

MEMORIA PROYECTO DE TÍTULO

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISEÑO DE UNA OBRA COSTERA

Estudiante: Javiera Mora González
Profesor guía: Patricio Winckler Grez
Abril 2018

Índice

1. Presentación
2. Planteamiento del problema
3. Objetivos
4. Marco teórico
5. Metodología
6. Diseño de rompeolas en talud
7. Resultados
8. Conclusiones
9. Referencias

2. Planteamiento del problema



Fuente:
<http://www.24horas.cl/nacional>

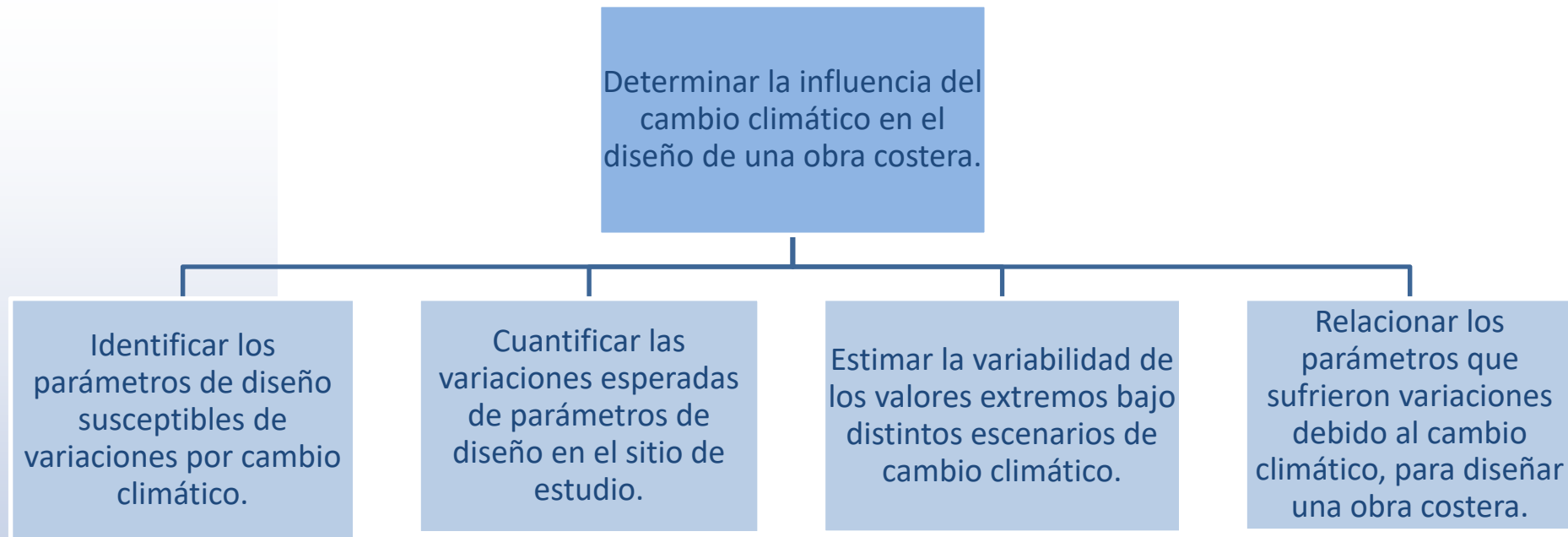


Fuente:
<http://www.24horas.cl/nacional>



Fuente: <http://www.emol.com/fotos>

3. Objetivos



4. Marco teórico

Cambio climático

“Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Stocker et al., 2013, pág. 6).

Trayectorias de concentraciones representativas (RCP)

- RCP 2.6: El forzamiento radiativo alcanza su valor máximo de aproximadamente 3 W/m^2 antes del año 2100 y posteriormente disminuye.
- RCP 4.5 y RCP 6.0: Estos dos escenarios representan trayectorias de estabilización, en los que el forzamiento radiativo se estabiliza aproximadamente a 4.5 y 6.0 W/m^2 respectivamente después del año 2100.
- RCP 8.5: En este escenario el forzamiento radiativo alcanza valores superiores a 8.5 W/m^2 en el año 2100 y continúa aumentando durante un tiempo.

5. Metodología

Proyecciones de parámetros del oleaje

Los datos de proyecciones de altura significativa, dirección *peak* y periodo *peak* de oleaje fueron obtenidos desde la página web de la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO).

Datos históricos de parámetros del oleaje

Los datos Históricos corresponde al *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) desarrollado por *Centers for Environmental Prediction* (NCEP) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Nodos de extracción de sets de proyecciones y set de datos históricos.



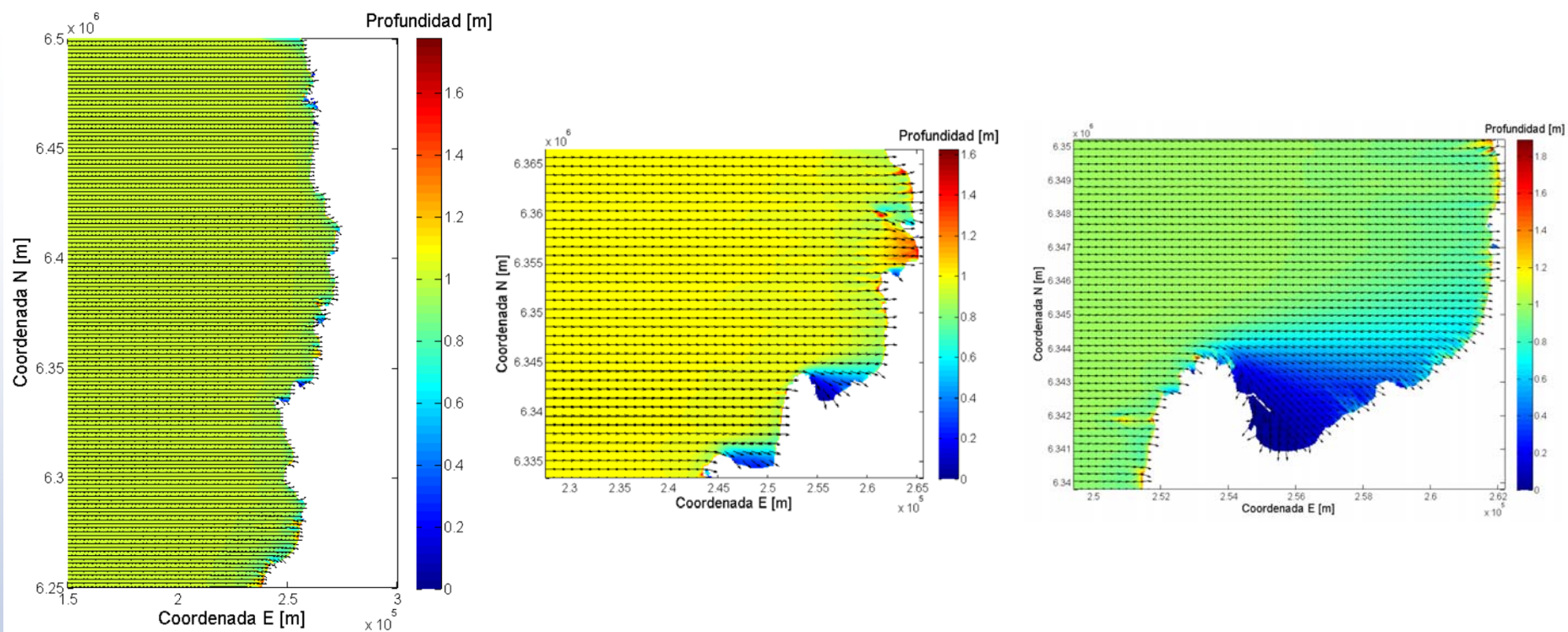
Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

Propagación de oleaje

La propagación de oleaje espectral se realizó mediante el software SWAN y la metodología de propagación de alturas unitarias.

Las condiciones de borde del modelo de propagación son un espectro tipo *Jonswap* caracterizado por su periodo *peak*, modulado por una altura de ola unitaria y rangos de periodos que van desde los 3 a los 30 [s].

Propagación altura unitaria, periodo 13 [s] y dirección W.

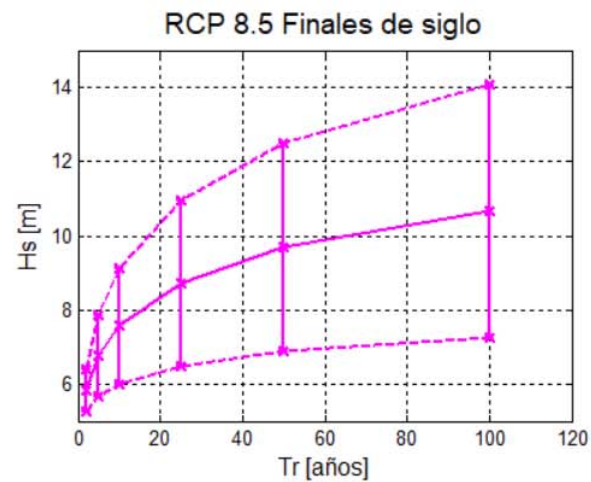
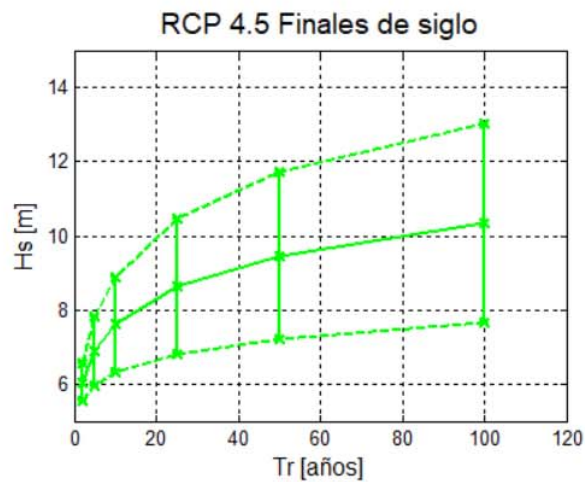
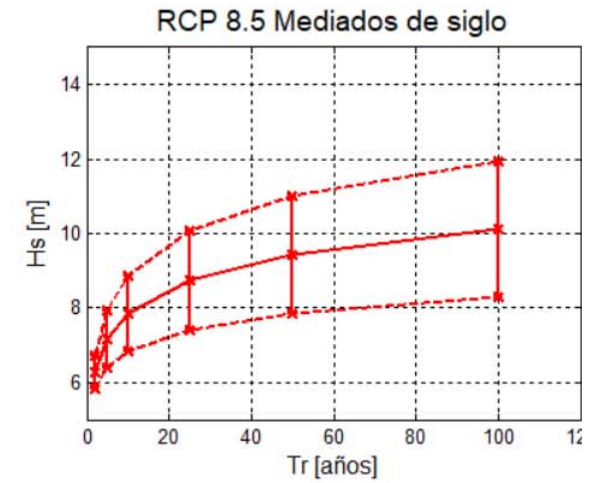
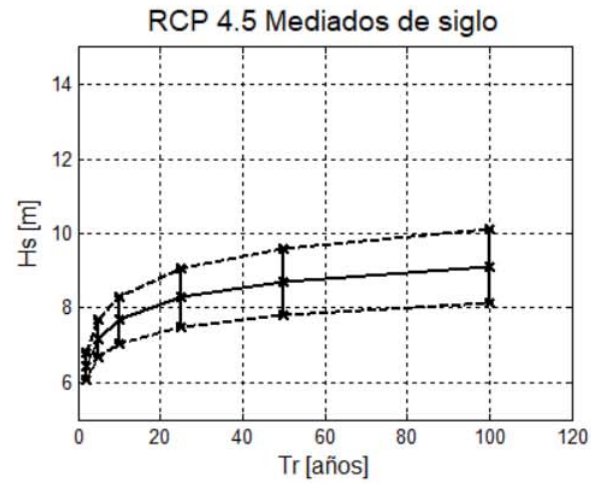
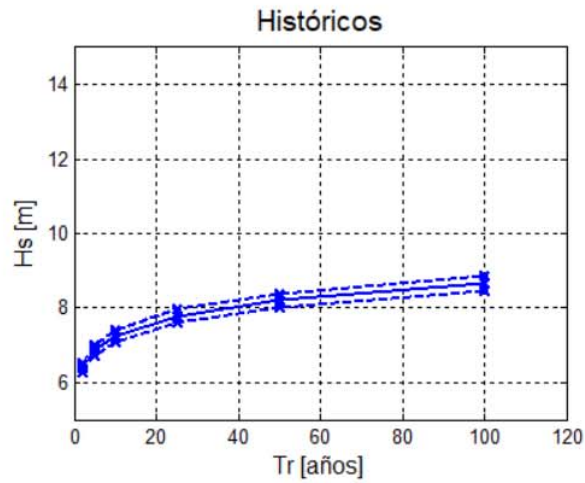


Clima extremo

El análisis de valores extremos se realizó mediante el método de valores sobre un umbral o POT (*Peak Over Threshold*).

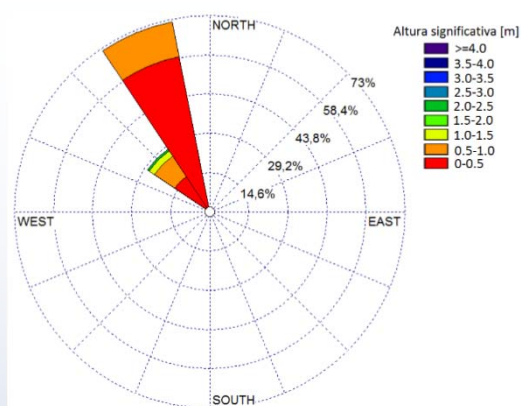
Se probaron las distribuciones de probabilidad para valores extremos, de Gumbel y Weibull, escogiéndose la de mejor correlación. Se seleccionó un umbral de 5 metros y todos los eventos seleccionados poseen una independencia de al menos 5 días entre ellos.

Altura significativa de eventos extremos.

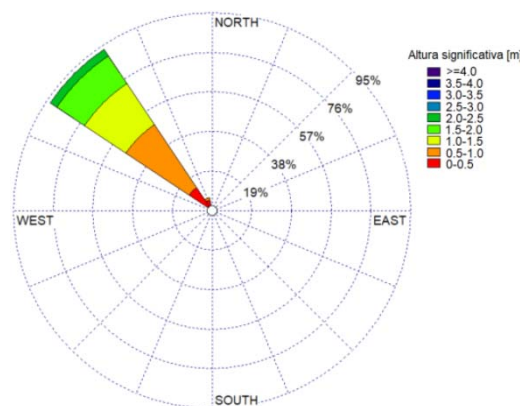


Clima medio

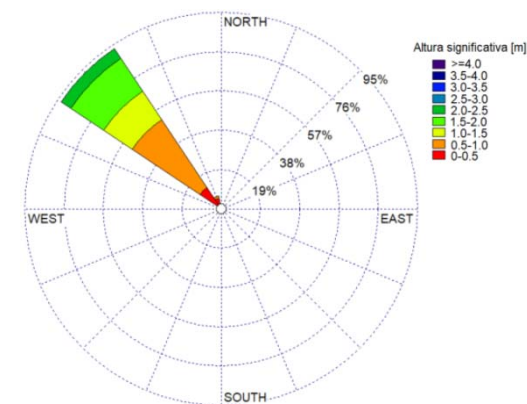
Rosas de altura significativa



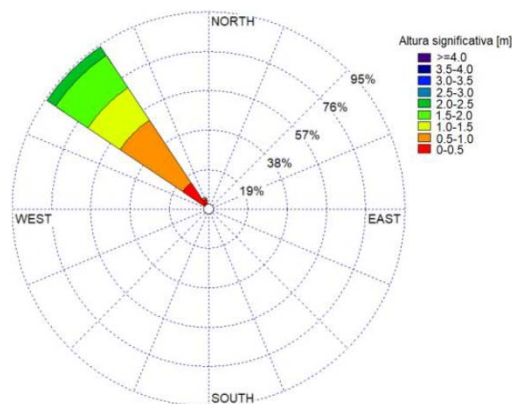
Datos históricos



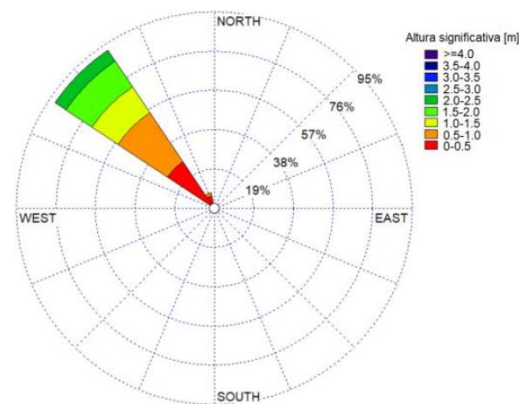
RCP 4.5 mediados de siglo



RCP 8.5 mediados de siglo

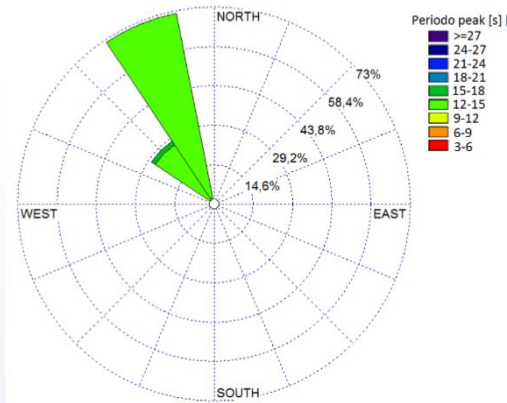


RCP 4.5 final de siglo

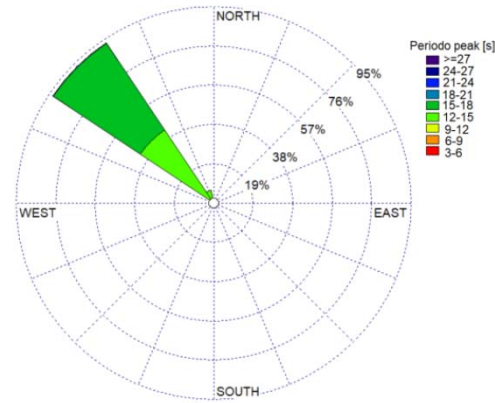


RCP 8.5 final de siglo

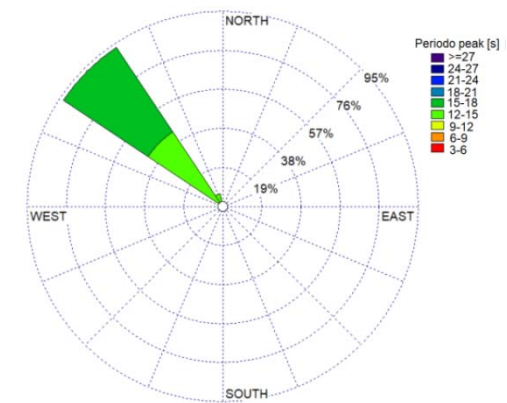
Rosas de periodo peak



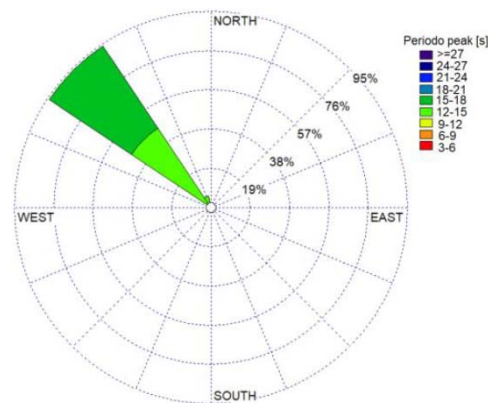
Datos históricos



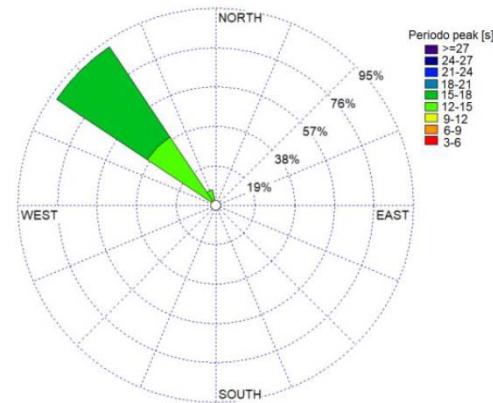
RCP 4.5 mediados de siglo



RCP 8.5 mediados de siglo



RCP 4.5 final de siglo



RCP 8.5 final de siglo

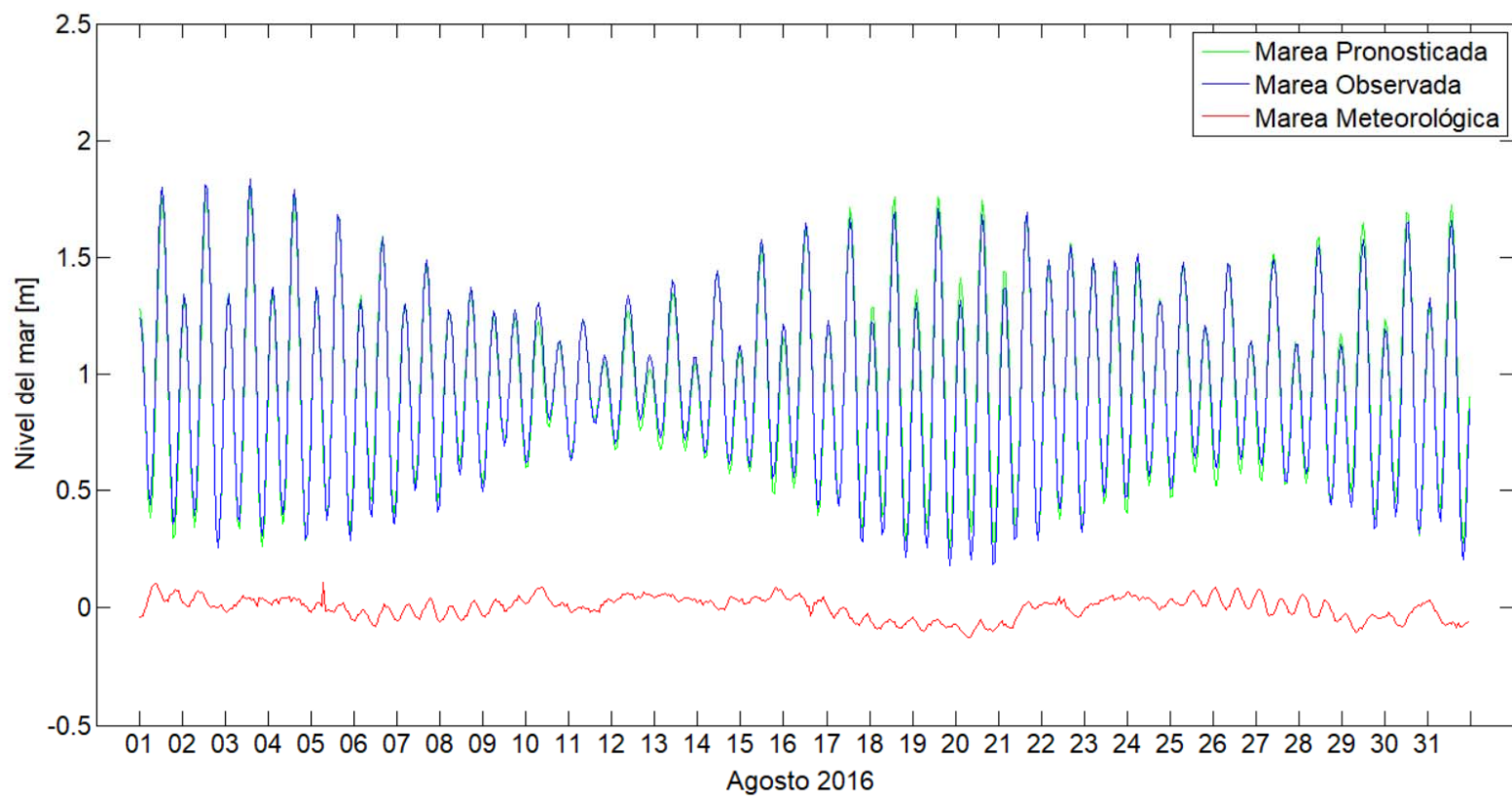
6. Diseño de rompeolas en talud

Área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

- Marea astronómica



Análisis de valores no armónicos de la marea.

Altura media de la pleamar [m]	1.37
Altura media de la bajamar [m]	0.42
Altura media de la pleamar más alta [m]	1.53
Altura media de la bajamar más baja [m]	0.37
Nivel medio de la marea [m]	0.89

- Marea meteorológica

Eventos extremos de marea meteorológica [m] para distintos periodos de retorno e interpolación de eventos extremos de marea meteorológica.

Tr [años]	2010	2040
50	0.36	0.37
100	0.43	0.44
250	0.53	0.54
500	0.63	0.63

Tr [años]	2010	2040
50	0.36	0.37
60	0.37	0.38
70	0.39	0.40
80	0.40	0.41
90	0.42	0.43
100	0.43	0.44

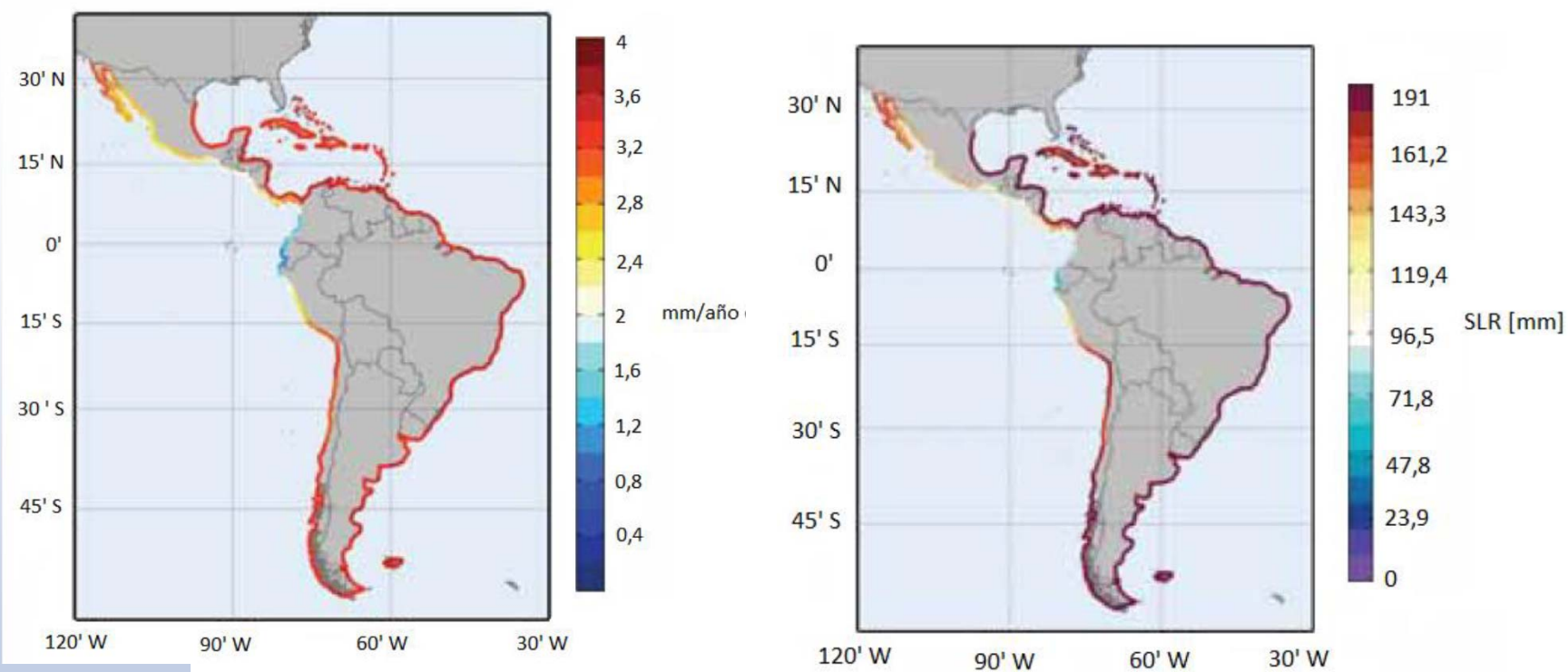
- Nivel medio del mar

Nivel del mar y nivel del mar relativo para el año horizonte 2040.

Ascenso del nivel del mar relativo (RSLR) [mm]	64.64
Ascenso medio del nivel del mar (SLR) [mm]	78.38
Tendencia media de aumento RSL [mm/año]	2.61
Tendencia de aumento RSLR [mm/año]	2.16

Fuente: CEPAL, 2015

Tendencia del nivel medio del mar en el periodo 2040-2070 (izquierda) y valor medio del nivel medio del mar para el año horizonte 2070 (derecha).



Fuente: CEPAL, 2015

- Wave setup

El *wave setup* depende de la altura significativa de eventos extremos y su dirección. De esta forma, existirán diferentes *wave setup* para cada uno de los escenarios RCP.

	RCP 4.5 mediados de siglo	Rcp 8.5 mediados de siglo	RCP 4.5 final de siglo	RCP 8.5 final de siglo
Dirección	WNW	WNW	WNW	WNW
Hs70 [m]	8.45	9.23	9.35	9.59
Wave setup [m]	1.97	2.15	2.15	2.25

Tabla resumen de parámetros del nivel de diseño.

	Mediados de siglo		Finales de siglo	
	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Marea astronómica [m]	1.37	1.37	1.37	1.37
Marea meteorológica [m]	0.39	0.39	0.40	0.40
Variación del nivel del mar [m]	0.08	0.08	0.16	0.16
<i>Wave setup</i> [m]	1.97	2.15	2.15	2.25
Total [m]	3.81	3.99	4.08	4.18

Nivel de diseño

$$N_D = \Delta NMM + Z_{MA} + Z_{MM} + \text{Wave setup}$$

6. Rompeolas en talud

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \quad \text{o} \quad M_{50} = \frac{\rho_s H^3}{K_D \left(\frac{\rho_s}{\rho_a} - 1\right)^3 \cot \alpha}$$

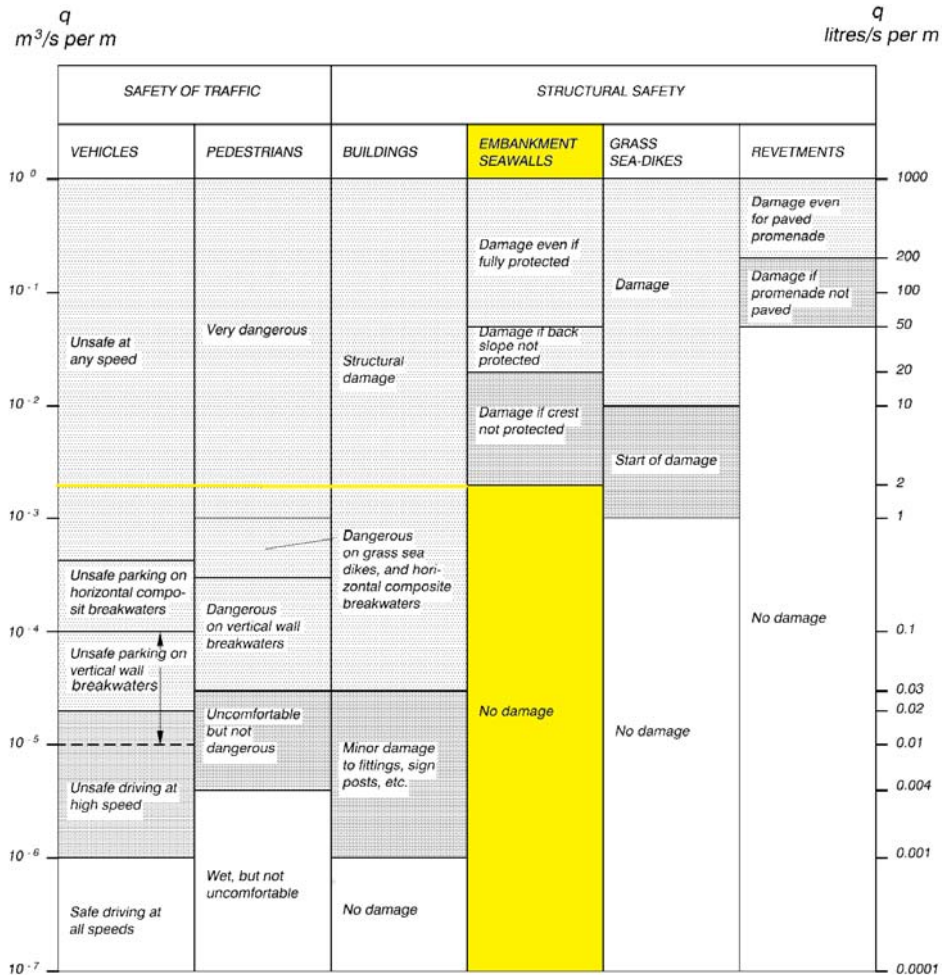
$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 \cdot S^{0.2} P^{0.18} N_z^{-0.1} \xi_m^{-0.5} \quad \text{Para : } \xi_m < \xi_{mc}$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 \cdot S^{0.2} P^{-0.13} N_z^{-0.1} (\cot \alpha)^{0.5} \xi_m^P \quad \text{Para : } \xi_m > \xi_{mc}$$

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha$$

$$\xi_{mc} = \left(6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5}\right)^{1/(P+0.5)}$$

Sobrepaso

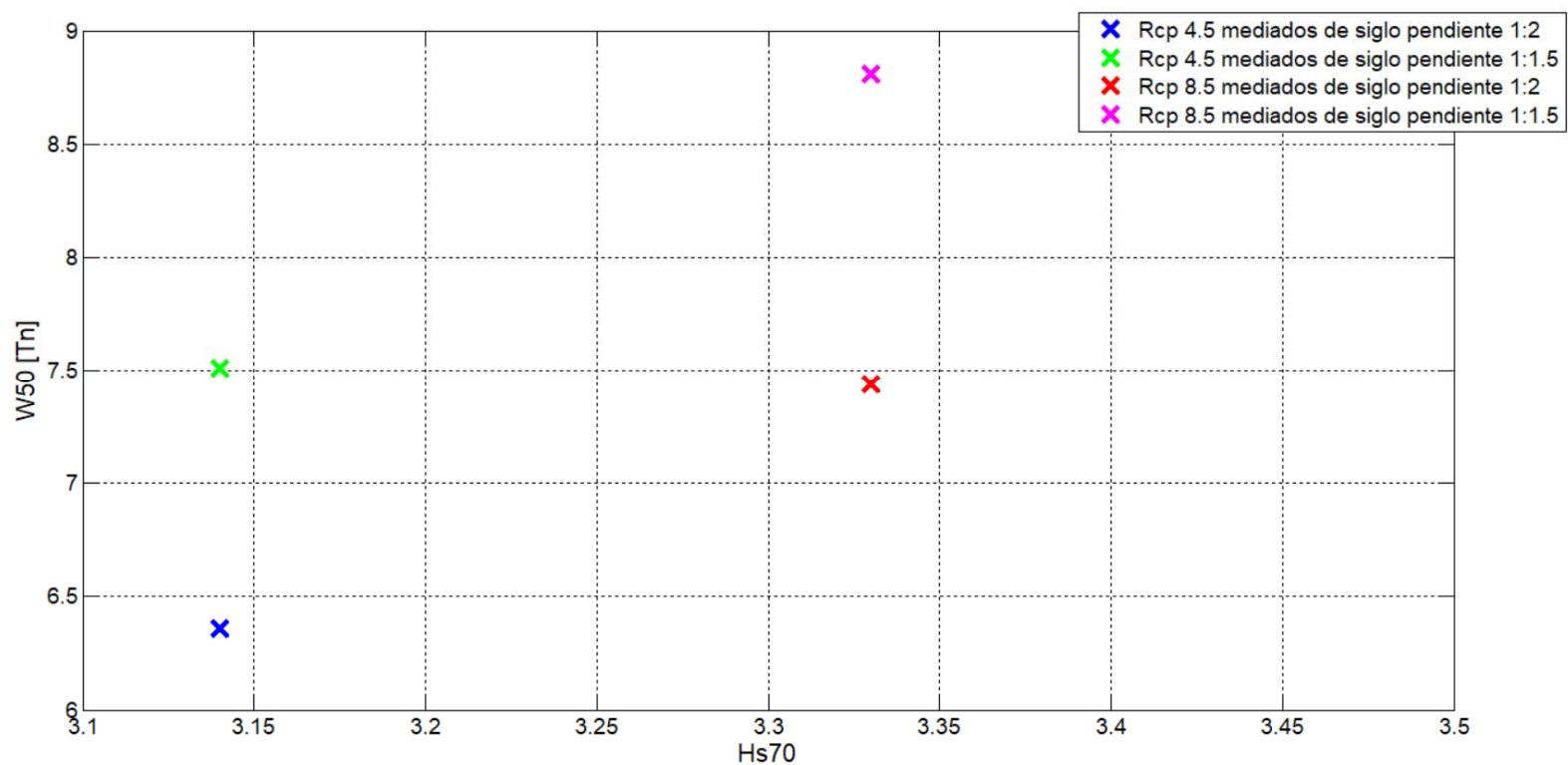


$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.2 \cdot \exp\left(-2.6 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta}\right)$$

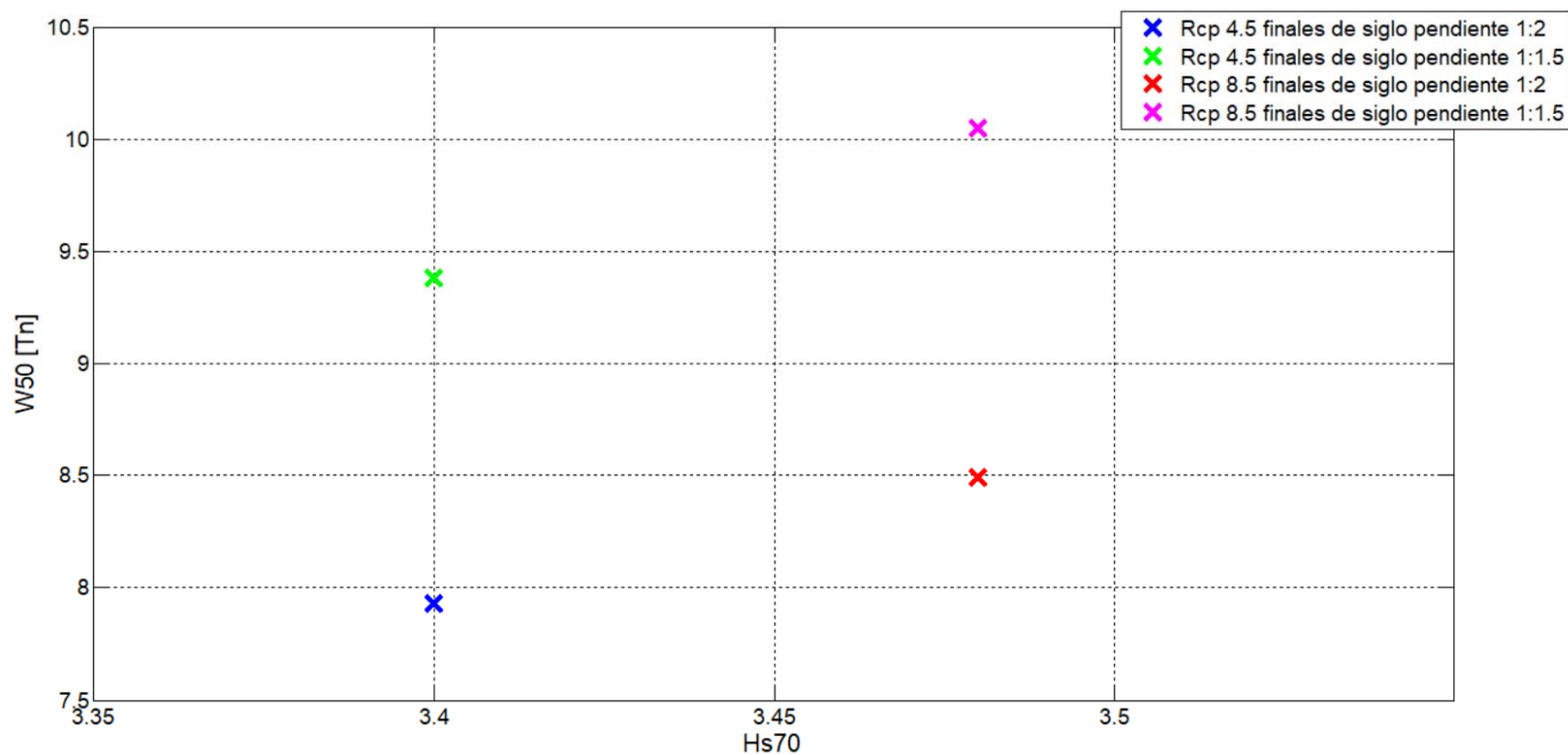
Fuente: EurOtop, 2007

7. Resultados

Comparación de pesos de los elementos de coraza de rompeolas con distintos taludes para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 de mediados de siglo.



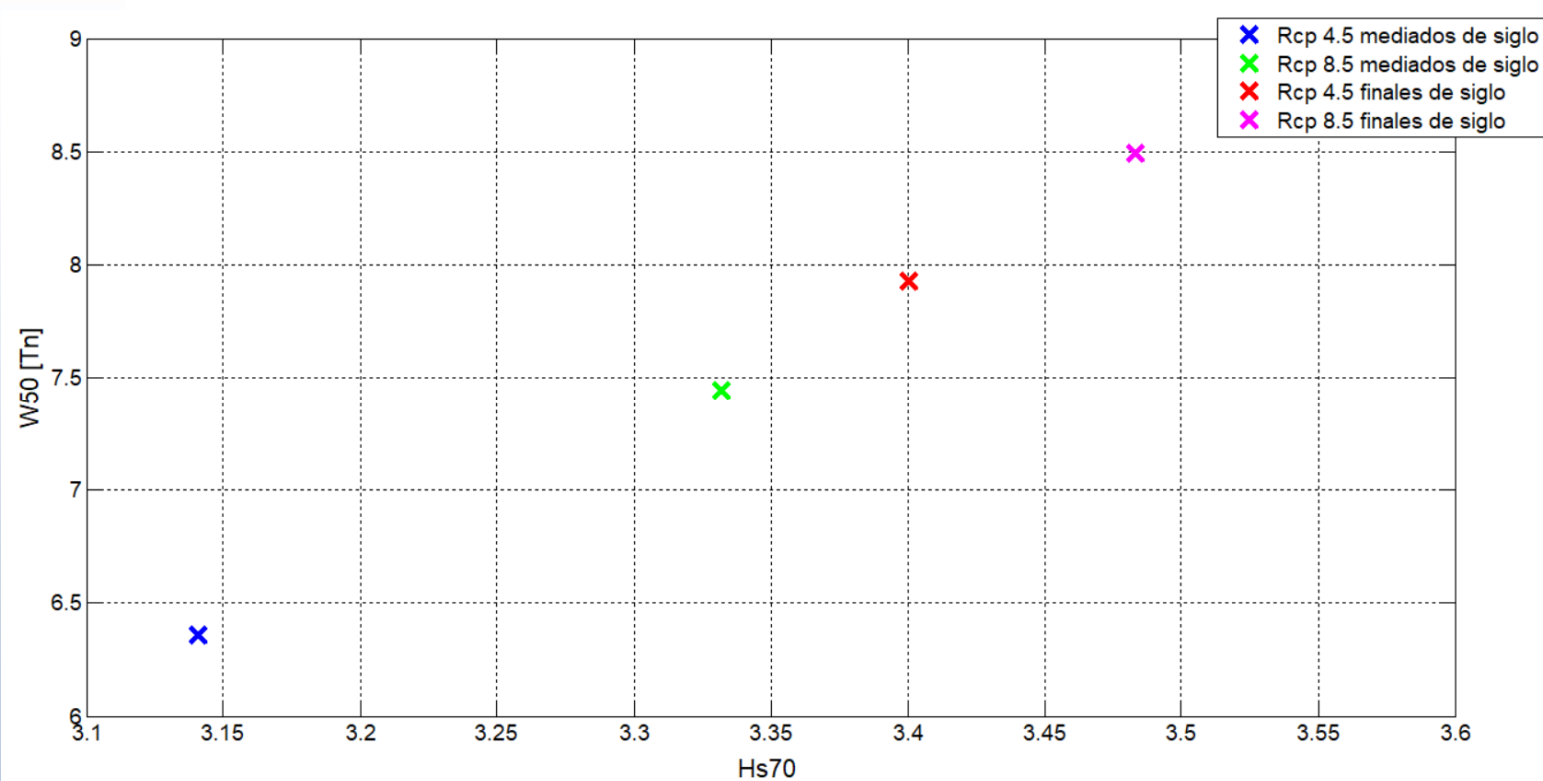
Comparación de pesos de los elementos de coraza de rompeolas con distintos taludes para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 de finales de siglo.



Diseño de los rompeolas con talud 1:2 de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 de mediados y finales de siglo.

	RCP 4.5 mediados de siglo	RCP 8.5 mediados de siglo	RCP 4.5 finales de siglo	RCP 8.5 finales de siglo
H_s diseño [m]	3.14	3.33	3.40	3.48
W50 coraza [Tn]	6.36	7.44	7.93	8.49
Dn50 coraza [m]	1.33	1.40	1.43	1.47
W50 filtro [Tn]	0.64	0.74	0.79	0.85
Dn50 filtro [m]	0.62	0.65	0.66	0.68
W50 núcleo [Tn]	0.03	0.04	0.04	0.04
Dn50 núcleo [m]	0.23	0.24	0.24	0.25
Ancho de berma [m]	3.70	3.91	3.99	4.08
Largo de berma [m]	2.47	2.60	2.66	2.72
Rc [m]	3.02	3.26	3.34	3.44
Cota de coronamiento [m]	6.83	7.25	7.42	7.62

Comparación de pesos de los elementos de coraza de los rompeolas con talud 1:2 diseñados bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 de mediados y finales de siglo.



Pesos de los elementos de coraza y cotas de coronamiento actuales

Los elementos que se encuentran en la defensa costera actual de Avenida Perú tienen pesos que van desde las 0.4 a las 7.9 [Tn] y se distribuyen como se detalla a continuación:

Tramo Avenida Perú					
Sur		Centro		Norte	
Rocas pequeñas	Rocas grandes	Rocas pequeñas	Rocas grandes	Rocas pequeñas	Rocas grandes
0.40	4.00	0.20	1.90	0.30	2.10
	6.50*	0.30	2.00	0.50	5.10
	7.90*	0.60	4.00	0.90	5.70*
		0.30	4.70*		
		0.80			

Fuente: (Beyá et al., 2016).

Las cotas de coronamiento de la defensa actual son:

- En el tramo Sur la cota de coronamiento está a 6.7 [m] con respecto al NRS.
- En el tramo central la cota de coronamiento se encuentra a 5.8 [m] con respecto al NRS.
- En el tramo Norte la cota de coronamiento se encuentra a 6.0 [m] con respecto al NRS.

8. Conclusiones

Relativo a adaptación en Chile, se concluye:

Las obras de infraestructura son un pilar fundamental en el funcionamiento y desarrollo de diversos sectores económicos y sociales, por lo que es imperante dar relevancia a la adaptación al cambio climático en la infraestructura. Se debe tener presente que las medidas de adaptación traen aparejada una disminución en el daño inevitable que los impactos del cambio climático tendrán.

Relativo al análisis de clima medio del set de datos históricos y a los cuatro sets de proyecciones, se concluye:

Existe una tendencia al aumento en los parámetros promedio mensual de la altura significativa y los periodos *peak*. En cuanto a las direcciones promedio mensual se presenta una desviación hacia el Sur.

Relativo al análisis de clima extremo para los distintos escenarios RCP, se concluye:

Las alturas significativas con periodos de retorno de 70 años (HS70) experimentarán un aumento debido al fenómeno de cambio climático.

	Históricos	Mediados de siglo		Finales de siglo	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Valores HS70 [m]	8.4	8.9	9.7	9.8	10.1
Aumento [%]		5.9	15.7	17.1	20.2

Relativo al diseño de rompeolas en talud para los distintos escenarios RCP, se concluye:

	Actual	Mediados de siglo		Finales de siglo	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Cotas de coronamiento [m]	6.2	6.8	7.3	7.4	7.6
Aumento [%]		10.9	17.7	20.5	23.7

Relativo al diseño de rompeolas en talud para los distintos escenarios RCP, se concluye:

	Actual	Mediados de siglo		Finales de siglo	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Peso elementos de coraza [Tn]	6.3	6.4	7.4	7.9	8.5
Aumento [%]		1.0	18.1	25.9	34.8

9. Referencias

Beyá, I., Borchert, M., Zamorano, L., & Díaz, M. (2016). Diseño conservación defensas costeras sectores Avenida Perú y Juan de Saavedra. Santiago.

Campos, R. (2016). Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile. Valparaiso.

CEPAL. (Septiembre de 2015). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL):

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3955/S1500961_es.pdf?sequence=4

de la Cuadra, F. (2013). Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria. Polis, Revista Latinoamericana, 525-532.

Gobierno de España. (Abril de 1990). Puertos del Estado. Obtenido de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/BibliotecaV2/ROM%200.2-90.pdf>

Goda, Y. (1988). Coastal Engineering Proceedings. Obtenido de Coastal Engineering Proceedings: <https://icce-ojs-tamu.tdl.org/icce/index.php/icce/article/viewFile/4274/3955>

IPCC. (29 de Marzo de 2016). Intergovernmental Panel on Climate Change. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: www.ipcc.ch

Pullen, T., Allsop, N., Bruce, T., Kortenhaus, A., Schüttrumpf, H., & van der Meer, J. (2007). EurOtop.

SHOA. (2005). Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Obtenido de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada:

http://www.shoa.cl/datos/descargas/pdf/pub3201_3ed-v4_2015.pdf

Stocker, T., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., . . . Midgley, P. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1_AR5_SPM_ES.pdf

Urrutia, O. (2010). El régimen jurídico internacional del cambio climático después del "Acuerdo de Copenhague". Revista de derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 597-633.

USACE. (28 de Septiembre de 2011). US Army Corps of Engineers . Obtenido de US Army Corps of Engineers :

<http://www.pdhonline.com/courses/c598/Part%20VI%20Chap%205.pdf>

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISEÑO DE UNA OBRA COSTERA

“El cambio climático se ha convertido en el mayor desafío que ha debido enfrentar la humanidad”

Ministerio del medio ambiente, página 11, 2017



Fuente: <http://www.ecoclimatico.com>