

PARTICIÓN ESPECTRAL MULTIMODAL APLICADA A LA DETERMINACIÓN DE OLAS DE DISEÑO APLICACIÓN EN VALPARAÍSO, CHILE.

Defensa del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

Alejandra Elizabeth Rojas Mackenna



Contenido

- ▶ INTRODUCCIÓN
- ▶ OBJETIVOS, ALCANCES E HIPÓTESIS
- ▶ MATERIALES
- ▶ MARCO TEÓRICO
- ▶ METODOLOGÍA
- ▶ RESULTADOS DE PARTICIONES
- ▶ ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS EN EL NODO VALPARAÍSO
- ▶ CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

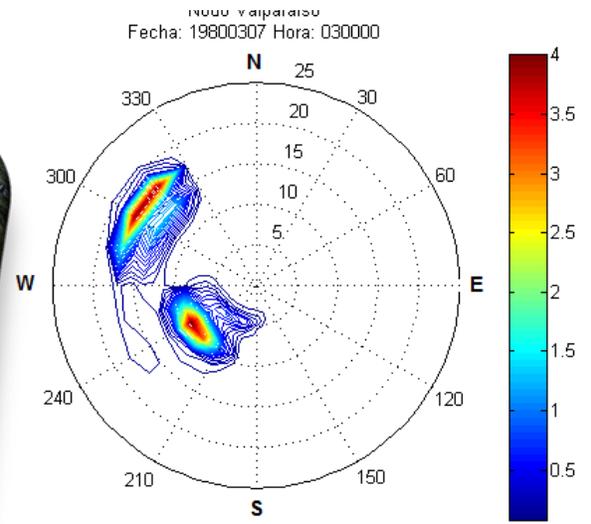
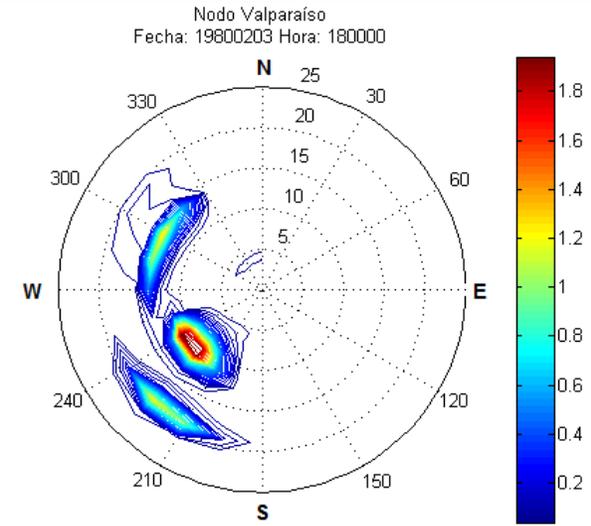
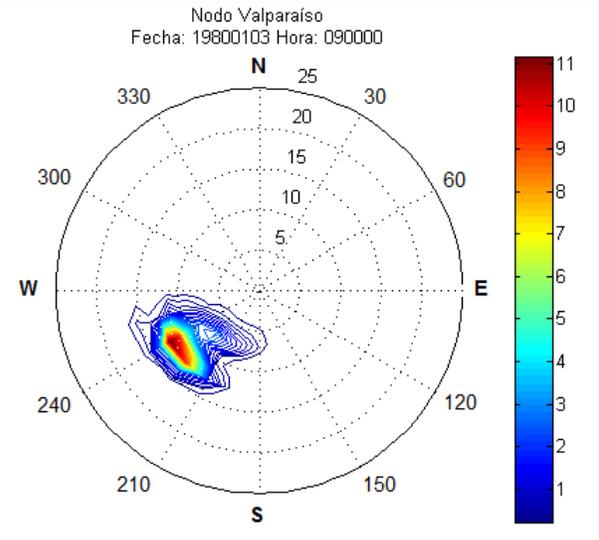
La motivación:

Contribuir con una nueva herramienta para determinar el oleaje de diseño de los proyectos de ingeniería que se desarrollan a lo largo de Chile, específicamente para aquellos casos protegidos del oleaje incidente proveniente del SW y que están directamente influenciados del oleaje del hemisferio Norte, que permita analizar por separado las tormentas en aguas profundas según su dirección de procedencia.

CLIMA DE OLEAJE EXTREMO

Aporte para la ingeniería:

Recomendaciones para futuros proyectos de ingeniería con características de oleaje con más de una modalidad.



ESPECTROS



OBJETIVOS, ALCANCES E HIPÓTESIS

OBJETIVOS GENERALES

- ▶ Aplicar un método avanzado de partición espectral multimodal.
- ▶ Identificar las componentes espectrales de una base de datos de oleaje.
- ▶ Realizar un análisis estadístico de valores extremos de altura significativa de oleaje con método tradicional y el método partición espectral multimodal propuesto.
- ▶ Comparar y analizar los resultados con otras metodologías de particiones espectrales habitualmente utilizadas para seleccionar tormentas de acuerdo a su origen y características.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Implementar un algoritmo de partición multimodal de espectros.
- ▶ Analizar el carácter multimodal del oleaje en Valparaíso.
- ▶ Realizar un análisis de oleaje extremo en el nodo de Valparaíso, considerando la partición multimodal de espectros.



OBJETIVOS, ALCANCES E HIPÓTESIS

ALCANCES

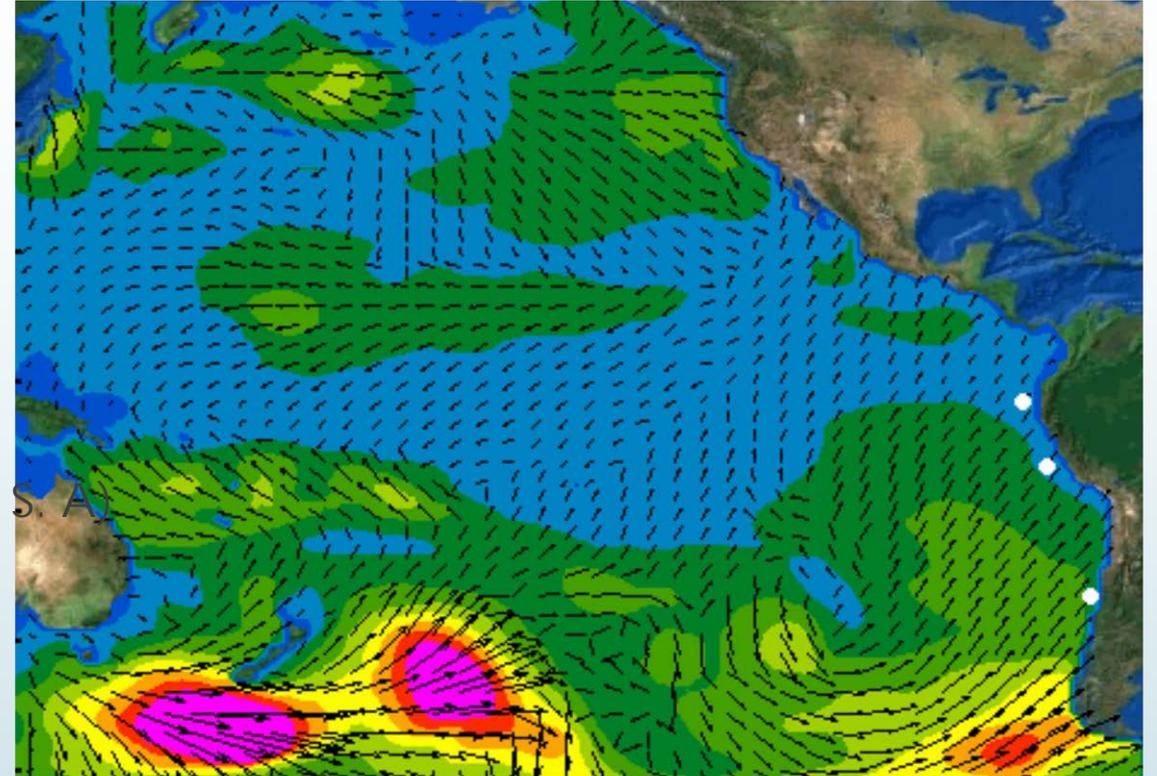
- El proyecto corresponde a una definición de un método de separación espectral sencillo que actualmente se aplica en la práctica de ingeniería. Se analiza un caso específico, en Valparaíso, por lo cual la generalización de los resultados no es aún considerada.

HIPÓTESIS

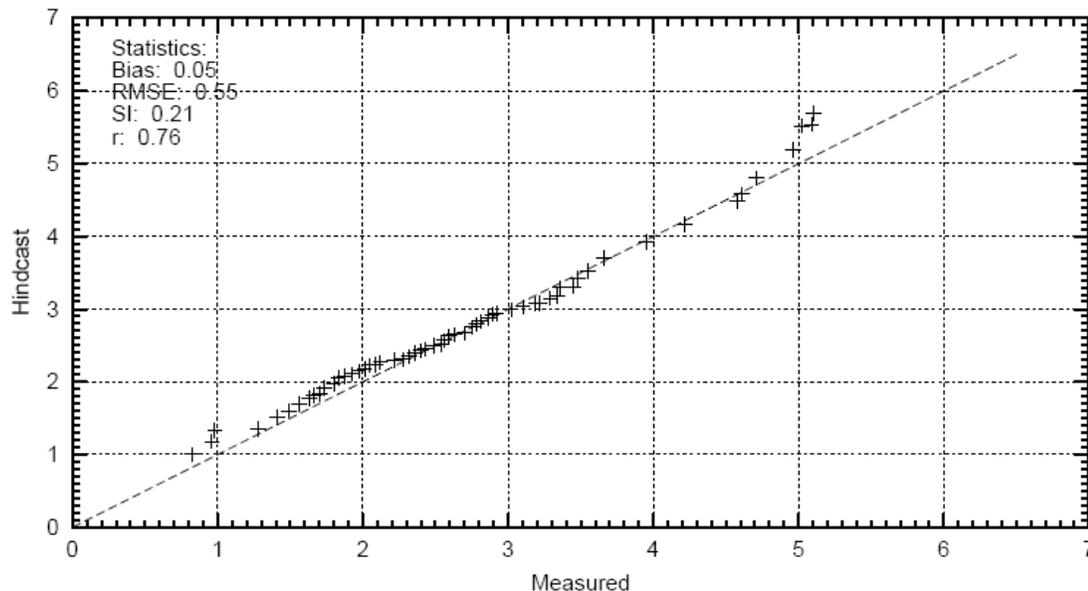
- Es posible desarrollar una metodología técnica robusta y razonable, que permita identificar y aislar los múltiples componentes espectrales presentes en el oleaje, mediante algoritmos que permitan determinar las olas extremas según el tipo o constituyente del oleaje, incorporando de mejor manera la naturaleza física del oleaje y aumentando la precisión en el cálculo.

MATERIALES

- ▶ Olas Chile IV (Baird, 2010)
- ▶ Matlab
(versión 7.10 Licencia Baird & Associates S. A.).
- ▶ Xwave
(versión 6.02.02, elaborado por Baird & Associates S. A.)



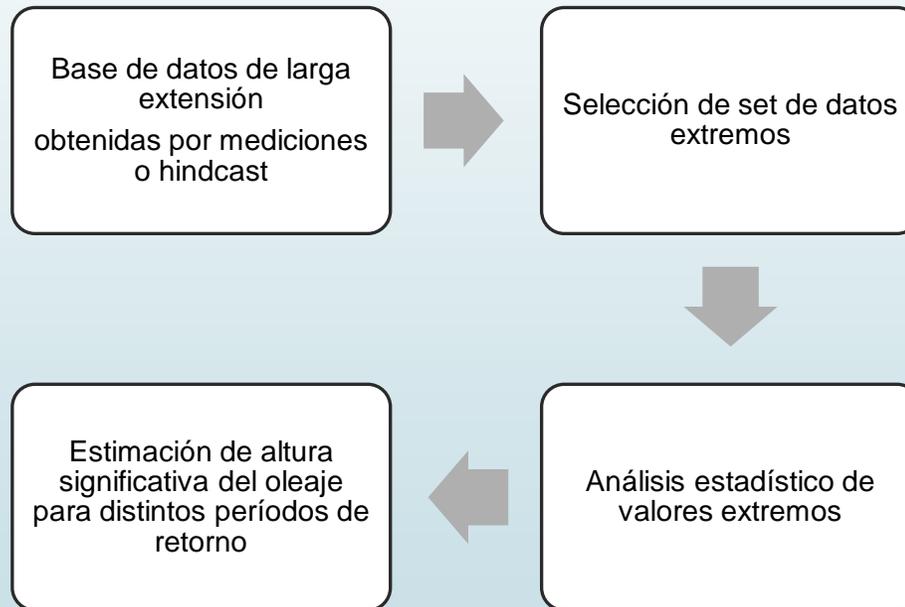
MODELO HINDCAST TERCERA GENERACIÓN



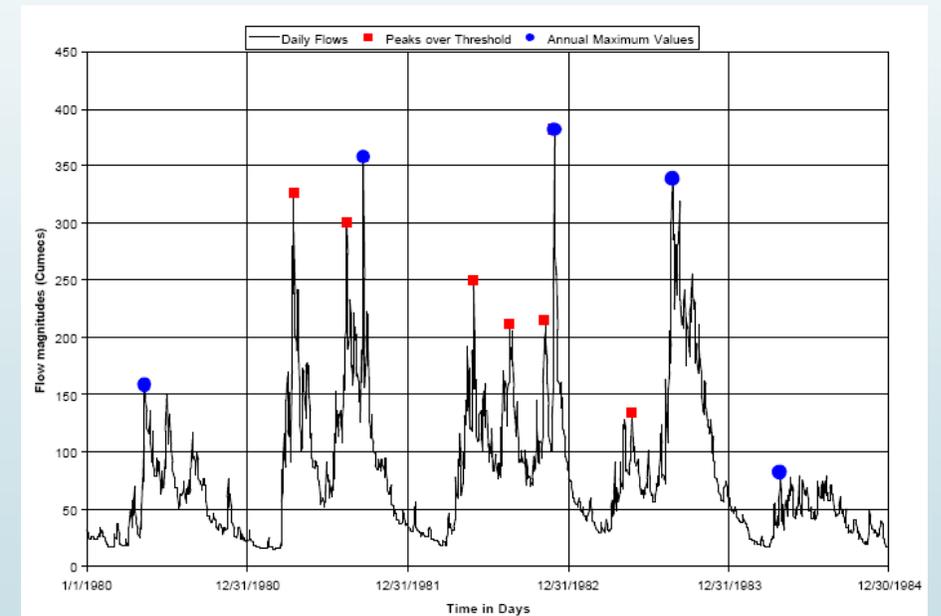
Ubicación de Topex: Valparaíso 33°S 72°W

MARCO TEÓRICO

OLEAJE EXTREMO



METODOLOGÍAS PARA LA SELECCIÓN DE DATOS EXTREMOS



MARCO TEÓRICO

PROCESO DE SELECCIÓN DE DATOS

BASE DE DATOS

- Espectros 2D de oleaje que representan los estados de mar por un período mínimo de 20 años.

PROCESO DE PARTICIÓN

- Separación de los sistemas de oleajes presentes en el espectro.

AGRUPACIÓN DE SISTEMAS

- Se agrupan los sistemas de oleaje según su origen y características.
- Para cada grupo se aplica POT o AM.
- Analisis de valores extremos por grupo.

MARCO TEÓRICO

PARTICIÓN ESPECTRAL MULTIMODAL

¿Por qué se origina esta metodología?



Reseña Histórica

- Primeramente Gerling 1992

Cálculo de parámetros de cada sistema en términos (T, H, D).

Secuencias temporales y especiales



Los sistemas de oleaje de un espectro son asociados a los sistemas similares que posee un espectro vecino.

“Sistemas de oleaje a gran escala”

- Luego, Hasselmann et al. 1994
- Finalmente, Hanson y Philip 2001





Hasselmann et al. 1994



Implemento algo similar a lo que se hace con las imágenes espectrales de radates obtenidos por las predicciones del modelo WAM.

Aproximación invertida del área de captación aplicada a la hidrografía para determinar las áreas de inundación.

- ▶ Se divide el espectro en sub-áreas
- ▶ A cada sub-área se les calculan los parámetros (T, H, D)

Permiten caracterizar la evolución de los Sea y swell a través del tiempo y espacio.

Hanson y Philip 2001

Basado en el método anterior.

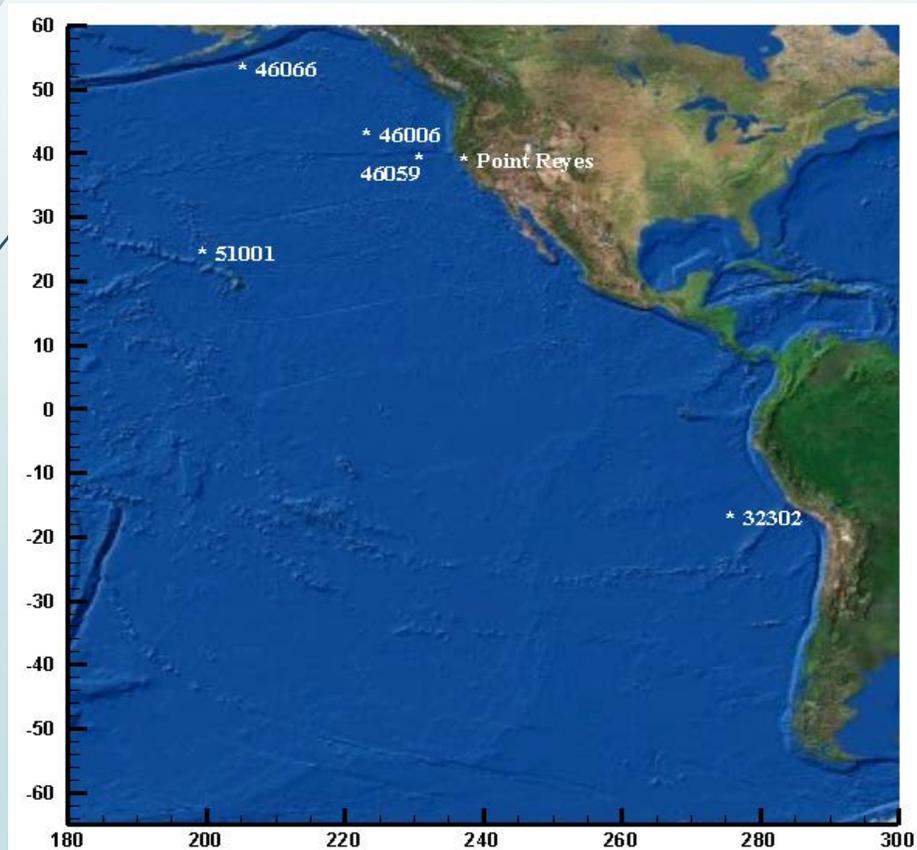
Herramientas automatizadas



Análisis estadístico en el golfo de Alaska, datos espectrales de 6 días.

MARCO TEÓRICO

CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA DE OLEAJE EN CHILE



- Swell del hemisferio Sur
- Swell del hemisferio Norte
- Olas generadas en la costa
- Olas generadas por ciclones tropicales

El oleaje incidente de las costas chilenas son principalmente de carácter bi-modal, aunque en algunos casos podrían ser multimodales, ya que pueden existir más de dos tipos de oleaje interactuando sobre un punto determinado en aguas profundas (Baird & Associates S. A., 2004).

“

METODOLOGÍA

”

La selección de tormentas mayores, considerando las características del oleaje en las costas chilenas y clasificando adecuadamente las tormentas que inciden sobre un sitio puede marcar una diferencia significativa en la ola de diseño.

Se realizó una comparación entre cuatro metodologías o criterios utilizados para clasificar las tormentas:

ENERGÍA TOTAL

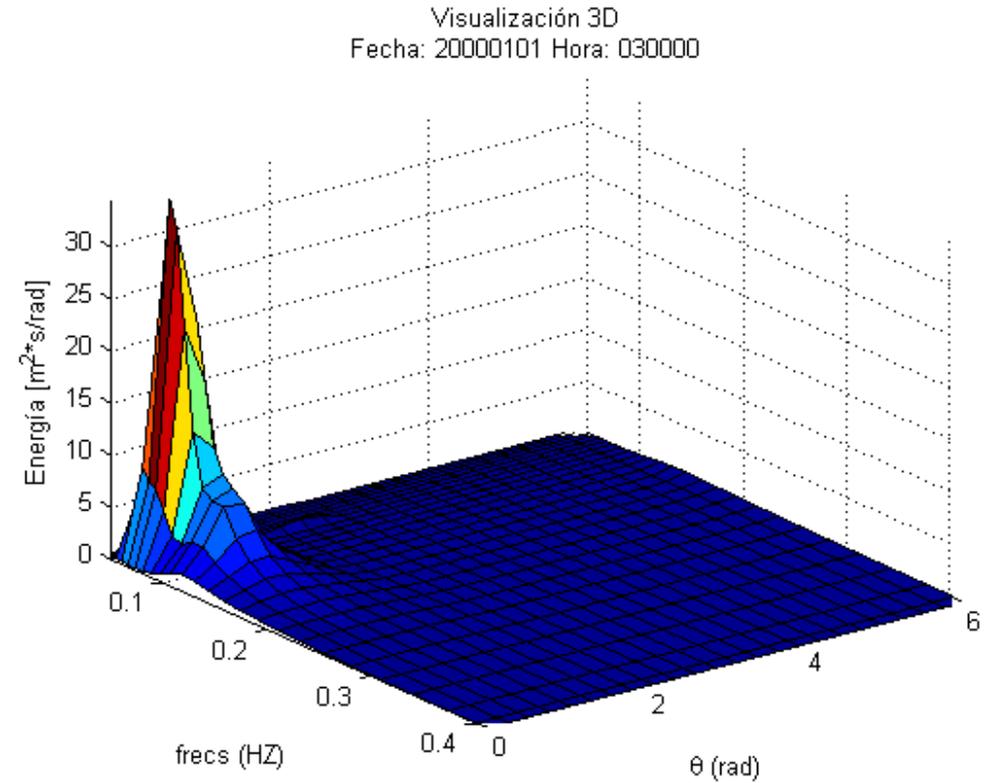
**PARTICIÓN DEL DOMINIO
ESPECTRAL POR
CUADRANTES**

**PARTICIÓN DEL
DOMINIO ESPECTRAL
POR SECTORES**

**PARTICIÓN
MULTIMODAL**

ENERGÍA TOTAL

Para seleccionar las tormentas se considera la energía total de cada estado de mar, sin aplicar ningún tipo de partición o separación

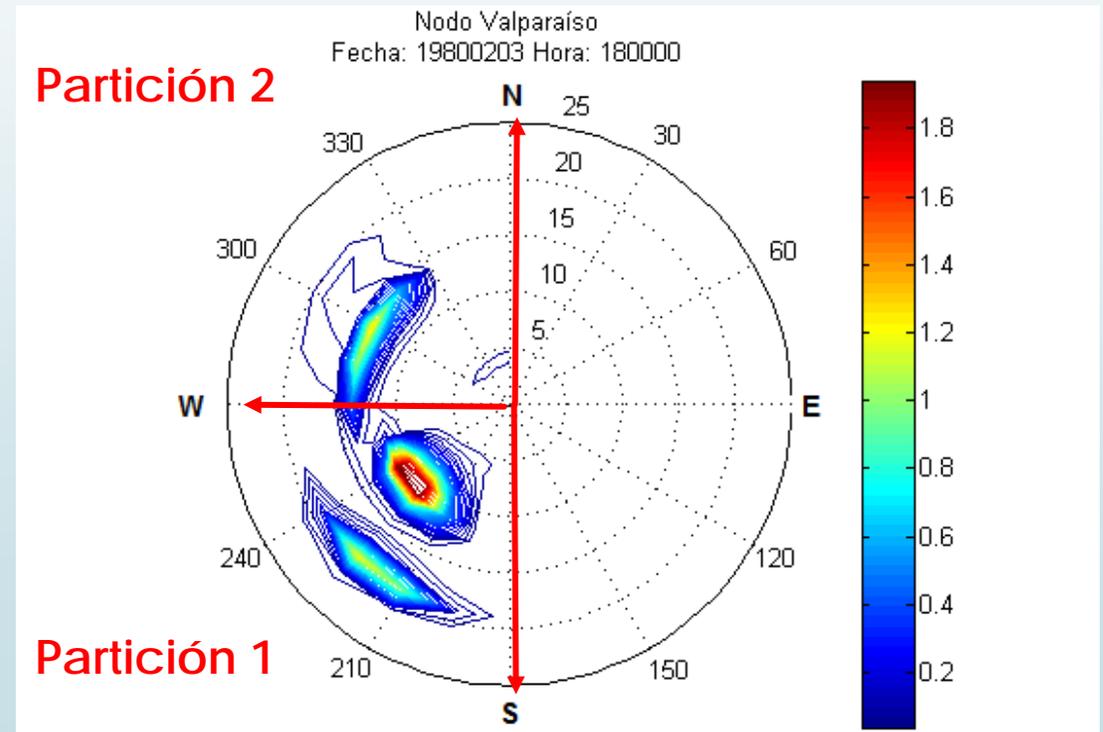


PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR CUADRANTES

Se considera las dos direcciones principales del clima de oleaje en Chile, provenientes del SW y NW.

Partición 1; Direcciones desde 180 a 270 grados, considerando todos los períodos.

Partición 2; Direcciones desde 270 a 360 grados, considerando todos los períodos.

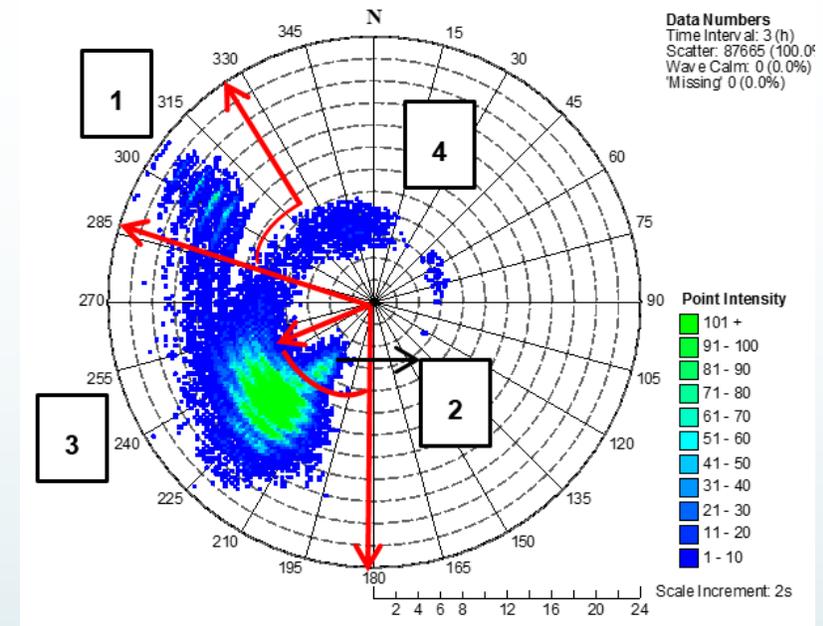


PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR SECTORES

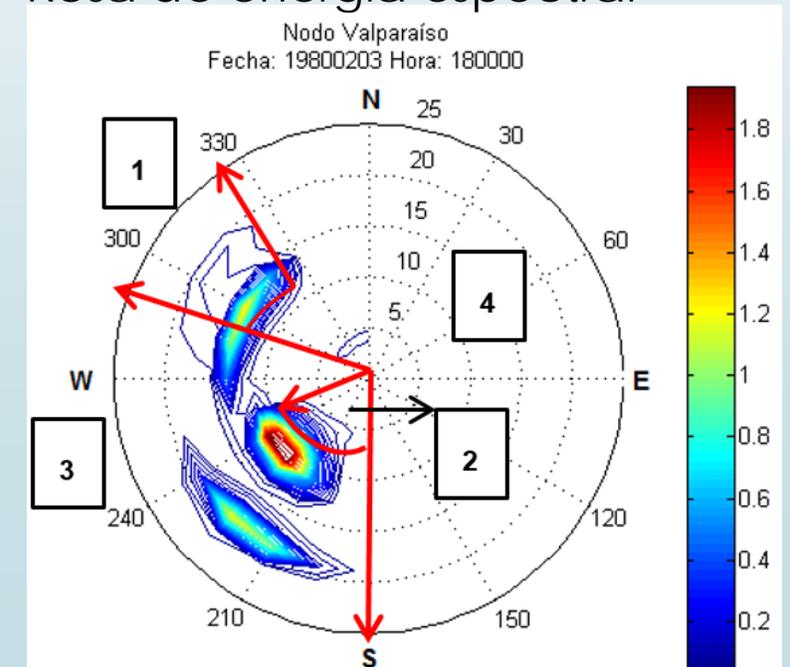
Número	Nombre del grupo	Clasificación según Dirección <i>peak</i>	Clasificación según Período <i>peak</i>
1	Swell remoto del NW	$285^\circ \leq DPK < 320^\circ$	$T_p > 11.5 s$
2	Sea y Swell cercano del SW	$180^\circ \leq DPK < 245^\circ$	$T_p \leq 9 s$
3	Swell remoto del SW	$180^\circ \leq DPK < 245^\circ$ + $245^\circ \leq DPK < 285^\circ$	$T_p > 9 s$ + Todos los períodos
4	Sea y Swell cercano del NW a E	$285^\circ \leq DPK < 320^\circ$ + $320^\circ \leq DPK < 360^\circ$ + $0^\circ \leq DPK < 180^\circ$	$T_p \leq 11.5 s$ + Todos los períodos + Todos los períodos

Método similar al criterio al anterior en su aplicación, con la diferencia de que este trata de considerar las modalidades del oleaje presentes en Chile para definir la partición del dominio espectral de cada estado de mar.

Rosa de Intensidad de período



Rosa de energía espectral



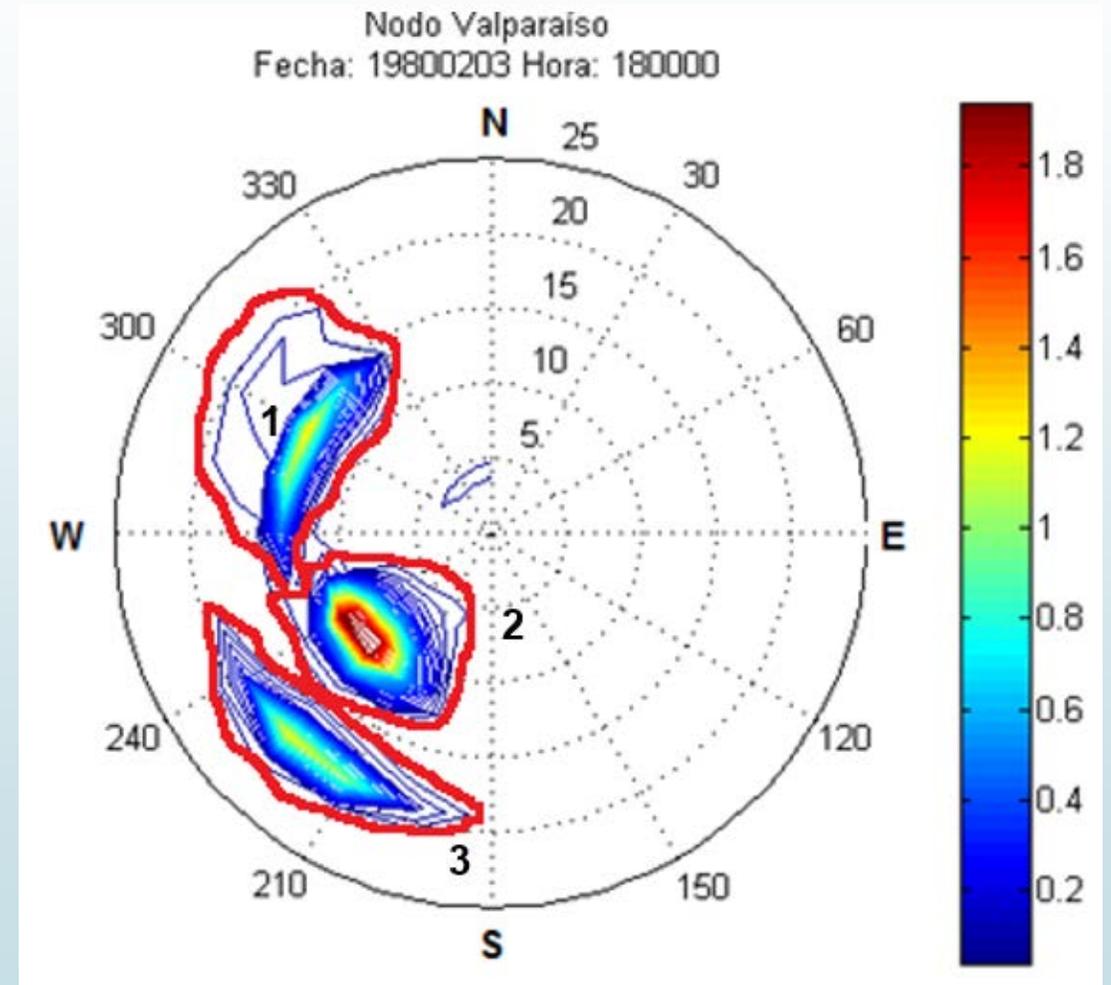
PARTICIÓN MULTIMODAL

Considera las modalidades del oleaje en Chile.

Mediante la aplicación de algoritmos avanzados y automatizados que permiten identificar las componentes de cada estado de mar presente en la base de datos.

De forma resumida, para cada espectro se aplican los siguientes pasos:

1. Aislamiento del *peak* de energía espectral (local).
2. Identificar y combinar los *peak* espectrales que son comunes.
3. Remoción de particiones con energías bajas.
4. Cálculo de estadísticas para cada partición.





METODOLOGÍA

ALGORITMO DE PARTICIÓN MULTIMODAL

- ▶ Se desarrollaron rutinas en Matlab, Sobre la base del método Hanson & Phillips (2001), en adelante HP01.
- ▶ Esta metodología facilita la división y aislación de cada espectro direccional de oleaje $S(f, \theta)$ en distintos subconjuntos que representan los diferentes componentes del oleaje.

AISLAMIENTO DEL PEAK DE ENERGÍA ESPECTRAL

IDENTIFICAR Y COMBINAR LOS *PEAK* ESPECTRALES QUE SON COMUNES

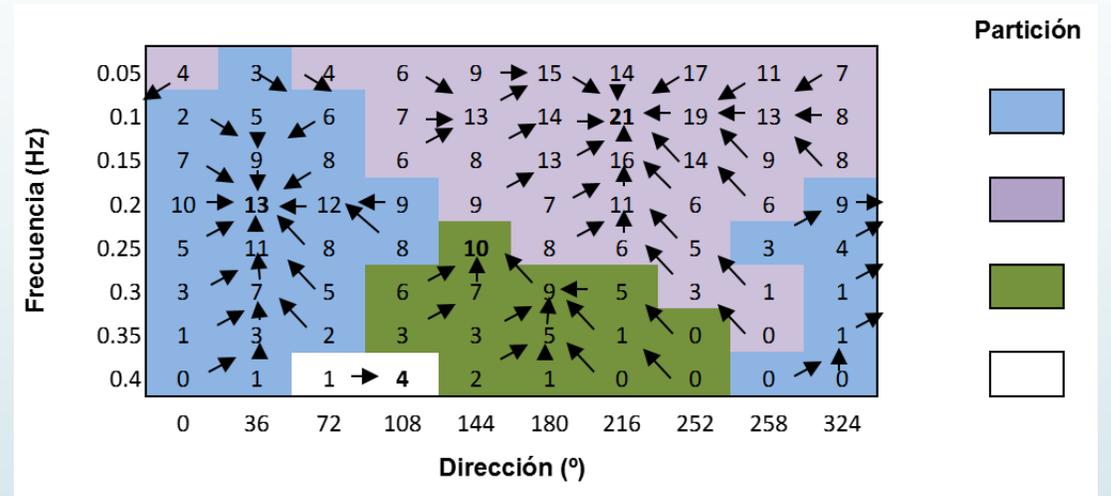
REMOCIÓN DE PARTICIONES CON ENERGÍAS BAJAS

CÁLCULO DE ESTADÍSTICAS PARA CADA PARTICIÓN

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALGORITMO PARTICIONADOR

AISLAMAMIENTO DEL PEAK DE ENERGÍA ESPECTRAL

Análoga al concepto de las áreas de captación en la hidrología, tomando el gráfico del espectro al revés.



IDENTIFICAR Y COMBINAR LOS PEAK ESPECTRALES QUE SON COMUNES

1- Separación entre *peaks*:

$$\Delta f^2 \leq k \overline{\delta f^2}$$

Donde:

K: Factor de dispersión ajustado para optimizar la ejecución de la dispersión espectral.

Δf^2 : La distancia entre *peaks*.

$\overline{\delta f^2}$: la dispersión de cada *peak* individual.

2- Mínimos entre *peaks*:

Punto más bajo entre ellos > ξ x menor *peak*

ξ : factor del *peak* mínimo (el cual es optimizado por un set de observaciones particulares).

Para el caso del Nodo Valparaíso se tomaron los valores de 0.4 y 0.65 para los coeficientes k y ξ , respectivamente

Distancia entre *peaks*

$$\Delta f^2 = (f_{px,1} - f_{px,2})^2 + (f_{py,1} - f_{py,2})^2$$

Donde:

$$f_{px} = f_p \cos \theta_p \text{ y } f_{py} = f_p \sin \theta_p$$

Dispersión de cada *peak* individual

$$\overline{\delta f^2} = \overline{(f_x - \bar{f}_x)^2} + \overline{(f_y - \bar{f}_y)^2} = \overline{f_x^2} - \bar{f}_x^2 + \overline{f_y^2} - \bar{f}_y^2$$

Donde:

$$\bar{f}_x = \overline{f \cos \theta} = \frac{1}{e} \int_f \int_\theta S(f, \theta) f \cos \theta \partial \theta \partial f$$

$$\bar{f}_y = \overline{f \sin \theta} = \frac{1}{e} \int_f \int_\theta S(f, \theta) f \sin \theta \partial \theta \partial f$$

$$\overline{f_x^2} = \overline{f^2 \cos^2 \theta} = \frac{1}{e} \int_f \int_\theta S(f, \theta) f^2 \cos^2 \theta \partial \theta \partial f$$

$$\overline{f_y^2} = \overline{f^2 \sin^2 \theta} = \frac{1}{e} \int_f \int_\theta S(f, \theta) f^2 \sin^2 \theta \partial \theta \partial f$$

Energía total

$$e = \iint S(f, \theta) \partial \theta \partial f$$

REMOCIÓN DE PARTICIONES CON ENERGÍAS BAJAS

$$e \leq \frac{A}{f_p^4 + B'}$$

- ▶ A y B' son elegidos para eliminar ruidos en regiones del espectro de poca energía.
- ▶ Los parámetros A y B seleccionados para el nodo de Valparaíso fueron 6×10^{-6} y 3×10^{-3} , respectivamente.

CÁLCULO DE ESTADÍSTICAS PARA CADA PARTICIÓN

- ▶ Fecha y tiempo de la observación.
- ▶ El número de identificación de la partición.
- ▶ Altura significativa espectral del oleaje.
- ▶ Amplitud cuadrática media espectral del oleaje.
- ▶ Período *peak* y período energético.
- ▶ Dirección *peak* y media del oleaje.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ALGORITMO PARTICIONADOR

Los pasos principales para la partición se obtuvieron sobre la base de secuencias creadas por Arnes y Krogstad (2001).

1- Selección de parámetros

Datos obtenidos de una boya Waverider HP01:

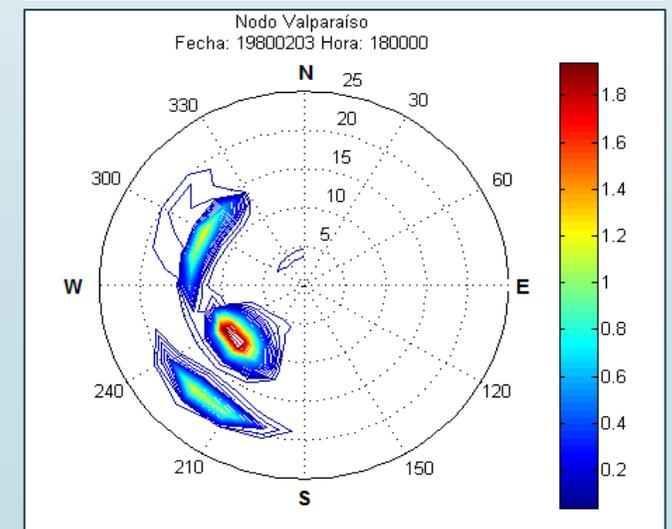
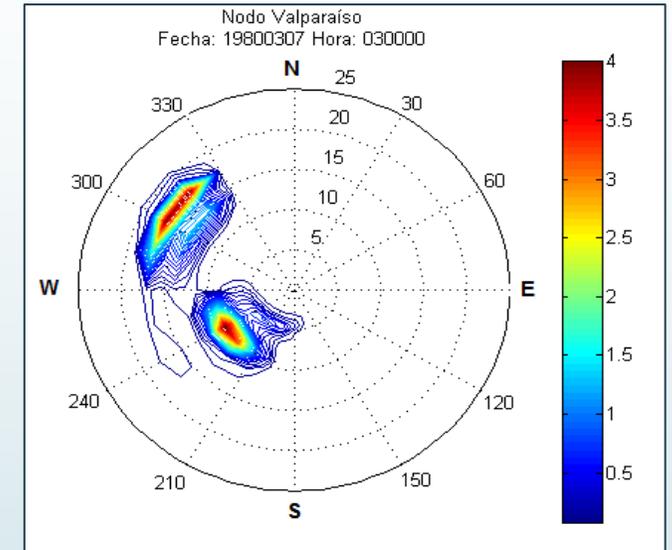
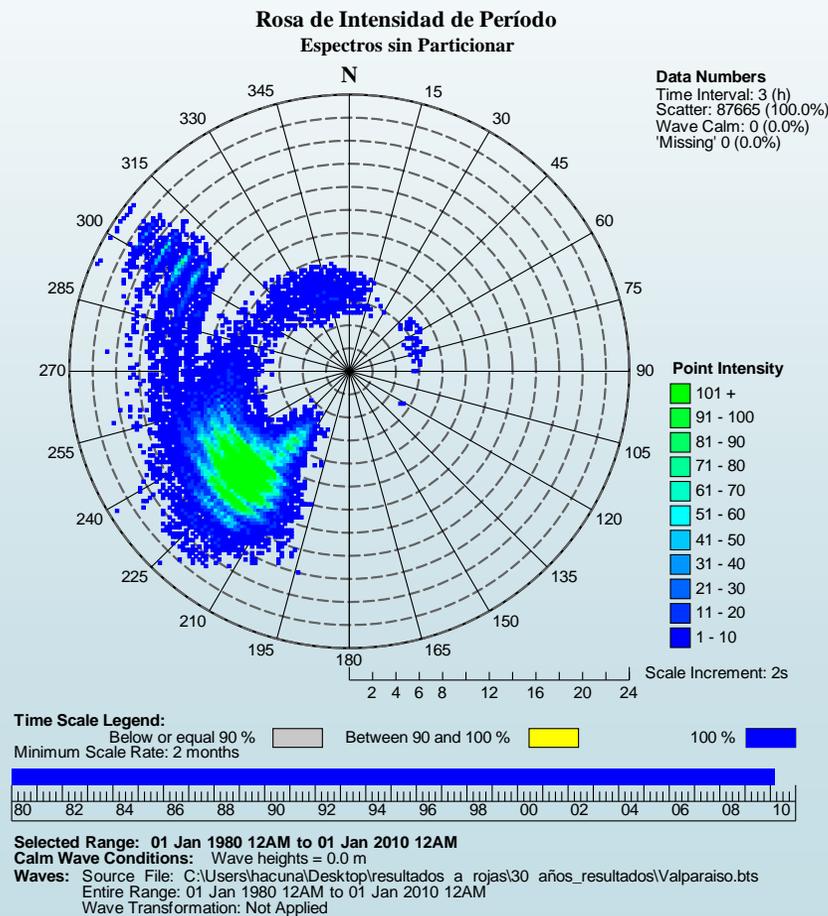
Observación			Parámetros seleccionados			
Localidad	Fecha	Fuente	A	B	κ	ξ
Pacifico Central	Febrero 1997	Datos de boya Waverider	6×10^{-6}	3×10^{-3}	0.4	0.65

2- RESULTADOS

- Matrices *templates*.
- Matrices espectrales.
- Parámetros de resumen de los sistemas de oleaje identificado para cada estado de mar de la base de datos.
- Las frecuencias y direcciones espectrales.
- Fechas de los estados de mar.

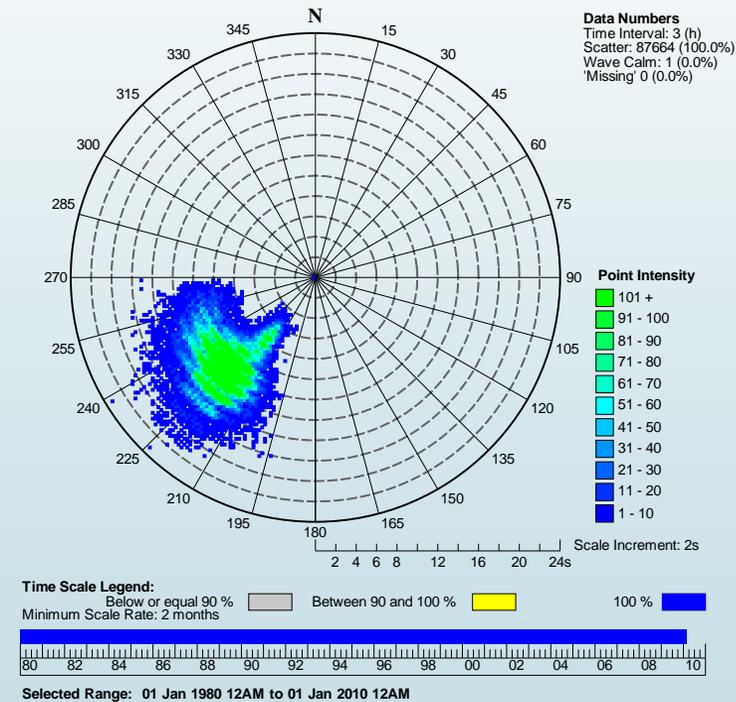
RESULTADOS DE PARTICIONES

1- ENERGÍA TOTAL

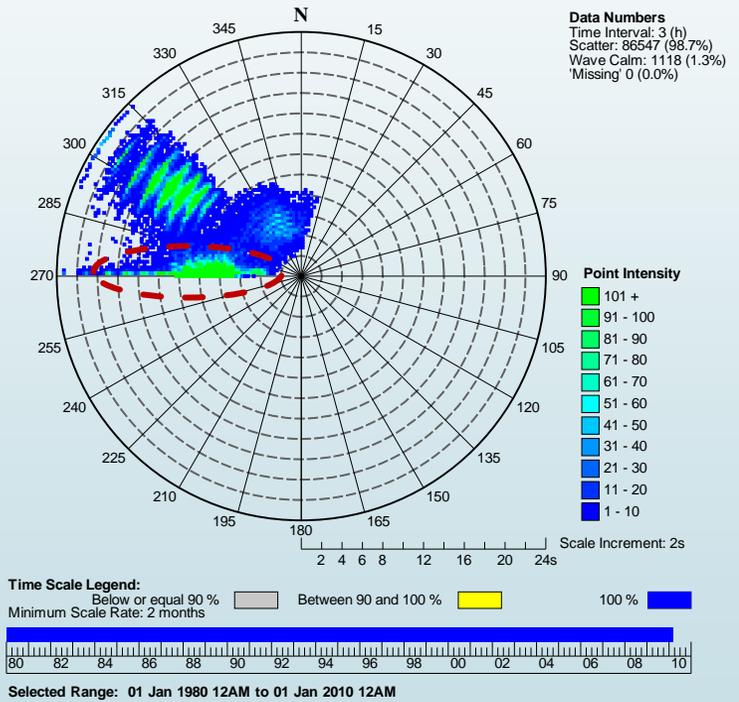


2 - PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR CUADRANTES

A) TERCER CUADRANTE

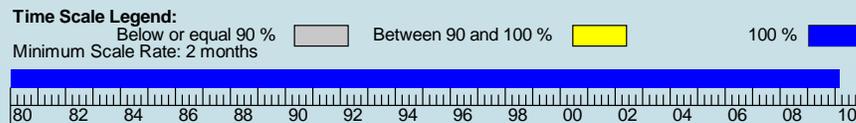
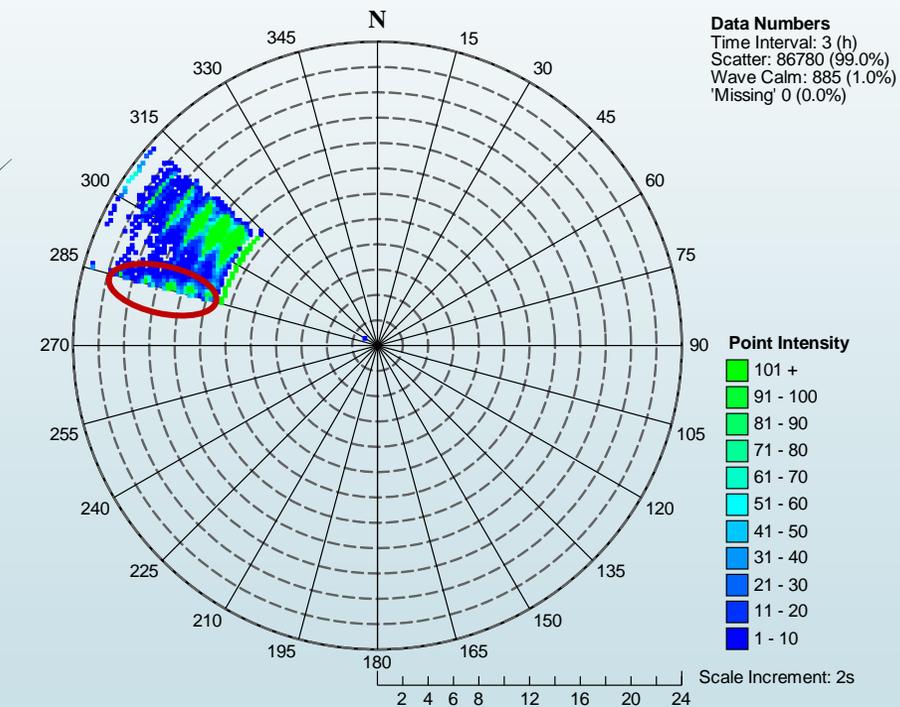


B) CUARTO CUADRANTE



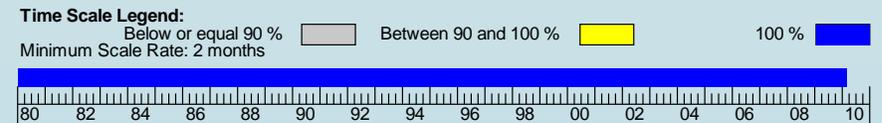
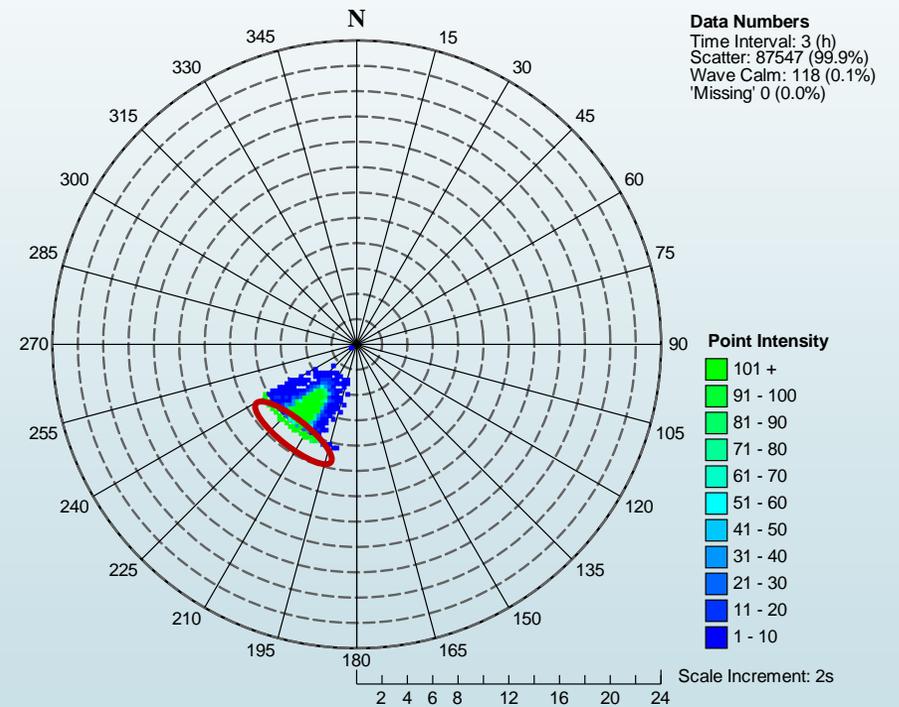
3- PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR SECTORES

A) SWELL REMOTO DEL NW



Selected Range: 01 Jan 1980 12AM to 01 Jan 2010 12AM

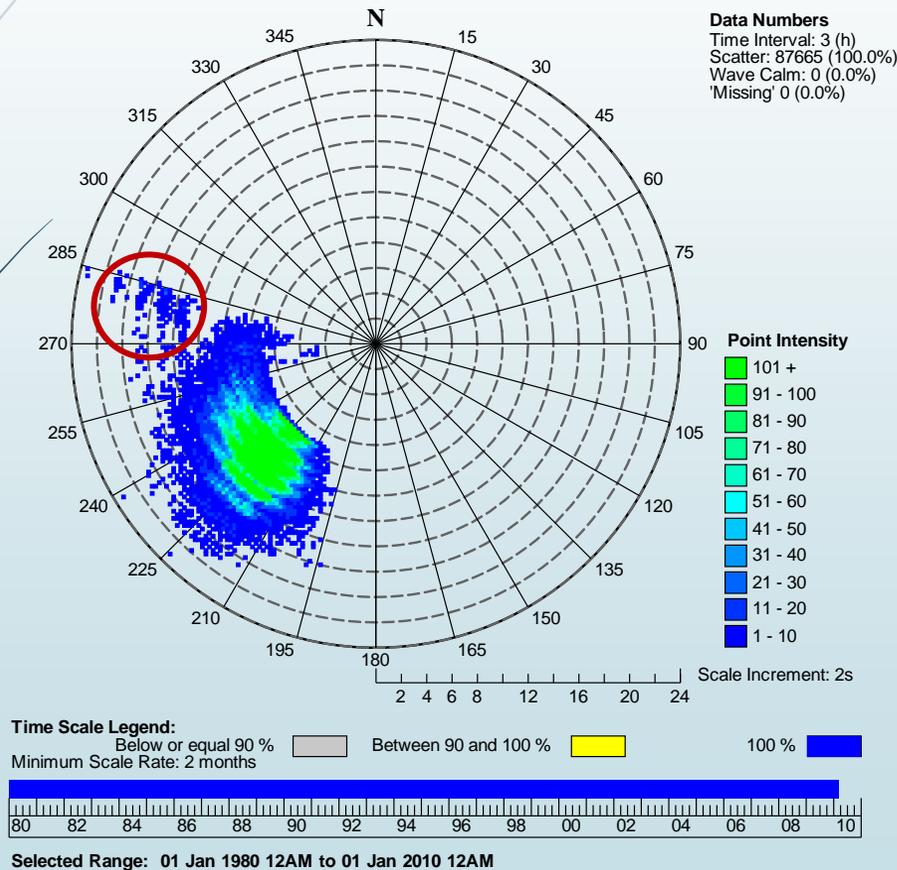
B) SEA Y SWELL CERCANO DEL SW



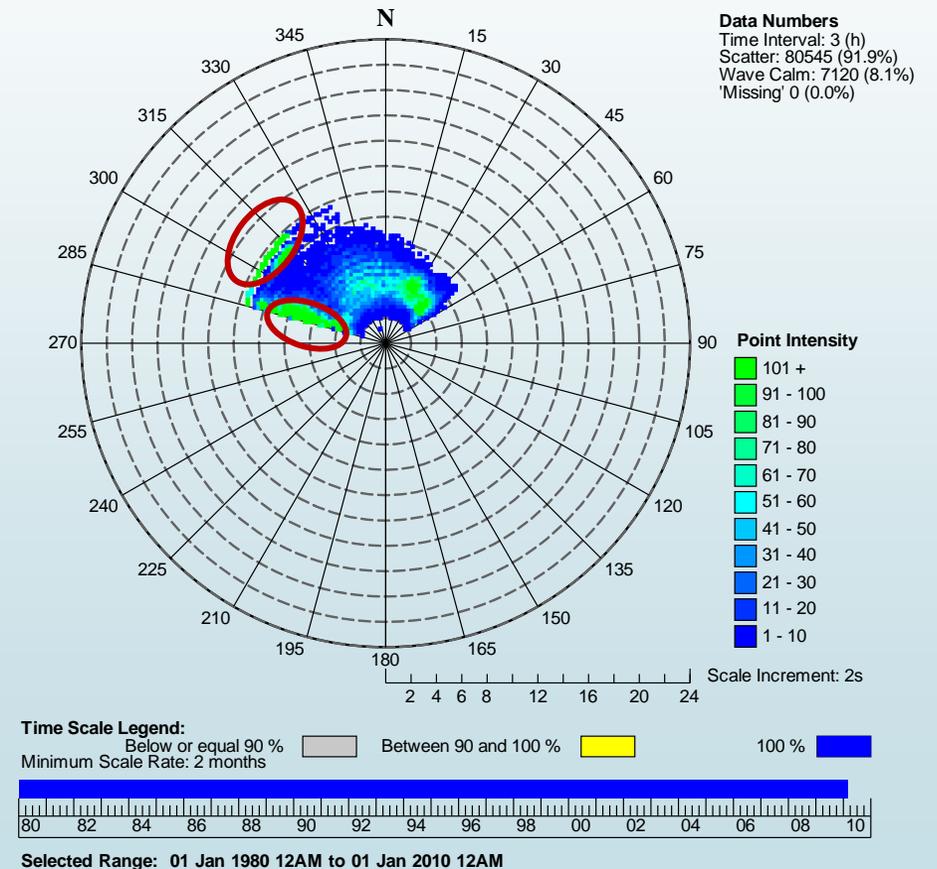
Selected Range: 01 Jan 1980 12AM to 01 Jan 2010 12AM

3- PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR SECTORES

C) SWELL REMOTO DEL SW y W



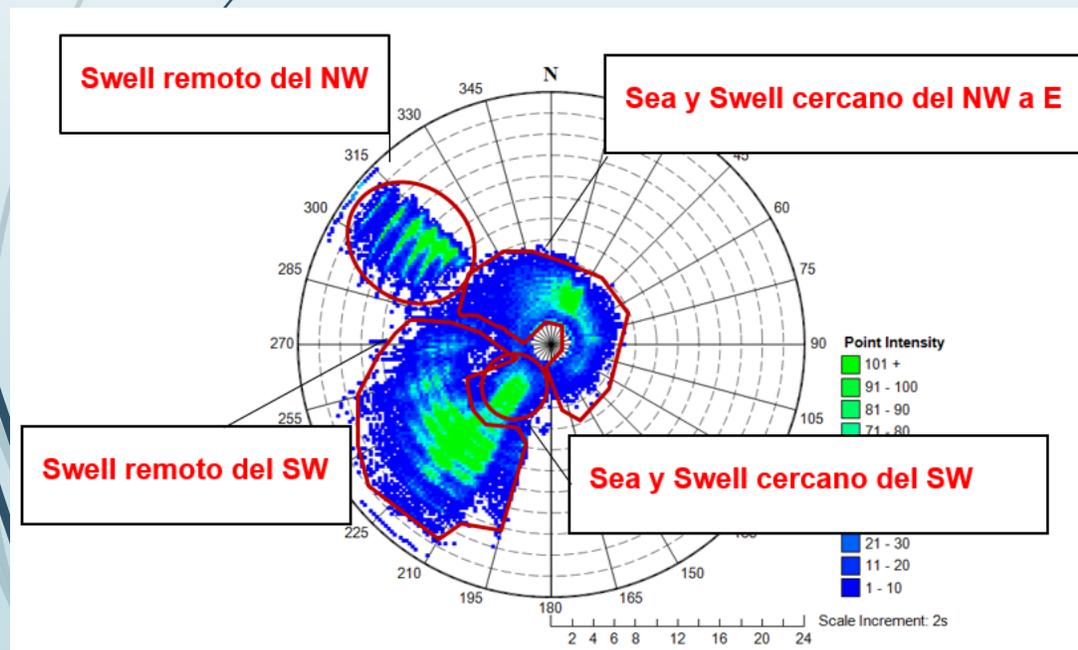
D) SEA Y SWELL CERCANO DEL NW A NE



4- PARTICIÓN MULTIMODAL

La partición multimodal se llevó a cabo mediante los siguientes pasos:

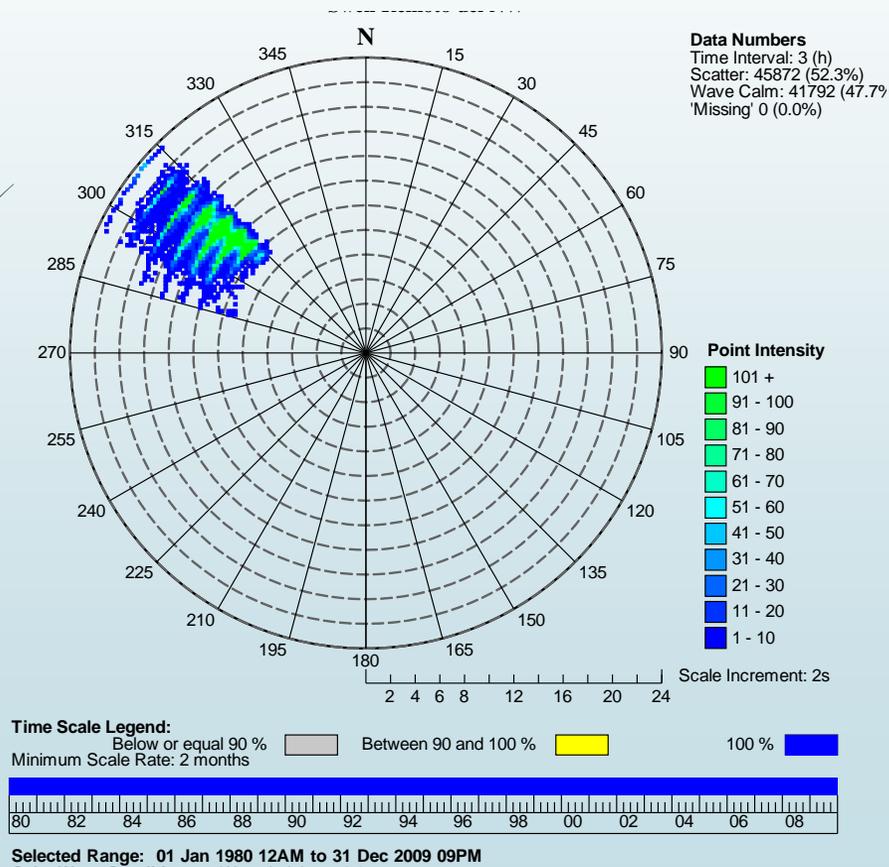
1. Aplicación del algoritmo
2. Análisis del carácter multimodal
3. Separación y reconstrucción de archivos espectrales individuales



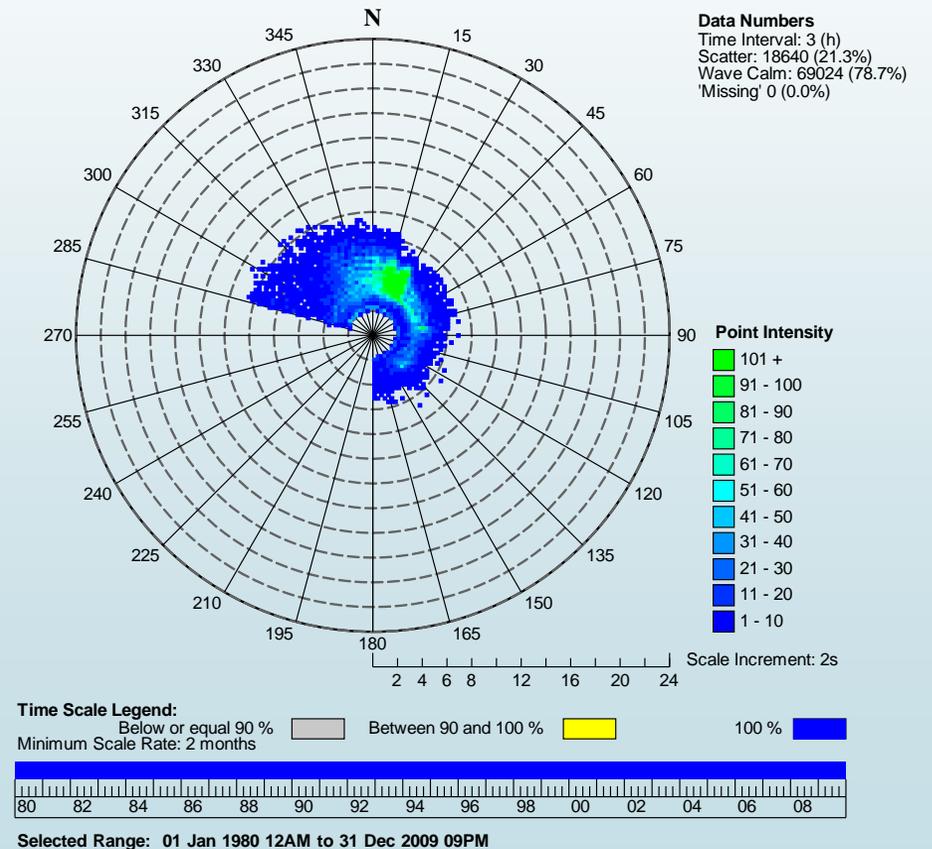
Número	Nombre del grupo	Clasificación según Dirección peak	Clasificación según Período peak
1	Swell remoto del NW	$285^\circ \leq DPK < 320^\circ$	$T_p > 11.5 s$
2	Sea y Swell cercano del SW	$180^\circ \leq DPK < 245^\circ$	$T_p \leq 9 s$
3	Swell remoto del SW	$180^\circ \leq DPK < 245^\circ$ + $245^\circ \leq DPK < 285^\circ$	$T_p > 9 s$ + Todos los períodos
4	Sea y Swell cercano del NW a E	$285^\circ \leq DPK < 320^\circ$ + $320^\circ \leq DPK < 360^\circ$ + $0^\circ \leq DPK < 180^\circ$	$T_p \leq 11.5 s$ + Todos los períodos + Todos los períodos

4- PARTICIÓN MULTIMODAL

A) SWELL REMOTO DEL NW

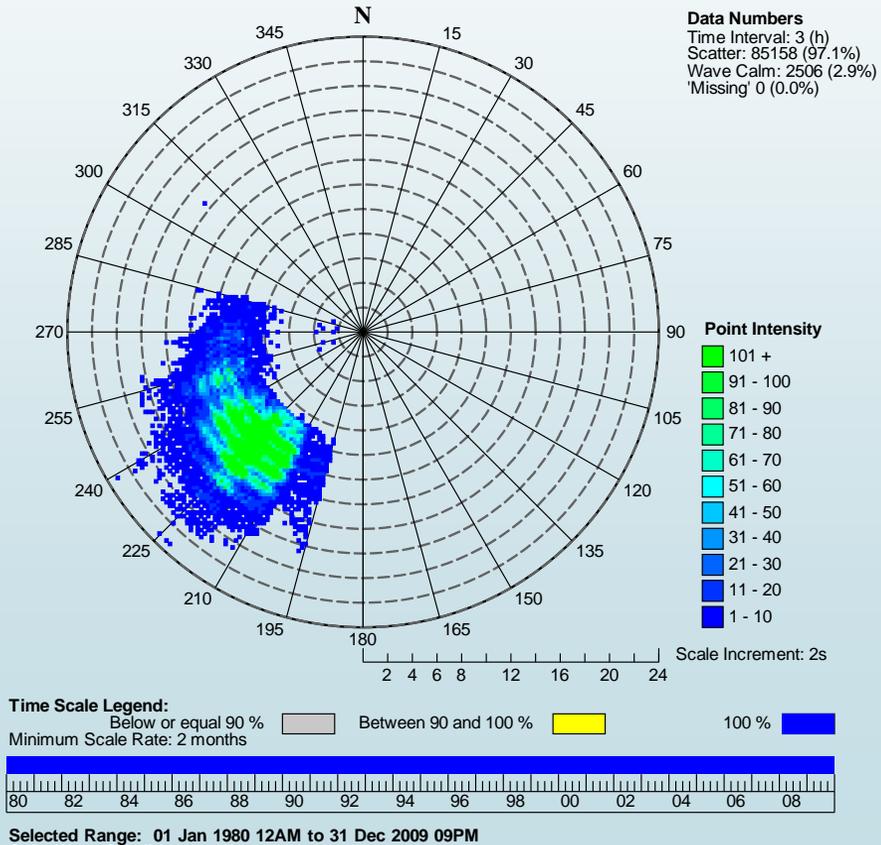


B) SEA Y SWELL CERCANO DESDE EL NW AL S

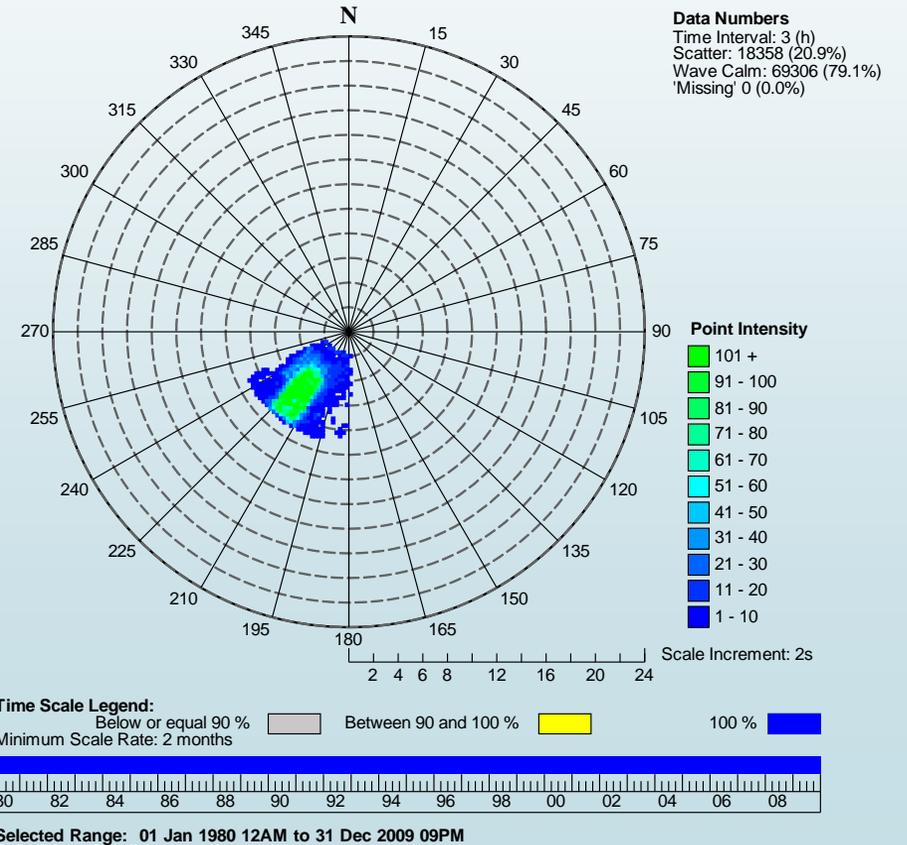


4- PARTICIÓN MULTIMODAL

C) SWELL REMOTO DEL SW y W



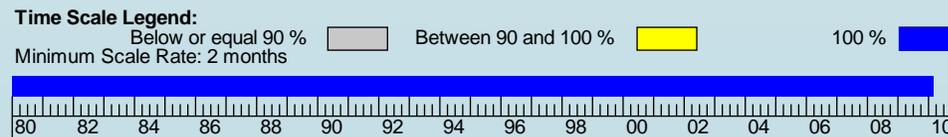
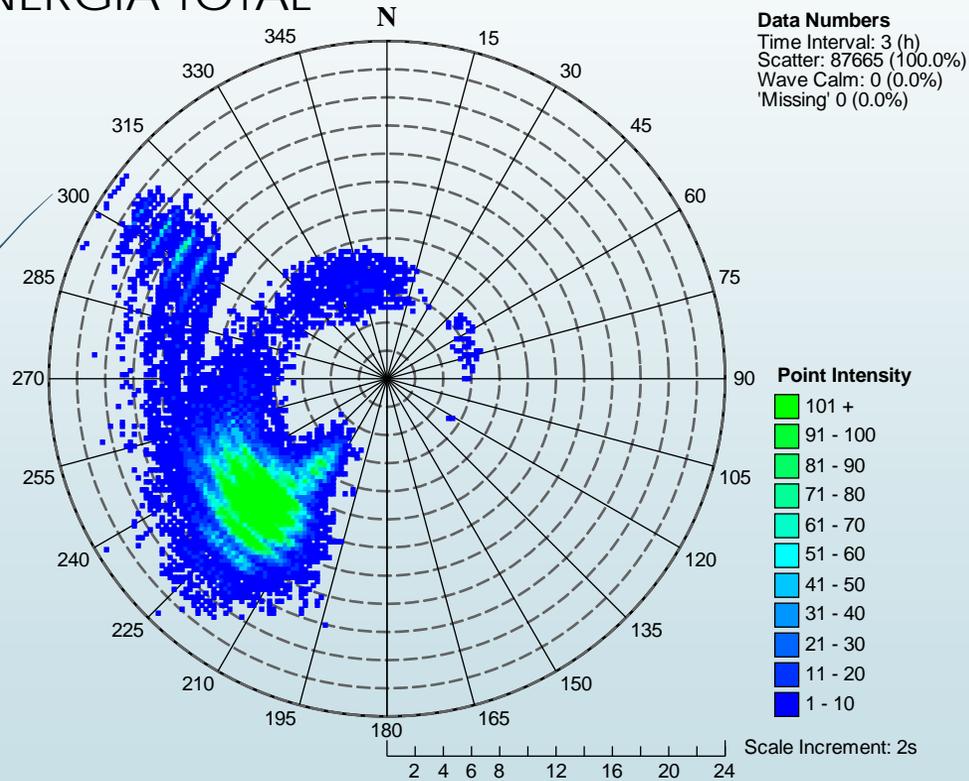
D) SEA Y SWELL CERCANO DEL SW



DISCUSIÓN: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS INTENSIDAD DE PERÍODOS

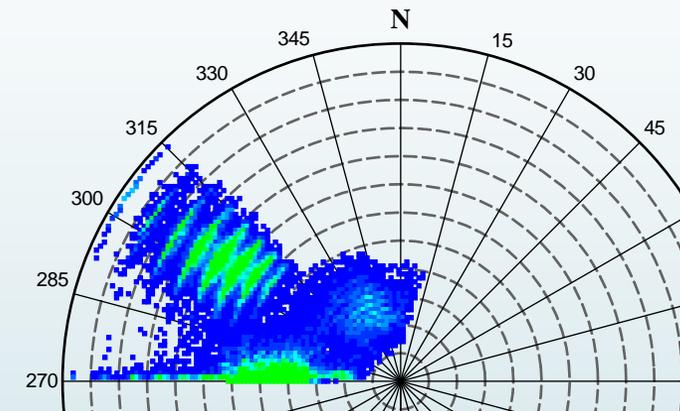
ENERGÍA TOTAL VERSUS PARTICIONES POR CUADRANTES

ENERGÍA TOTAL

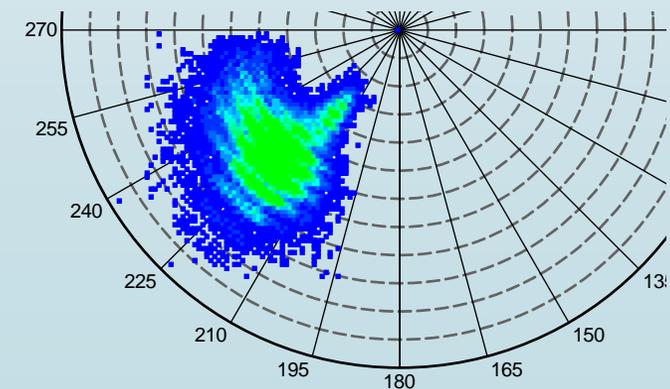


Selected Range: 01 Jan 1980 12AM to 01 Jan 2010 12AM

CUARTO CUADRANTE

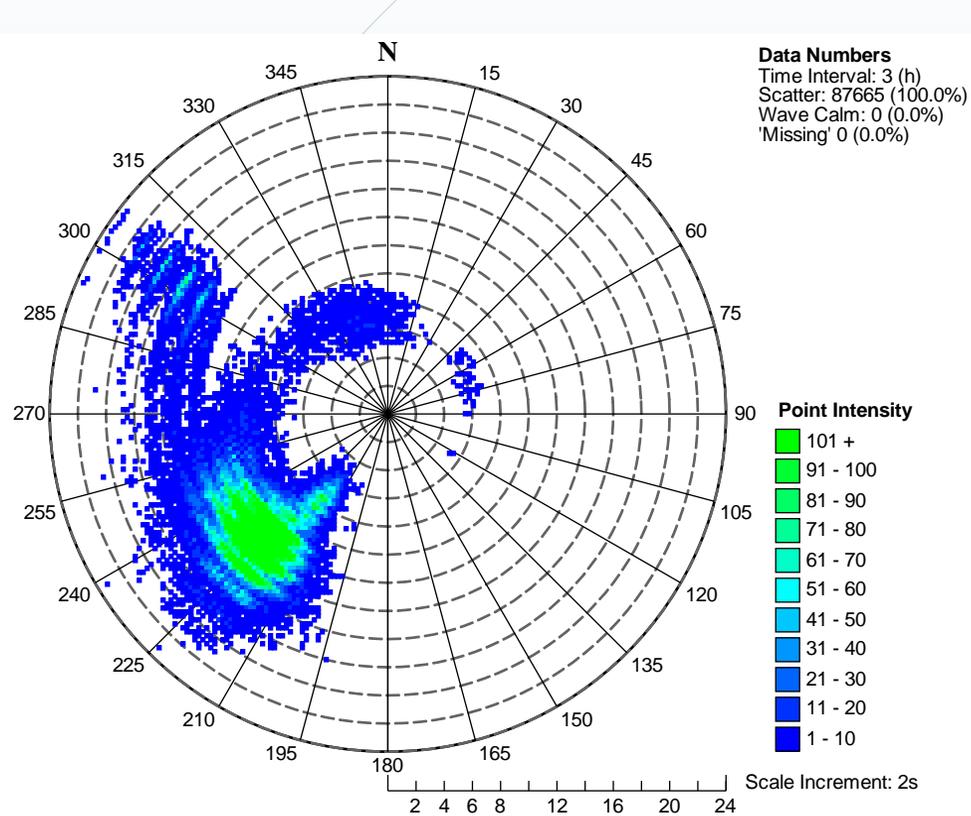


TERCER CUADRANTE



ENERGÍA TOTAL VERSUS PARTICIONES POR SECTORES

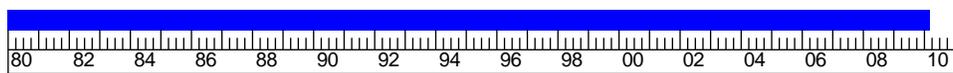
ENERGÍA TOTAL



Time Scale Legend:

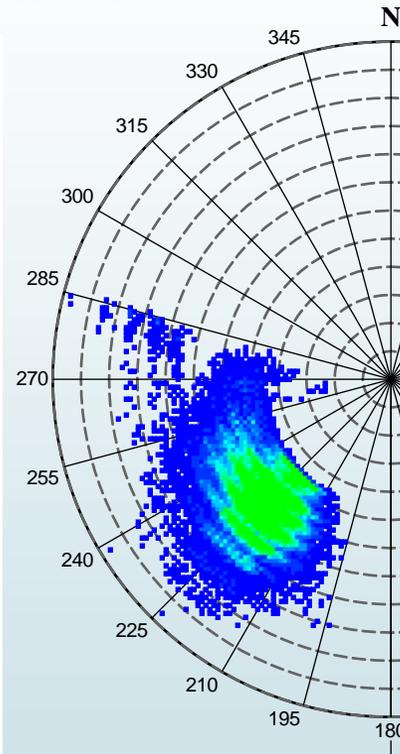
Below or equal 90 % Between 90 and 100 % 100 %

Minimum Scale Rate: 2 months

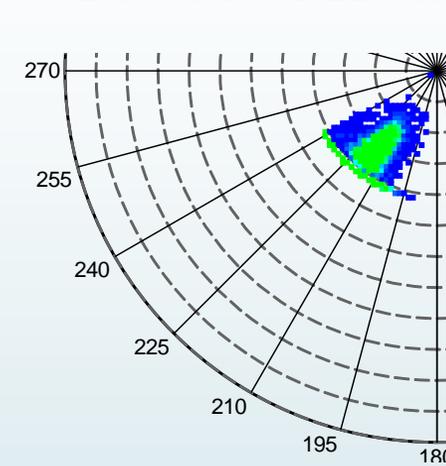


Selected Range: 01 Jan 1980 12AM to 01 Jan 2010 12AM

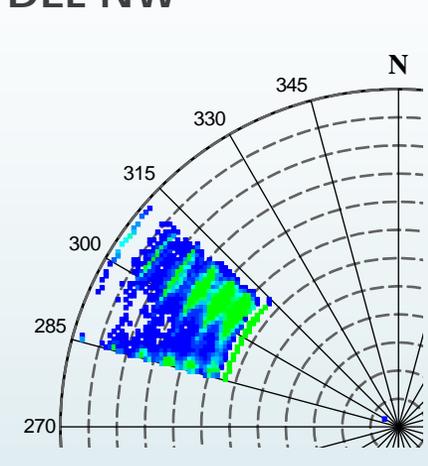
SWELL REMOTO DEL SW Y W



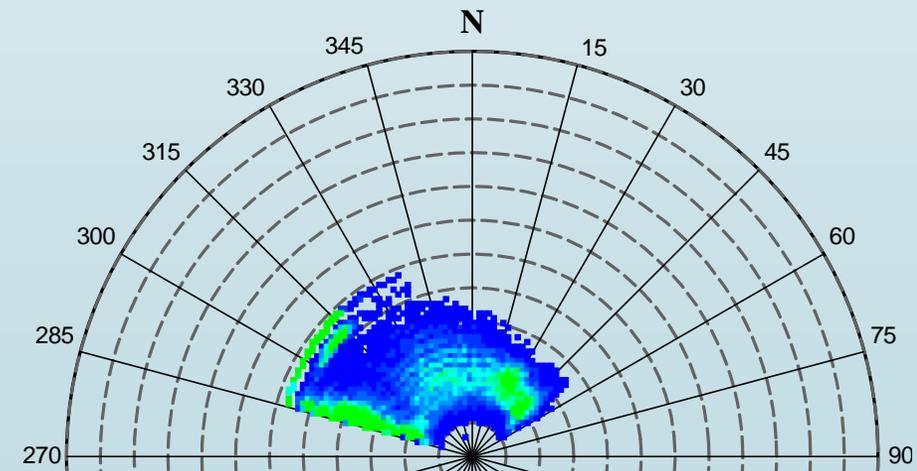
SEA Y SWELL CERCANO DEL SW



SWELL REMOTO DEL NW

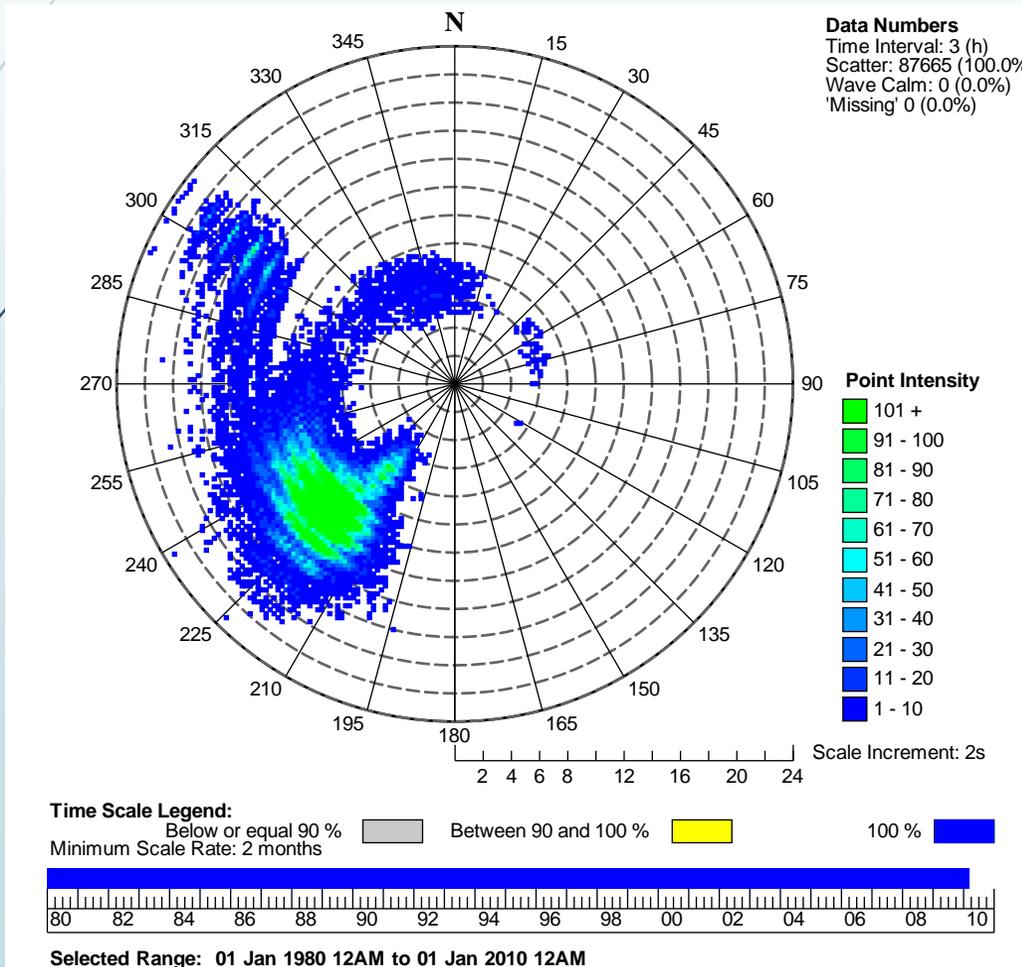


SEA Y SWELL CERCANO DEL NW A NE

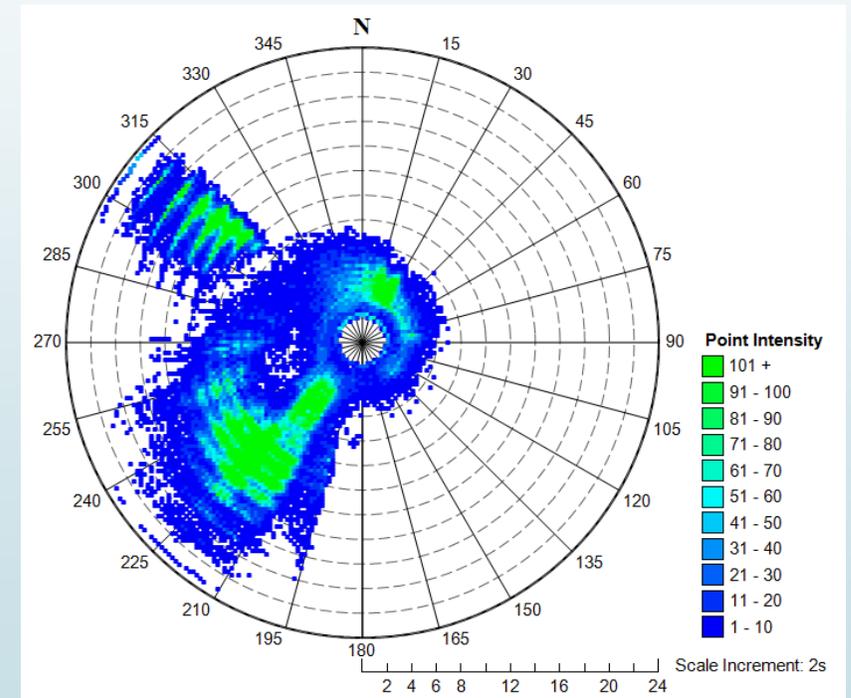


ENERGÍA TOTAL VERSUS PARTICIÓN MULTIMODAL

ENERGÍA TOTAL

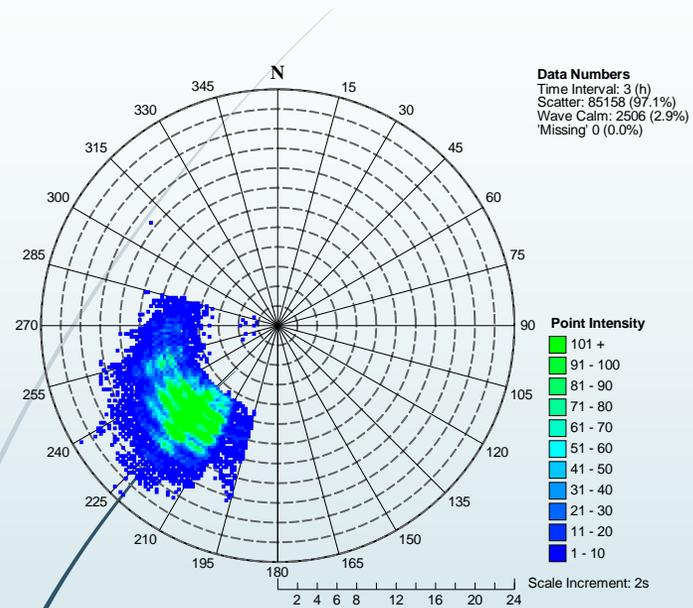


PARTICIÓN MULTIMODAL

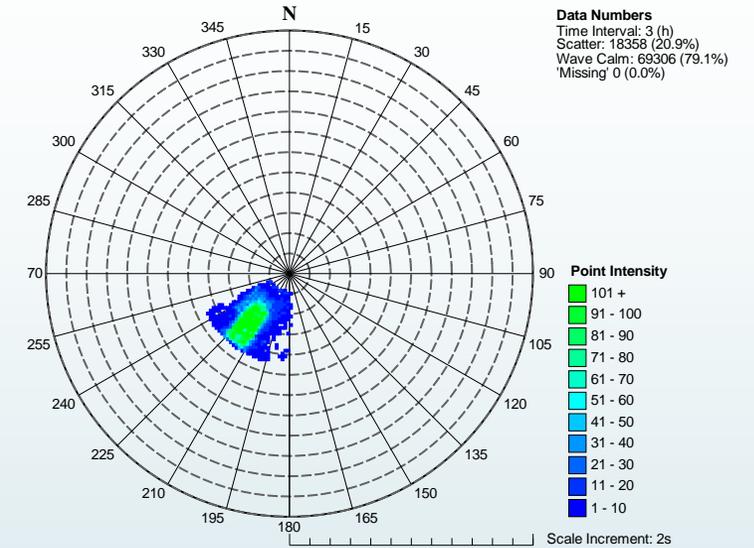


ENERGÍA TOTAL VERSUS PARTICIÓN MULTIMODAL

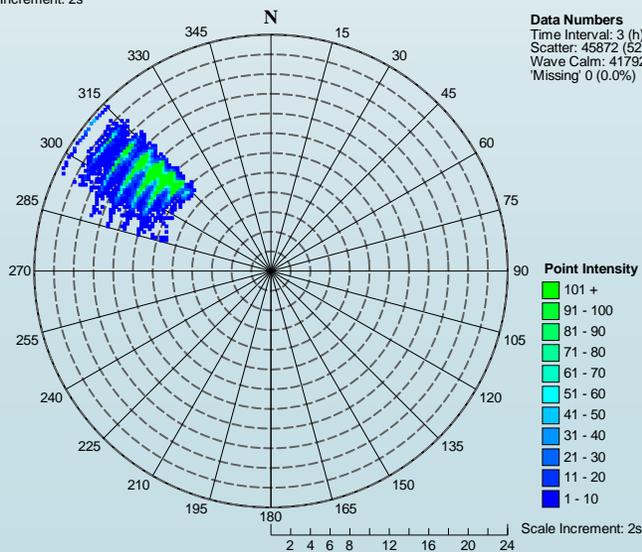
Swell Remoto del SW y W



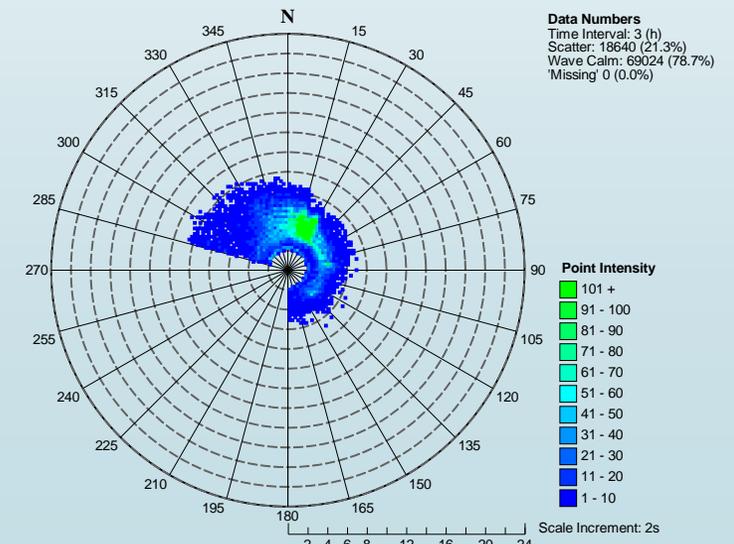
Sea y Swell cercano del SW



Swell Remoto del NW



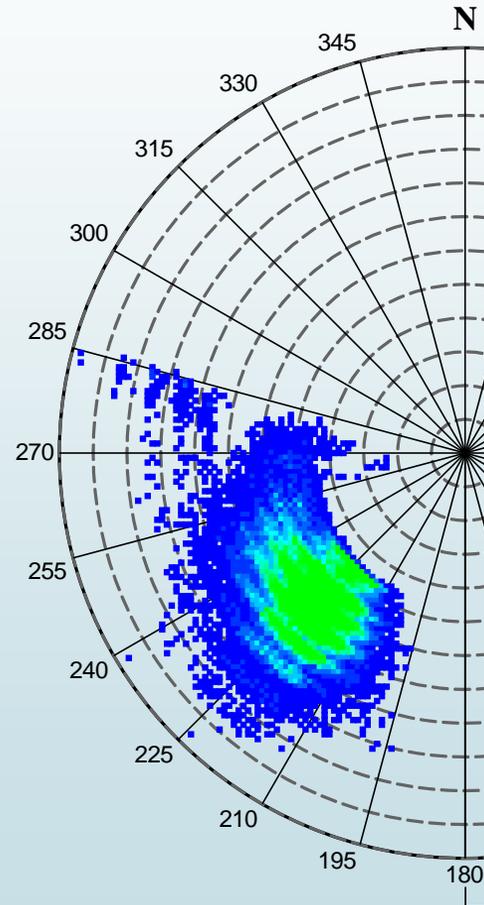
Sea y Swell cercano del NW a NE



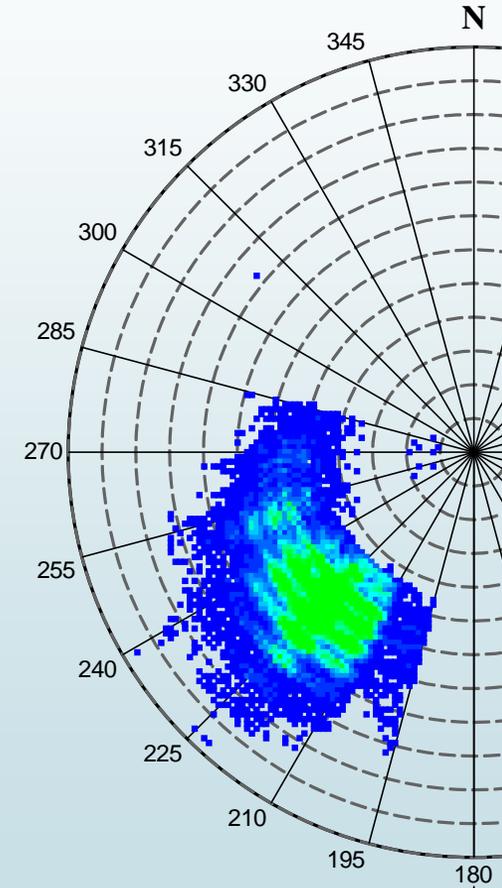
PARTICIÓN POR SECTORES VERSUS MULTIMODAL

Swell Remoto del SW y W

Partición por sectores



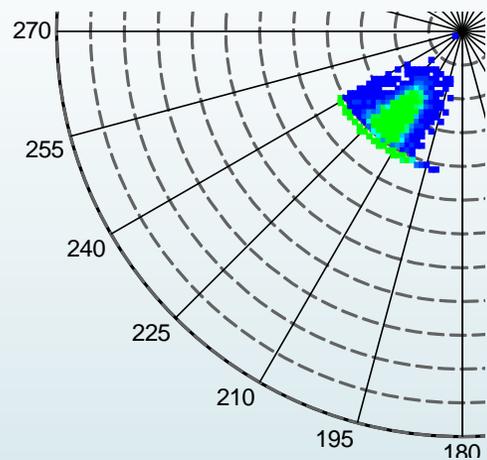
Partición multimodal



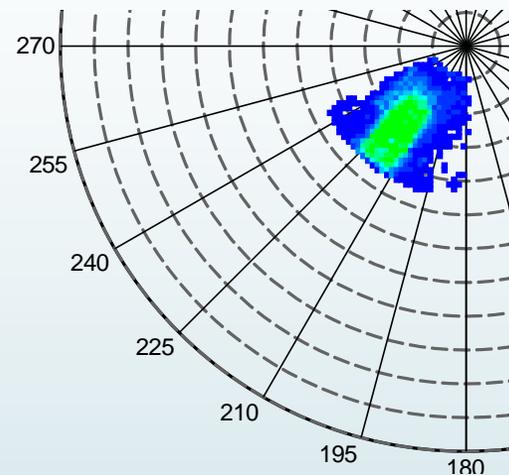
PARTICIÓN POR SECTORES VERSUS MULTIMODAL

Sea y Swell cercano del SW

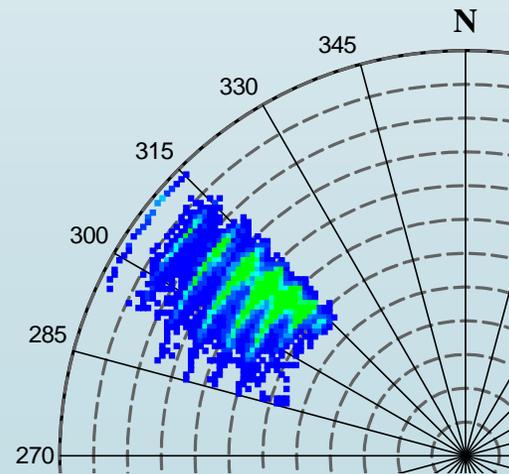
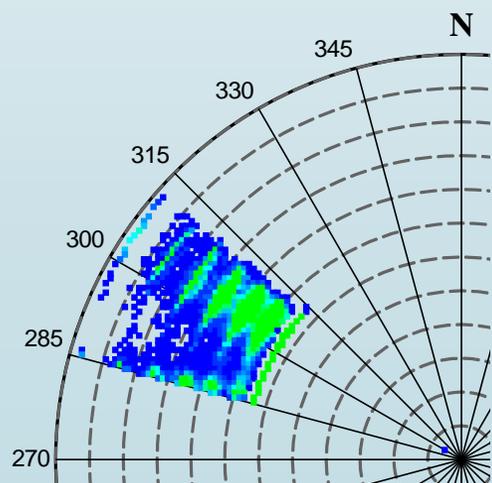
Partición por sectores



Partición multimodal

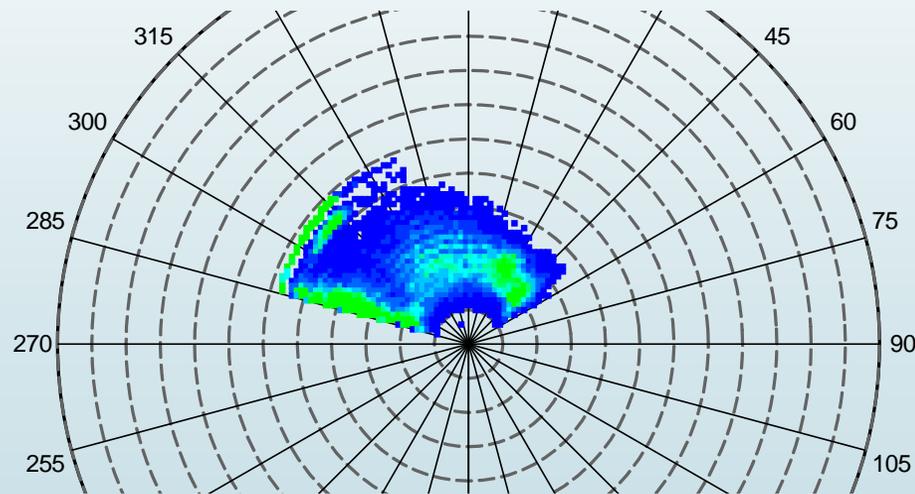


Swell Remoto del NW

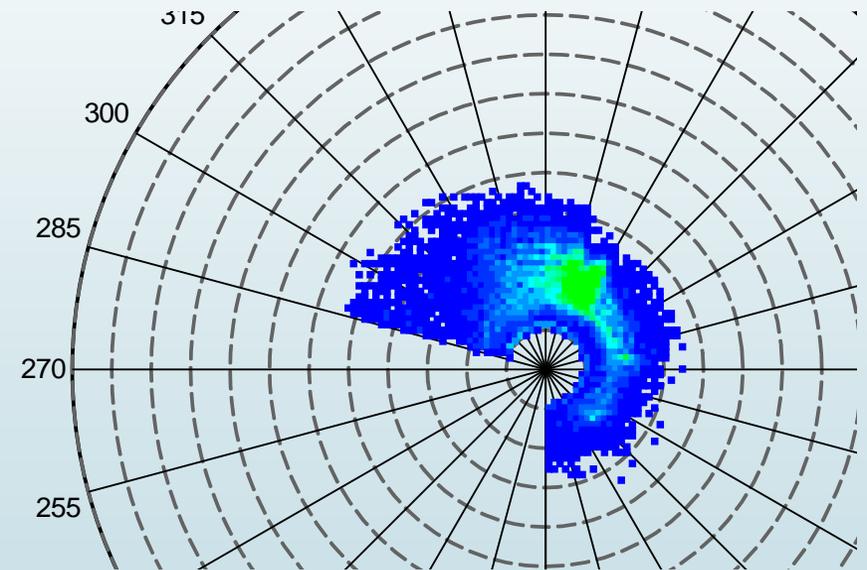


PARTICIÓN POR SECTORES VERSUS MULTIMODAL

Partición por sectores



Partición multimodal



Sea y Swell cercano del NW a S

ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS EN EL NODO VALPARAÍSO

Energía Total		Partición por Cuadrantes		Partición por sectores		Partición Multimodal	
Energía Total		Tercer Cuadrante		Swell Remoto SW		Swell Remoto SW	
Dist	EV1 (Gumbel)	Dist	Exponencial	Dist	EV1 (Gumbel)	Dist	EV1 (Gumbel)
u:	5,63	Beta	0,64	Beta	5,12	u:	5,39
alpha:	2,28	xo	4,73	xo	2,39	alpha:	1,96
		Cuarto Cuadrante		Sea y Swell Cercano SW		Sea y Swell Cercano SW	
Dist	EV1 (Gumbel)	Dist	EV1 (Gumbel)	Dist	Exponencial		
u:	4,33	u:	2,64	Beta	0,30		
alpha:	3,03	alpha:	12,94	xo	3,19		
				Swell Remoto NW		Swell Remoto NW	
				Dist	Exponencial	Dist	EV1 (Gumbel)
				Beta	0,24	u:	1,53
				xo	1,21	alpha:	3,22
				Sea y Swell Cercano NW		Sea y Swell Cercano NW	
				Dist	EV1 (Gumbel)	Dist	EV1 (Gumbel)
				Beta	4,20	u:	4,22
				xo	2,49	alpha:	2,03

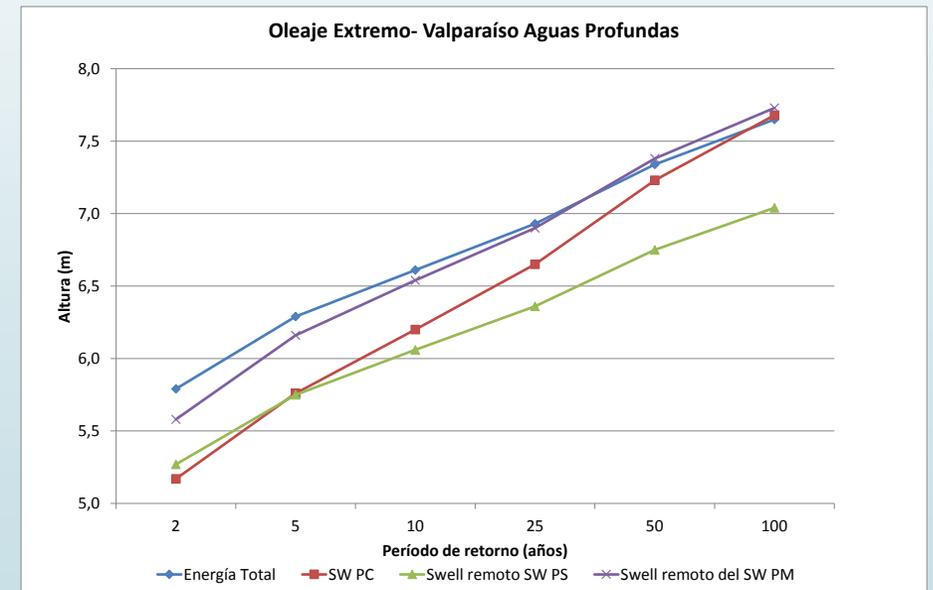
- ▶ Para la estimación de magnitudes máximas del oleaje en cada una de las series obtenidas, se aplicó el método POT.
- ▶ Para cada serie obtenida se consideró una separación entre tormentas mínima de 48 horas y una duración mínima de 24 horas.
- ▶ El umbral se definió de tal forma de obtener una lista de 30 tormentas.
- ▶ A cada lista de tormentas se escogió el mejor ajuste de distribución de probabilidad entre Exponencial y Gumbel (Valores extremos tipo I).

ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS EN EL NODO VALPARAÍSO

LISTA DE MAYORES TORMENTAS

Energía Total				PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR CUADRANTES							
				TERCER CUADRANTE SW				CUARTO CUADRANTE NW			
Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)
20-jun-97	7,36	15,5	240	20-jun-97	6,66	15,5	240	23-jul-87	5,68	10,3	317
23-jul-87	7,20	15,5	257	18-may-86	6,50	15,5	252	16-ago-05	5,20	11,9	285
18-may-86	6,97	15,5	252	24-jul-87	6,13	15,5	254	11-jun-96	5,14	10,2	318
21-jun-83	6,41	15,5	222	21-jun-83	6,05	15,5	222	29-jul-01	5,08	9,4	331
04-jul-84	6,35	16,8	240	05-jul-09	6,02	15,8	238	06-sep-97	4,94	11,4	285
16-ago-05	6,35	12,7	268	14-jul-83	5,54	17,1	219	25-jul-89	4,91	9,4	316
05-jul-09	6,33	15,8	238	13-ago-95	5,54	15,6	226	16-ago-97	4,85	9,4	333
07-jun-06	6,20	13,7	253	18-may-81	5,52	17,2	221	15-jul-82	4,81	9,9	296
27-may-86	6,17	14,4	246	29-mar-09	5,52	16,9	223	22-may-94	4,71	12,2	280
23-may-05	6,06	12,9	251	25-may-85	5,46	15,3	236	27-may-86	4,69	8,6	326
23-may-94	5,91	13,6	259	10-may-80	5,42	14,6	233	07-jun-06	4,62	11,3	282
13-ago-95	5,91	15,6	227	04-jul-84	5,41	16,8	240	15-may-86	4,60	13,5	273
25-may-85	5,72	15,3	236	10-may-05	5,32	14,5	231	20-abr-86	4,50	8,8	331
11-jun-96	5,72	10,2	319	18-jun-94	5,31	15,4	236	13-jun-00	4,50	8,8	317
30-jul-01	5,72	9,4	335	04-sep-07	5,26	16,0	236	18-jul-80	4,49	9,5	317
10-may-80	5,70	14,6	234	06-ago-08	5,22	16,5	218	11-jun-97	4,47	9,5	329
14-jul-83	5,68	17,1	219	25-abr-02	5,19	15,7	221	11-jul-87	4,45	9,3	324
15-may-86	5,67	14,0	263	07-may-93	5,17	14,7	225	19-jun-97	4,40	9,0	301
18-may-81	5,58	17,2	221	18-jun-98	5,14	17,7	225	28-jul-88	4,36	8,8	336
17-ago-97	5,54	9,4	337	22-jun-04	5,11	15,3	240	22-jul-95	4,26	12,7	277
29-mar-09	5,54	16,9	223	04-jul-98	5,08	14,8	222	23-may-05	4,26	8,5	323
18-jun-94	5,49	15,4	236	16-may-82	5,07	14,8	238	20-may-03	4,24	11,4	280
07-sep-97	5,47	11,6	281	21-abr-04	5,02	13,6	220	29-may-97	4,21	9,5	319
26-jul-89	5,43	10,2	290	08-jun-06	5,01	13,9	250	20-may-08	4,21	12,2	280
10-may-05	5,38	14,5	231	29-oct-06	5,01	16,1	229	25-may-02	4,20	11,0	298
14-ago-88	5,36	14,2	236	14-ago-88	5,00	14,2	234	28-jun-09	4,20	11,8	286
07-may-93	5,34	14,8	222	12-ago-06	4,95	14,7	236	04-jul-84	4,03	8,5	307
05-sep-07	5,33	16,0	236	16-ago-05	4,85	12,9	258	01-jul-05	4,00	11,0	281
17-may-82	5,26	14,8	238	24-oct-03	4,83	16,6	220	21-jul-04	3,92	8,5	323
06-ago-08	5,24	16,5	218	02-jul-04	4,75	14,5	227	06-ago-90	3,78	8,5	332

ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS DE TORMENTAS



LISTA DE MAYORES TORMENTAS

Energía Total				PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR CUADRANTES							
				TERCER CUADRANTE SW				CUARTO CUADRANTE NW			
Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)
20-jun-97	7,36	15,5	240	20-jun-97	6,66	15,5	240	23-jul-87	5,68	10,3	317
23-jul-87	7,20	15,5	257	18-may-86	6,50	15,5	252	16-ago-05	5,20	11,9	285
18-may-86	6,97	15,5	252	24-jul-87	6,13	15,5	254	11-jun-96	5,14	10,2	318
21-jun-83	6,41	15,5	222	21-jun-83	6,05	15,5	222	29-jul-01	5,08	9,4	331
04-jul-84	6,35	16,8	240	05-jul-09	6,02	15,8	238	06-sep-97	4,94	11,4	285
16-ago-05	6,35	12,7	268	14-jul-83	5,54	17,1	219	25-jul-89	4,91	9,4	316
05-jul-09	6,33	15,8	238	13-ago-95	5,54	15,6	226	16-ago-97	4,85	9,4	333
07-jun-06	6,20	13,7	253	18-may-81	5,52	17,2	221	15-jul-82	4,81	9,9	296
27-may-86	6,17	14,4	246	29-mar-09	5,52	16,9	223	22-may-94	4,71	12,2	280
23-may-05	6,06	12,9	251	25-may-85	5,46	15,3	236	27-may-86	4,69	8,6	326
23-may-94	5,91	13,6	259	10-may-80	5,42	14,6	233	07-jun-06	4,62	11,3	282
13-ago-95	5,91	15,6	227	04-jul-84	5,41	16,8	240	15-may-86	4,60	13,5	273
25-may-85	5,72	15,3	236	10-may-05	5,32	14,5	231	20-abr-86	4,50	8,8	331
11-jun-96	5,72	10,2	319	18-jun-94	5,31	15,4	236	13-jun-00	4,50	8,8	317
30-jul-01	5,72	9,4	335	04-sep-07	5,26	16,0	236	18-jul-80	4,49	9,5	317
10-may-80	5,70	14,6	234	06-ago-08	5,22	16,5	218	11-jun-97	4,47	9,5	329
14-jul-83	5,68	17,1	219	25-abr-02	5,19	15,7	221	11-jul-87	4,45	9,3	324
15-may-86	5,67	14,0	263	07-may-93	5,17	14,7	225	19-jun-97	4,40	9,0	301
18-may-81	5,58	17,2	221	18-jun-98	5,14	17,7	225	28-jul-88	4,36	8,8	336
17-ago-97	5,54	9,4	337	22-jun-04	5,11	15,3	240	22-jul-95	4,26	12,7	277
29-mar-09	5,54	16,9	223	04-jul-98	5,08	14,8	222	23-may-05	4,26	8,5	323
18-jun-94	5,49	15,4	236	16-may-82	5,07	14,8	238	20-may-03	4,24	11,4	280
07-sep-97	5,47	11,6	281	21-abr-04	5,02	13,6	220	29-may-97	4,21	9,5	319
26-jul-89	5,43	10,2	290	08-jun-06	5,01	13,9	250	20-may-08	4,21	12,2	280
10-may-05	5,38	14,5	231	29-oct-06	5,01	16,1	229	25-may-02	4,20	11,0	298
14-ago-88	5,36	14,2	236	14-ago-88	5,00	14,2	234	28-jun-09	4,20	11,8	286
07-may-93	5,34	14,8	222	12-ago-06	4,95	14,7	236	04-jul-84	4,03	8,5	307
05-sep-07	5,33	16,0	236	16-ago-05	4,85	12,9	258	01-jul-05	4,00	11,0	281
17-may-82	5,26	14,8	238	24-oct-03	4,83	16,6	220	21-jul-04	3,92	8,5	323
06-ago-08	5,24	16,5	218	02-jul-04	4,75	14,5	227	06-ago-90	3,78	8,5	332

En resumen:

Energía total; predominancia en invierno y dirección más frecuente de 236° N.

Partición por cuadrantes;

- Tercer Cuadrante SW, predominancia en invierno y dirección más frecuente de 236° N.
- Cuarto cuadrante NW, predominancia en invierno y dirección más frecuente de 317° N.

LISTA DE MAYORES TORMENTAS

PARTICIÓN DEL DOMINIO ESPECTRAL POR SECTORES															
SWELL REMOTO DEL SW				SEA Y SWELL CERCANO DEL SW				SWELL REMOTO DEL NW				SEA Y SWELL CERCANO DEL NW			
Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)
20-jun-97	6,75	15,5	240	15-nov-98	2,85	8,4	215	04-feb-98	2,15	17,0	304	23-jul-87	5,77	9,8	332
18-may-86	6,62	15,5	252	17-ene-86	2,84	7,8	216	10-ene-95	1,83	18,6	304	29-jul-01	5,36	9,4	337
24-jul-87	6,43	15,5	255	22-ene-00	2,84	8,4	216	30-ene-83	1,82	19,1	305	11-jun-96	5,25	9,5	341
20-jun-83	6,04	15,5	222	30-dic-86	2,81	8,4	218	07-mar-83	1,80	18,7	307	16-ago-97	5,17	9,4	338
05-jul-09	6,04	15,8	238	24-dic-85	2,79	8,4	216	27-ene-81	1,60	18,9	304	03-may-05	4,86	9,1	332
04-jul-84	5,56	16,8	240	30-ene-90	2,79	8,4	214	24-mar-83	1,60	16,8	307	11-jun-97	4,71	9,3	334
13-ago-95	5,55	15,6	226	22-dic-81	2,78	8,4	211	20-feb-98	1,60	18,7	308	20-abr-86	4,69	8,6	336
18-may-81	5,48	17,2	221	24-ene-95	2,78	8,4	216	26-dic-94	1,55	18,7	305	06-jun-06	4,68	8,8	348
14-jul-83	5,48	17,1	219	04-dic-82	2,76	8,4	215	28-feb-98	1,54	17,1	305	28-jul-88	4,60	8,6	345
25-may-85	5,46	15,3	236	19-nov-82	2,75	8,4	214	08-mar-91	1,46	17,2	305	25-jul-89	4,60	9,2	321
29-mar-09	5,42	17,2	223	21-feb-83	2,73	8,4	212	28-mar-99	1,46	19,0	305	27-may-86	4,59	8,5	330
10-may-80	5,34	14,6	233	01-feb-87	2,73	8,4	220	14-ene-02	1,45	18,6	302	09-jul-87	4,56	9,1	332
23-may-94	5,33	13,8	255	02-ene-81	2,72	8,4	212	06-ene-80	1,44	19,0	305	17-jul-80	4,50	9,2	325
16-ago-05	5,33	12,8	265	25-feb-83	2,70	8,4	214	18-feb-83	1,43	19,0	302	15-jul-82	4,47	9,0	316
08-jun-06	5,28	13,8	252	18-ene-90	2,69	8,4	215	29-dic-85	1,43	19,0	304	13-oct-97	4,44	8,8	348
18-jun-94	5,25	15,4	236	06-ene-98	2,67	8,4	215	14-dic-87	1,40	18,6	307	12-jun-00	4,38	8,7	321
04-sep-07	5,19	16,0	236	22-nov-83	2,66	8,4	212	20-dic-93	1,36	18,9	305	11-may-81	4,36	8,7	354
10-may-05	5,17	14,5	231	05-dic-86	2,66	8,4	216	21-feb-86	1,35	17,0	305	29-may-97	4,31	9,2	323
16-may-82	5,11	14,8	238	11-feb-01	2,66	8,4	214	28-ene-90	1,34	18,9	304	19-may-08	4,29	8,4	6
22-jun-04	5,10	15,3	240	29-oct-83	2,64	8,4	218	18-dic-85	1,31	18,8	301	04-jul-96	4,27	9,2	318
06-ago-08	5,06	16,5	218	11-ene-84	2,64	8,4	215	18-ene-87	1,31	18,8	301	19-jun-97	4,16	8,6	318
07-may-93	5,05	14,8	221	04-feb-82	2,63	8,4	215	09-ene-87	1,30	19,2	306	20-may-03	4,15	9,1	316
14-ago-88	5,01	14,2	236	18-nov-94	2,62	8,4	217	25-ene-01	1,30	17,4	303	22-may-94	4,08	8,4	328
13-ago-09	4,99	14,5	248	17-feb-87	2,59	7,3	220	10-abr-93	1,28	17,4	305	20-jul-04	4,04	8,3	329
18-jun-98	4,97	17,7	225	05-dic-98	2,59	8,4	213	24-ene-02	1,28	16,8	305	15-may-86	3,94	8,2	335
29-oct-06	4,92	16,1	229	20-dic-85	2,56	7,6	218	17-ene-84	1,27	17,1	305	19-may-93	3,82	8,3	333
12-ago-06	4,87	14,7	236	29-nov-98	2,55	8,4	214	20-ene-98	1,27	18,4	305	02-ago-80	3,80	8,3	344
21-abr-04	4,73	13,6	220	05-dic-99	2,55	8,4	212	15-mar-83	1,25	18,9	304	06-ago-90	3,79	8,2	338
24-oct-03	4,72	16,6	220	16-feb-82	2,54	7,7	215	20-mar-87	1,23	17,1	305	02-jul-05	3,71	7,9	343
02-jul-04	4,59	14,5	227	28-dic-01	2,50	7,8	215	10-ene-06	1,22	16,8	304	08-may-82	3,50	8,0	319

Por Sectores:

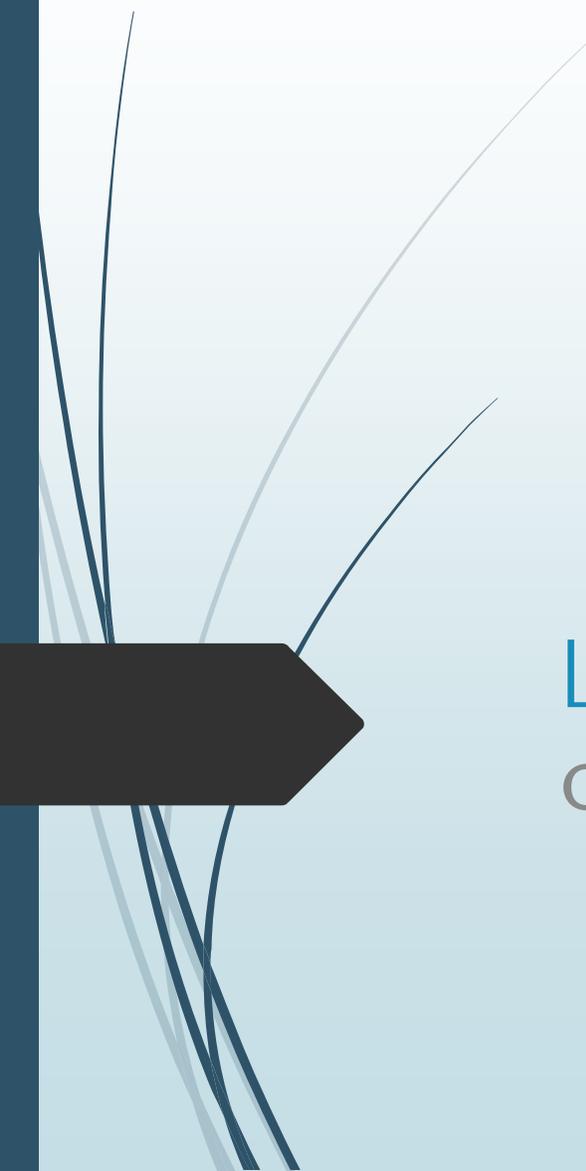
- Swell Remoto del SW y W, predominante en invierno y dirección más frecuente de 236° N.
- Sea y Swell Cercano del SW, predominante en verano y dirección más frecuente de 215° N.
- Swell Remoto del NW, predominante en verano y dirección más frecuente de 305° N.
- Sea y Swell Cercano del NW al E, predominante en Invierno y dirección más frecuente de 332° N.

LISTA DE MAYORES TORMENTAS

PARTICIÓN ESPECTRAL MULTIMODAL															
SWELL REMOTO DEL SW				SEA Y SWELL CERCANO DEL SW				SWELL REMOTO DEL NW				SEA Y SWELL CERCANO DEL NW			
Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)	Fecha del Peak	Hmo (m)	Tp (s)	DPK (°)
20-jun-97	7,36	15,5	240	16-feb-01	4,00	9,0	221	01-mar-98	2,61	15,6	310	23-jul-87	6,00	10,3	319
24-jul-87	7,19	15,5	257	12-ene-04	3,97	8,8	221	22-mar-83	2,34	16,5	311	11-jun-96	5,57	10,0	329
18-may-86	6,96	15,5	253	20-dic-85	3,96	8,8	223	20-feb-98	2,30	18,8	300	29-jul-01	5,48	9,4	335
20-jun-83	6,41	15,5	222	03-mar-96	3,69	8,7	224	10-ene-95	2,27	15,6	308	16-ago-97	5,29	9,4	337
04-jul-84	6,36	16,8	240	24-ene-00	3,65	8,2	221	20-ene-98	2,26	17,6	307	03-may-05	4,99	9,2	329
16-ago-05	6,35	12,7	269	05-ene-98	3,64	8,5	220	04-feb-98	2,20	17,0	307	20-abr-86	4,98	8,7	331
05-jul-09	6,18	15,8	239	02-feb-87	3,60	8,2	225	26-mar-93	2,12	17,1	300	10-jul-87	4,86	9,2	330
13-ago-95	5,91	15,6	225	31-ene-90	3,56	8,5	219	25-ene-81	2,07	18,7	301	06-jun-06	4,86	8,6	345
23-may-94	5,90	13,6	258	24-feb-83	3,55	8,5	214	29-ene-83	2,03	15,7	307	12-jun-00	4,84	8,8	306
25-may-85	5,72	15,3	237	20-nov-82	3,51	7,9	221	26-feb-87	1,97	20,9	308	11-jun-97	4,81	9,5	328
14-jul-83	5,69	17,1	221	17-nov-94	3,50	8,0	222	07-mar-83	1,83	19,2	310	17-jul-80	4,80	9,5	312
10-may-80	5,61	14,6	231	27-ene-99	3,49	8,5	223	22-mar-03	1,76	15,1	308	25-jul-89	4,73	9,0	326
18-may-81	5,60	17,2	222	11-ene-84	3,48	8,5	218	27-dic-94	1,57	18,7	309	28-jul-88	4,71	8,5	343
29-mar-09	5,54	16,9	224	06-dic-86	3,48	8,5	215	30-nov-99	1,57	16,9	311	29-may-97	4,68	9,6	314
08-jun-06	5,51	13,8	257	29-nov-88	3,46	8,4	222	08-mar-91	1,48	17,2	309	19-jun-97	4,58	8,4	311
18-jun-94	5,50	15,4	237	02-mar-83	3,44	8,9	213	28-mar-99	1,48	19,0	309	04-jul-96	4,49	9,3	307
26-jul-89	5,41	10,9	266	02-ene-81	3,43	8,4	215	15-ene-02	1,48	18,6	306	13-oct-97	4,47	8,8	347
15-jul-82	5,39	10,8	282	29-ene-98	3,43	8,4	219	18-feb-83	1,46	19,0	304	11-may-81	4,38	8,7	348
10-may-05	5,39	14,5	229	18-ene-86	3,42	8,2	223	06-ene-80	1,45	19,0	309	19-may-08	4,21	8,1	4
14-ago-88	5,36	14,2	236	17-feb-87	3,40	8,0	229	29-dic-85	1,45	18,9	308	20-jul-04	4,19	8,5	325
05-sep-07	5,32	16,0	236	03-dic-98	3,40	8,8	220	14-dic-87	1,42	18,6	311	12-jul-08	4,14	9,2	308
07-may-93	5,31	14,8	223	06-feb-84	3,36	8,5	218	09-nov-92	1,40	13,5	310	23-ago-96	4,07	8,3	344
16-may-82	5,26	14,8	242	30-nov-83	3,35	8,8	221	21-feb-86	1,37	17,0	308	24-jul-80	3,99	8,3	352
06-ago-08	5,24	16,5	220	04-feb-82	3,31	8,5	221	21-dic-93	1,37	19,0	310	15-jul-82	3,92	8,2	330
18-jun-98	5,19	17,7	225	22-feb-84	3,31	8,5	216	29-ene-90	1,36	18,9	308	20-ago-86	3,92	8,1	304
13-ago-09	5,14	14,5	249	25-ene-95	3,31	8,1	222	18-dic-85	1,35	18,8	303	08-ago-84	3,85	8,3	343
28-jun-00	5,06	12,9	242	18-ene-90	3,30	8,4	215	09-ene-87	1,32	19,2	311	02-ago-80	3,79	8,2	345
29-oct-06	5,04	16,1	228	31-dic-98	3,28	8,4	222	25-ene-01	1,32	17,3	307	14-may-86	3,71	7,8	337
24-oct-03	4,84	16,6	221	16-feb-81	3,27	8,2	218	10-abr-93	1,31	17,4	309	08-may-82	3,63	8,3	316
28-jun-09	4,83	12,2	278	17-dic-01	3,20	8,3	224	15-mar-83	1,30	18,9	307	02-jun-93	3,20	7,5	340

Multimodal;

- Swell Remoto del SW y W, predominante en invierno y dirección más frecuente de 240° N.
- Sea y Swell Cercano del SW, predominante en verano y dirección más frecuente de 221° N.
- Swell Remoto del NW, predominante en verano y dirección más frecuente de 308° N.
- Sea y Swell Cercano del NW al E, predominante en Invierno y dirección más frecuente de 329° N.



LISTA DE MAYORES TORMENTAS

COMPARACIÓN DE SELECCIÓN DE TORMENTAS

COMPARACIÓN DE SELECCIÓN DE TORMENTAS

Parámetro	Altura Hmo (m)		
	Energía Total	Tercer cuadrante SW	Cuarto cuadrante NW
Mínimo	5,2	4,8	3,8
Máximo	7,4	6,7	5,7
Promedio	5,9	5,4	4,5

Parámetro	Período Peak Tp (s)		
	Energía Total	Tercer cuadrante SW	Cuarto cuadrante NW
Mínimo	9,4	12,9	8,5
Máximo	17,2	17,7	13,5
Promedio	14,3	15,4	10,2

Parámetro	Dirección Peak DPK (°)		
	Energía Total	Tercer cuadrante SW	Cuarto cuadrante NW
Mínimo	218	218	273
Máximo	337	258	336
Promedio	251	232	307

- Las mayores alturas se encuentran en la energía total.
- Las alturas del tercer cuadrante SW son similares a la energía total.
- El período *peak* del tercer cuadrante SW tiene las mayores magnitudes.
- La dirección *peak* de la energía total y el tercer cuadrante SW son similares con la única diferencia que la energía total abarca una amplitud mayor de direcciones.

COMPARACIÓN DE SELECCIÓN DE TORMENTAS

Tipo de oleaje	Swell Remoto del SW								
Parámetro	Altura Hmo (m)			Período Peak Tp (s)			Dirección Peak DPK (°)		
Método de Partición	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia
Mínimo	4,6	4,8	5,0	12,8	10,8	18,5	218	220	0,9
Máximo	6,8	7,4	8,3	17,7	17,7	0,0	265	282	6,0
Promedio	5,4	5,7	5,7	15,4	15,0	2,6	235	240	2,4

Tipo de oleaje	Sea y Swell Cercano del SW								
Parámetro	Altura Hmo (m)			Período Peak Tp (s)			Dirección Peak DPK (°)		
Método de Partición	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia
Mínimo	2,5	3,2	21,9	7,3	7,9	7,6	211	213	0,9
Máximo	2,9	4,0	28,8	8,4	9,0	6,7	220	229	3,9
Promedio	2,7	3,5	23,0	8,3	8,4	2,1	215	220	2,3

Tipo de oleaje	Swell Remoto del NW								
Parámetro	Altura Hmo (m)			Período Peak Tp (s)			Dirección Peak DPK (°)		
Método de Partición	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia
Mínimo	1,2	1,3	6,2	16,8	13,5	24,4	301	300	0,3
Máximo	2,2	2,6	17,6	19,2	20,9	8,1	308	311	1,0
Promedio	1,5	1,7	14,8	18,2	17,8	2,2	305	308	1,0

Tipo de oleaje	Sea y Swell Cercano del NW								
Parámetro	Altura Hmo (m)			Período Peak Tp (s)			Dirección Peak DPK (°)		
Método de Partición	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia	Por sectores	Multimodal	% Diferencia
Mínimo	3,5	3,2	9,4	7,9	7,5	5,3	6	4	50,0
Máximo	5,8	6,0	3,8	9,8	10,3	4,9	354	352	0,6
Promedio	4,4	4,5	1,7	8,8	8,8	0,0	321	318	1,0

Swell Remoto del SW:

- Las alturas son de mayor magnitud con el método de separación multimodal.
- Los períodos son similares (2,6% diferencia).
- Las direcciones son similares (2,4% diferencia).

Sea y Swell Cercano del SW:

- En la partición multimodal se obtienen alturas y períodos mayores.
- Las direcciones se mantienen similares.

Swell Remoto de NW:

- Alturas por separación multimodal son mayores.
- Los períodos son similares (2,2% diferencia).
- Las direcciones se mantienen similares.

Sea y Swell Cercano del NW:

- Prácticamente los resultados son similares.

ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS DE TORMENTAS

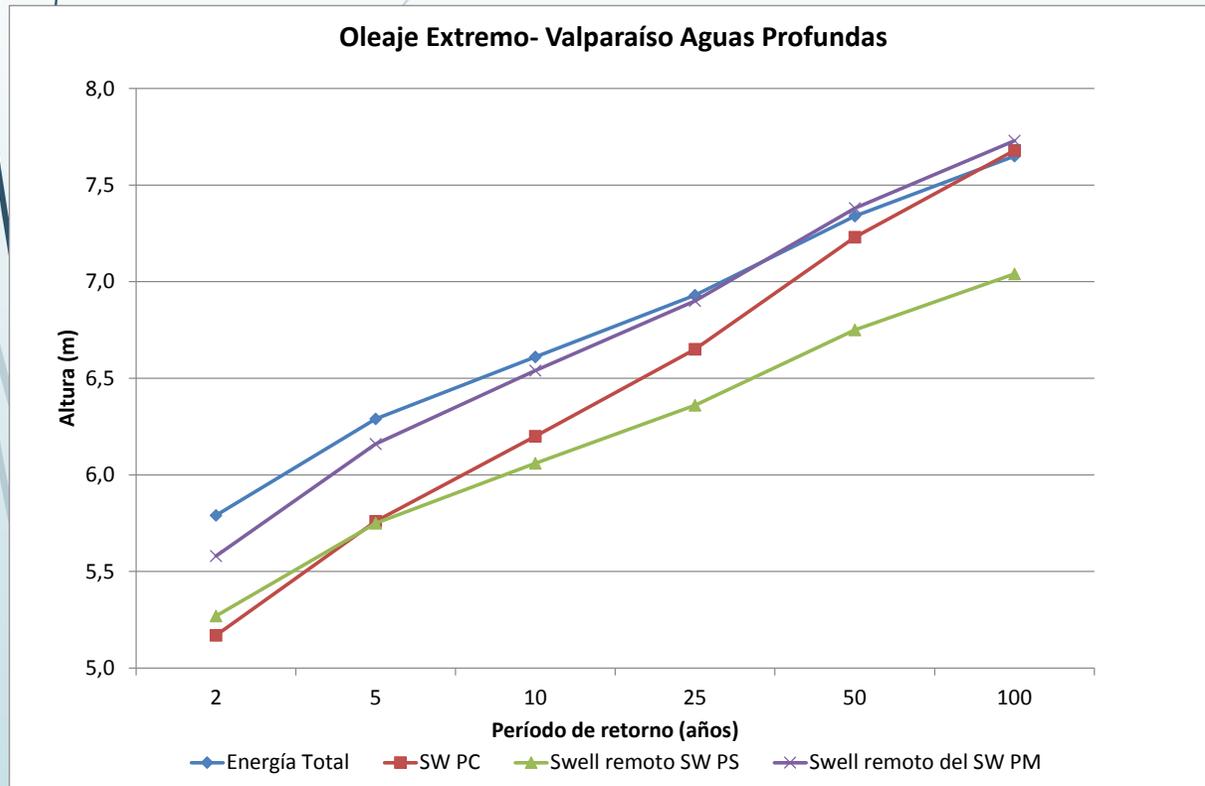
TERCER CUADRANTE

CUARTO CUADRANTE

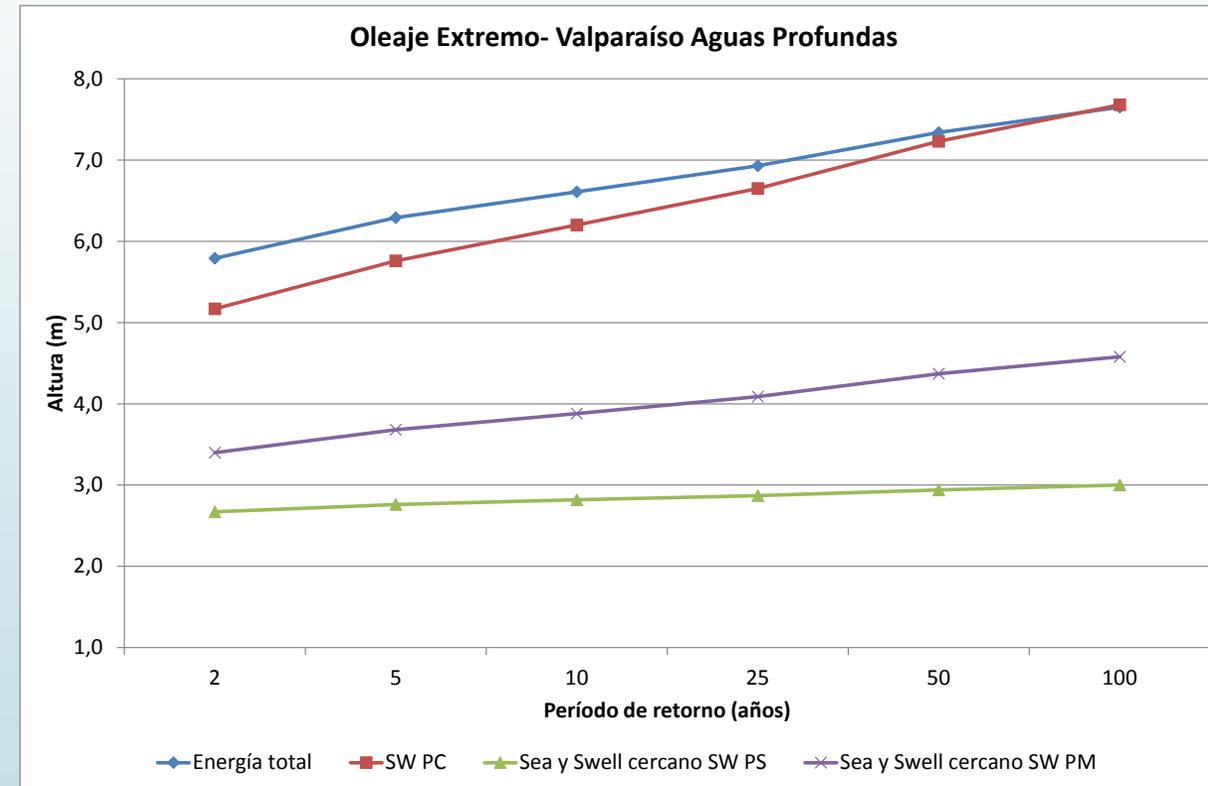
Método	Periodo de Retorno	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
1- Energía Total	Cálculo Superior	5,98	6,60	7,04	7,47	8,03	8,46
	Cálculo Promedio	5,79	6,29	6,61	6,93	7,34	7,65
	Cálculo Inferior	5,60	5,97	6,19	6,39	6,65	6,84
2- Partición del dominio espectral por cuadrantes	<i>2.1 Tercer cuadrante SW</i>						
	Cálculo Superior	5,33	6,14	6,74	7,35	8,16	8,76
	Cálculo Promedio	5,17	5,76	6,20	6,65	7,23	7,68
	Cálculo Inferior	5,01	5,38	5,66	5,94	6,31	6,59
	<i>2.2 Cuarto cuadrante NW</i>						
	Cálculo Superior	4,60	5,07	5,40	5,72	6,14	6,46
	Cálculo Promedio	4,45	4,83	5,08	5,31	5,62	5,85
	Cálculo Inferior	4,31	4,59	4,75	4,91	5,10	5,24
	3- Partición del dominio espectral por sectores	<i>3.1 Swell Remoto del SW</i>					
Cálculo Superior		5,45	6,05	6,47	6,88	7,41	7,81
Cálculo Promedio		5,27	5,75	6,06	6,36	6,75	7,04
Cálculo Inferior		5,09	5,44	5,65	5,85	6,09	6,28
<i>3.2 Sea y Swell Cercano del SW</i>							
Cálculo Superior		2,70	2,81	2,89	2,97	3,07	3,14
Cálculo Promedio		2,67	2,76	2,82	2,87	2,94	3,00
Cálculo Inferior		2,64	2,70	2,74	2,78	2,82	2,86
<i>3.3 Swell Remoto del NW</i>							
Cálculo Superior		1,44	1,74	1,98	2,21	2,51	2,74
Cálculo Promedio		1,38	1,60	1,77	1,94	2,16	2,33
Cálculo Inferior		1,32	1,46	1,57	1,67	1,81	1,92
<i>3.4 Sea y Swell cercano del NW</i>							
Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Cálculo Superior	4,52	5,09	4,59	5,88	6,39	6,78	
Cálculo Promedio	4,34	4,80	5,10	5,39	5,76	6,04	
Cálculo Inferior	4,17	4,51	4,71	4,89	5,13	5,30	
4- Partición multimodal	<i>4.1 Swell Remoto del SW</i>						
	Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
	Cálculo Superior	5,80	6,52	7,04	7,53	8,18	8,67
	Cálculo Promedio	5,58	6,16	6,54	6,90	7,38	7,73
	Cálculo Inferior	5,36	5,79	6,04	6,27	6,58	6,80
	<i>4.2 Sea y Swell Cercano del SW</i>						
	Cálculo Superior	3,48	3,85	4,14	4,43	4,81	5,09
	Cálculo Promedio	3,40	3,68	3,88	4,09	4,37	4,58
	Cálculo Inferior	3,32	3,50	3,63	3,76	3,94	4,07
	<i>4.3 Swell Remoto del NW</i>						
	Cálculo Superior	1,78	2,22	2,53	3,23	3,23	3,52
	Cálculo Promedio	1,64	1,99	2,23	2,74	2,74	2,95
Cálculo Inferior	1,52	1,77	1,92	2,25	2,25	2,38	
<i>4.4 Sea y Swell Cercano del NW</i>							
Parámetro	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Cálculo Superior	4,61	5,32	5,81	6,29	6,92	7,39	
Cálculo Promedio	4,40	4,96	5,33	5,68	6,14	6,49	
Cálculo Inferior	4,19	4,60	4,85	5,08	5,37	5,58	

TERCER CUADRANTE

OLEAJE REMOTO



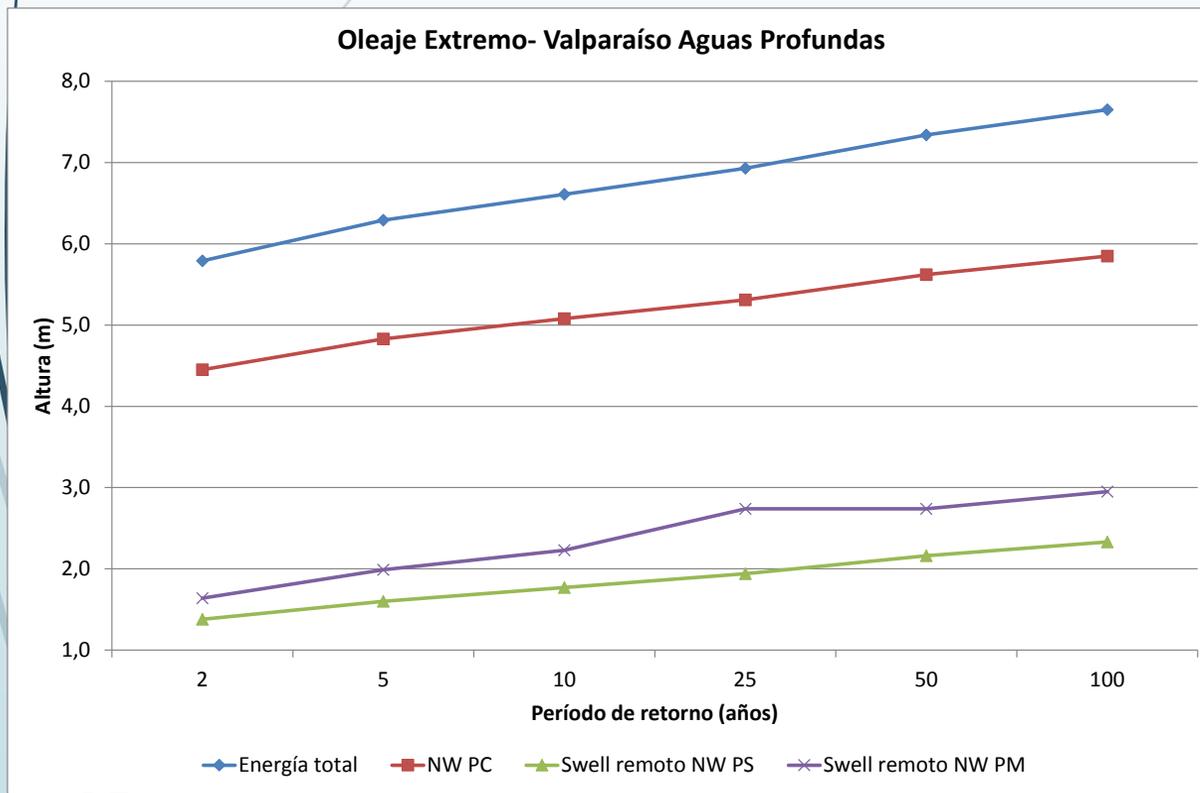
OLEAJE CERCANO



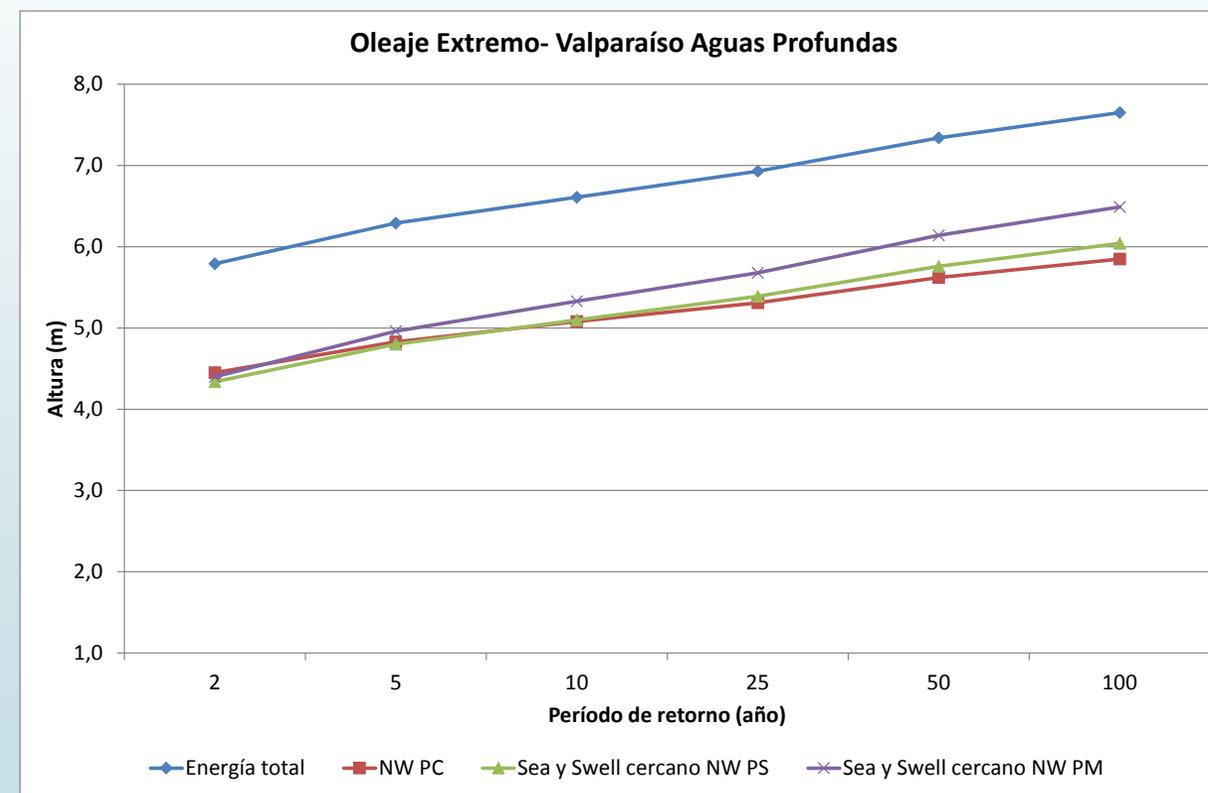
Energía Total, Partición por Cuadrantes (PC), Partición por Sectores (PS) y Partición Multimodal (PM),

CUARTO CUADRANTE

OLEAJE REMOTO



OLEAJE CERCANO



Energía Total, Partición por Cuadrantes (PC), Partición por Sectores (PS) y Partición Multimodal (PM),

CONCLUSIONES

- La implementación del algoritmo para la partición multimodal de espectro se logró con éxito. Esto facilita el proceso de análisis de una gran cantidad de datos en un tiempo relativamente corto.
- Al analizar los resultados de esta implementación, se puede llegar a la conclusión de que las agrupaciones del oleaje del nodo Valparaíso son identificadas más fácilmente, siendo más precisa el análisis del carácter multimodal del oleaje considerando que se trata de un período de 30 años.
- Al tener los grupos de oleaje claramente identificados, según sus características y dirección de incidencia sobre el nodo, es posible obtener el clima de oleaje extremo específico para cada uno de estos grupos.
- En general, los resultados obtenidos con la partición multimodal muestran alturas mayores que con otros métodos, ya que se considera de forma más precisa la energía de cada *peak* en el proceso de partición. Por definición la energía total dará las mayores alturas, sin embargo, este es un criterio conservador, pero razonablemente preciso para períodos de retornos de 50 y 100 años y uso en ingeniería.
- Si se desea diferenciar las componentes del oleaje para aplicarlos en la determinación de la altura de oleaje de diseño, se llega la conclusión de que el método más preciso para completar esta tarea es el utilizar la partición multimodal del dominio espectral, debido a que por medio de éste conserva la energía original de cada *peak* presentes en cada estado de mar del nodo Valparaíso.

CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de valores extremos y las comparaciones de los diferentes métodos implementados; y considerando que la mayor parte de las bahías de las costas chilenas están protegidas por el oleaje que incide desde el SW en aguas profundas y directamente expuestas del oleaje que proviene del NW, se destaca lo siguiente:
 - No es recomendable utilizar por ningún motivo la partición espectral por sectores ya que subestima para todo los casos las magnitudes de alturas en función de los períodos de retorno, por el efecto de truncar espectros.
 - La utilización de la energía total es un método conservador, sin embargo, con esta no es posible considerar la incidencia de otras direcciones, sólo es representativa del oleaje del SW.
 - La partición espectral por cuadrantes podría ser utilizado para algunos casos ya que subestima ligeramente las magnitudes del oleaje proveniente del SW para período de retorno mayores a 50 años y sobre estima las magnitudes para el oleaje proveniente del NW (sólo para el caso del oleaje tipo remoto). En el caso del oleaje cercano del cuarto cuadrante posee las menores magnitudes en comparación al resto de los métodos, subestimando las alturas.
 - El método de separación espectral multimodal es el más preciso, ya que no trunca la energía espectral de cada constituyente presente en un estado de mar, por lo que representa de forma adecuada todos los tipos de oleajes incidentes en aguas profundas de la bahía de Valparaíso.
 - Las estimaciones de alturas con la partición multimodal para el tercer cuadrante son muy similares a las obtenidas por la energía total.



RECOMENDACIONES PARA LA INGENIERÍA

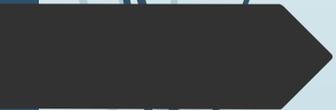
- ▶ La partición multimodal es la más precisa, sin embargo otros métodos podrían ser usados:
- ▶ Energía total para sitios expuestos al oleaje proveniente del SW.
- ▶ En los casos de sitios protegidos del SW y expuestos al NW, se recomienda a utilizar la partición por cuadrantes, considerando la dirección más desfavorable, que es más conservador.
- ▶ No se recomienda en ningún caso utilizar el método de partición espectral por sectores debido a que siempre subestima las magnitudes de altura.

“

SÓLO SÉ QUE NADA SÉ

”

SÓCRATES





¡MUCHAS GRACIAS!