



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE



MEMORIA DEL PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

DISEÑO MUELLE TURÍSTICO PUERTO WILLIAMS

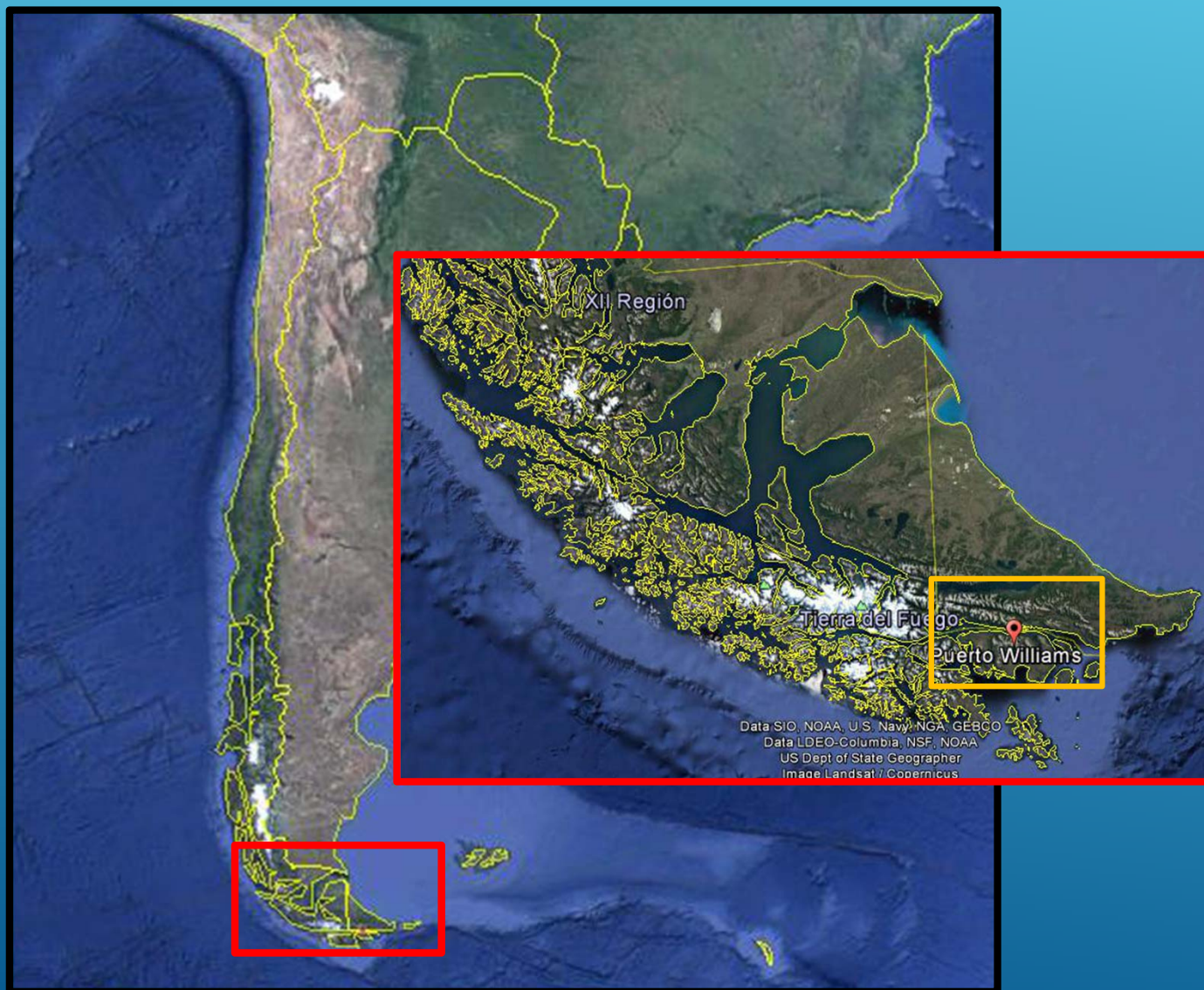
FELIPE ANDRÉS RIFO OSORIO

MARZO 2017

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Objetivos
3. Metodología y Resultados
 - Batimetría
 - Corrientes
 - Vientos
 - Marea
 - Oleaje
 - Generación de Oleaje
4. Bases de Diseño
5. Track de Navegación
6. Presupuestos y Costos
7. Conclusiones y recomendaciones

1. INTRODUCCIÓN



Actividades económicas relevantes

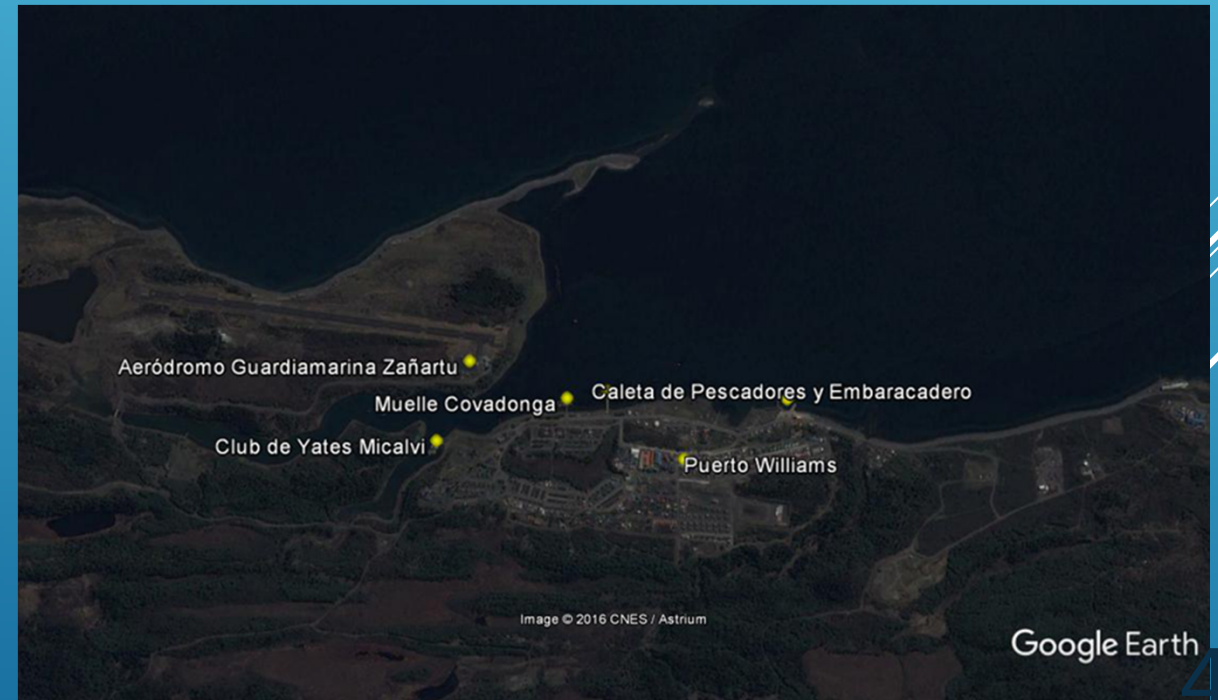
- Turismo
- Pesca

Muelles de Atraque

- Muelle Guardián Brito
- Muelle Covadonga
- Muelle Caleta de Pescadores

Población

- 2.200 habitantes (CENSO 2002)



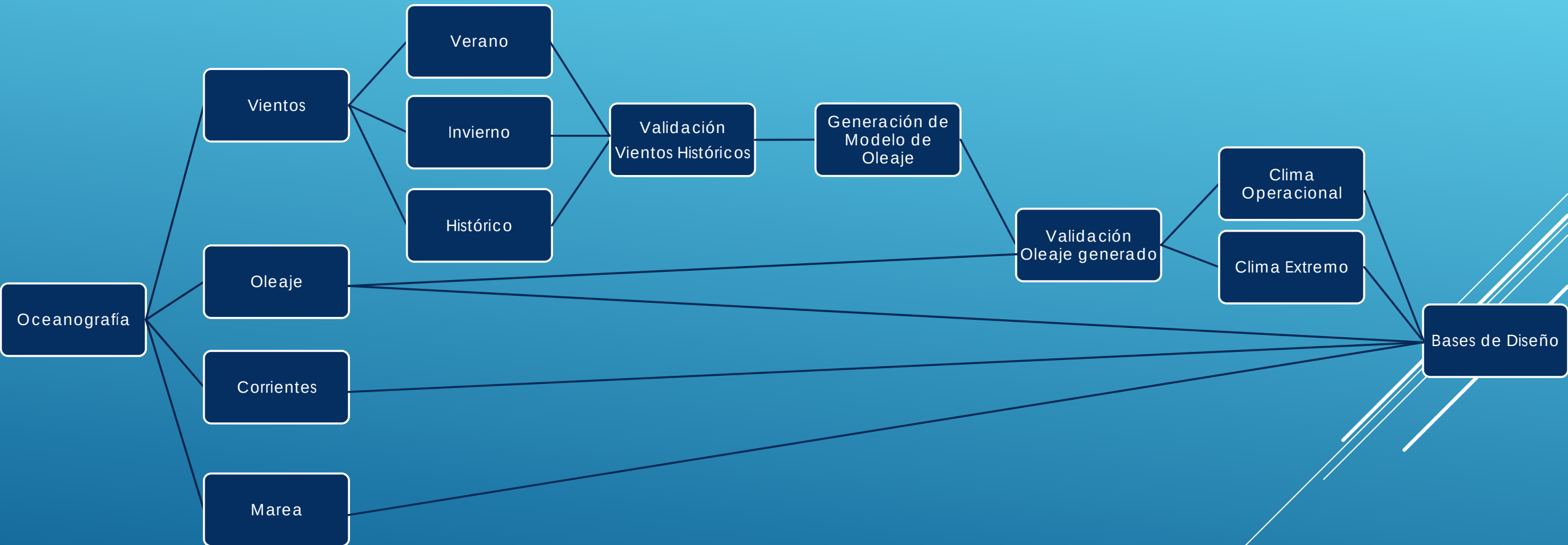
2. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar a nivel conceptual una infraestructura portuaria en Puerto Williams, que cumpla con las condiciones necesarias para el atraque de una nave de diseño tipo Crucero Holland América.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

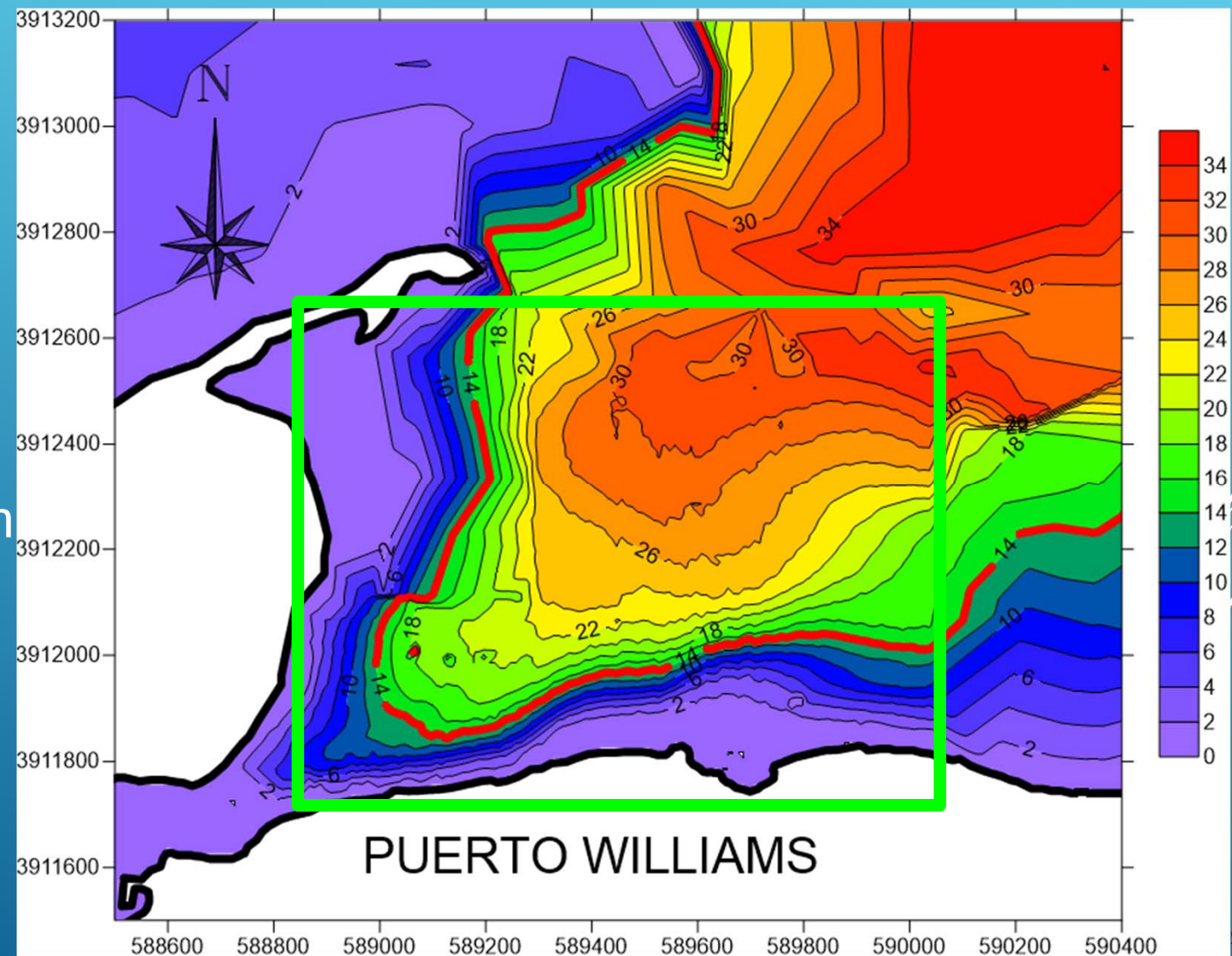
- Realizar una caracterización oceanográfica del área de estudio, incluyéndose en esta caracterización análisis de vientos, corriente y marea.
- Analizar los vientos históricos en el sector de interés, con una data obtenida del Explorador Eólico de la Universidad de Chile.
- Analizar oleaje medido “insitu”.
- Realizar la generación de oleaje por vientos, y validar con data “insitu”.
- Proponer un diseño conceptual del muelle asociado a la infraestructura portuaria
- Brindar una recomendación del track para la navegación, para la ejecución de la faena de atraque.



3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

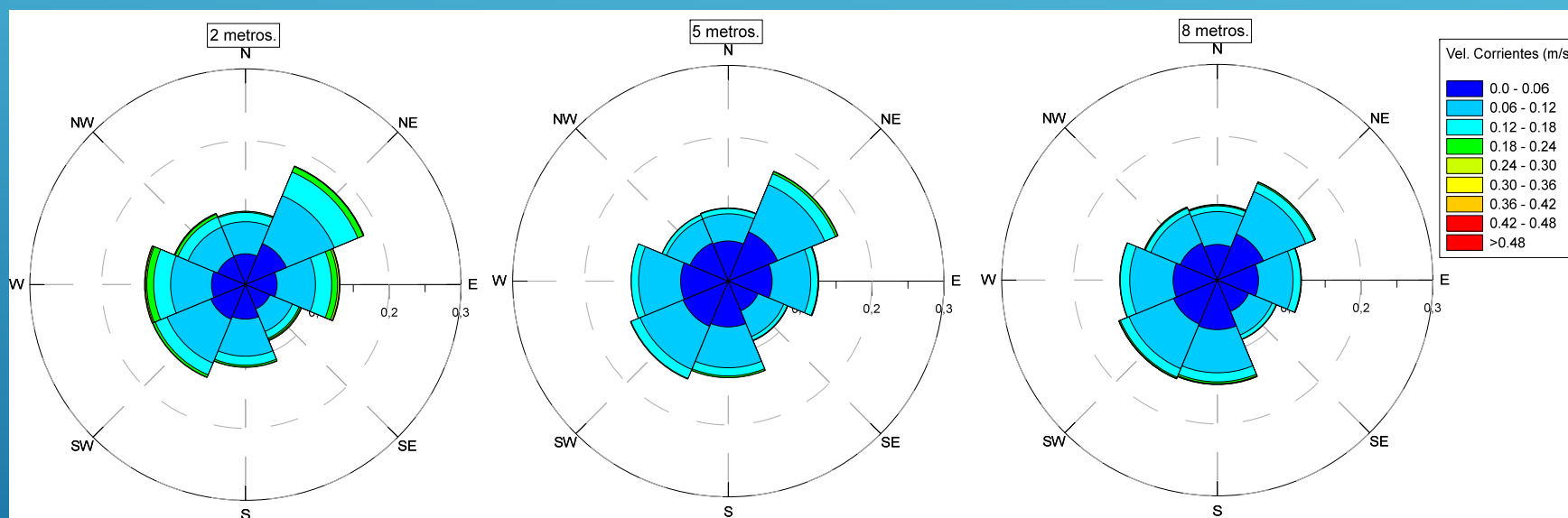
1. Batimetría.

- Carta Náutica
- Batimetría de precisión



2. Corrientes.

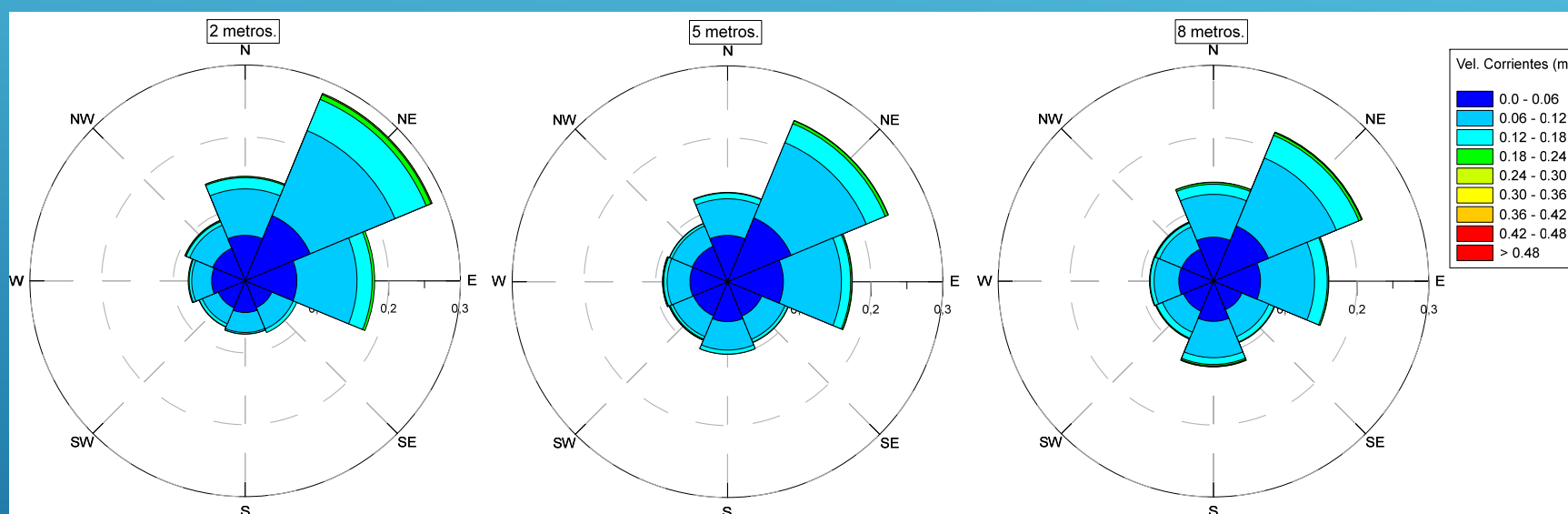
- Eulerianas Verano



Celda	Magnitudes de corriente (m/s)		Dirección (º)	
	Intervalo	Frecuencia	Intervalo	Frecuencia
2 m.	0,06 - 0,12	42,3%	NE	17,8%
5 m.	0,0 - 0,06	49,1%	NE	16,5%
8 m.	0,0 - 0,06	47,6%	NE; SW	14,9%

2. Corrientes.

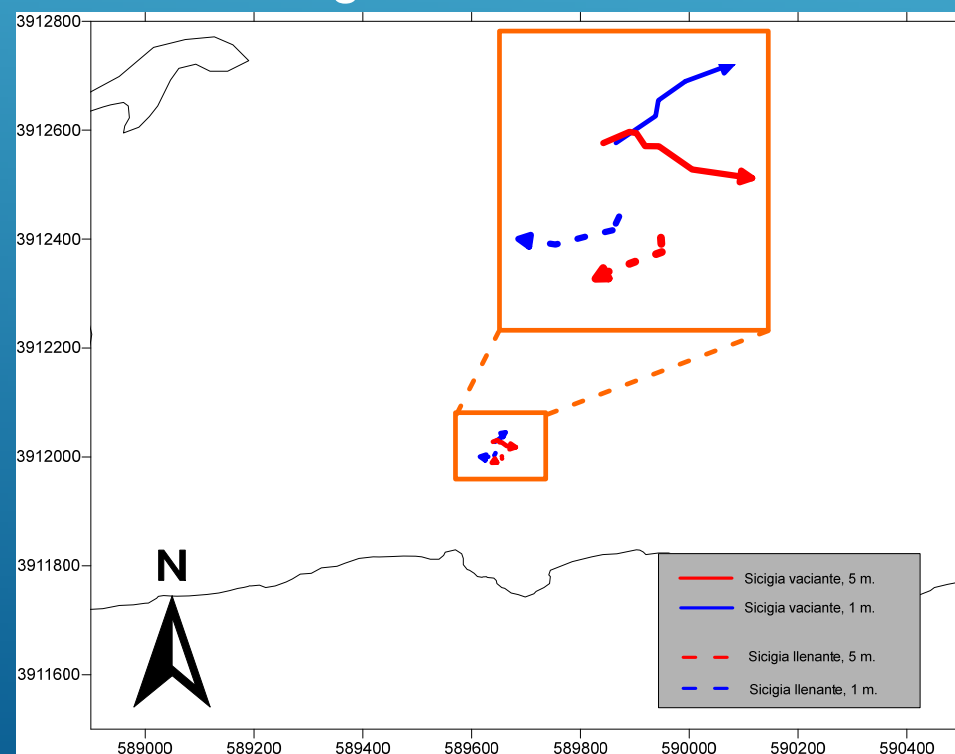
- Eulerianas Invierno



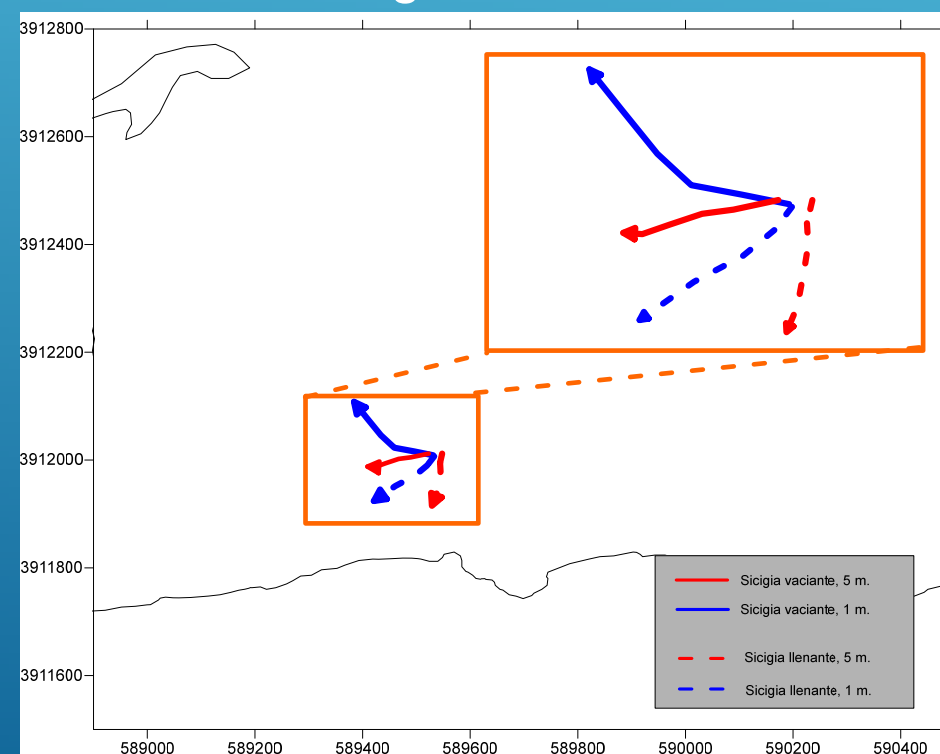
Celda	Magnitudes de corriente (m/s)		Dirección (°)	
	Intervalo	Frecuencia	Intervalo	Frecuencia
2 m.	0,0 - 0,06	45,4%	NE	28,2%
5 m.	0,0 - 0,06	50,2%	NE	24,3%
8 m.	0,0 - 0,06	45,0%	NE	22,4%

2. Corrientes.

- Lagrangianas
- Sicigia Verano



Sicigia Invierno





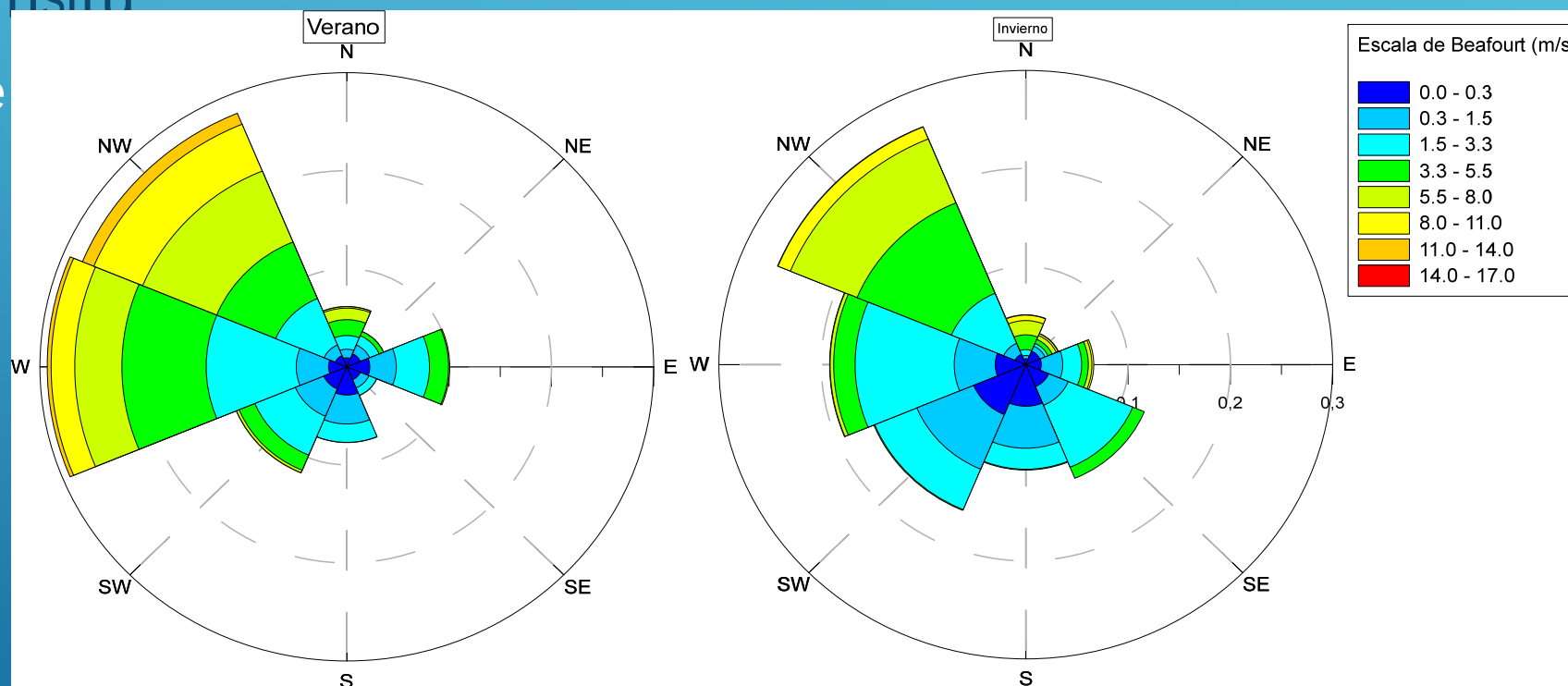
3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS



3. Vientos

3.1 Vientos Insitu

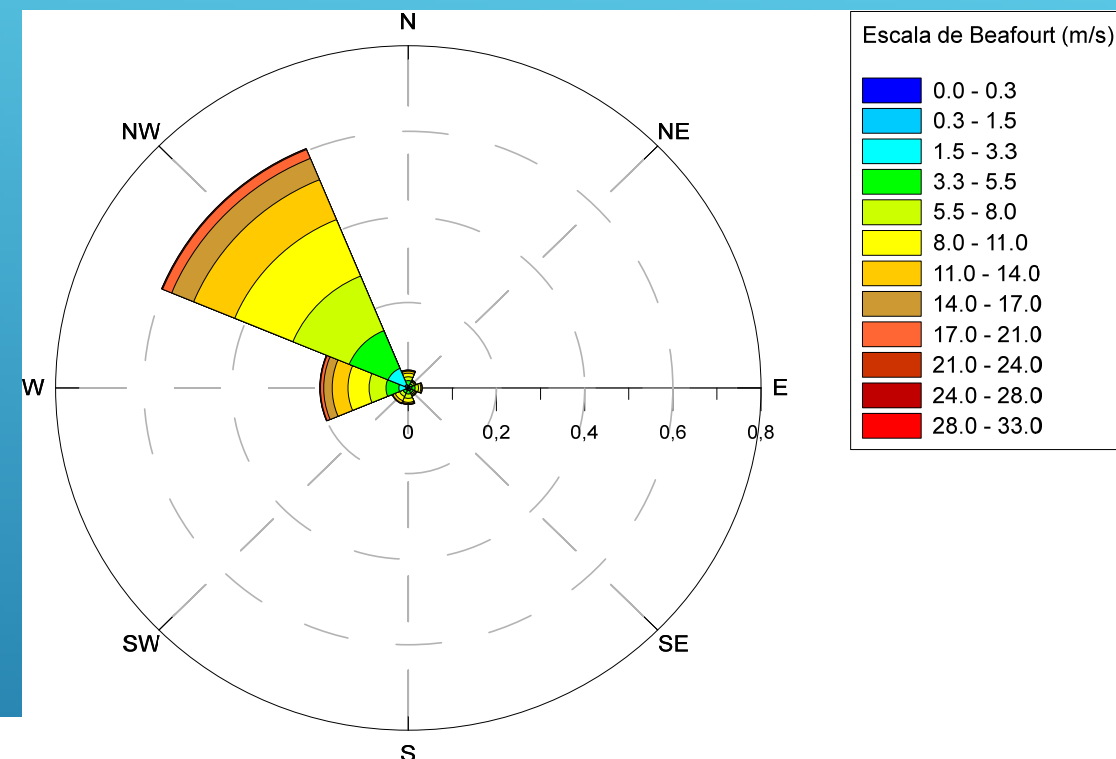
- Ve



Campaña	Intensidades vientos (m/s)		Dirección (º)	
	Intervalo	Frecuencia	Intervalo	Frecuencia
Verano	1,6 - 3,3	26,6%	W	29,3%
	3,3 - 5,5	20,1%	NW	28,0%
Invierno	1,6 - 3,3	31,4%	W	26,3%
	0,3 - 1,5	20,6%	NW	19,2%

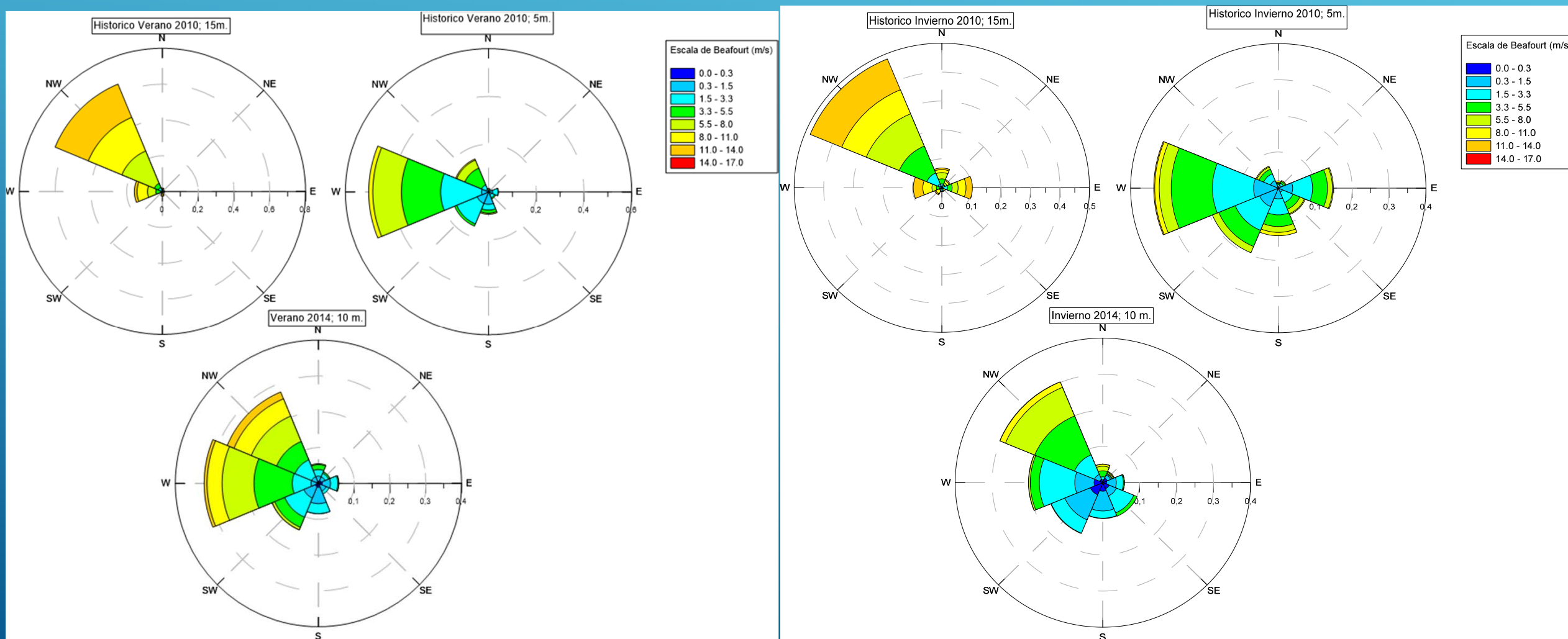
3.1. Vientos Históricos.

- Explorador Eólico de la Universidad de Chile
 - Simulación numérica de las condiciones de viento y densidad del aire
 - Realizadas por el modelo WRF (Weather Research and Forecasting)



Dirección (°)	Intervalos escala de Beaufort (m/s)														Total	Frec %
	Intervalos	0 - 0.2	0.3 - 1.5	1.6 - 3.3	3.4 - 5.4	5.5 - 7.9	8.0 - 10.7	10.8 - 13.8	13.9 - 17.1	17.2 - 20.7	20.8 - 24.4	24.5 - 28.5	28.6 - 32.6	32.7 - 36.4		
N		11	7	39	94	78	74	41	9	13	2	0	0	0	368	4,21%
NE		7	4	32	53	40	23	9	5	1	0	0	0	0	174	1,99%
E		9	14	50	61	68	45	22	6	2	0	0	0	0	277	3,17%
SE		7	7	48	47	30	24	15	4	4	0	0	0	0	186	2,13%
S		5	4	42	71	89	81	23	14	7	2	0	0	0	338	3,87%
SW		7	11	35	60	75	93	52	9	5	1	0	0	0	348	3,98%
W		27	21	139	255	336	417	313	168	64	9	3	2	0	1754	20,08%
NW		35	41	358	833	1207	1249	881	471	196	20	1	0	0	5292	60,57%
Total		108	109	743	1474	1923	2006	1356	686	292	34	4	2	0	8737	100,00%
Frec %		1,24%	1,25%	8,50%	16,87%	22,01%	22,96%	15,52%	7,85%	3,34%	0,39%	0,05%	0,02%	0,00%		100,00%

3.1. Vientos Históricos.

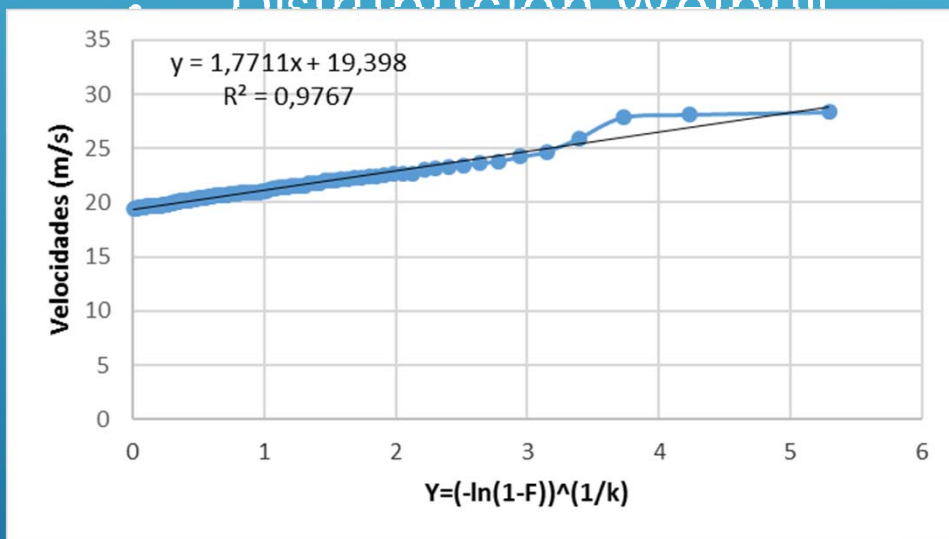




3.1. Vientos Históricos.

- Análisis Extremal

Distribución Weibull

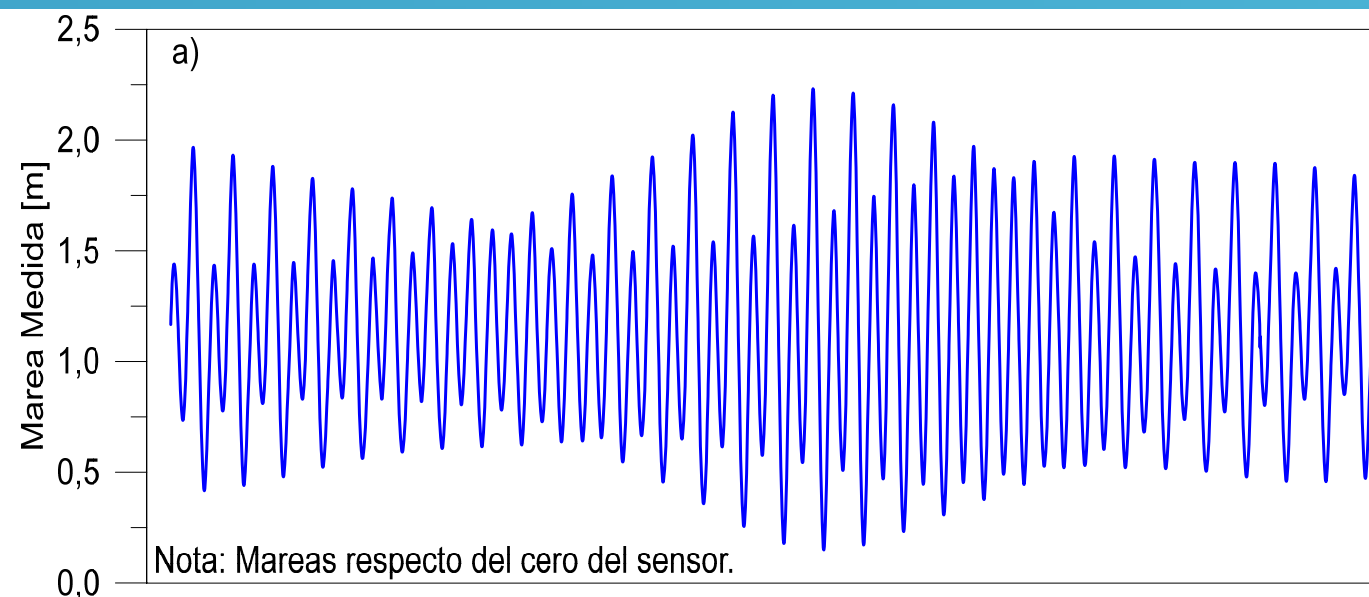


Periodo de Retorno	
Tr (años)	Intensidad (m/s)
2	28,87
3	29,59
4	30,10
5	30,49
6	30,81

Nº	Valores Extremos (m/s)	Nº	Valores Extremos (m/s)	Nº	Valores Extremos (m/s)	Nº	Valores Extremos (m/s)	Nº	Valores Extremos (m/s)
1	28,34	22	22,19	43	20,94	64	20,40	85	19,75
2	28,12	23	22,04	44	20,92	65	20,37	86	19,74
3	27,85	24	22,03	45	20,91	66	20,32	87	19,73
4	25,96	25	22,00	46	20,88	67	20,31	88	19,71
5	24,71	26	21,86	47	20,87	68	20,25	89	19,69
6	24,25	27	21,83	48	20,82	69	20,24	90	19,68
7	23,82	28	21,76	49	20,80	70	20,24	91	19,68
8	23,66	29	21,57	50	20,77	71	20,22	92	19,66
9	23,45	30	21,56	51	20,75	72	20,21	93	19,66
10	23,24	31	21,53	52	20,73	73	20,13	94	19,65
11	23,11	32	21,52	53	20,70	74	20,12	95	19,65
12	23,00	33	21,46	54	20,66	75	20,07	96	19,64
13	22,70	34	21,45	55	20,66	76	20,02	97	19,61
14	22,69	35	21,39	56	20,64	77	20,02	98	19,60
15	22,65	36	21,35	57	20,62	78	19,94	99	19,59
16	22,60	37	21,30	58	20,61	79	19,88	100	19,53
17	22,48	38	21,13	59	20,57	80	19,88	101	19,53
18	22,45	39	21,11	60	20,54	81	19,86	102	19,51
19	22,33	40	21,05	61	20,46	82	19,83	103	19,48
20	22,23	41	20,99	62	20,43	83	19,83	104	19,47
21	22,22	42	20,95	63	20,41	84	19,82	105	19,42



4. Marea.



- Régimen de Marea: M2, K1, K2, O1, S1, N2
- Courtier 0,49 = Régimen mixto semidiurno

Constituyente	Frecuencia (cph)	Amplitud (cm)	Fase (°)
MSF	0,002822	0,0782	290,65
2Q1	0,035706	0,0107	300,6
*Q1	0,037219	0,0381	342,88
*O1	0,038731	0,15	13,79
NO1	0,040269	0,0135	171,53
*K1	0,041781	0,2115	79,09
J1	0,043293	0,0035	49,39
OO1	0,044831	0,0139	278,78
UPS1	0,046343	0,0036	135,68
*N2	0,078999	0,1652	112,1
*M2	0,080511	0,546	155,57
*S2	0,083333	0,0683	188,81
ETA2	0,085074	0,0001	34,21
MO3	0,119242	0,0023	216,35
*M3	0,120767	0,0041	187,78
*MK3	0,122292	0,0053	230,23
*SK3	0,125114	0,0104	340,64
MN4	0,159511	0,0026	352,91
*M4	0,161023	0,0092	342,13
*MS4	0,163845	0,0046	77,75
*S4	0,166667	0,0056	174,85
2MK5	0,202804	0,0043	148,85
*2SK5	0,208447	0,0142	22,08
*2MN6	0,240022	0,0054	75,58
*M6	0,241534	0,0087	118,23
*2MS6	0,244356	0,0065	208,84
2SM6	0,247178	0,0035	178,63
3MK7	0,283315	0,0011	244,29
*M8	0,322046	0,0039	282,28

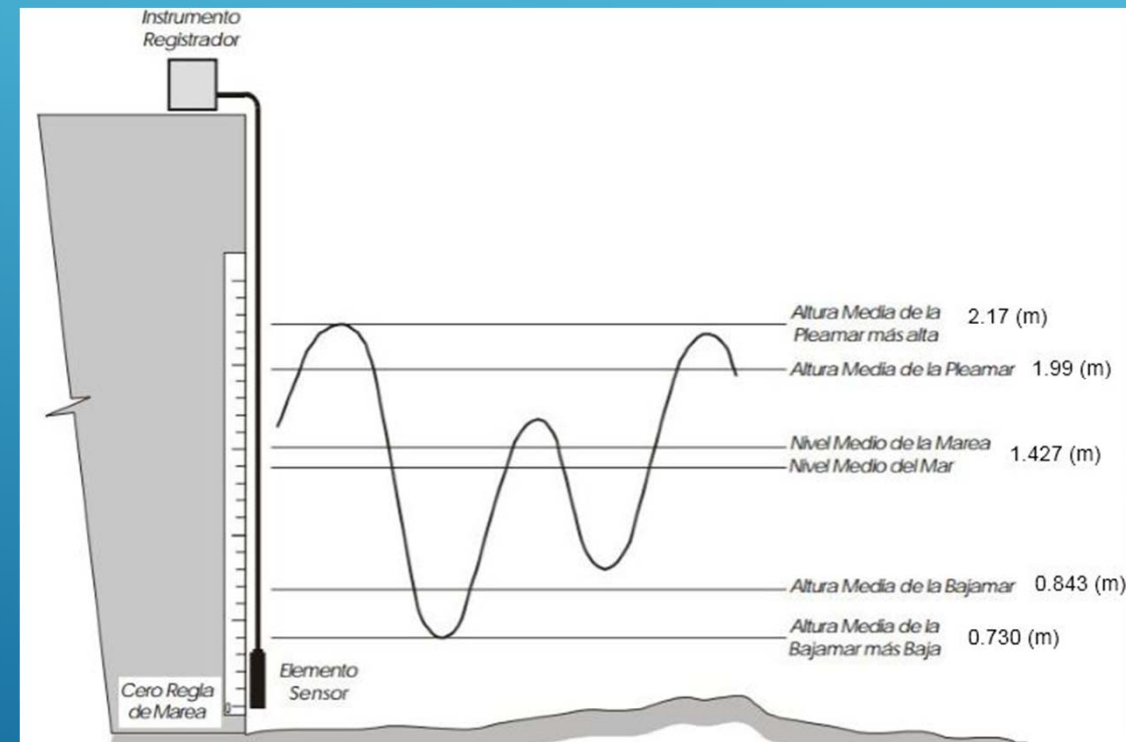


3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

4. Marea.

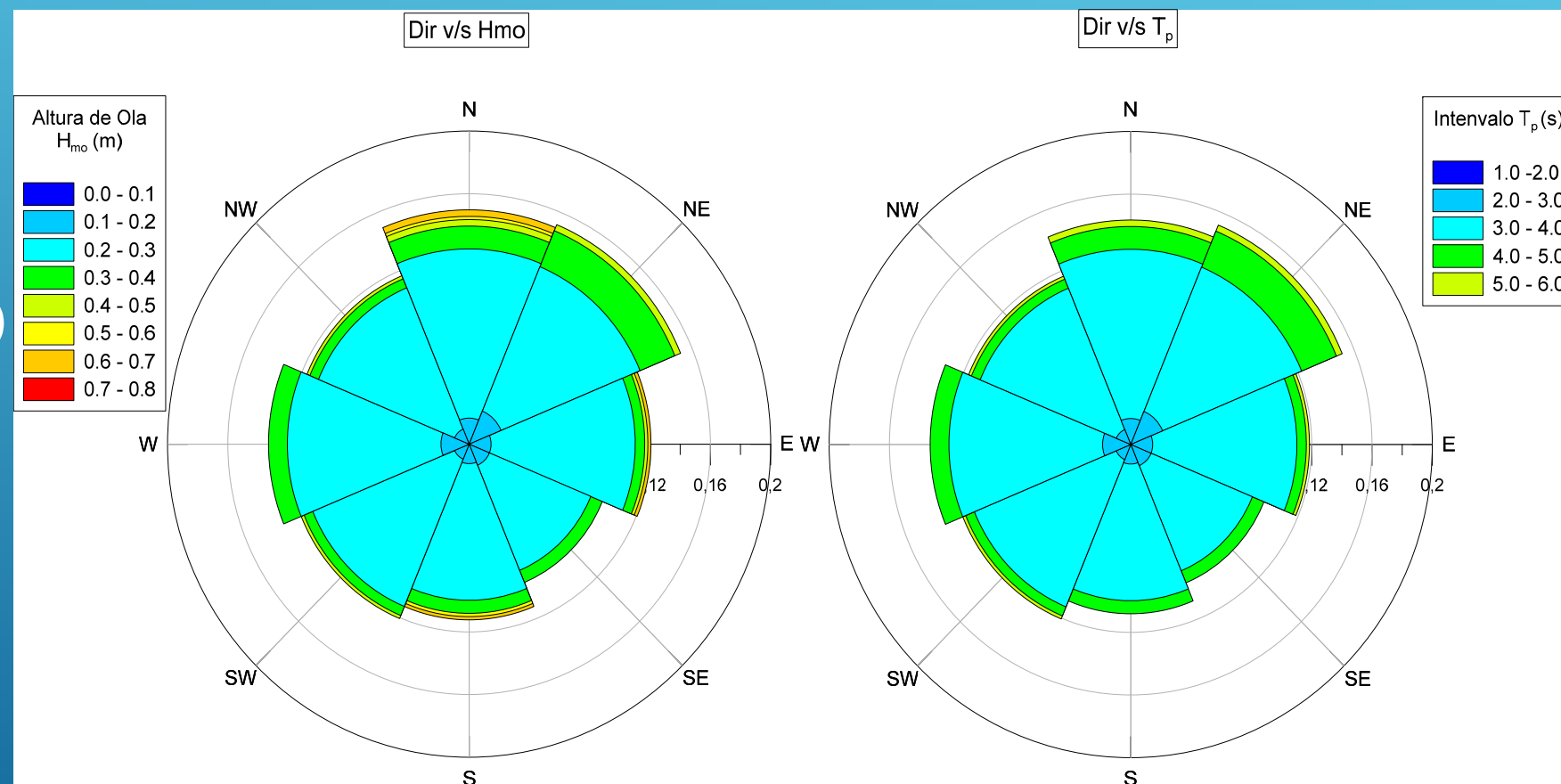
- No Armónico

Componentes no armónicos de la marea	[m]
Nivel medio de la Marea	1,427
Altura media de la pleamar	1,992
Altura media de la pleamar más alta	2,178
Altura de la pleamar máxima	2,511
Altura media de la bajamar	0,843
Altura media de la bajamar más baja	0,730
Altura de la bajamar mínima	0,414
Nivel de reducción de sondas	0,323



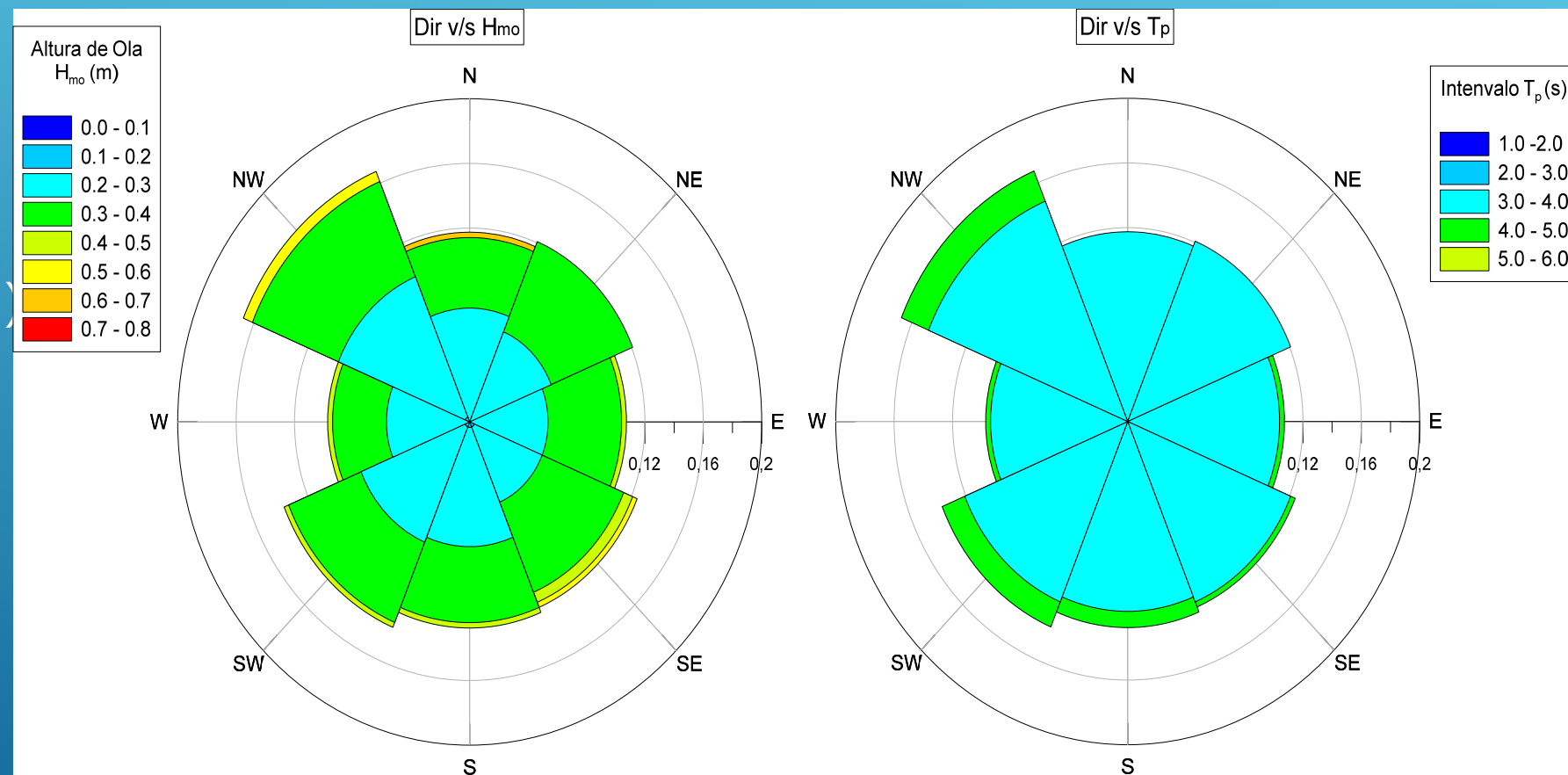
5. Oleaje.

- Verano
 - T_p 3 a 4 (s).
 - H_{mo} 0,1 a 0,4 (m)
 - Dir N - NE



5. Oleaje.

- Invierno
 - T_p 3 a 4 (s).
 - H_{mo} 0,1 a 0,3 (m)
 - Dir SW - NW

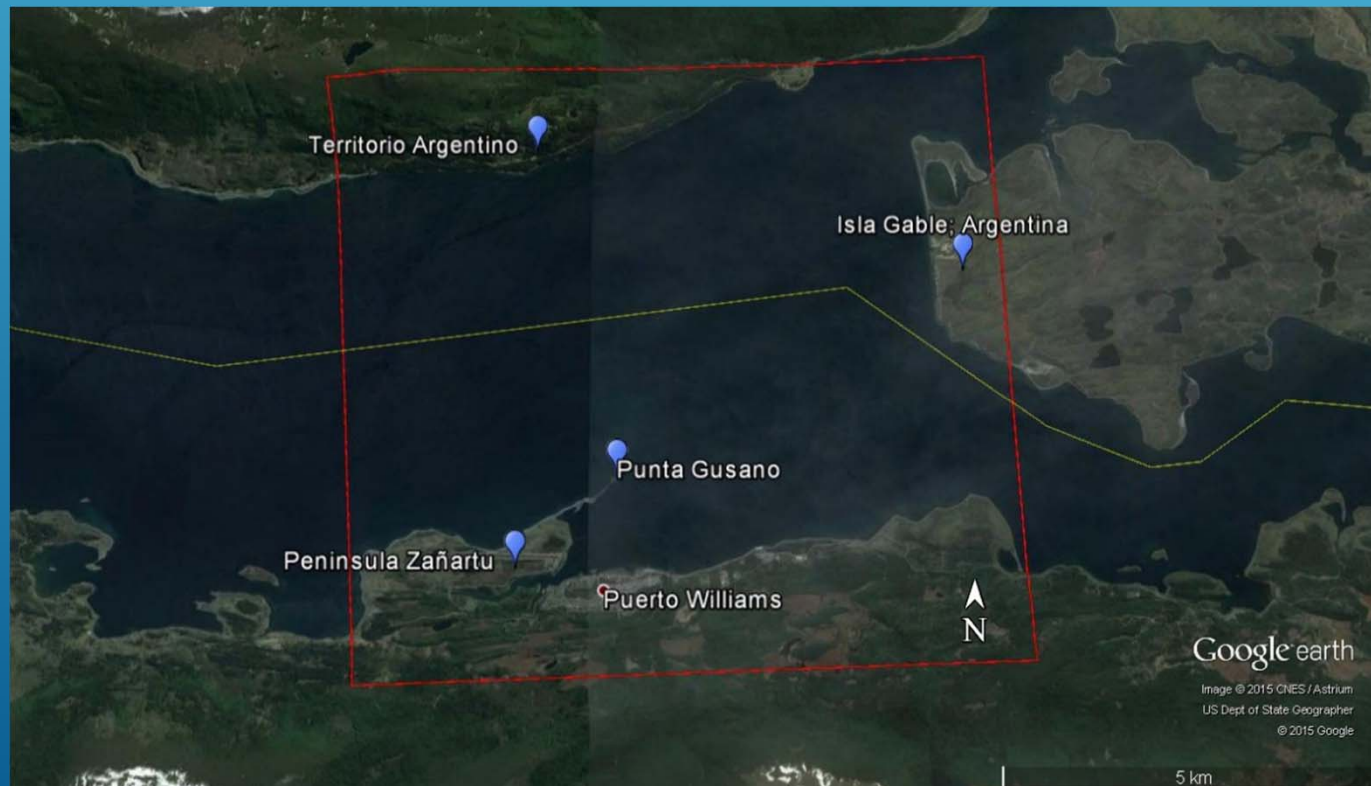




3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

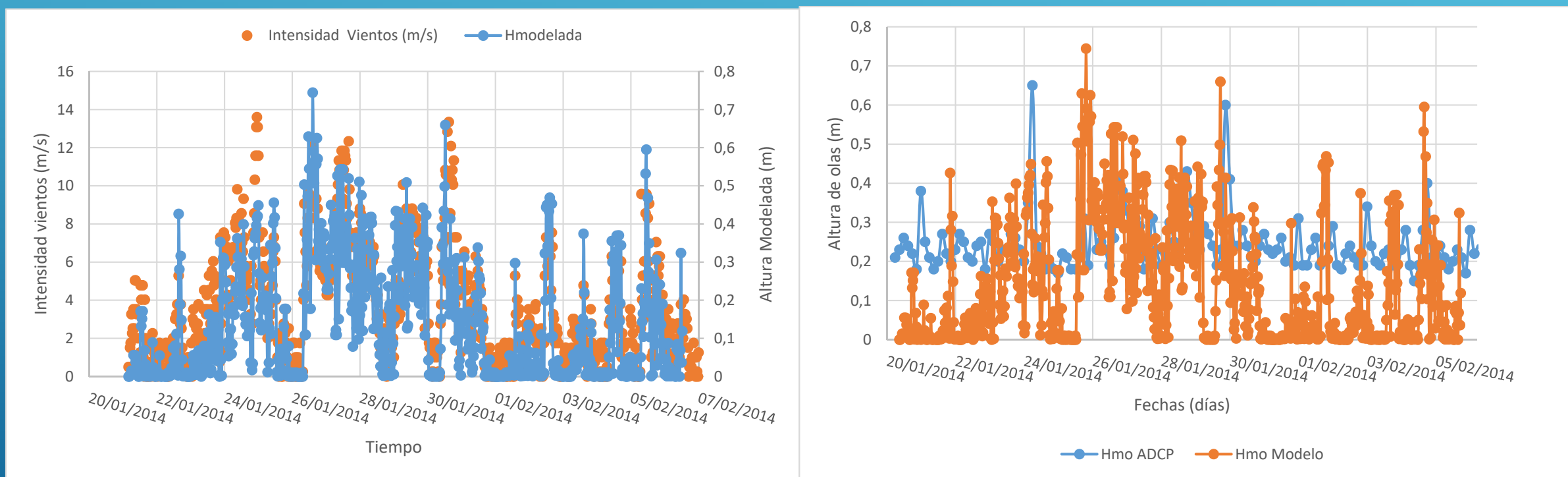
6. Generación Oleaje.

- SMS (Surface Water Modeling System)
- CMS Wave.

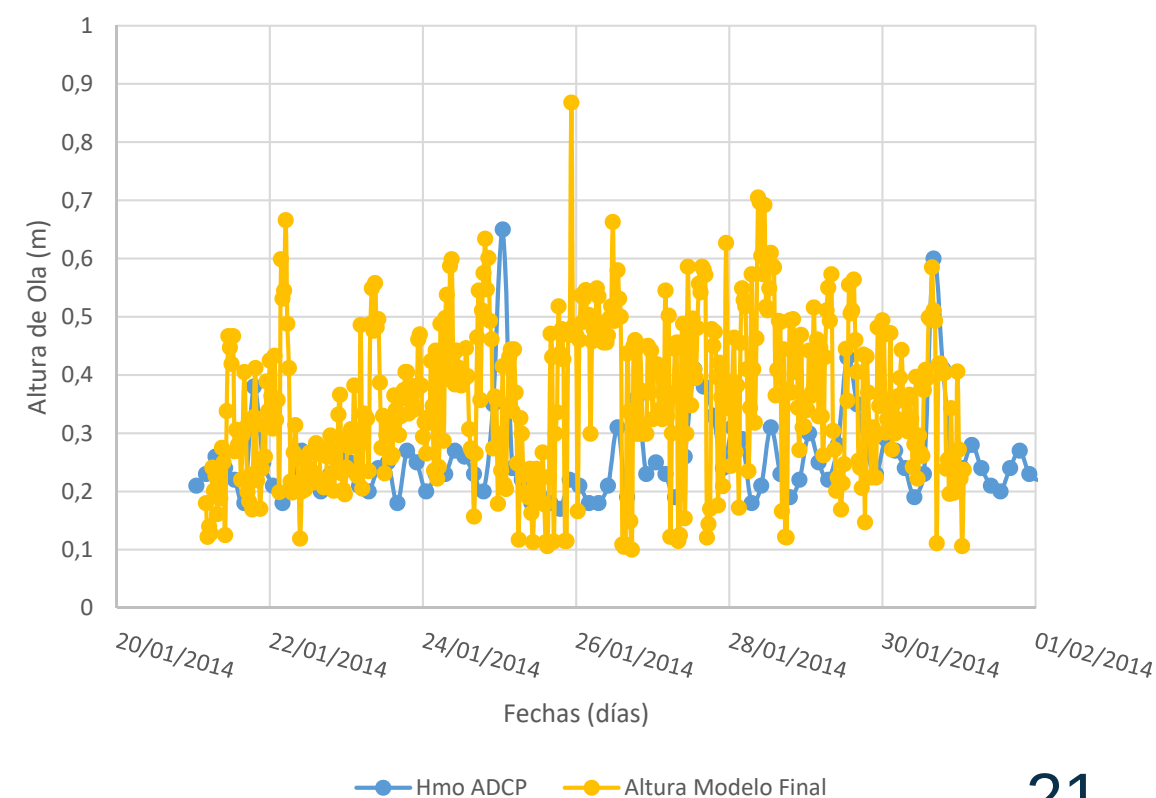
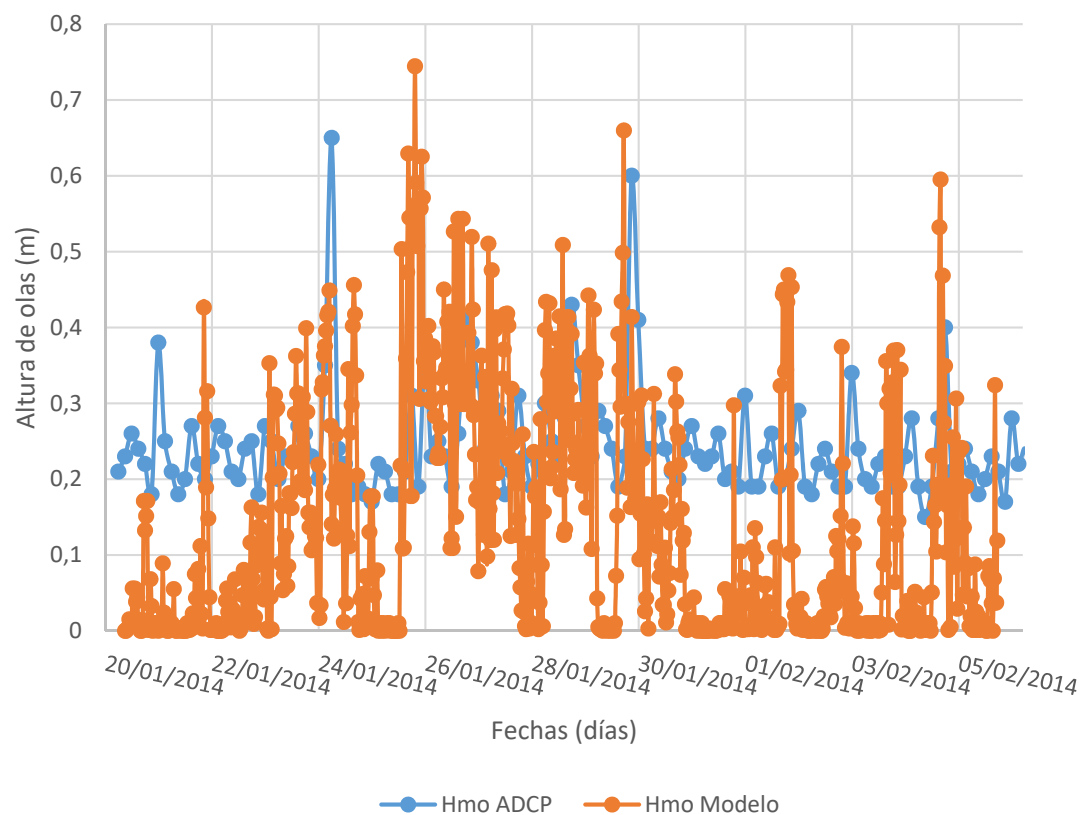




6. Generación Oleaje

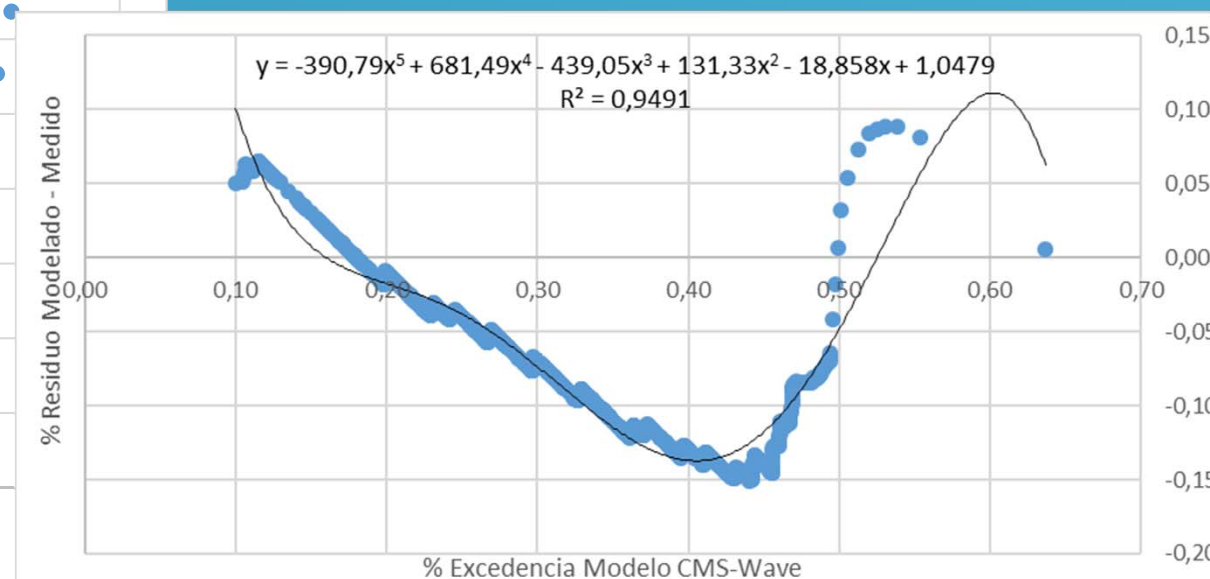
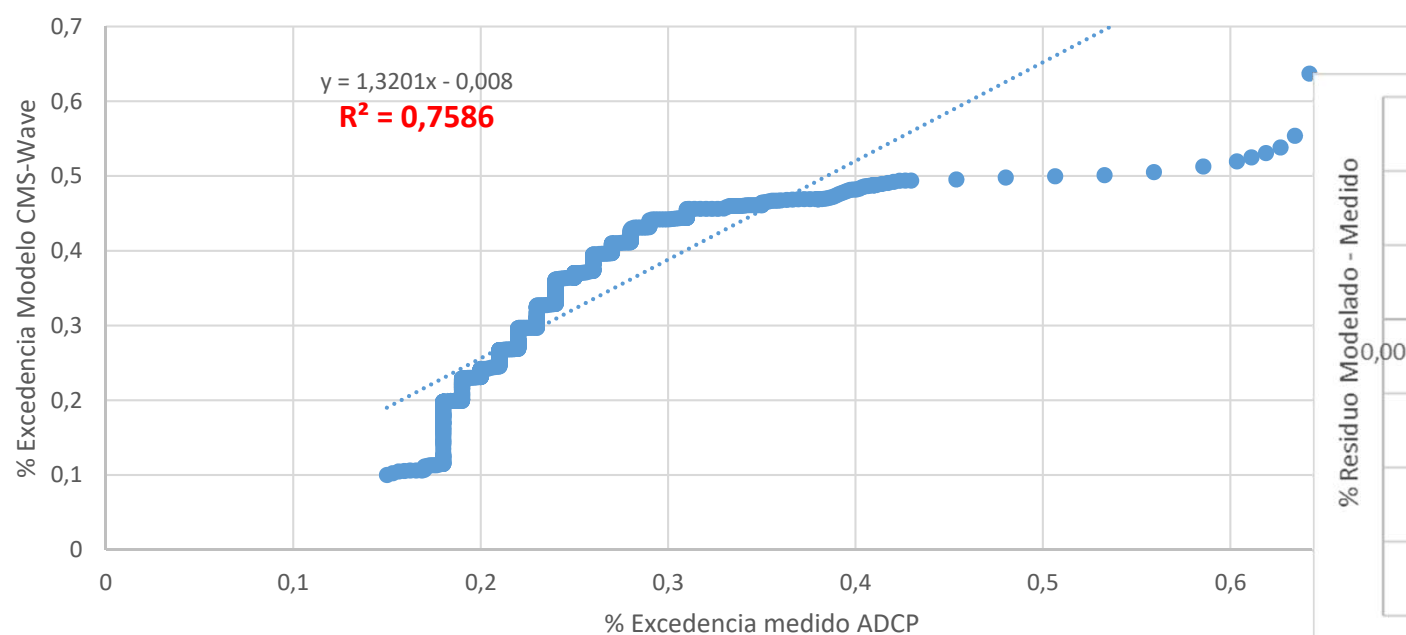


6. Generación Oleaje



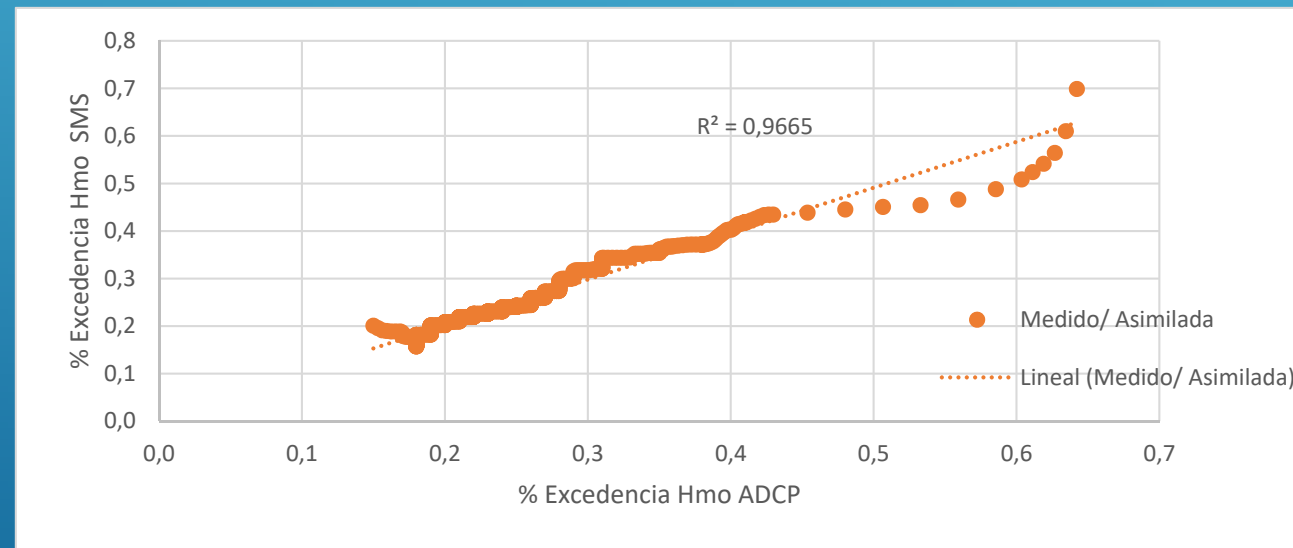
6. Generación Oleaje

- Comparación y Validación



6. Generación Oleaje

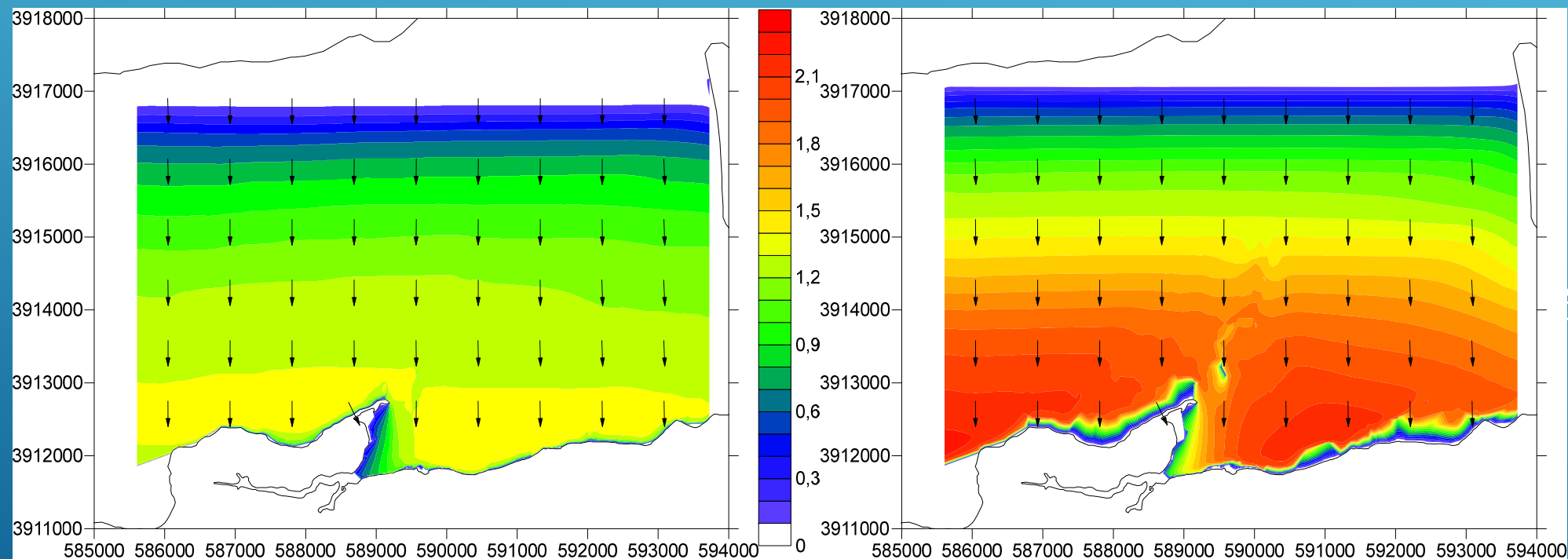
- Comparación y Validación





6. Generación Oleaje

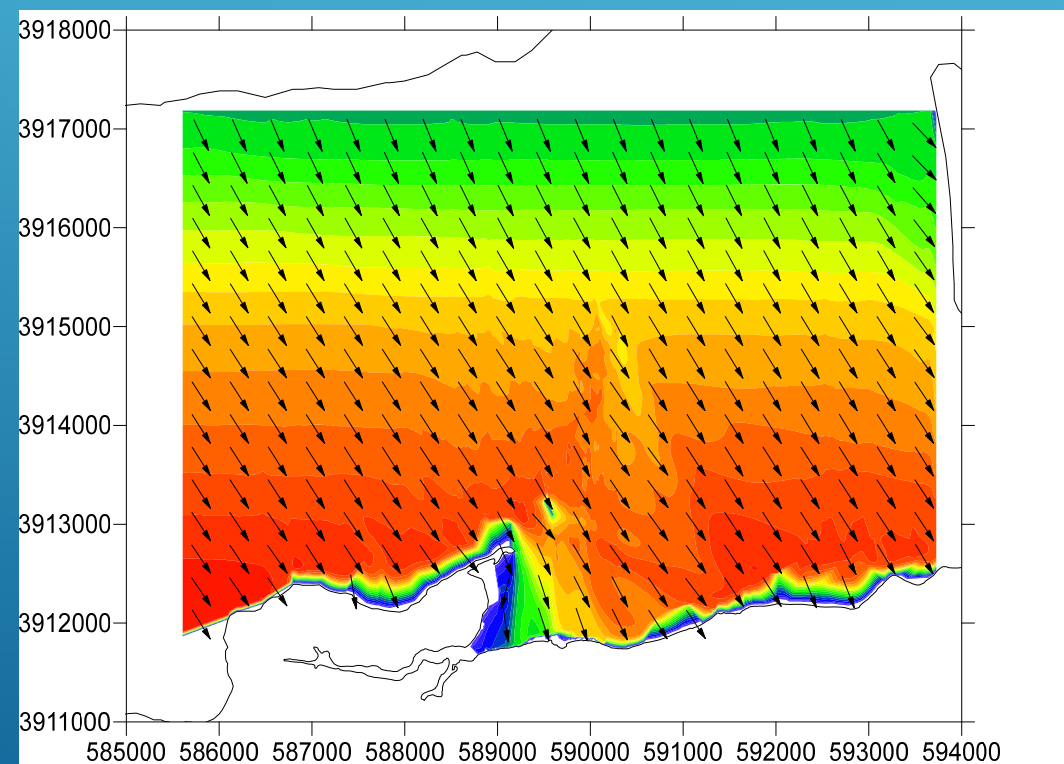
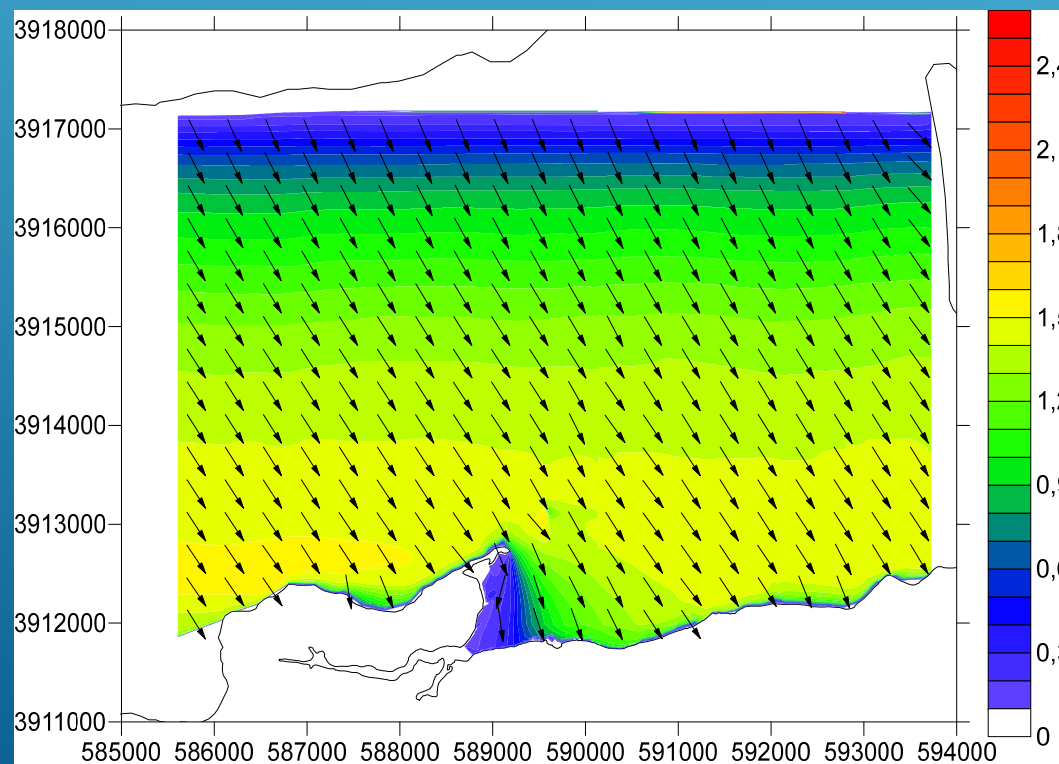
- Salida de las modelaciones de Generación de Oleaje





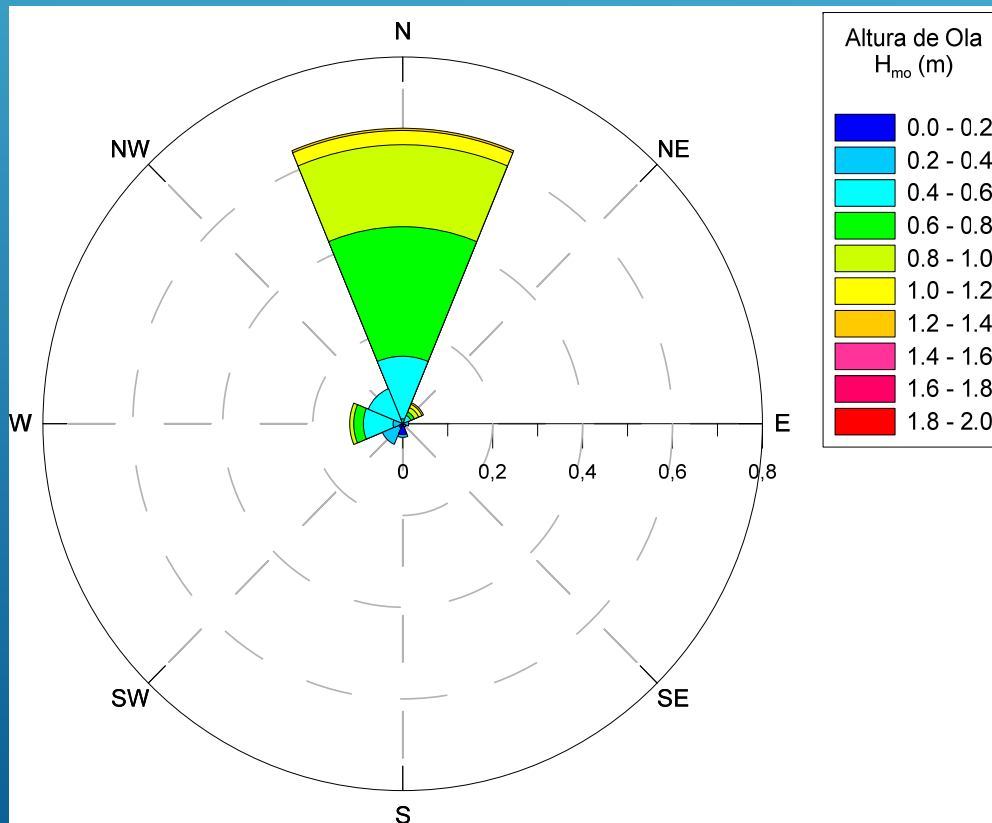
6. Generación Oleaje

- Salida de las modelaciones de Generación de Oleaje



6. Generación Oleaje

- Oleaje Operacional



		Tpeak (s)									
	Intervalos	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 5,0	5,0 - 6,0	6,0 - ,70	7,0 - 8,0	Total	Frec %
Hmo (m)	0,0 - 0,2	78	208	0	0	0	0	0	10	296	3,4%
	0,2 - 0,4	255	494	80	0	0	45	5	12	891	10,2%
	0,4 - 0,6	0	2631	0	0	0	0	0	0	2631	30,1%
	0,6 - 0,8	0	1546	1182	0	0	0	0	0	2728	31,2%
	0,8 - 1,0	0	78	1653	0	0	0	0	0	1731	19,8%
	1,0 - 1,2	0	203	136	0	0	0	0	0	339	3,9%
	1,2 - 1,4	0	0	76	0	0	0	0	0	76	0,9%
	1,4 - 1,6	0	0	14	0	0	0	0	0	14	0,2%
	1,6 - 1,8	0	0	22	0	0	0	0	0	22	0,3%
	1,8 - 2,0	0	0	9	0	0	0	0	0	9	0,1%
	Total	333	5160	3172	0	0	45	5	22	8737	
	Frec %	3,8%	59,1%	36,3%	0,0%	0,0%	0,5%	0,1%	0,3%		

6. Generación Oleaje

- Oleaje Extremo

Dir °	Tr (Años)	Int. Extremal	Hmo Resultante	Tp Resultante	Dir Resultante
NW 315°	2	28,9	0,09	7,7	329
	3	29,6	0,09	8,3	329
	4	30,1	0,09	8,3	329
	5	30,5	0,10	9,1	329
	6	30,8	0,10	9,1	329
W 270°	2	28,9	0,80	1,4	288
	3	29,6	0,79	1,5	288
	4	30,1	0,80	1,5	288
	5	30,5	0,80	1,6	288
	6	30,8	0,81	1,6	288
N 0°	2	28,9	2,01	2,6	8
	3	29,6	2,04	3	7
	4	30,1	2,06	3	7
	5	30,5	2,05	2,3	8
	6	30,8	2,06	2,3	8

4. BASES DE DISEÑO

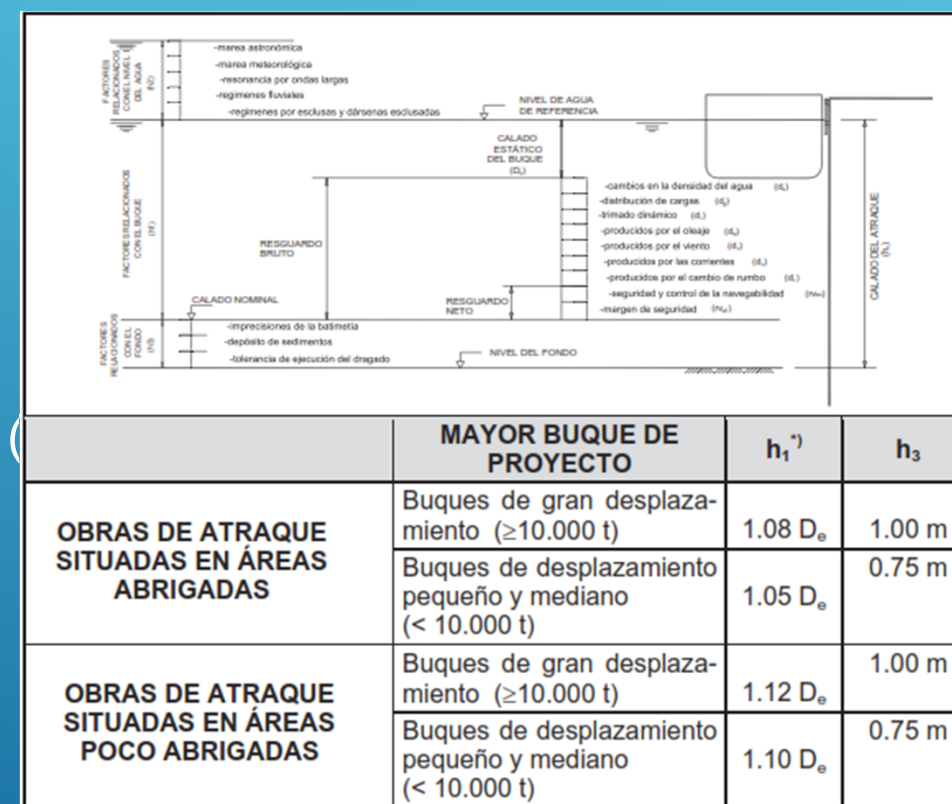
1. Nave de diseño
 - Tipo Holland America
 - Calado 8.5 (m)
 - Manga 33 (m)
 - Eslora de 240 (m)



4. BASES DE DISEÑO

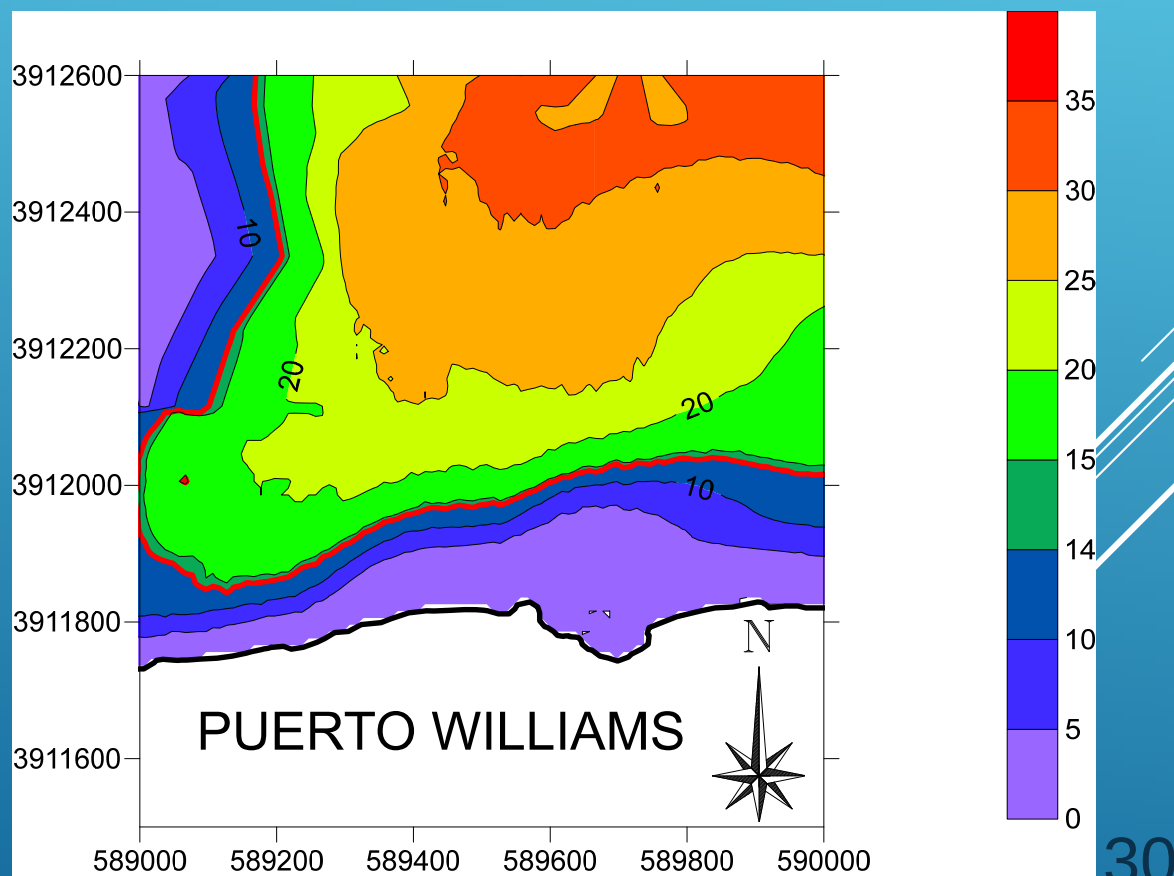
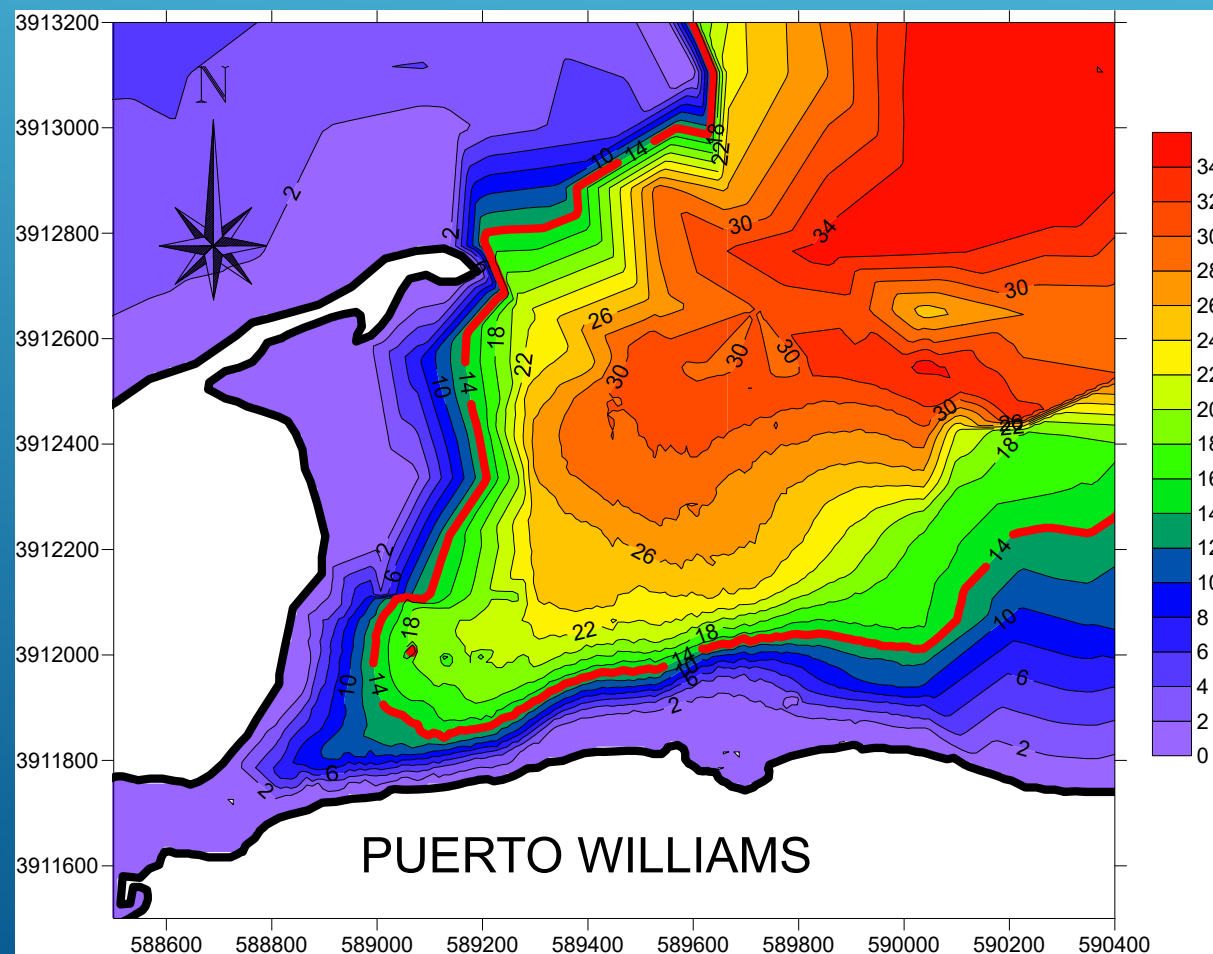
1. Calado

- Forma 1 Calado (12.6 m)
 - Factores relacionados con el Buque
 - Zona Expuesta 1.12 (9.5 (m))
 - Factores relacionados con el fondo (1 (m))
 - Factores relacionados con el nivel del mar (2.1 (m))
- Forma 2 Calado (13.4 m)
 - Calado (8.5 (m))
 - UKC (2.8 (m))
 - 10% Calado Nave
 - $\frac{2}{3} H_{mo}$
 - $\frac{1}{2}$ manga x $\tan 2^\circ$
 - Amplitud Marea (2,1 (m))



4. BASES DE DISEÑO

1. Calado

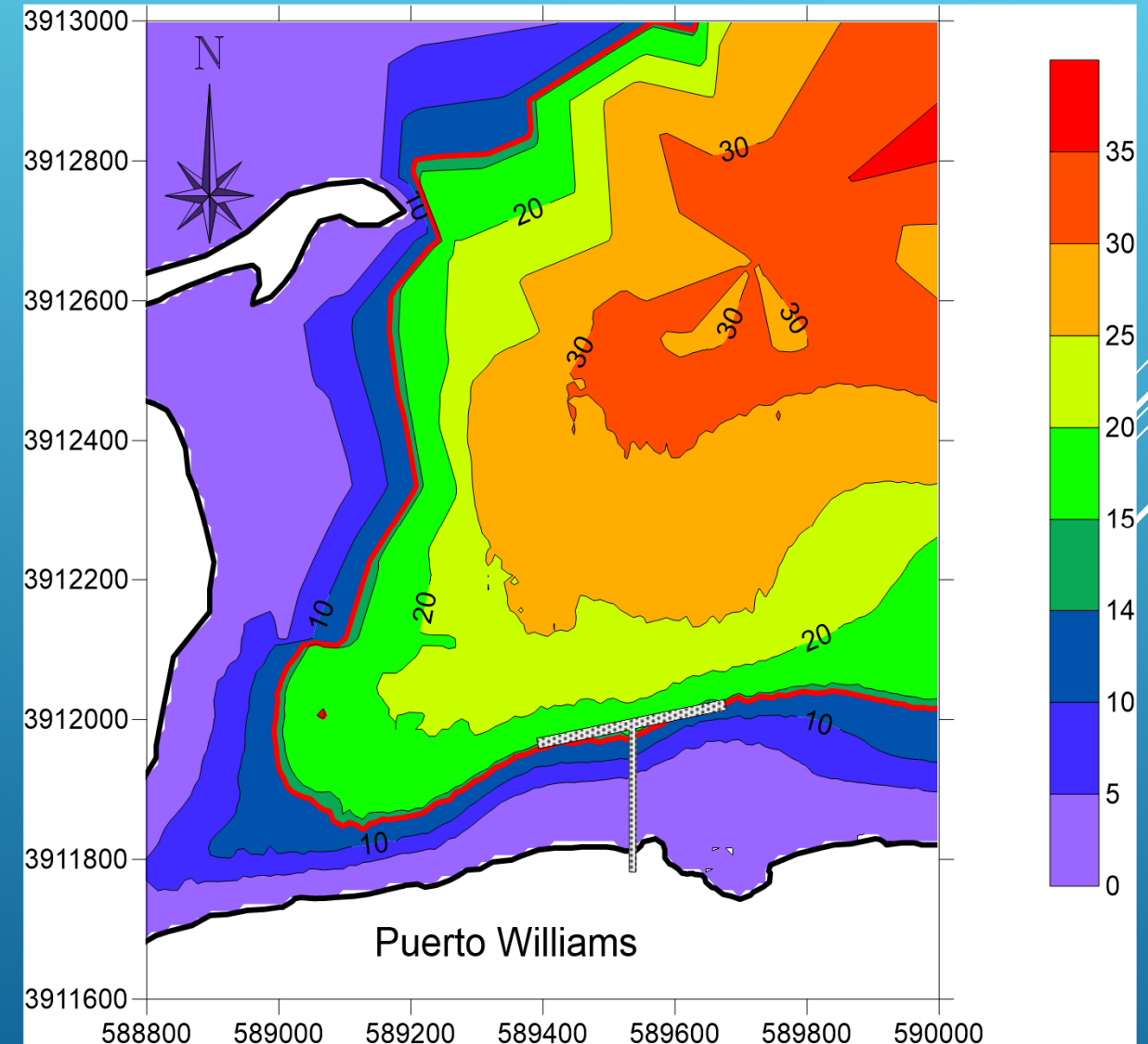


4. BASES DE DISEÑO

2. Ubicación

- Orientación del Muelle
 - Distancia al veril 150 (m)
 - Muelle de penetración con frente de atraque en el cabezo.
- Longitud del frente de atraque
 - Longitudes de resguardo (L_s).
 - 290 (m)

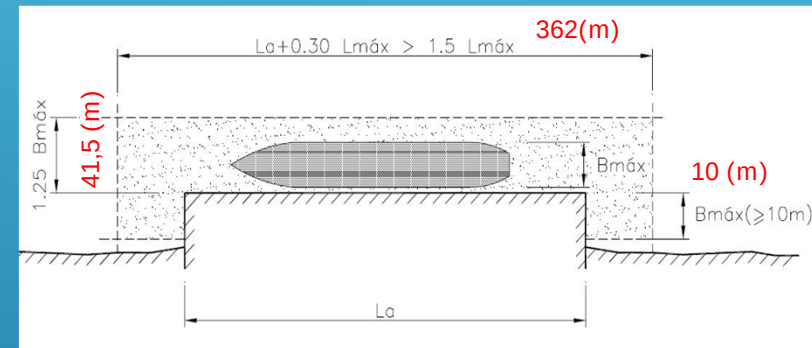
ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	VALORES DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE LA ESLORA TOTAL (l en m.) DEL BARCO MAYOR QUE AFECTA A LA DETERMINACIÓN DE LA DIMENSIÓN ANALIZADA.				
	MAYOR DE 300	300-201	200-151	150-100	MEJOR DE 100 (1)
1.-DISTANCIA " l_0 " ENTRE BARCOS ATRACADOS EN LA MISMA ALINEACIÓN (m.)	30	25	20	15	10
2.-SEPARACIÓN " l_s " ENTRE BARCO Y CAMBIOS DE ALINEACIÓN O DE TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL (m.)	30	25	20	10	5



4. BASES DE DISEÑO

2. Ubicación

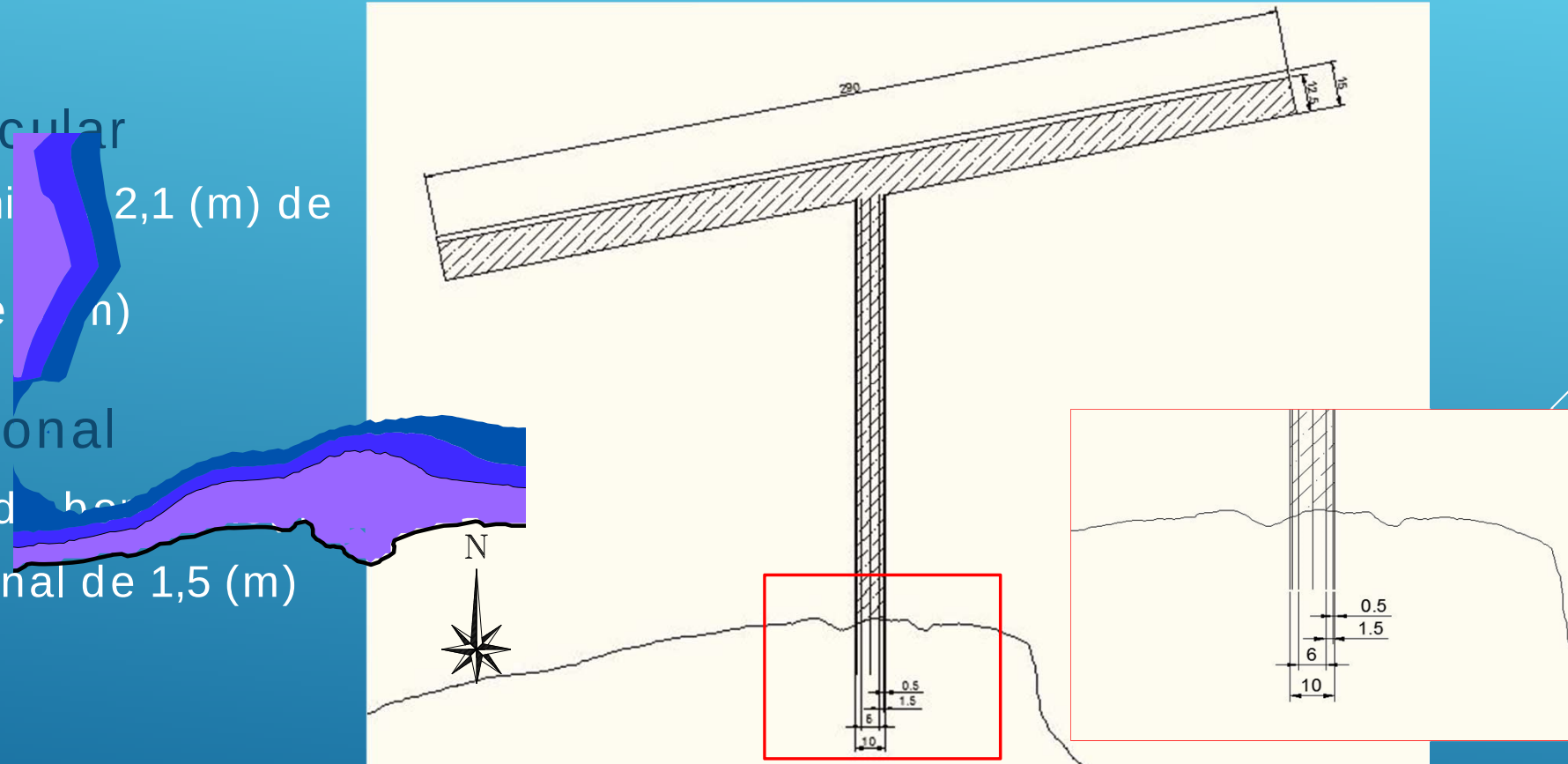
- Extensión de Calado de atraque
- Área Total 14.939 m²



4. BASES DE DISEÑO

2. Accesos Muelle

- Acceso Vehicular
 - Vehículo mínimo 2,1 (m) de ancho.
 - Dos pistas de (m)
- Acceso Peatonal
 - Resguardos de (m)
 - Paseo Peatonal de 1,5 (m) c/c



5. TRACK DE NAVEGACIÓN

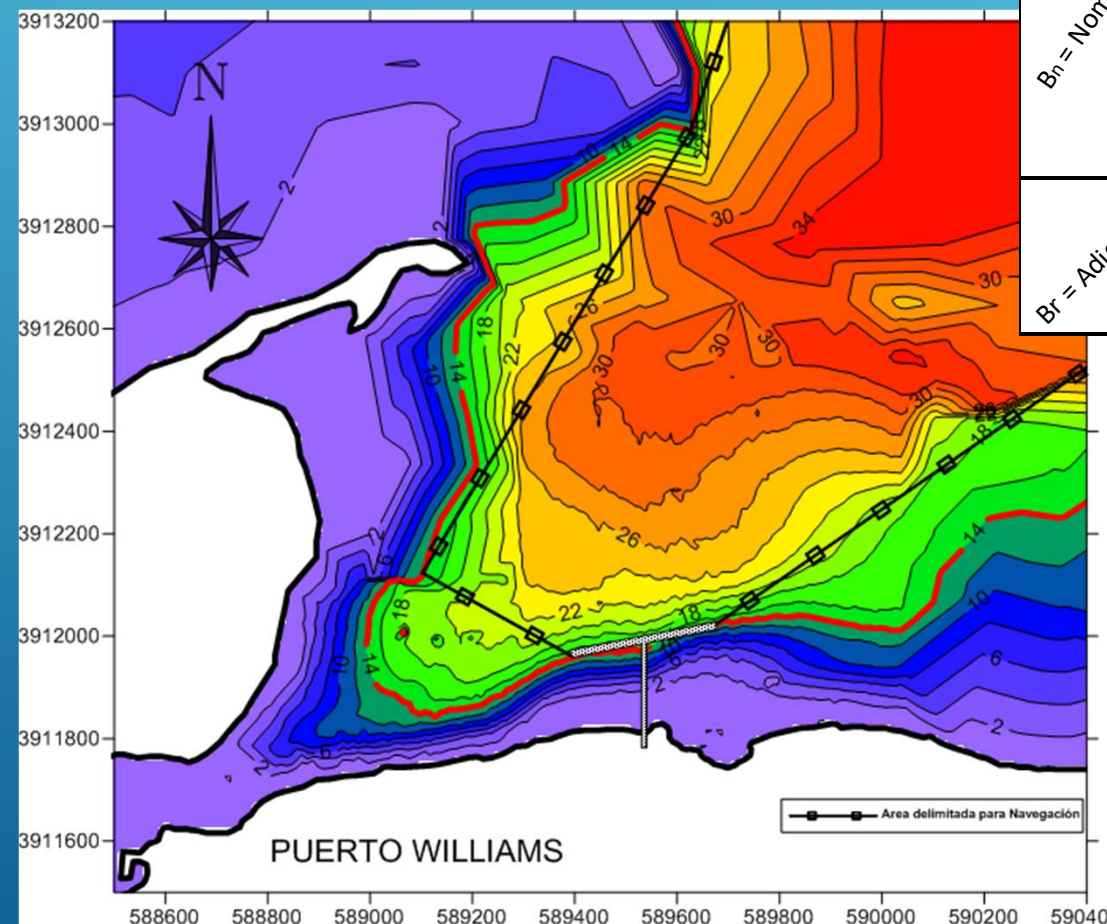
1. Anchura de navegación
 - Criterios Cap. 8.4 ROM 3.1
 - Ancho Nominal

$$B_t = B + b_D + 2(b_e + b_r + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

Siendo:

- B : Manga máxima del buque de diseño.
- b_D : Sobreancho de la senda del buque.
- b_e : Sobreancho por errores de posicionamiento.
- b_r : Sobreancho de respuesta (maniobrabilidad).
- b_b : Sobreancho de balizamiento.
- $(rh_{sm} + rh_{sd})$: Margen de seguridad.

- Anchura de seguridad



Total	Bt	242
Br = Nominal	B	33
	Bd	156
	b _e	10
	b _r	5
	b _b	(-)
Br = Adicional	rh _{sm} +rh _{sd}	23

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Caracterización Oceanográfica cumple.
 - SHOA
 - Recomendaciones
- CMS-Wave es de mucha utilidad en zonas donde el oleaje es solo influido por el viento (Aguas interiores).
- Respecto al diseño, se optó por un muelle de penetración, ya que, al elegir alguna otra estructura cercana a la línea de costa, tipo muelle marginal, se hubiese tenido que intervenir el fondo para llegar al calado mínimo necesario.
- Se recomienda realizar estudios complementarios.
 - Vientos
 - Transporte de sedimento
 - Mecánica de Suelos
- Concesiones marítimas cercanas.
- Ver opciones de diseños económicos y no invasivos.

GRACIAS

FIN.... POR FIN!