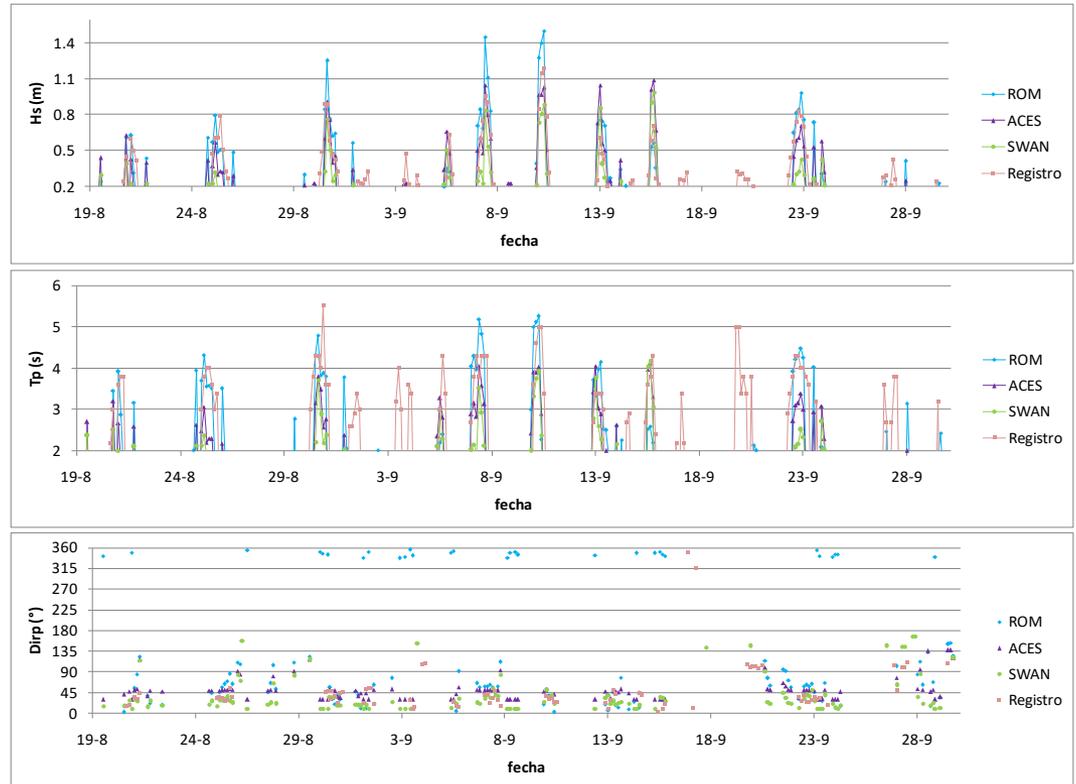


BAHÍA CATALINA INVIERNO : RESULTADOS

RESULTADOS ESTACIONARIOS

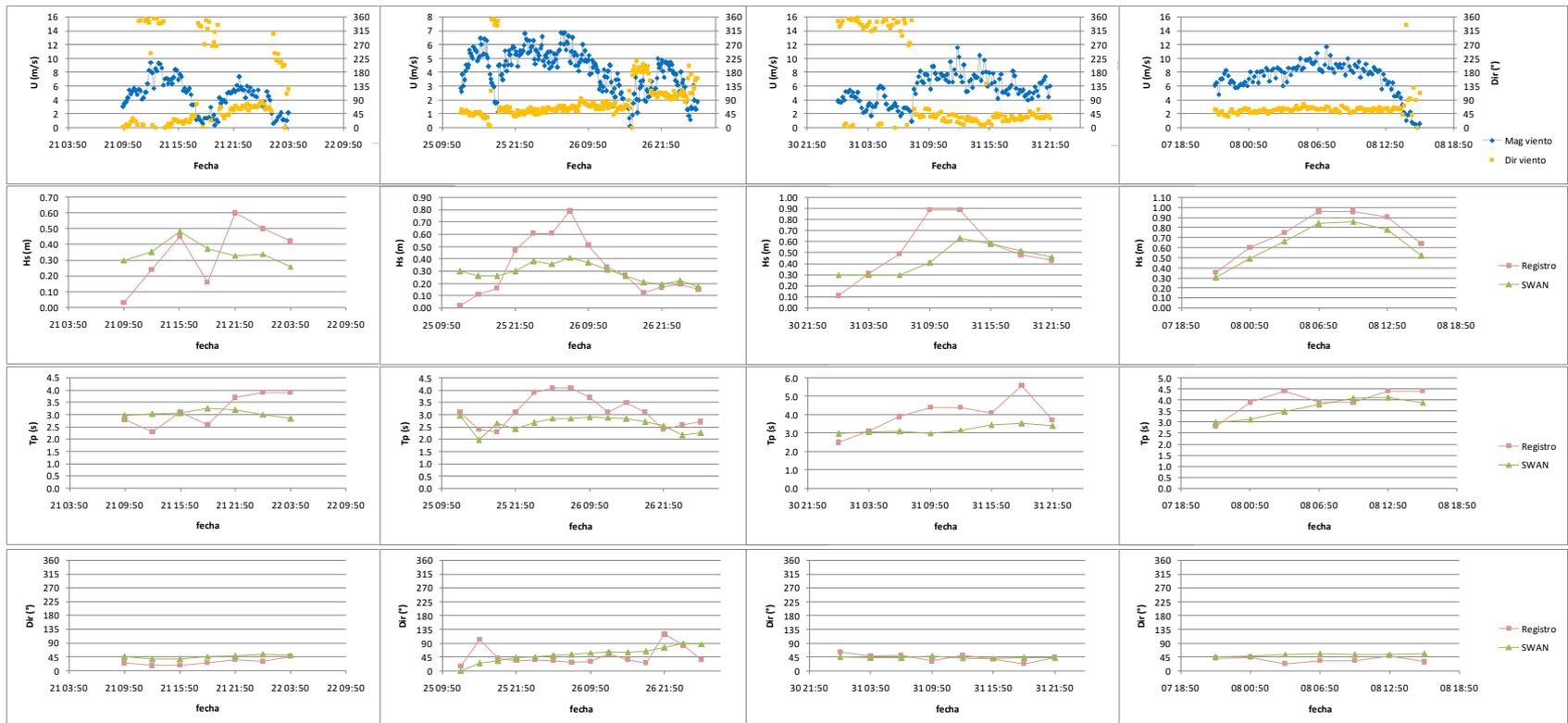
Series de tiempo

- Distinta exactitud con cada método.
- En los eventos extremos ROM sobreestimó Hs, mientras ACES y SWAN subestimaron Tp.
- Direcciones más cercanas con ACES y SWAN.



BAHÍA CATALINA INVIERNO: RESULTADOS

RESULTADOS NO ESTACIONARIOS



A

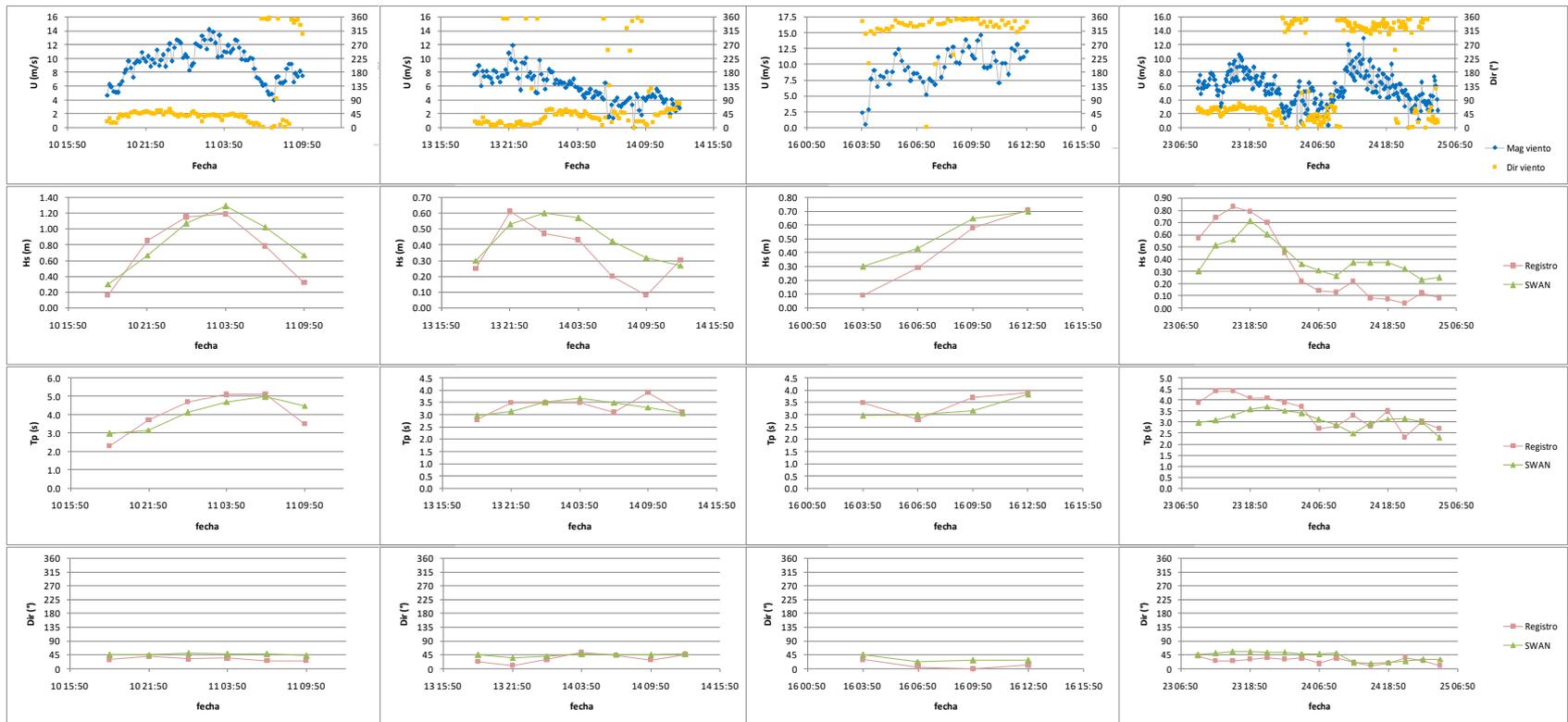
B

C

D

BAHÍA CATALINA INVIERNO: RESULTADOS

RESULTADOS NO ESTACIONARIOS



E

F

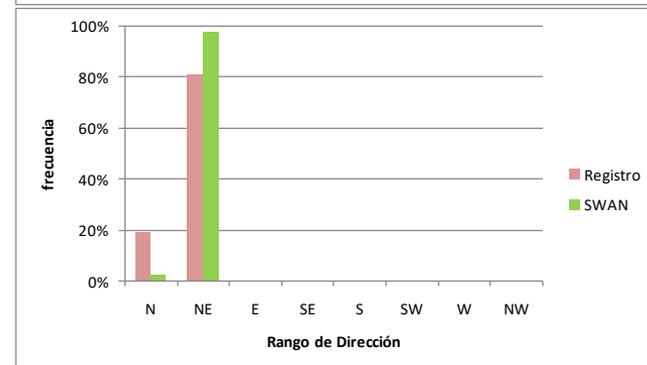
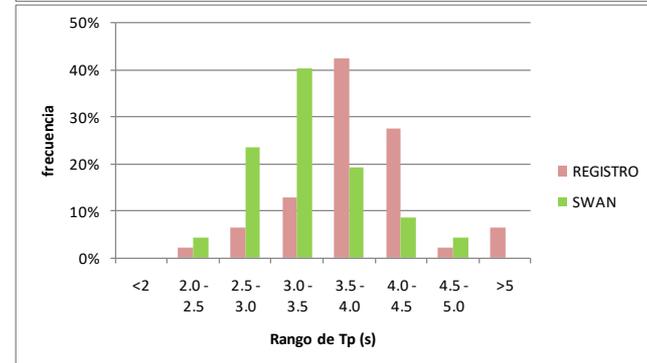
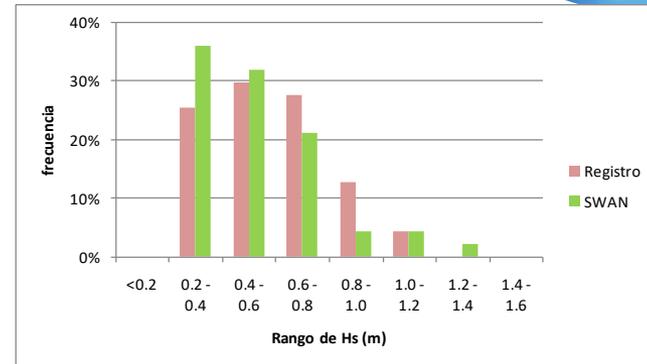
G

H

BAHÍA CATALINA INVIERNO: VALIDACIÓN

- Evolución coherente con los registros.
- Distribuciones concuerdan. En T_p se observa un desfase de 0.5 [s].
- SI de 0.32 para H_s y de 0.20 para T_p .

La cantidad y relevancia de los resultados concordantes, constituye evidencia importante de que los métodos de cálculo utilizados permiten, con distinto grado de exactitud, estimar adecuadamente las condiciones de oleaje local que inciden sobre el sector de Bahía Catalina .



DISCUSIÓN

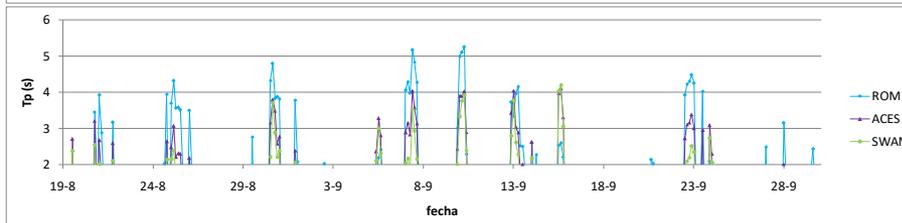
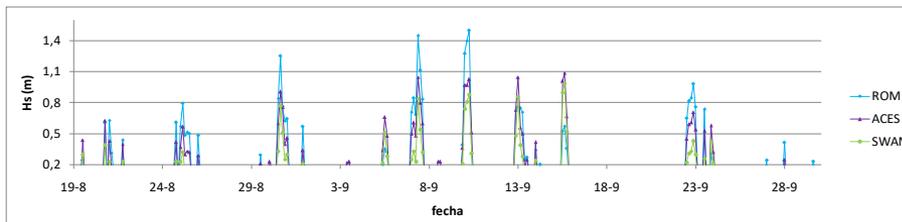
PROPAGACIÓN EN AGUAS INTERMEDIAS Y SOMERAS.

- Vientos involucrados en los análisis generan condiciones de oleaje poco severas (Tp 2[s]).
- Condiciones Bahía Catalina (Tp 5 [s]).

Condiciones de oleaje extremo se verán afectadas por el fondo.

Solo SWAN contempla este factor en la estimación.

T [s]	Lo [m]	do [m]	d1 [m]
1	1.6	0.8	0.08
2	6.2	3.1	0.31
3	14.0	7.0	0.70
4	25.0	12.5	1.25
5	39.0	19.5	1.95
6	56.1	28.1	2.81
7	76.4	38.2	3.82
8	99.8	49.9	4.99
9	126.3	63.2	6.32
10	156.0	78.0	7.80



Lugar	Prof. [m]
Punta Coronel	13.5
Santo Domingo	16.0
Melimoyu	17.0
Bahía Catalina	18.0
Puerto Williams	10.0

DISCUSIÓN

REGISTRO DE VIENTO

Verificación QA.

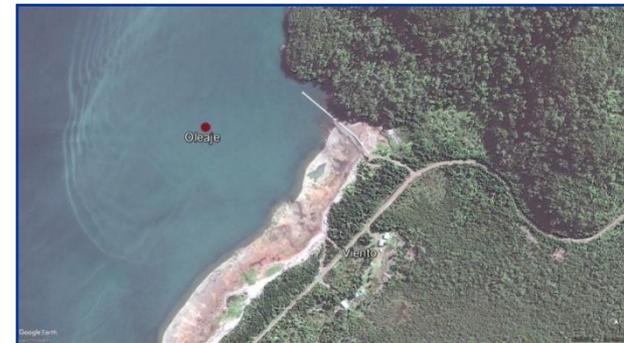
- Ubicación.

Control de Calidad

- Herramientas aplicadas (test).
- Solo se identifican intensidades bajas.

Particularidades:

- Punta Coronel: Ubicación e intensidades.
- Santo Domingo: Intensidades.
- Melimoyu: Ubicación e intensidades.
- Puerto Williams. Ubicación e intensidades.



Lugar	Int. Máx. General [m/s]	Dir	Int. Máx. Dir Principales [m/s]	Dir
Punta Coronel	14.9	W	7.8	S
Santo Domingo	10.7	SE	10.3	W
Melimoyu	7.2	W	6.4	NW
Bahía Catalina	23.8	NW	14.2	NE
Puerto Williams	7.3	W	4.9	N

DISCUSIÓN

REGISTRO DE OLEAJE

Verificación QA.

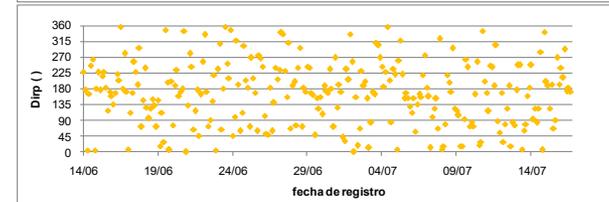
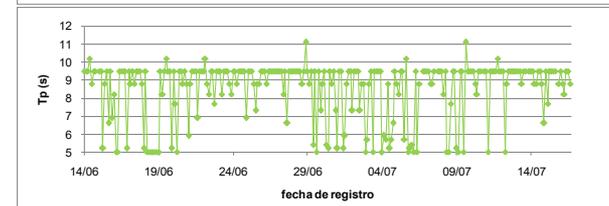
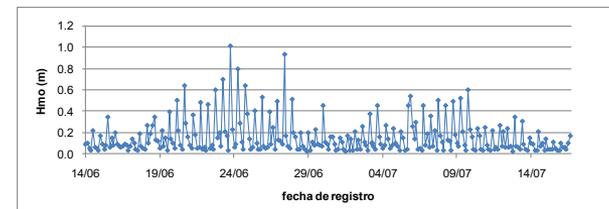
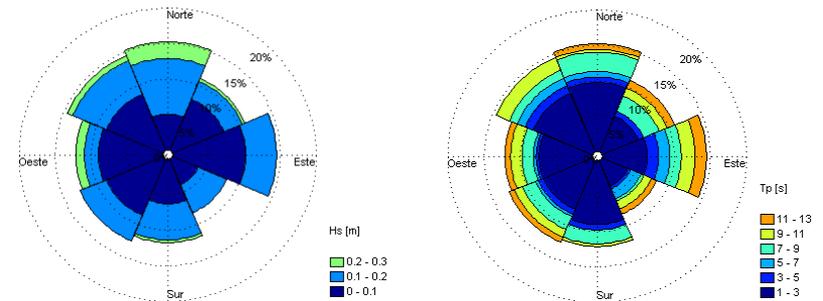
- Ubicación.

Control de Calidad

- Herramientas aplicadas (test).
- Alertas.

Particularidades:

- Punta Coronel: Hs, Tp y Dirp, irregulares.
- Santo Domingo: Hs bajas, Tp y Dirp irregulares.
- Melimoyu: Dirp irregulares.
- Puerto Williams. Hs bajas, Tp y Dirp irregulares.



DISCUSIÓN

ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA V/S SWAN

Resultados poco severos en la mayoría de los casos. Valores similares.

Bahía Catalina Invierno

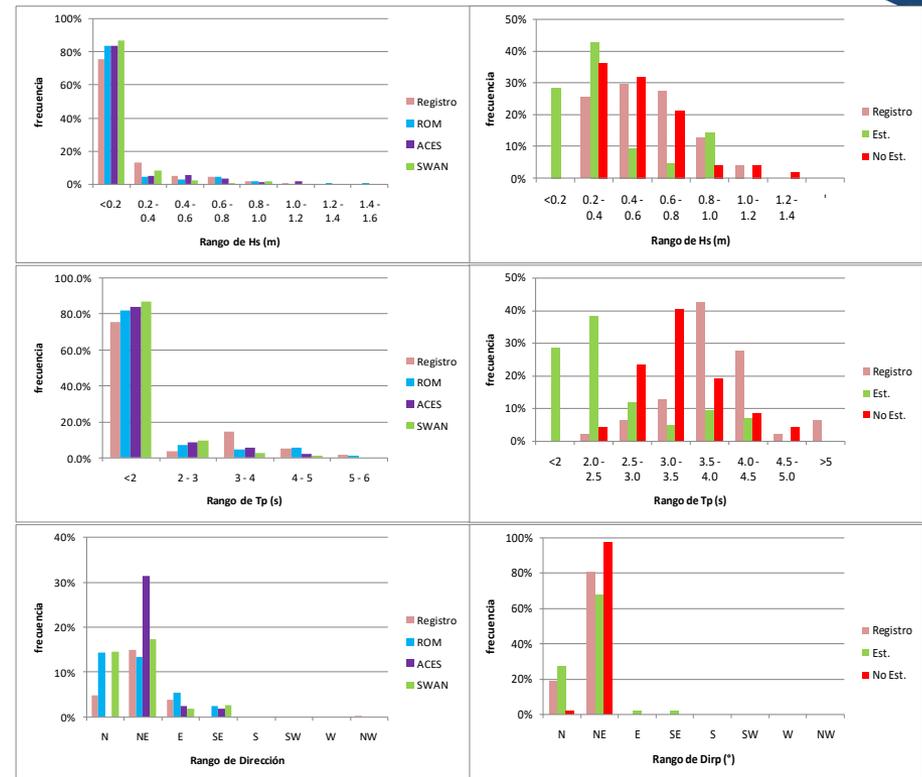
- Hs: Mayor con ROM en casos extremos.
- Tp: Mayor con ROM en casos extremos.
- Dirp: Mayor discordancia con ACES.

SWAN ESTACIONARIO V/S NO ESTACIONARIO

Bahía Catalina Invierno.

- Distribuciones muestran mejor ajuste con modo No estacionario.
- Diferencia en direcciones.

Las estimaciones no estacionarias demostraron describir de mejor manera tanto la evolución de las condiciones de oleaje (en Hs, Tp y Dir), como los valores máximos de los distintos parámetros.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) En el caso de Bahía Catalina se ha logrado desarrollar satisfactoriamente la estimación de oleaje, y la consecuente validación de los métodos utilizados.

Se ha encontrado que los métodos ROM, ACES, y SWAN en modo Estacionario, demuestran capacidades para reproducir las condiciones generales de oleaje observadas en el caso mencionado, aunque cada una presenta distinta exactitud en el cálculo de eventos extremos, observándose principalmente una sobrestimación de valores de H_s con ROM, y una ligera subestimación de T_p con SWAN.

Al mismo tiempo se logró obtener mejores resultados mediante la aplicación de SWAN en modo No Estacionario, en cuanto a la exactitud en los cálculos en los eventos de mayor severidad, y a que se pudo describir de manera acertada la evolución temporal del oleaje dentro de cada intervalo modelado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 2) La aplicación de los procedimientos de Control de Calidad ha permitido identificar varias anomalías en los datos levantados en terreno, tanto en registros de viento como en oleaje. Esto ha permitido determinar para la mayoría de los casos, que la información disponible no resulta útil para desarrollar el proceso de validación de ningún método de estimación de oleaje.

Esto ha hecho manifiesta la importancia de la aplicación de un control de calidad adecuado sobre la información recolectada para cada estudio.

Se ha encontrado que las pruebas implementadas en base a las indicaciones expuestas en los documentos QUARTOD (viento y oleaje) han sido adecuadas para la identificación de los problemas mencionados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 3) Otro aspecto que ha surgido de los resultados de los análisis, es la necesidad de aplicar un procedimiento de corroboración de la información que se está levantando, de manera de evitar llegar a obtener datos con los problemas encontrados. Para tal efecto se plantean las siguientes posibles implementaciones:

Se necesita tener mayor certeza de que las condiciones medidas de viento son representativas de las que actúan sobre el área de generación, por lo que podría implementarse un segundo equipo en una embarcación (o similar), durante algún tiempo al inicio de la campaña de medición para verificar los registros tomados en costa.

Debido a que en muchos sectores de fetch restringido las condiciones de oleaje pueden resultar poco severas, esto afecta el desempeño de los ADCP. Se considera útil medir con un equipo de distinta tecnología para poder comparar los resultados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 4) La implementación de procedimientos de validación basados tanto en distribuciones como en series de tiempo ha tenido un efecto adicional, ya que ha funcionado como último control de calidad, poniendo de manifiesto diferencias entre datos de viento y oleaje que examinadas en mayor detalle permitieron identificar posibles causas de los problemas de registro.

Finalmente, se corrobora que el conjunto de análisis utilizados en el proceso de validación aplicados a lo largo de este estudio, permite obtener evidencias y respaldar argumentos suficientes para dilucidar si un método de estimación aplicado, es o no capaz o de reproducir las condiciones de oleaje que se presentan en un lugar en particular.

MUCHAS GRACIAS

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

ESTIMACIÓN PARAMÉTRICA

- Sverdrup y Munk (1947) usaron argumentos físicos para aproximarse al crecimiento del oleaje, Oleaje significativo.
- Johnson (1950) uso análisis dimensional para llegar a la definición de los parámetros, los que podían ser relacionados directamente con la velocidad del viento, el fetch, o la duración.
- Bretschneider (1952 y 1958) revisó lo anterior con más datos de campo, y definió el primer método (SMB).

$$C = f_1(U, F, t, g)$$

$$H = f_2(U, F, t, g)$$

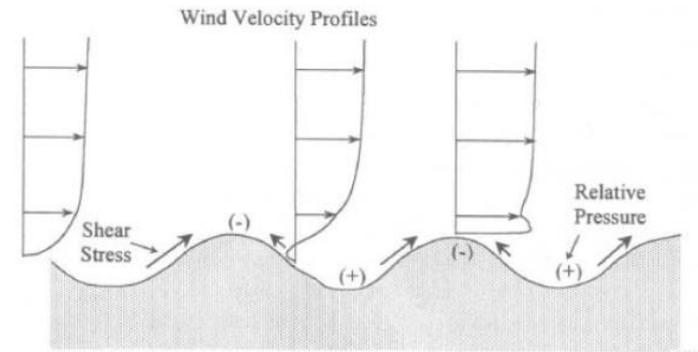
$$\frac{C}{U} = \psi_1 \left[\frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right]$$

$$\frac{gH}{U^2} = \psi_2 \left[\frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right]$$

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

MODELOS DE BASE FÍSICA

- Phillips (1957). Fluctuaciones aleatorias de presión del viento sobre la superficie. No pudo corroborar los valores teóricos con datos medidos.
- Miles (1957). Relación entre las fluctuaciones aleatorias de presión entre el aire y el agua. Ambos medios se ponen en fase, produciendo un crecimiento lineal y luego exponencial de las olas.
- Hasselmann et al. (1962). Interacciones resonantes entre componentes de direcciones y frecuencias distintas.
- 1ra Gen: Evolución independiente por componente. Crecimiento lineal. Valor límite de E.
- 2da Gen: Acoplamiento entre componentes. Separación Sea-Swell.
- 3ra Gen: No se impone forma espectral. Cálculo de términos no lineales.



$$\omega_1 \pm \omega_2 \pm \omega_3 \pm \dots \pm \omega_n = 0$$

$$\mathbf{k}_1 \pm \mathbf{k}_2 \pm \mathbf{k}_3 \pm \dots \pm \mathbf{k}_n = 0$$

$$\omega_i^2 = g k_i$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \nabla (c_g E) = S_t$$

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

Entrada por viento

- Resonancia. Phillips (1957).
- Retroalimentación, Miles (1957).

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta)$$

Crecimiento lineal

- Cavaleri and Malanotte-Rizzoli (1981).
- Está en términos de la velocidad de fricción.
- Filtro crecimiento en frecuencias bajo P-M.

$$A = \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{2\pi g^2} \left(U_* \max[0, \cos(\theta - \theta_w)] \right)^4 H$$

$$H = \exp \left\{ - \left(\frac{\sigma}{\sigma_{PM}^*} \right)^{-4} \right\}$$

$$\sigma_{PM}^* = \frac{0.13g}{28U_*} 2\pi$$

Crecimiento exponencial

- Komel et al. (1984).
- Incluye parámetro de velocidad de fase.

$$B = \max \left\{ 0, 0.25 \frac{\rho_a}{\rho_w} \left(28 \frac{U_*}{c_{ph}} \cos(\theta - \theta_w) - 1 \right) \right\} \sigma$$

MARCO TEÓRICO: GENERACIÓN DE OLAJE

Descrestamiento

- Hasselman (1974).
- Densidad y número de ola promedios.
- Coeficiente dependiente de la esbeltez.

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta)$$

Fricción de fondo

- Hasselman (1973).
- Coeficiente de fricción dependiente del movimiento orbital en el fondo.

$$S_{ds,b} = -C_b \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta)$$

Rotura por fondo

- Battjes and Janssen (1978).
- Tasa media de disipación de energía por unidad de área horizontal de rompiente.

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta)$$

$$D_{tot} = -\alpha_{BJ} Q_b \tilde{\sigma} \frac{H_{max}^2}{8\pi}$$

Interacciones no lineales ola-ola

- Cuadruetas: DIA (Hasselmann 1985).
- Tripletas: LTA (Eldeberky 1996).

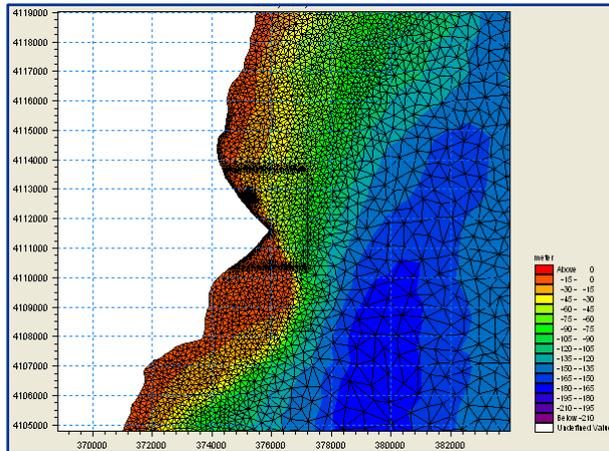
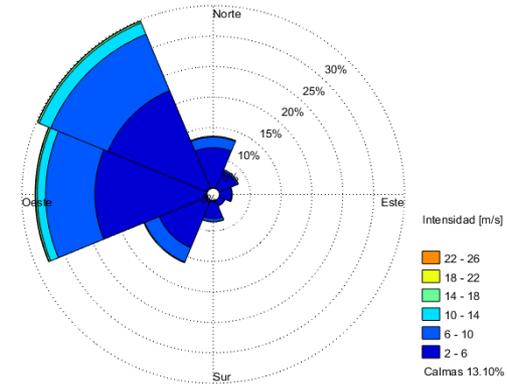
BAHÍA CATALINA VERANO: REGISTRO VIENTOS

Control de calidad

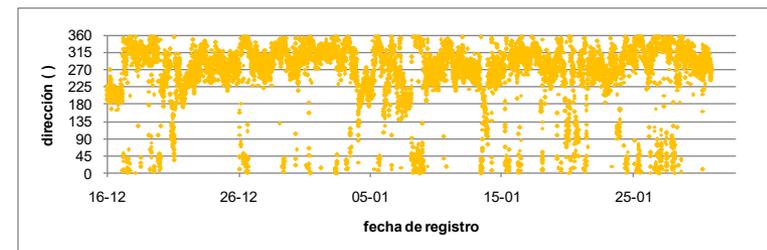
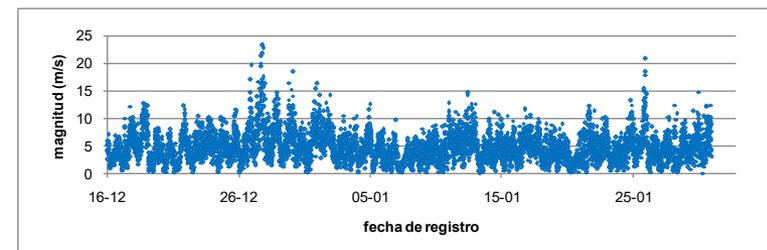
- Sin alertas.

Distribución

- 13.1% $U < 2$ [m/s]. 4.5% > 10 [m/s]
- Int. Máx: W, 23.6 [m/s]. N, 13.6 [m/s].
- 68.1% fuera del fetch. Generador 18.4% (8.4% N).



	Rango direccional				
	Noreste	Este	Sureste	Sur	Norte
Dirección viento * (geográfica, desde)	45	90	135	180	0
Dirección viento en SWAN * (matemática, hacia)	225	180	135	90	270
Intensidad máxima [m/s]	15	12	9	10	14



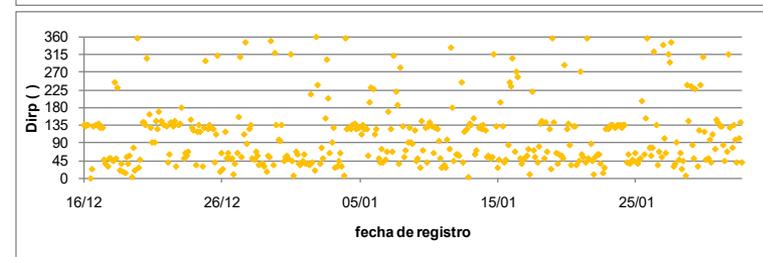
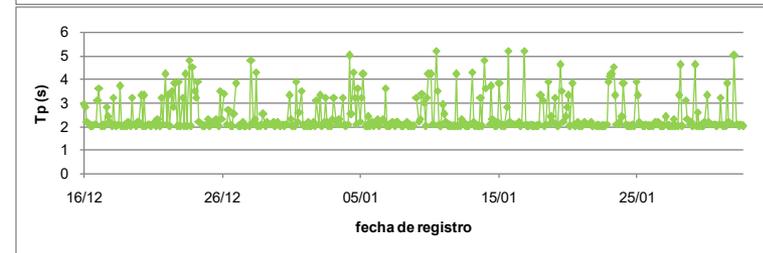
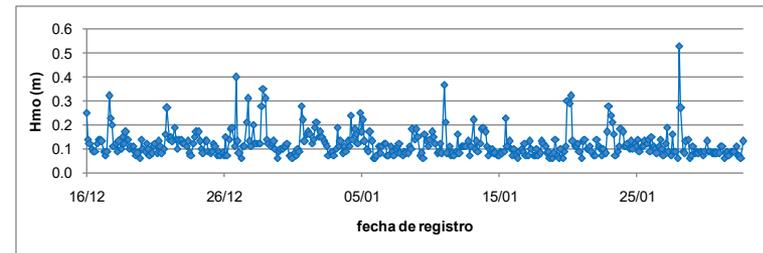
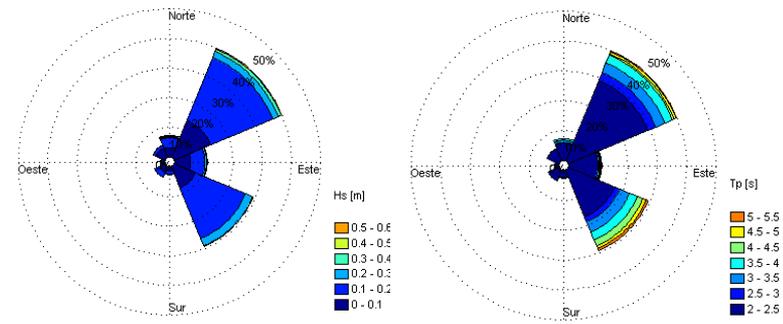
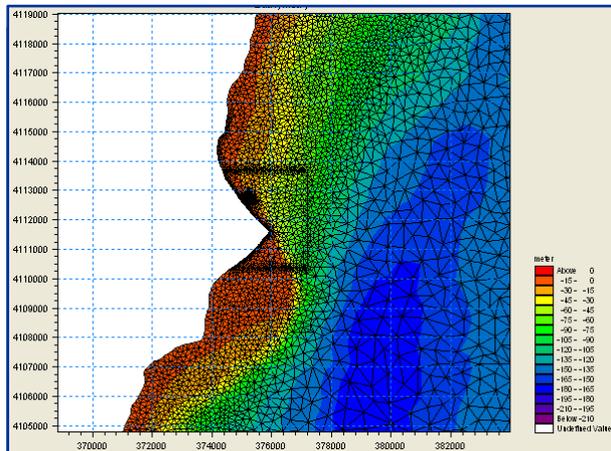
BAHÍA CATALINA VERANO: REGISTRO OLEAJE

Control de calidad

- Hs escapadas pero con bajo valor.
- En Tp se eliminan 3 valores escapados. Límite inferior en 2 [s].

Distribución

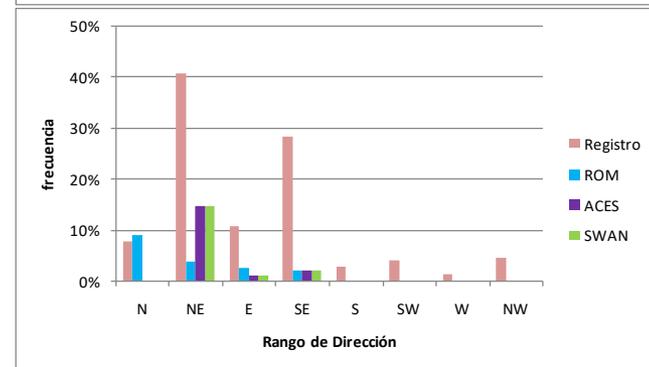
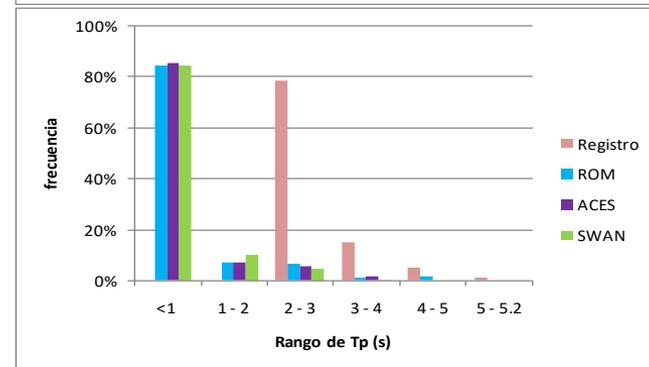
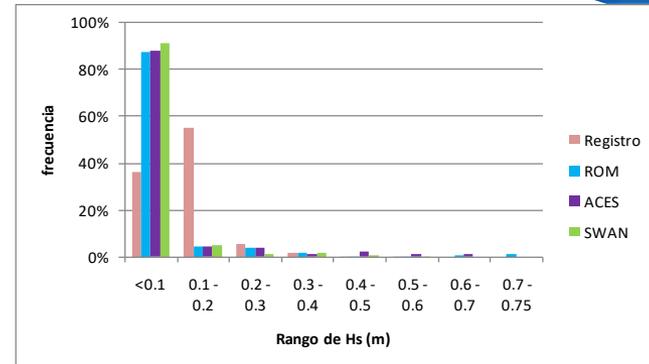
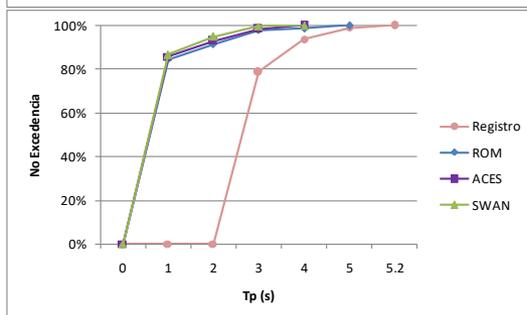
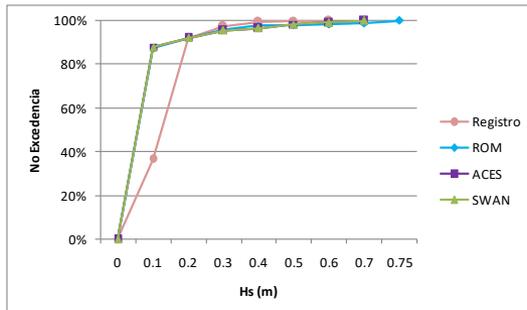
- 40.0% NE, 29.2% SE, 11.2% E, 7.3% N.
- 92.6% de Hs < 0.2 [m]. Máx. 0.53 [m] del NE.
- Tp entre 2.0 y 5.2 [s]. 79.1% < 3 [s].



BAHÍA CATALINA VERANO: RESULTADOS

RESULTADOS ESTACIONARIOS

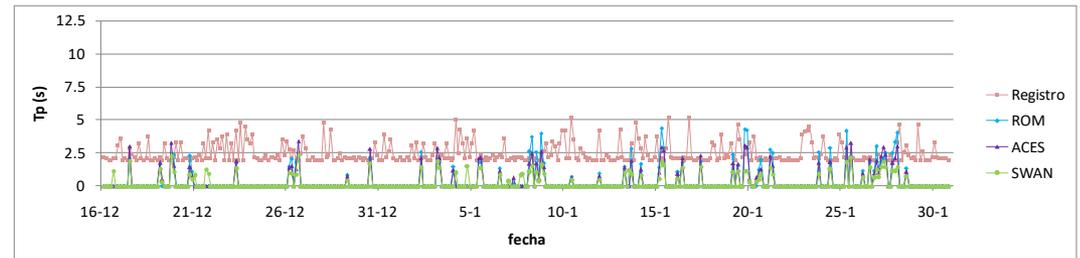
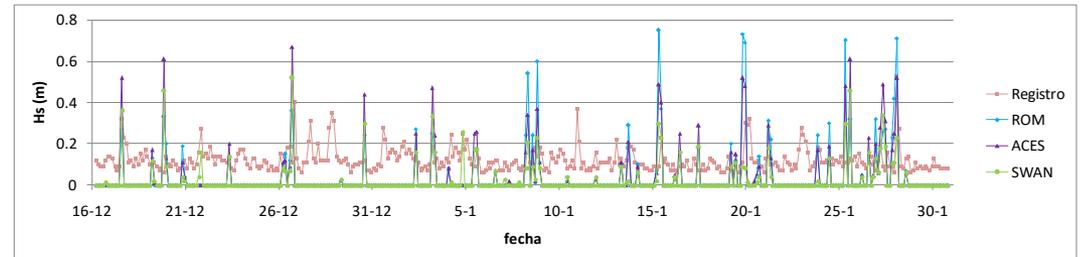
- Hs similares solo entre 0.2 y 0.4 [m].
- Se estiman Hs mayores a las registradas.
- Desfase en distribuciones de Tp y Dirp.



BAHÍA CATALINA VERANO: RESULTADOS

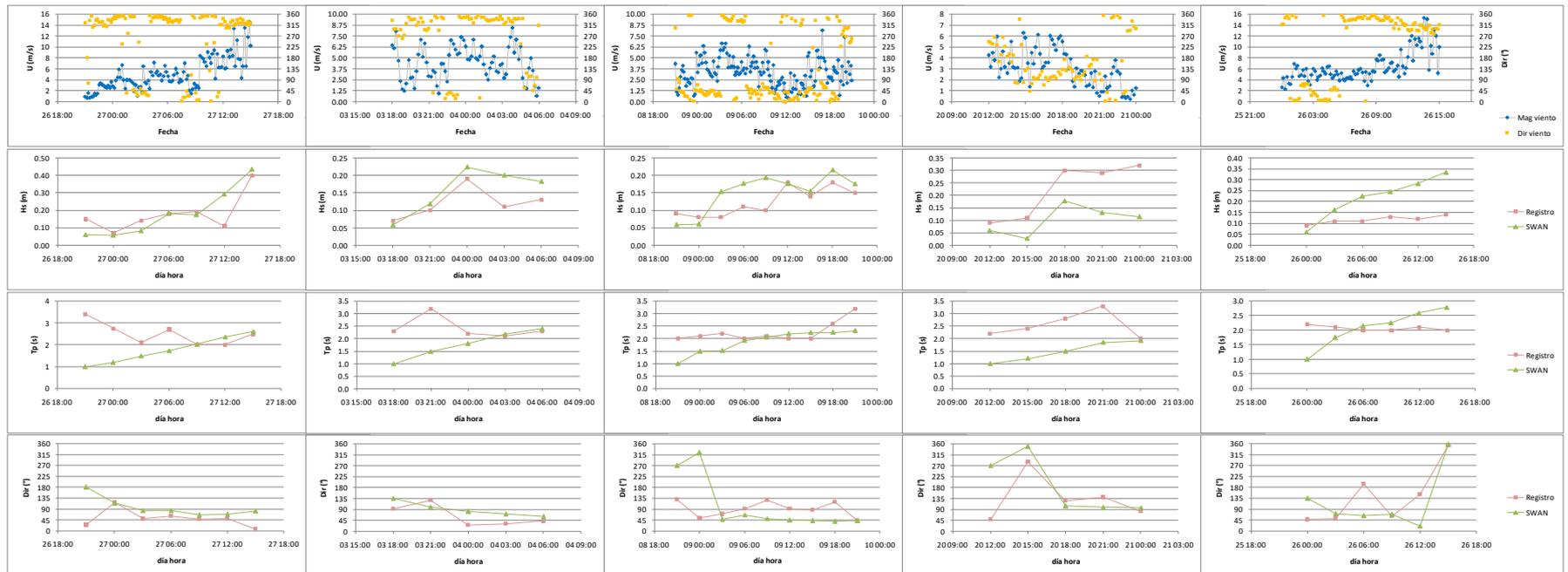
RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Hs estimadas mayores a las registradas.
- Algunas estimaciones de Tp en el orden de los registros.
- Se dan Hs y Tp relevantes en intervalos donde no existe viento del fetch.
- Se obtienen algunas diferencias notorias según el método utilizado.



BAHÍA CATALINA VERANO: RESULTADOS

RESULTADOS NO ESTACIONARIOS



I

J

K

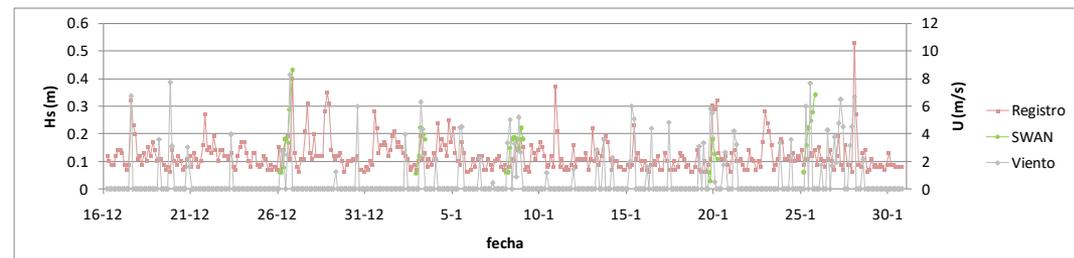
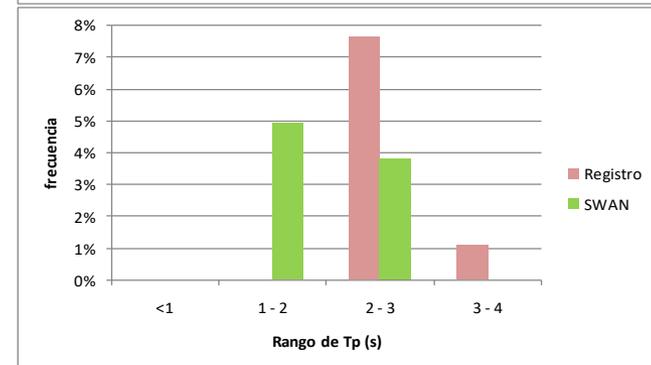
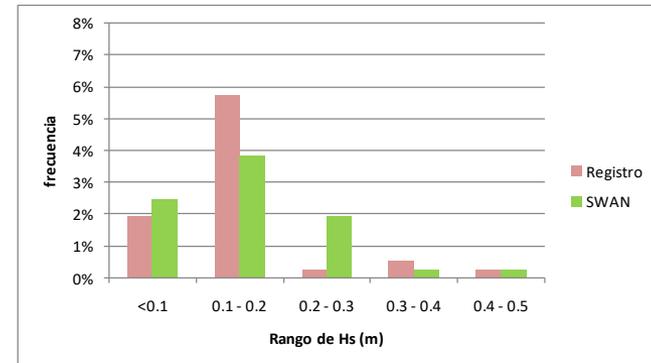
L

M

BAHÍA CATALINA VERANO: VALIDACIÓN

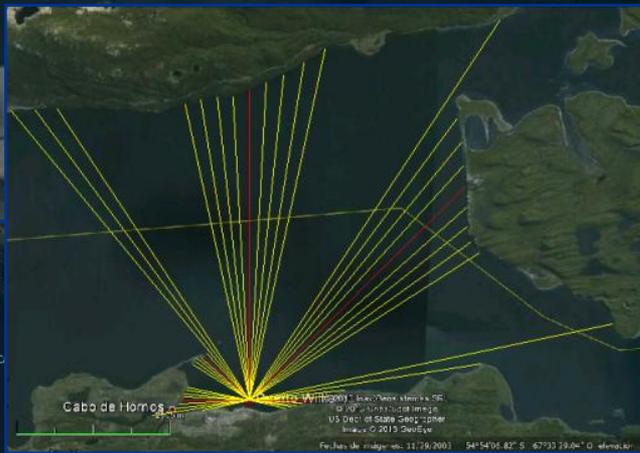
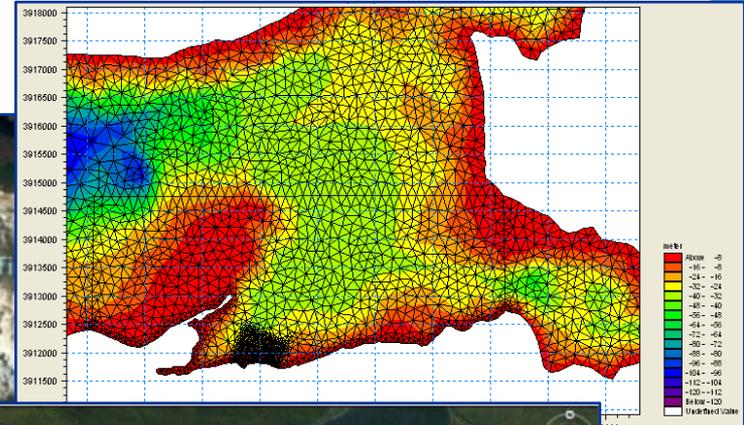
- Distribución de H_s de los eventos concuerdan con los registros.
- En T_p se observa un desfase de 1 [s].
- SI de 0.43 para H_s .
- Datos elevados de H_s en intervalos de viento irrelevante.

A pesar de la coherencia encontrada en algunos intervalos de tiempo, la baja severidad de las condiciones de viento y oleaje generan una reducida cantidad de información para comparar, por lo que los análisis de la campaña de verano no son concluyentes para determinar la validación de los métodos de estimación.

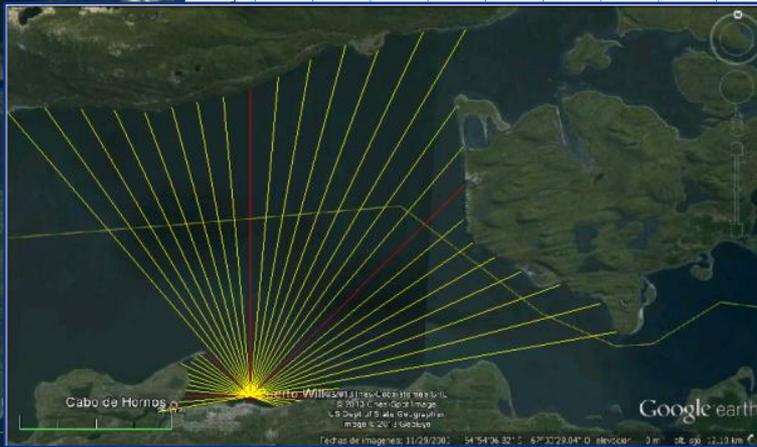


PUERTO WILLIAMS: ÁREA DE GENERACIÓN

- 12 Agosto al 30 Septiembre 2011 (33 [d]).
- E.M. Young, 22 [msnm], 10 [min].
- RDI WorkHorse 600 [kHz], -10 [m], 3 [hr].
- Mayores fetch del N y NE. Vientos máximos del W.



		Direcciones				
		W	NW	N	NE	E
Lf (km)		1.2	3.0	5.9	5.8	2.0



		Direcciones				
		W	NW	N	NE	E
Lf (km)		5.5	5.8	5.9	6.5	5.8

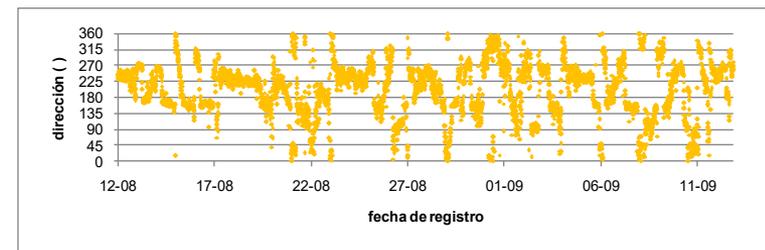
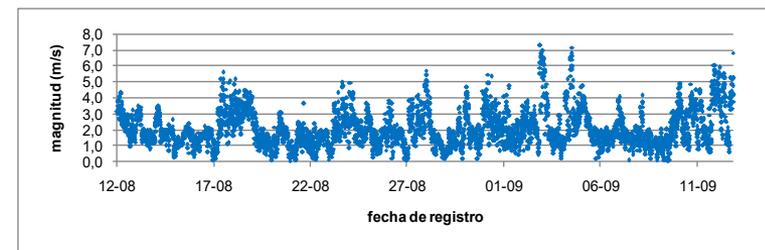
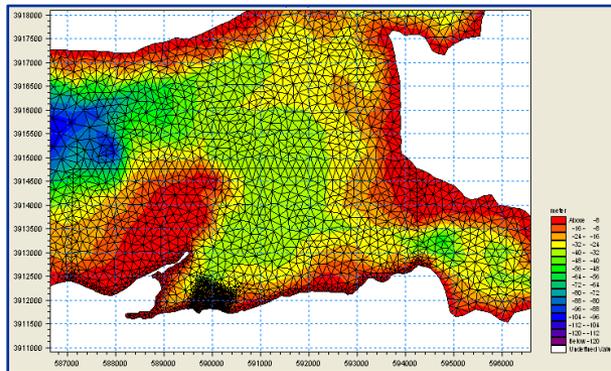
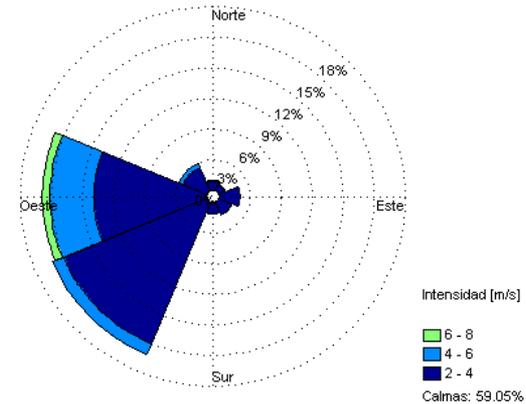
PUERTO WILLIAMS: REGISTRO VIENTOS

Control de calidad

- Sin alertas.

Distribución

- 59.1% de intensidades < 2 [m/s].
- Int. Máx: W, 7.3 [m/s]. N, 4.9 [m/s].
- 18.5% fuera del fetch. Generador 22.5% (W 15.9%).



	Rango direccional				
	Noreste	Este	Weste	Norweste	Norte
Dirección viento * (geográfica, desde)	45	90	270	315	0
Dirección viento en SWAN * (matemática, hacia)	225	180	0	315	270
Intensidad máxima [m/s]	5	4	8	6	5

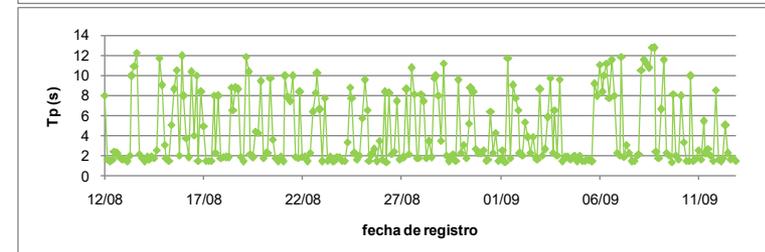
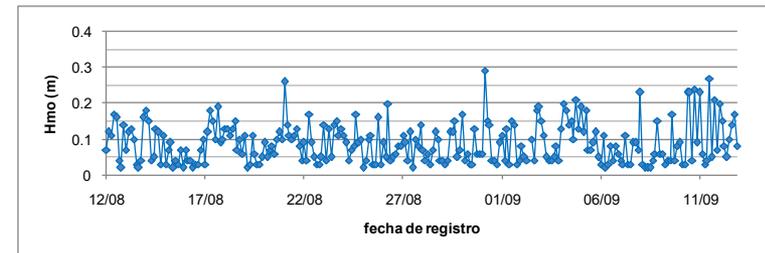
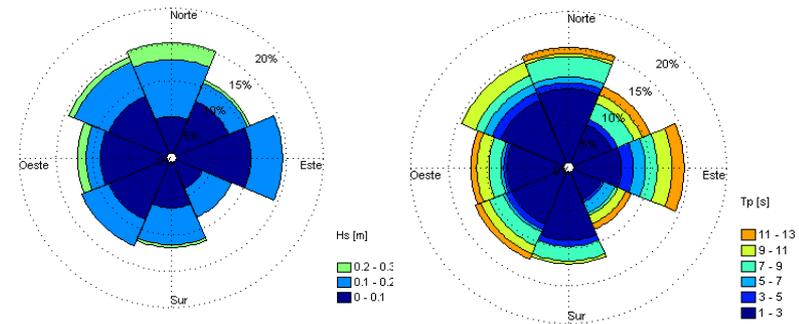
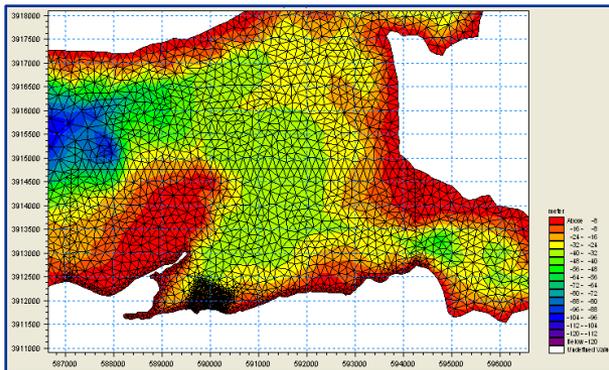
PUERTO WILLIAMS: REGISTRO OLEAJE

Control de calidad

- Hs bajas con algunos saltos de valor.
- Tp valores altos irrealistas.
- Límite inferior en 1.8 [s].
- Direcciones irregulares.

Distribución

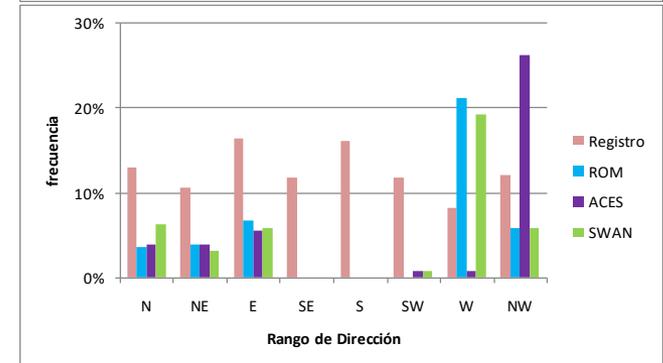
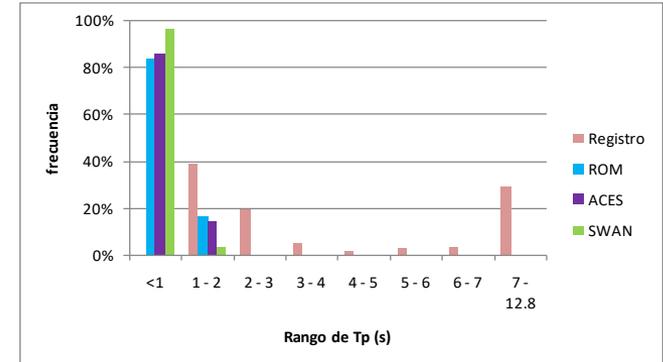
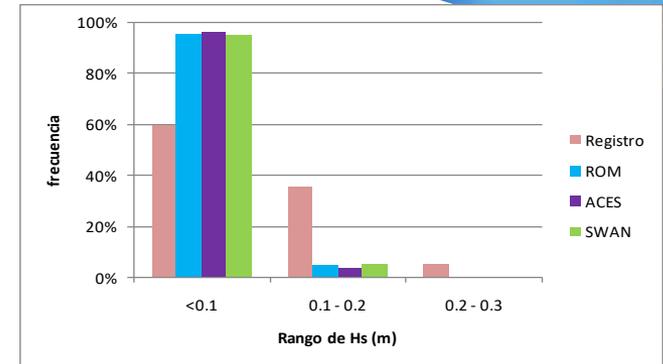
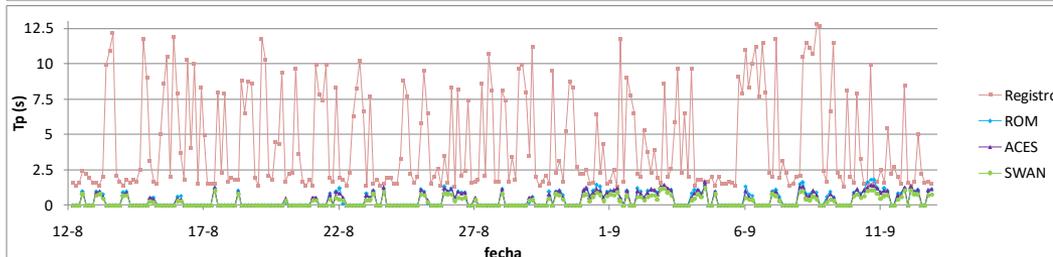
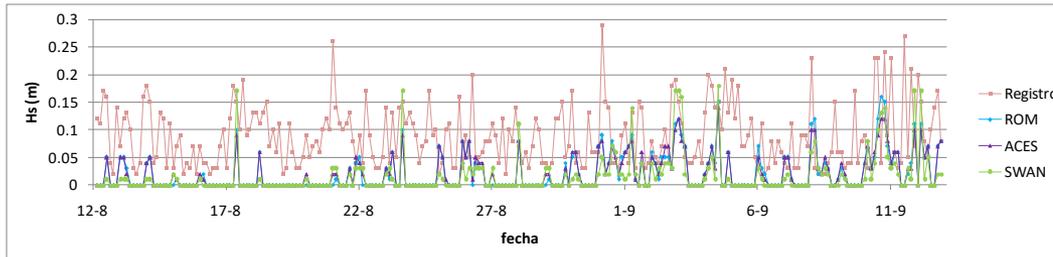
- Dirp Homogéneas. Mín. 8.2% del SE, Máx. 15.2% del N.
- 96.1% de Hs < 0.2 [m]. Máx. 0.29 [m] del W.
- Concentración de Tp < 2.0 [s].
- Datos escapados hasta 12.8 [s].



PUERTO WILLIAMS: RESULTADOS

RESULTADOS ESTACIONARIOS

- Hs estimadas 100% < 0.2 [m]. Registros solo 60%.
- Tp estimados sobre el 80% < 1 [s], máximo 1.8 [s]. Registros 60% < 3 [s], máximo 12.8 [s].
- Diferencias en estimaciones del cuarto cuadrante.
- Bajo valor de Hs estimadas frente a los registros, con excepción de intervalos aislados.
- Tp estimado bajo límite inferior de registros.



PUERTO WILLIAMS: VALIDACIÓN

