



FACULTAD DE INGENIERÍA

Memoria de titulación para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**Caracterización de respuesta de playa ante eventos
extremos de oleaje: Playa Reñaca y Caleta Abarca, Región
de Valparaíso, Chile**

Bárbara Andrea Gálvez Fernández

Agosto 2017

CARACTERIZACIÓN DE RESPUESTA DE PLAYA ANTE EVENTOS EXTREMOS
DE OLEAJE: PLAYA REÑACA Y CALETA ABARCA, REGIÓN DE VALPARAÍSO,
CHILE.

Bárbara Andrea Gálvez Fernández

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

MAURICIO MOLINA PEREIRA
Profesor Guía

HERNAN VERGARA CORTES
Profesor Revisor

MARÍA JOSÉ GANGAS RAMÍREZ
Profesor Revisor

DECLARACIÓN.

Este trabajo, o alguna de sus partes, no han sido presentados anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

Bárbara Gálvez Fernández
Alumna

Mauricio Molina Pereira
Profesor Guía

AGRADECIMIENTOS.

Son pocas las palabras para agradecer el infinito amor a cada una de las personas que participaron en esta etapa de mi vida.

Enrique y Olivia, los principales actores de esta historia, mis puntales...gracias Papá y Mamá. Hermanos, cuñados y mis lindos sobrinos Manuel Ignacio, Ian, Matías y el pequeño Martín, gracias por su apoyo, consejos y experiencias.

Y a todo aquel que se cruzó en mi periodo académico, profesores, compañeros y amistades; los cuales generaron inquietud, cuestionamientos y un enamoramiento por mi carrera.

Finalmente, pero no menos importante, doy gracias a Nuestro Padre Celestial; por permitirme ser parte de esta dispensación y disfrutar de las maravillas de la ciencia y naturaleza.

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”.

Albert Einstein

"Es imposible que tu yo de ayer se presente aquí.

*Es imposible ver a tu yo de mañana.
El único momento en que vives es ahora.
El paisaje del pasado, visto desde el corazón, tiene algo de irreal.*

*Según lo que sientes en cada momento, las cosas buenas y malas cambian y se
confunden sin cesar.
Los recuerdos que te parecían mejores empiezan a tambalearse.*

*¿Y no será que... las heridas que tanto te dolieron sirvieron para hacerte crecer, que
fueron experiencias necesarias que ahora te podrían ayudar?*

*Deja de pensar en si el pasado fue así o asá, y acéptalo, sencillamente.
Deja de sentir inquietud por lo que te deparará el futuro, y vuelca todas tus energías
en el presente."*

Yuriko Usami - Shinichi Emura.

RESUMEN.

Las técnicas de caracterización de playas generalmente usadas son altamente complejas, costosas y de difícil aplicación; especialmente en ambientes cercanos a zonas urbanas. Sin embargo, el presente estudio se destaca por el empleo de técnicas simples, a un menor costo y fácil aplicación.

El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo principal estudiar el comportamiento y la variación del perfil transversal de playas Reñaca y Caleta Abarca, como respuesta a eventos de oleaje extremo en el periodo 2013 a 2015 en la costa central de Chile.

El estudio de caracterización de playa contempló un monitoreo sistemático de variación del perfil transversal, mediante levantamientos topográficos con el método propuesto por Kenneth O. Emery (1961), obteniéndose como resultado una cuantificación de la variación del área de las partículas sedimentarias para cada intervalo de mediciones in situ.

Se caracterizaron los sedimentos de las playas en estudio y esteros presentes en la zona, mediante muestreos de estratos de las zonas de berma, intermareal y sumergida; obteniendo como resultado la vinculación de la fuente sedimentaria con playa Reñaca y Caleta Abarca.

Se desarrolló un estudio de las condiciones hidrodinámicas, mediante la transferencia de oleaje desde aguas profundas a los sitios de interés (playas Reñaca y Caleta Abarca) con el modelo numérico SWAN (Booij, Ris, & Holthuijsen, 1999) y datos proporcionados por el proyecto FONDEF código IT13I200061 “Un Atlas de Oleaje para Chile”, mediante el cual se obtuvieron los parámetros de resúmenes (altura de olas, periodo y dirección) con que un mismo oleaje llega a las playas Reñaca y Caleta Abarca.

Se concluye que un mismo oleaje genera diferentes respuestas de perfil, en playas emplazadas en una misma zona, ya sea por la exposición de la playa, dirección de oleaje y existencia o no de protección de la zona. Los resultados obtenidos corresponden a una aproximación inicial de un estudio a largo plazo del perfil transversal de la playa, debido a que este sólo fue para un periodo de dos años.

SUMMARY.

The technical characteristics of beaches generally used are highly complex, expensive and difficult to apply, especially in environments close to urban zones.

However, this study stands out for using simpler techniques at a lower cost and easier to use.

The main objective of this thesis was of the transverse profile present in Reñaca and Caleta Abarca beaches, as an answer to events of extreme waves during the period of years between 2013 and 2015 on the central coast of Chile.

The characterization study of the beach contemplated a systematic monitoring regarding the change of the transverse profile, by carrying out topographical measurements using the method proposed by Kenneth O. Emery (1961) obtaining as a result the quantification of the topographical changes of the area of the sedimentary particles for each measurement interval on site.

Sediments from beaches in study and from marshes around the area were characterized through stratum sampling from the areas at street level, beach level and submerged level; obtaining as a result the linkage of the sedimentary source at Reñaca and Caleta Abarca beaches.

A study regarding the hydrodynamic conditions was developed through the transfer of waves from deep waters to points of interest (Reñaca and Caleta Abarca beaches) using the numeric model SWAN (Booij, Ris and Holthuijsen 1999) and data taken from the FONDEF Project code N° IT13I200061 "An Atlas of the waves of Chile," thus obtaining the summary parameters (height of waves, period and direction of waves), where the same waves reach Reñaca and Caleta Abarca beaches.

As a conclusion, the same waves generate different profile answers on beaches located on the same area, either by exposition to the beach, the direction of the waves and whether the area is protected or not. The obtained results correspond to an initial approximation of a long term study of a transverse profile of the beach, since they are based on a two-year period.

INDICE

RESUMEN.....	VI
SUMMARY.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.2 Alcances y Limitaciones.....	4
1.3 Estructura del Estudio.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Zona de Estudio.....	6
2.2 Importancia y Caracterización de la Playa.....	8
2.2.1 Importancia y Rol en el Turismo.....	8
2.2.2 Características y Ciclo Anual.....	9
2.3 Generación, Parámetros y Transferencia del Oleaje.....	11
2.3.1 Generación y Características del Oleaje en Chile.....	11
2.3.2 Teoría Lineal y Parámetros del Oleaje.....	13
2.3.3 Propagación del Oleaje.....	14
2.3.4 Modelos de Generación para Propagación de Oleaje.....	16
2.3.5 SWAN.....	18
2.4 Variabilidad de Perfiles de Playa por Acción del Oleaje.....	20
2.4.1 Métodos de Levantamiento de Perfiles Transversales.....	20
2.4.2 Metodología de Emery.....	20
2.4.3 Teoría de Errores en Mediciones.....	22
2.5 Estudios Previos sobre Morfología del Perfil de Playa.....	24
2.5.1 Las Zonas de Barrido en las Playas del Litoral de Valparaíso a Con-Con: Un Estudio Preliminar (Serrano, 1979).....	24
2.5.2 Sedimentación Reciente en Playas de Valparaíso, V Región. (Vergara & Valenzuela, 1981).....	24
2.5.3 The State of Maine's Beaches. (Maine Sea Grant, The Maine Geological Survey, The University of Maine and The Maine Coastal Program, 2005).	25
2.5.4 Morfodinámica y Evolución Reciente en Playa Tunquén. (Martínez & Salinas, 2009).....	25
2.5.5 Programa de Voluntarios para Monitoreo de Playas. (Axis Ingeniería S.A., 2014).....	26
2.6 Caracterización del Sedimento.....	26
2.6.1 Estudios Granulométricos y Mineralógicos.....	26

2.6.2	Indicadores Estadísticos según Folk y Ward (1957).	27
2.6.3	Tipologías de Sedimento.	30
3.	METODOLOGIA DE ESTUDIO	32
3.1	Levantamientos de Perfiles Transversales	33
3.1.1	Puntos de Control.	33
3.1.2	Aplicación del Método Emery.	35
3.2	Caracterización del Sedimento.	37
3.2.1	Estudio Granulométrico.	37
3.2.2	Metodología de Tamizado.	39
3.2.3	Estudio Mineralógico.	40
3.3	Clima de Oleaje.	42
3.3.1	Selección de los Sitios de Estudio.	42
3.3.2	Tratamiento de Batimetría.	43
3.3.3	Propagación y Transferencia de Oleaje.	44
4.	RESULTADOS	47
4.1	Estudio Granulométrico y Estadístico.	47
4.1.1	Análisis Granulométrico, Playa Reñaca.	47
4.1.2	Análisis Granulométrico, Playa Caleta Abarca.	48
4.1.3	Análisis Granulométrico: Fuentes Sedimentarias.	49
4.2	Estudios Mineralógicos.	51
4.2.1	Análisis Mineralógico, Playa Reñaca.	51
4.2.2	Análisis Mineralógico, Playa Caleta Abarca.	53
4.2.3	Análisis Mineralógico, Esteros Marga Marga Y Reñaca.	55
4.3	Esfericidad Del Sedimento.	57
4.4	Propagación De Oleaje.	58
4.4.1	Coeficientes de Agitación: Playas Reñaca y Caleta Abarca.	58
4.4.2	Dirección de Oleaje Incidente: Playas Reñaca y Caleta Abarca.	61
4.4.3	Transferencia desde Aguas Profundas a Nodos de Interés.	64
4.4.4	Magnitud de Oleaje desde Año 2013 al Año 2014: Playa Reñaca y Playa Caleta Abarca.	66
4.4.5	Magnitud de Oleaje del Año 2015: Playa Reñaca y Playa Caleta Abarca.	68
4.5	Comportamiento de las Playas Reñaca y Caleta Abarca.	70
4.5.1	Respuesta de Playa Reñaca, Años 2013-2014.	70
4.5.2	Respuesta de Playa Reñaca, Año 2015.	75
4.5.3	Respuesta de Playa Caleta Abarca, Años 2013-2014.	79
4.5.4	Respuesta de Playa Caleta Abarca, Año 2015.	82
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
5.1	Análisis por Objetivos.	84
5.1.1	Objetivo General: Desarrollo de un Estudio-Investigación sobre La Evolución de Perfiles Transversales de dos Playas de la Comuna de Viña del Mar, Chile.	84

5.1.2	Objetivo Específico A:	84
5.1.3	Objetivo Específico B:	88
5.1.4	Objetivo Específico C:	89
5.1.5	Objetivo Específico D:	90
5.1.6	Objetivo Específico E:	93
6.	CONCLUSIONES.	94
7.	RECOMENDACIONES.	96
8.	GLOSARIO.	97
9.	BIBLIOGRAFIA.	98
10.	ANEXOS.	102
10.1	Anexo A. Análisis Sedimentario, Playa Reñaca.	102
10.1.1	Estudio Granulométrico, Playa Reñaca.	102
10.1.2	Curvas de Granulometría, Playa Reñaca.	105
10.1.3	Indicadores Estadísticos, Playa Reñaca.	107
10.1.4	Estudio Mineralógico, Playa Reñaca.	108
10.2	Anexo B. Análisis Sedimentario, Playa Caleta Abarca.	109
10.2.1	Estudio Granulométrico, Playa Caleta Abarca.	109
10.2.2	Curvas de Granulometría, Playa Caleta Abarca.	110
10.2.3	Indicadores Estadísticos, Playa Caleta Abarca.	110
10.2.4	Estudio Mineralógico, Playa Caleta Abarca.	111
10.3	Anexo C. Análisis Sedimentario, Fuentes Sedimentarias.	112
10.3.1	Estudio Granulométrico, Esteros.	112
10.3.2	Curvas Granulométricas, Esteros.	113
10.3.3	Estudio Mineralógico, Esteros.	114
10.4	Anexo D. Propagación de Oleaje.	115
10.4.1	Comandos de Swan.	115
10.4.2	Gráficos de Propagación de Oleaje.	118
10.5	Anexo E. Aplicabilidad de Metodología Emery.	138
10.5.1	Levantamiento de Perfil Transversal, Playa Reñaca.	138
10.5.2	Área Cuantificada, Playa Reñaca.	140
10.5.3	Levantamiento De Perfil Transversal, Playa Caleta Abarca.	145
10.5.4	Área Cuantificada, Playa Caleta Abarca.	146

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Esquema de estructura del estudio.	5
Figura 2. 1: Imágenes referenciales, Playa Reñaca.	7
Figura 2. 2: Imágenes referenciales, Playa Caleta Abarca.	7
Figura 2. 3: Morfología de la Zona Litoral.	9
Figura 2. 4: Perfil de Tormenta y Acreción de la playa.	10
Figura 2. 5: Espectro de energía de las olas.	12
Figura 2. 6: Representación esquemática de los parámetros de una ola.	13
Figura 2. 7: a) Fenómeno de Refracción. b) Fenómeno de Shoaling.	15
Figura 2. 8: a) Fenómeno de Reflexión. b) Fenómeno de Difracción.	15
Figura 2. 9: Espectros de Pierson-Moskowitz y JONSWAP.	18
Figura 2. 10: Esquema de Método Emery.	21
Figura 2. 11: Clasificación de partículas sedimentarias.	27
Figura 2. 12: Representación gráfica de Curtosis.	28
Figura 2. 13: Representación gráfica de Simetría.	29
Figura 2. 14: Representación gráfica de Desviación estándar.	30
Figura 2. 15: Minerales característicos en zona costera.	31
Figura 3. 1: Esquema del estudio de playas Reñaca y Caleta Abarca.	32
Figura 3. 2: Perfiles transversales, playa Reñaca.	34
Figura 3. 3: Perfiles transversales, playa Caleta Abarca.	34
Figura 3. 4: Imagen referencial de mediciones.	35
Figura 3. 5: Imagen referencial, grafico de perfil medido.	36
Figura 3. 6: Imagen referencial, cuantificación de área.	36
Figura 3. 7: Puntos de extracción de muestras, Playa Reñaca.	37
Figura 3. 8: Puntos de extracción de muestras, Playa Caleta Abarca.	38
Figura 3. 9: Áreas de estudios mineralógicos, superior playa Reñaca, inferior playa Caleta Abarca.	41
Figura 3. 10: Instrumental de estudio mineralógico.	42
Figura 3. 11: Ubicación de nodos, Playas Reñaca y Caleta Abarca.	43
Figura 3. 12: Grafica de dominio de mallas.	46
Figura 4. 1: Esquema de ubicación de muestras de esteros.	49
Figura 4. 2: Registro visual de muestras, Playa Reñaca.	53
Figura 4. 3: Registro visual de muestras, Playa Caleta Abarca.	55
Figura 4. 4: Registro visual de muestras, aguas arriba, Estero Marga Marga.	56
Figura 4. 5: Registro visual de muestras, desembocadura, Esteros Reñaca y Marga Marga.	57
Figura 4. 6: Grafico de coeficientes de agitación, nodo Playa Reñaca.	60
Figura 4. 7: Gráfico de coeficientes de agitación, nodo Playa Caleta Abarca.	60
Figura 4. 8: Dirección incidente, nodo Playa Reñaca.	62
Figura 4. 9: Dirección incidente, nodo Playa Caleta Abarca.	63
Figura 4. 10: Imagen referencial de propagación de oleaje, Modelo SWAN.	63
Figura 4. 11: Espectro energético en aguas profundas.	64
Figura 4. 12: Espectro energético en nodo de interés, Playa Reñaca.	65
Figura 4. 13: Espectro energético en nodo de interés, Playa Caleta Abarca.	65
Figura 4. 14: Rosa de Oleaje nodo de interés años 2013-2014, Playa Reñaca.	66
Figura 4. 15: Rosa de Oleaje nodo de interés años 2013-2014, Playa Caleta Abarca.	67
Figura 4. 16: Rosa de Oleaje nodo de interés año 2015, Playa Reñaca.	68

Figura 4. 17: Rosa de Oleaje nodo de interés año 2015, Playa Caleta Abarca.....	69
Figura 4. 18: Análisis de respuesta de playa Reñaca a oleaje incidente años 2013-2014.....	74
Figura 4. 19: Análisis de respuesta de playa Reñaca a oleaje incidente año 2015.....	78
Figura 4. 20: Análisis de respuesta de playa Caleta Abarca a oleaje incidente años 2013-2014.....	81
Figura 4. 21: Análisis de respuesta de playa Caleta Abarca a oleaje incidente año 2015.....	83
Figura 5. 1: Vista transversal de playa Reñaca, post-marejada.....	85
Figura 5. 2: Marejada in-situ, 5to sector, playa Reñaca.....	86
Figura 5. 3: Vista frontal, playa Caleta Abarca, post-marejada.....	86
Figura 5. 4: Playa Caleta Abarca, antes y después de marejada.....	87
Figura 5. 5: Imagen referencial de oleaje incidente.....	88
Figura 5. 6: Mineralogía, Playa Reñaca.....	90
Figura 5. 7: Mineralogía, Playa Caleta Abarca.....	91
Figura 5. 8: Mineralogía, Desembocaduras Esteros Marga-Marga y Reñaca.....	92
Figura 10. 1: Curvas de granulometría, sectores A-B-C-D, Playa Reñaca.....	105
Figura 10. 2: Curvas de granulometría, sectores E-F-G, Playa Reñaca.....	106
Figura 10. 3: Minerales característicos, sector A, Playa Reñaca.....	108
Figura 10. 4: Minerales característicos, sector D, Playa Reñaca.....	108
Figura 10. 5: Minerales característicos, sector F, Playa Reñaca.....	108
Figura 10. 6: Curva granulométrica, sector A-B, Playa Reñaca.....	110
Figura 10. 7: Minerales característicos, Playa Caleta Abarca.....	111
Figura 10. 8: Curva granulométrica, Esteros.....	113
Figura 10. 9: Minerales característicos, Esteros Marga-Marga y Reñaca.....	114
Figura 10. 10: Periodo 6[s], direcciones de tercer cuadrante.....	118
Figura 10. 11: Periodo 6[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	119
Figura 10. 12: Periodo 8[s], direcciones de tercer cuadrante.....	120
Figura 10. 13: Periodo 8[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	121
Figura 10. 14: Periodo 10[s], direcciones de tercer cuadrante.....	122
Figura 10. 15: Periodo 10[s], dirección de cuarto cuadrante.....	123
Figura 10. 16: Periodo 12[s], direcciones de tercer cuadrante.....	124
Figura 10. 17: Periodo 12[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	125
Figura 10. 18: Periodo 14[s], direcciones de tercer cuadrante.....	126
Figura 10. 19: Periodo 14[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	127
Figura 10. 20: Periodo 16[s], direcciones de tercer cuadrante.....	128
Figura 10. 21: Periodo 16[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	129
Figura 10. 22: Periodo 18[s], direcciones de tercer cuadrante.....	130
Figura 10. 23: Periodo 18[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	131
Figura 10. 24: Periodo 20[s], direcciones de tercer cuadrante.....	132
Figura 10. 25: Periodo 20[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	133
Figura 10. 26: Periodo 22[s], direcciones de tercer cuadrante.....	134
Figura 10. 27: Periodo 22[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	135
Figura 10. 28: Periodo 24[s], direcciones de tercer cuadrante.....	136
Figura 10. 29: Periodo 24[s], direcciones de cuarto cuadrante.....	137
Figura 10. 30: Perfiles transversales N°1-2-3-4-5 y 6, Playa Reñaca.....	138
Figura 10. 31: Perfiles transversales N°7-8-9-10-11 y 12, Playa Reñaca.....	139
Figura 10. 32: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2013-2014, Playa Reñaca.....	142
Figura 10. 33: Grafica de área cuantificada de sedimento, año 2015, Playa Reñaca.....	144
Figura 10. 34: Perfiles transversales N°1-2-3-4 y 5, Playa Caleta Abarca.....	145

Figura 10. 35: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2013-2014, Playa Caleta Abarca.....	147
Figura 10. 36: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2015, Playa Caleta Abarca.....	148

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Clasificación de oleaje según su dominio.	14
Tabla 2. 2: Comparación de Metodologías de levantamiento.	22
Tabla 3. 1: Coordenadas de puntos de control, playa Reñaca.	33
Tabla 3. 2: Coordenadas de puntos de control, playa Caleta Abarca.	34
Tabla 3. 3: Coordenadas de muestras, Playa Reñaca.....	38
Tabla 3. 4: Coordenadas de muestras, Playa Caleta Abarca.	38
Tabla 3. 5: Coordenadas de muestras, Esteros Reñaca y Marga Marga.....	39
Tabla 3. 6: Clasificación de diámetros característicos.	40
Tabla 3. 7: Coordenadas de nodos, Playas Reñaca y Caleta Abarca.....	43
Tabla 3. 8: Cartas SHOA empleadas en propagación de oleaje.....	43
Tabla 3. 9: Coordenadas del dominio de mallas.....	45
Tabla 4. 1: Diámetros característicos, Playa Reñaca.	47
Tabla 4. 2: Diámetros característicos, Playa Caleta Abarca.	48
Tabla 4. 3: Porcentajes de minerales, franja intermareal, Playa Reñaca.	51
Tabla 4. 4: Porcentajes de minerales, franja sumergida, Playa Reñaca.	52
Tabla 4. 5: Porcentajes de minerales, franja intermareal, Playa Caleta Abarca.....	54
Tabla 4. 6: Porcentajes de minerales, franja sumergida, Playa Caleta Abarca.....	54
Tabla 4. 7: Porcentajes de minerales, aguas arriba, Estero Marga Marga.....	55
Tabla 4. 8: Porcentaje de minerales, desembocadura, Esteros Reñaca y Marga Marga. .	56
Tabla 4. 9: Coeficientes de agitación, Playa Reñaca.....	58
Tabla 4. 10: Coeficientes de agitación, Playa Caleta Abarca.....	59
Tabla 4. 11: Dirección de oleaje incidente, Playa Reñaca.	61
Tabla 4. 12: Dirección de oleaje incidente, Playa Caleta Abarca.	61
Tabla 4. 13: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 15 de abril del 2013 al 08 de mayo del 2014, Playa Reñaca.	67
Tabla 4. 14: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 10 de abril del 2013 al 03 de mayo del 2014, Playa Caleta Abarca.	68
Tabla 4. 15: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 27 de enero del 2015 al 12 de agosto del 2015, Playa Reñaca.....	69
Tabla 4. 16: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 27 de abril del 2015 al 10 de agosto del 2015, Playa Caleta Abarca.....	70
Tabla 10. 1: Ficha granulométrica, sector A-B-C, Playa Reñaca.	102
Tabla 10. 2: Ficha granulométrica, sector D-E-F, Playa Reñaca.	103
Tabla 10. 3: Ficha granulométrica, sector G, Playa Reñaca.....	104
Tabla 10. 4: Indicadores Estadísticos, Playa Reñaca.....	107
Tabla 10. 5: Ficha granulométrica, sector A-B, Playa Caleta Abarca.....	109
Tabla 10. 6: Indicadores Estadísticos, Playa Caleta Abarca.....	110
Tabla 10. 7: Ficha granulométrica, Esteros Marga-Marga y Reñaca.	112

1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad los estudios del comportamiento de las playas de la zona central de Chile como respuesta a las condiciones de oleaje son escasos. Tomando en consideración la extensa costa de la zona central y recursos que ésta otorga a la población, se hace interesante el desarrollo de estudios sobre la vulnerabilidad de las playas.

En términos generales, la playa es considerada como uno de los ecosistemas costeros con mayor variabilidad en el mundo, representado en la dinámica constante de sus cambios a diversas escalas de tiempo (Medina, Losada, Losada, & Vidal, 1995). Es por lo anteriormente mencionado que la importancia de los estudios de playas características de la V región de Valparaíso otorgará antecedentes de interés turístico en actividades desarrolladas en el borde costero.

Según el Censo realizado el 2015 en la V región de Valparaíso, éste presentó una población de 1.825.757 habitantes, de los cuales el 16% correspondió a la población de Viña del Mar (INE, 2015); siendo una de las zonas con mayor porcentaje de habitantes como objeto de los nuevos proyectos de edificación y ofertas de trabajo.

La costa de la comuna de Viña del Mar se presenta inserta en una bahía de aproximadamente 12 [km] de ancho, ésta se destaca por sus playas de diversas tipologías: encajadas, de bolsillo y extendidas; además de roqueríos y acantilados, características que la destacan en el turismo y comercio costero durante toda época del año; objeto que la clasifica a nivel mundial dentro de los tres primeros destinos turísticos del país¹. Conocida como la “Capital Turística”, Viña del Mar presenta alrededor de 13 playas, destacándose entre ellas las playas Reñaca y Caleta Abarca como iconos de la zona neurálgica.

Durante el mes de julio del año 2013, las condiciones oceanográficas de la costa de Chile presentaron regímenes variables, con índices por sobre el promedio de lo usual. La comuna de Viña del Mar presentó colapso en estructuras emplazadas en el borde costero, produciéndose pérdidas económicas cercanas a los 40 millones de pesos (Emol, 2013), además de la pérdida del sedimento constituyente de las playas; a objeto de este evento el desarrollo de estudios de monitoreo y caracterización de las playas de la zona de Viña del Mar retoma una mayor importancia, ya que el levantamiento de dichos antecedentes aportaría en la mejora de decisiones sobre intervenciones en el sector del borde costero.

Cabe consignar que la caracterización y estudio de parámetros se realizó en playas Reñaca y Caleta Abarca, ambas ubicadas en la comuna de Viña del Mar, en el extremo norte y sur.

La caracterización de playas emplazadas en localizaciones distintas permitirá entender globalmente los efectos de la incidencia del oleaje en playas emplazadas dentro de la misma bahía.

Importante es destacar que ambas playas fueron seleccionadas, por disponer de antecedentes de estudios previos en ellas (Vergara & Valenzuela, 1981); (Mercado, 2010).

¹ INE Instituto Nacional de Estadísticas – Chile (<http://www.ine.cl>, 2015)

Como se mencionó en un inicio, este trabajo de tesis se enfocará en desarrollar un estudio de variables presentes en un ecosistema costero de dos casos particulares de playas ante un evento de oleaje extremo, contemplando una escala temporal de largo plazo, junto a levantamientos de topografía de la playa (Emery, 1961), estudios de granulometría-mineralogía y transferencia de oleaje para la obtención de los parámetros de resumen (Hs, Tp y Dir) en la zona de interés.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1 OBJETIVO GENERAL.

Recogiendo la problemática actual sobre los impactos del oleaje extremo en zonas costeras, este proyecto de título presenta como objetivo general.

- Desarrollar un estudio-investigación sobre la evolución de perfiles transversales de dos playas de la comuna de Viña del Mar, Chile.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los cambios en planta y en el perfil transversal de las playas Reñaca y Caleta Abarca; mediante levantamientos topográficos de perfiles empleando el Método de Emery (1961).
- Evaluar la influencia del oleaje en los cambios de las playas mediante la propagación de aguas profundas hasta los sitios de interés, empleando el modelo numérico SWAN.
- Determinar cuantitativamente las variaciones del área de sedimento por efecto de la dinámica del oleaje en las zonas de estudio, a partir de los levantamientos de perfiles transversales de playas.
- Caracterizar y analizar la posible vinculación sedimentaria de las playas en estudio con los esteros que desembocan en sus cercanías, a partir del análisis granulométrico y mineralógico de muestras de ambos esteros y de las playas en estudio.
- Caracterizar la respuesta de las playas Reñaca y Caleta Abarca con diferente exposición ante la acción de eventos extremos de oleaje.

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES.

El análisis de la variabilidad de los perfiles transversales de playas Reñaca y Caleta Abarca, se efectúa considerando solamente los perfiles medidos entre las fechas desde abril del 2013 hasta mayo del 2014 y desde enero del 2015 hasta agosto del 2015 a través de levantamientos topográficos sistemáticos empleando la metodología de Emery (1961).

Se efectúa el análisis de la variabilidad de los perfiles transversales de playas Reñaca y Caleta Abarca y de los esteros Reñaca y Marga-Marga respectivamente; y su vinculación sedimentaria y mineralógica de las muestras tomadas. No se consideran en esta investigación estudios de modelaciones numéricas de caudal de transporte del sedimento.

Los efectos del oleaje se cuantifican mediante información de aguas profundas aportadas por el proyecto FONDEF código IT13I200061 “Un Atlas de Oleaje para Chile” entre las fechas de enero del 2013 hasta agosto del 2015. El proceso de transferencia de oleaje se realizó a partir de propagaciones utilizando el software SWAN.

No se consideraron las variaciones de marea.

1.3 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO.

El siguiente informe se divide en seis capítulos, además de las referencias y el material anexo, de los cuales cinco corresponden a los capítulos principales (figura 1.1).

En el Capítulo 2 se revisan los conceptos básicos que se emplean en el desarrollo de este trabajo de título, junto a referencias bibliográficas de estudios de morfodinámica de playa, además de la definición del estudio.

En el Capítulo 3 se presenta la metodología empleada, además de las bases argumentativas sobre el método escogido.

En el Capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos de la ejecución de mediciones según la metodología detallada en el capítulo 3.

En el Capítulo 5 se realiza el análisis y discusión de los resultados de las mediciones y estudios efectuados en este trabajo.

Finalmente, en el Capítulo 6 se entregan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

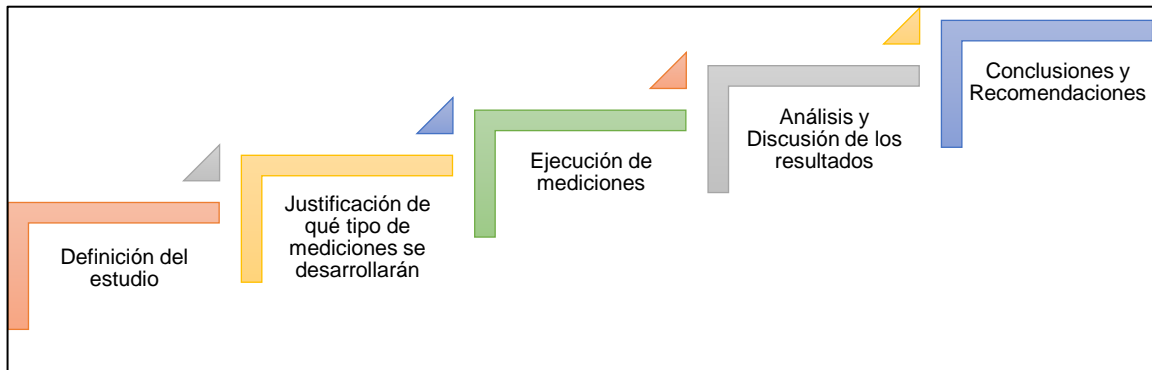


Figura 1. 1: Esquema de estructura del estudio.
Fuente: Elaboración propia.

2. MARCO TEÓRICO.

La costa de Chile comprende unos 4.500 kilómetros de longitud, en la cual predomina claramente la presencia de tres tipos de costa en las que se ejecutan acciones de carácter económico-marítimo y turístico.

Entre los paralelos 18° 15' y 41° 45' se evidencia una costa desabrigada de aspecto pareja y abierta; entre los paralelos 41° 45' y 56° 32' la costa posee características desmembradas. Una tercera tipología corresponde al territorio insular que comprende el conjunto de islas oceánicas.

La playa, como elemento presencial en nuestras costas, es una de las variables que caracteriza a nuestro país no sólo a nivel nacional sino también internacional, siendo considerada como uno de los principales atractivos tanto para el turismo interno como externo. El entorno de las playas como ambiente natural llama profundamente la atención, destacándose ambientes neurálgicos, así como ambientes totalmente naturales.

La costa de Chile es embestida por un oleaje con características claras: Swell del hemisferio sur, Swell del hemisferio norte, Sea y el oleaje originado por ciclones tropicales en el territorio insular (Nicolau del Roure, 2004). Esta variable a repercusión del cambio climático, ya sea de origen antropogénico (Oreskes, 2004) o provocado de manera natural (Crowley & North, 1988) ha desatado una seguidilla de impactos en la población, originando alteraciones dinámicas no solo como el oleaje y playas, sino también viento, atmósfera, temperatura, entre otras, induciendo de manera natural en la velocidad de la escala temporal de los procesos costeros, como erosión y acreción.

2.1 ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio de la presente memoria de título comprende cuatro zonas, Playa Reñaca, Playa Caleta Abarca, Estero Marga Marga y Estero Reñaca.

La Playa Reñaca se sitúa en la costa de Chile central entre las latitudes 32° 58' 26,57" S y 32° 57' 44,56" S y longitudes 71° 32' 43,61" O y 71° 32' 49,54" O. Esta playa ubicada en el sector de Reñaca, corresponde a un balneario residencial de características turísticas, hoteleras, recreacional e inmobiliarias, tanto para el turista interno como el turista receptor.

En términos generales, playa Reñaca se ubica aproximadamente a 8 kilómetros al norte de Viña del Mar en la región de Valparaíso. La longitud de esta playa comprende aproximadamente una extensión de 1272 metros (Google Earth, 2016) sectorizada por seis zonas. Las condiciones de oleaje que la afectan hacen de ella una playa no apta para el baño. Por consiguiente, una de las principales características que playa Reñaca posee corresponde a la connotación de playa solanar.

La figura 2.1, ilustra imágenes referenciales de la playa Reñaca.

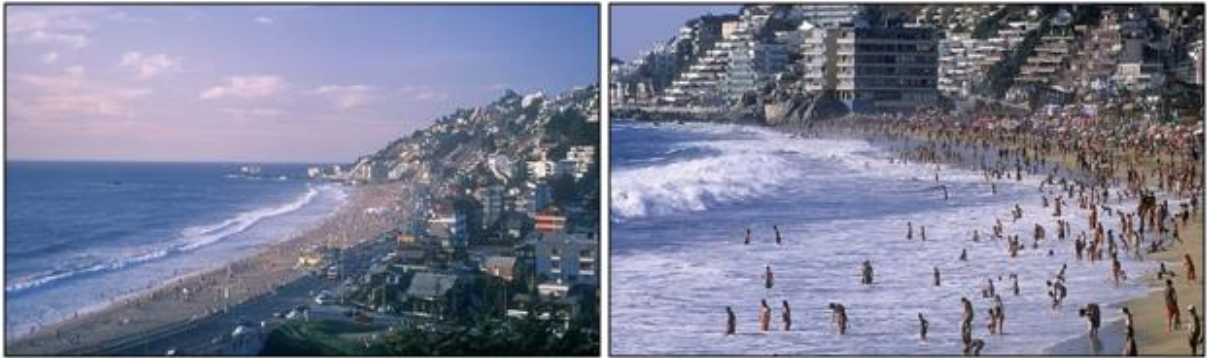


Figura 2. 1: Imágenes referenciales, Playa Reñaca.
Fuente: (www.visitevinadelmar.cl, 2015)

Por otra parte, la Playa Caleta Abarca, se ubica en la zona neurálgica de Viña del Mar, entre las latitudes $33^{\circ} 1' 18,91''$ S - $33^{\circ} 1' 27,89''$ S y longitudes $71^{\circ} 34' 5,66''$ O - $71^{\circ} 34' 14,51''$ O. La extensión de Caleta Abarca corresponde aproximadamente a 435 metros (Google Earth, 2016).

La ubicación de playa Caleta Abarca colinda con el centro de la ciudad de Viña del Mar, razón que influye en el volumen y flujo de turistas que la visitan para desarrollar actividades de carácter solar y baño, cabe señalar que esta playa presenta bandera roja gran parte del tiempo.

En la figura 2.2, se ilustra la zona de estudio correspondiente a Playa Caleta Abarca.



Figura 2. 2: Imágenes referenciales, Playa Caleta Abarca.
Fuente: (www.visitevinadelmar.cl, 2015)

El estero Marga Marga se extiende desde la Cordillera de la Costa pasando por sectores de Peñablanca, Villa Alemana, Quilpué y Viña del Mar, desembocando en el Océano Pacífico en las coordenadas 260645.45m-Este y 6343668.07m Norte, en la ciudad de Viña del Mar.

Por otra parte, el estero Reñaca se emplaza en la provincia de Valparaíso, específicamente al sur del Río Aconcagua; esta cueca se extiende desde la Cordillera de la Costa hasta el

Océano Pacífico, desembocando en las coordenadas 262078.46m Este y 6348722.16m Norte, específicamente en el sector N° 0 de la playa Reñaca.

2.2 IMPORTANCIA Y CARACTERIZACIÓN DE LA PLAYA.

2.2.1 IMPORTANCIA Y ROL EN EL TURISMO.

Las playas cumplen la función de ser un elemento disipador del espectro energético contenido en el parámetro de altura significativa (Hs) de la ola. De manera natural y/o artificial las playas han sido a lo largo de la historia de la humanidad “protecciones costeras”; sin embargo, éste no es su único uso, las playas son fuentes propicias para el desarrollo del área comercial, inmobiliaria, proceso de nidificación de especies marinas y como es reconocido a nivel mundial, el área turística (Houston, 1996).

En la actualidad las playas son un foco importante en el turismo, debido a lo cual son consideradas “la piedra angular” (Yepes V. , 1995).

Por su parte el turismo en el litoral es considerado una industria costera que posee como materias primas el sol y la playa, generando análogamente actividades paralelas a las tradicionales que se desarrollan en el plano costero. Turismo y deportes acuáticos son algunas de las modalidades realizadas en algunas costas del mundo.

Chile durante el año 2009, generó un 3.2% del Producto Interno Bruto por acción del turismo, sin embargo, como país solo participamos con un 0.19% en la generación de ingresos en esta industria a nivel mundial.

Según índices prescritos por SERNATUR (2011), la Región de Valparaíso ha incrementado su prestación de servicios en el turismo, concentrando alrededor del 20% de los requerimientos involucrados y desarrollando actividades orientadas a la gastronomía, alojamiento y agencias de viajes, las que inciden positivamente en el aumento de la actividad económica en la zona.

El litoral central de Chile, se destaca por su atractivo turístico y lúdico a nivel nacional e internacional; puntualmente en la Región de Valparaíso, según SERNATUR (2011) los índices de turismo a nivel interno del país y como receptores son cercanos a 1.800.000 y 700.000 turistas respectivamente, quienes optan mayoritariamente por destinos aledaños a los sectores costeros (playas) (Gobierno de Chile, 2014).

En términos generales la playa como recurso turístico se ha transformado en una figura importante en la economía de nuestro país, reflejándose en la creación de normativas que tienen por finalidad promover el turismo en base a metodologías orientadas al uso de recursos propios del país y su conservación²

² Ley de Turismo N°20.423 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile,2014)

2.2.2 CARACTERÍSTICAS Y CICLO ANUAL.

Primeramente, la playa como ecosistema costero corresponde a uno de los sistemas con mayor variabilidad en el mundo. Una de las primeras definiciones fue expuesta por Guilcher (1957) quien se refirió a la playa como el conjunto de acumulación de sedimentos de diámetro mayor al del limo, situados en la zona donde limita el mar en la costa. Posteriormente, Short (1999) propuso que la acumulación de sedimentos se produce por acción de las ondas entre los límites de profundidad y rotura de la ola.

De acuerdo al ciclo anual de variabilidad de la playa, ésta responde con cambios morfológicos en escalas temporales o espaciales. Estos cambios afectan las distintas áreas que constituyen la zona litoral, con fenómenos asociados al proceso de transporte sedimentario en la zona offshore por acción de corrientes marinas y oleaje; así como la conformación de ripples, senos y barras longitudinales en procesos posteriores a temporadas invernales o eventos de oleaje extremo (G.I.O.C., 2000).

La figura 2.3, grafica un corte transversal de las zonas que conforman la zona litoral.

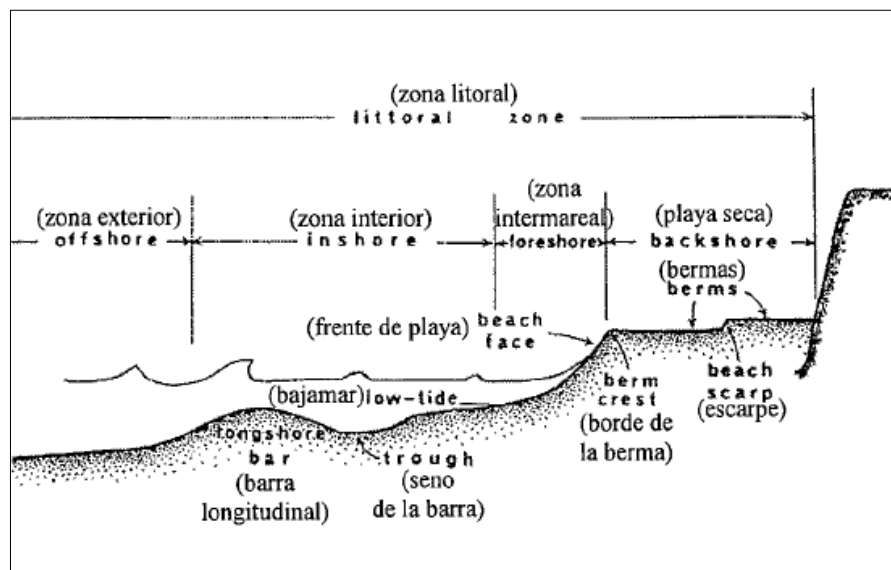


Figura 2. 3: Morfología de la Zona Litoral.
Fuente: G.I.O.C. 2000

La variabilidad morfológica de las playas se presenta en función de la acción del oleaje, viento, corrientes, transporte de sedimento, precipitaciones y variación del nivel medio del mar (nmm) que afectan al perfil topo-batimétrico; variables que dan origen a oscilaciones del perfil transversal de la playa, generando como respuesta un perfil de acreción en periodos de verano y un perfil de tormenta en periodos de invierno (figura 2.4), incidiendo además en la vista en planta de la playa.

El perfil de erosión o tormenta es definido como aquel que ha sido formado por la fuerza de un oleaje caracterizado principalmente por olas con muy alto nivel de energía. Este oleaje

al aproximarse a la costa, sufre perturbaciones en la columna de agua, debido a la variabilidad del fondo marino; lo que en términos esquemáticos se presenta como una pérdida de profundidad por concepto de batimetría y por consiguiente un incremento en la altura del oleaje; este fenómeno se asocia a una disminución de la longitud de onda junto a la erosión del sedimento acumulado en la zona intermareal.

Por otra parte, el perfil de acreción, corresponde al proceso de recuperación del sedimento perdido en el proceso erosivo. Este proceso se manifiesta como respuesta cuando el oleaje rompe cerca del frente de playa, desplazando sedimento, que, en el proceso de retorno del flujo, es arrastrado y depositado en la zona de berma; dando conformación a una zona de explanada con mayor área (Van Rijn, 1998).

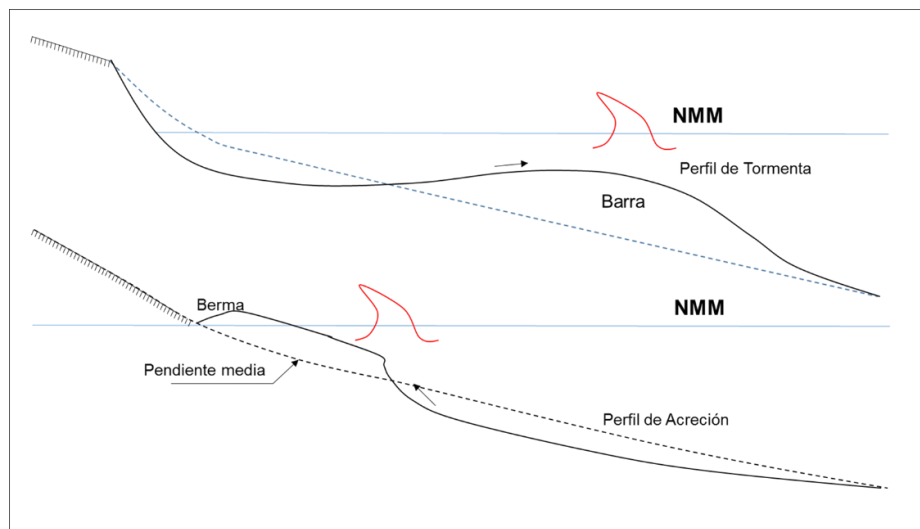


Figura 2. 4: Perfil de Tormenta y Acreción de la playa.
Fuente: Adaptado de G.I.O.C. 2000

Durante el periodo que transcurre entre el proceso del perfil de tormenta y acreción, se presentan una serie de fenómenos evolutivos de la playa, los que dependen directamente de cómo el oleaje o régimen mareal afecta a la zona. Dentro de ciertos fenómenos es posible detectar desde erosiones extremas durante periodos de mareas vivas, las que dan origen a mini terrazas o acantilados; hasta incrementos del perfil de acreción que incide en el hábitat de algunas especies.

En términos generales la playa como sistema siempre está en constante cambio, sin embargo, ésta también presenta un "perfil de equilibrio". Este concepto está asociado al perfil de playa que en el transcurso de un tiempo estimado presenta menor variabilidad y por consiguiente una mayor permanencia de su estado en el tiempo (González, 1995).

2.3 GENERACIÓN, PARÁMETROS Y TRANSFERENCIA DEL OLAJE.

2.3.1 GENERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL OLAJE EN CHILE.

La perturbación de fuerzas de origen externo de la naturaleza en el océano, tales como terremotos, tormentas, sol, luna y viento, dan origen al oleaje.

La generación de oleaje por la acción del viento corresponde a uno de los mecanismos dominantes en el océano, olas con periodos entre los 3 [s] y 30 [s] reúnen un alto índice energético en un estado de mar, tal como indica la figura 2.5 del espectro de energía de las olas. En la disciplina de la ingeniería civil, este elevado porcentaje de energía es estudiado como un factor importante en la toma de decisiones de ingeniería marítima portuaria y morfología costera (Koutitas, 1988).

La superposición de olas con distintas alturas, periodos y propagación en distintas direcciones es lo que se conoce como el oleaje real, un oleaje que presenta irregularidades y características caóticas, denominado Mar de Viento o Sea. Este oleaje en el proceso por lograr su estado de equilibrio presenta transformaciones que varían en función de su crecimiento, presentándose estados de oleaje parcialmente desarrollado a totalmente desarrollado; durante esta etapa el oleaje no presenta correlación con sus parámetros.

Cuando el oleaje se propaga por cierto tiempo en un fetch determinado e inicia el proceso de distanciarse de su área de generación, se produce la desagrupación de las olas caóticas, adoptando éstas un comportamiento más regular, con crestas y valles bien formados, tomando así una dirección predominante.

En términos de la trayectoria del oleaje, primeramente, las olas de mayor periodo se propagan hacia la costa y luego las de menor periodo, este oleaje es conocido como Mar de Fondo o Swell.

Las dimensiones del fetch presentan directa relación con la longitud de onda, periodo y altura de la ola, cuando la distancia de acción del viento sobre la superficie del mar es mayor, mayores longitudes de onda, periodo y altura se presentarán (G.I.O.C., 2000).

En la figura 2.5, se presenta esquemáticamente la relación de fuerzas perturbadoras y restauradoras asociadas al espectro de energía del oleaje.

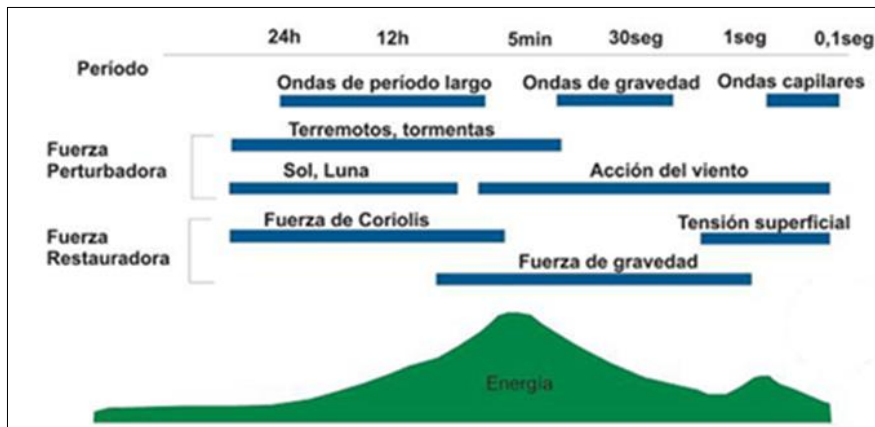


Figura 2. 5: Espectro de energía de las olas.
Fuente: Adaptada a partir de (Fernández, 2004)

Importante es mencionar que además de las fuerzas restauradoras y perturbadoras del oleaje, éste presenta distintas tipologías asociadas al mecanismo de transferencia de energía de las olas, tales como: Swell del hemisferio norte, Swell del hemisferio sur, Sea, Oleaje por ciclones tropicales y Ondas de periodos muy largos.

El oleaje “Swell del Hemisferio Norte” es originado en las cercanías de las Islas Aleutianas, son olas con periodos muy largos y se presentan en las costas chilenas en temporadas estivales. Las ondas recorren aproximadamente 15500 [km] desde el hemisferio norte hasta nuestras costas. El oleaje tipo Swell se caracteriza por poseer periodos entre el rango de 18 [s] a 25 [s], el cual disminuye su intensidad hacia la dirección sur. A diferencia del oleaje anteriormente descrito, el “Swell del Hemisferio Sur” es producto de la acción de ciclones que se generan en latitudes entre los 30°S y 70°S, este tipo de Swell, se hace presente en las costas Chilenas con periodos que oscilan entre los 12 [s] a 16 [s], disminuyendo su intensidad hacia el Norte.

El Oleaje “Sea” es formado por la acción del viento local. Este oleaje está asociado a periodos (T_p) cortos, los cuales usualmente se establecen entre el rango de 6 [s] a 10 [s].

El Oleaje por “Ciclones Tropicales” se origina en las cercanías de América Central, puntualmente en la zona ecuatorial. Su propagación a las costas chilenas no es muy usual, sin embargo, comúnmente cuando éste se hace presente es asociado a condiciones extremas de oleaje.

Las ondas de periodos muy largos son también conocidas como “Bounded Long Waves”. Estas ondas se presentan en zonas alejadas a la costa, específicamente en sectores de aguas profundas y se caracterizan por periodos que oscilan entre los 30 [s] y 500 [s].

Según estudios de clima medio (Molina, Estudio no estacionario de Clima Medio de Oleaje en la Costa Central de Chile. Universidad de Valparaíso, 2011) realizados en la costa central de Chile, el comportamiento de los parámetros de resumen del oleaje en aguas profundas, presenta valores de alturas significativas (H_s) entre un rango de 2 [m] a 4 [m], asociadas a

periodos peak (T_p) entre 10 [s] a 14 [s], con características de oleaje tipo Swell - suroeste.

En general el oleaje que incide en nuestra costa presenta direcciones que varían entre el tercer y cuarto cuadrante; suroeste y noroeste respectivamente.

2.3.2 TEORÍA LINEAL Y PARÁMETROS DEL OLAJE.

El oleaje es descrito por una serie de teorías que varían dependiendo de los fenómenos que se busca analizar.

En la disciplina de la ingeniería una de las teorías que se emplea con mayor frecuencia corresponde a la Teoría Lineal de Airy, la que se caracteriza por los supuestos que adopta: olas periódicas, amplitud pequeña, flujo irrotacional e ideal, efectos de coriolis y tensión superficial despreciable, fondo del lecho marino impermeable y fijo junto a incompresibilidad del agua y presión en superficie del mar uniforme (G.I.O.C., 2000).

La ola en términos básicos es representada por parámetros como altura (distancia entre cresta y valle), periodo (tiempo que transcurre entre dos crestas o valles continuos), longitud de onda (distancia entre dos crestas consecutivas), dirección y profundidad (distancia desde el nmm. al fondo del lecho marino) tal como se ilustra en la figura 2.6.

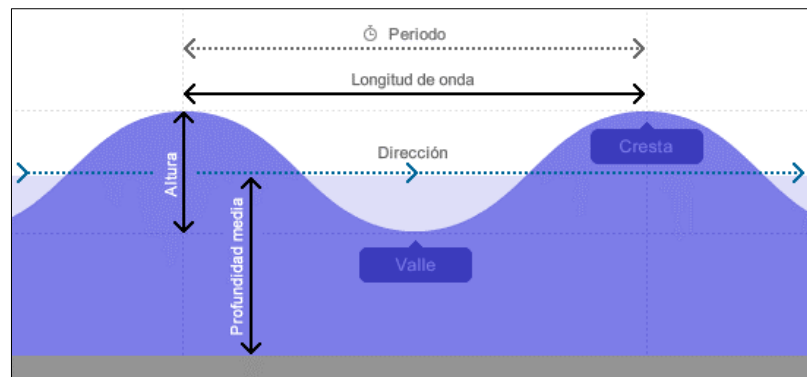


Figura 2. 6: Representación esquemática de los parámetros de una ola.
Fuente: (www.todosurf.com)

De los parámetros básicos que caracterizan la ola se desencadenan otros parámetros descriptivos tales como:

- Longitud de Ola
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \left[\tanh\left(2\pi \frac{\sqrt{h/g}}{T}\right)^{3/2} \right]^{2/3} \quad (2.1)$$

- Desfase o desplazamiento vertical
$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t) \quad (2.2)$$

- Celeridad $c = \frac{L}{T}$ (2.3)

- Frecuencia angular $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (2.4)

- Número de onda $k = \frac{2\pi}{L}$ (2.5)

- Profundidad relativa $\mu = \frac{h}{L}$ (2.6)

- Altura relativa $\delta = \frac{H}{h}$ (2.7)

- Peralte $\varepsilon = \frac{H}{L}$ (2.8)

2.3.3 PROPAGACIÓN DEL OLEAJE.

En el proceso de propagación de oleaje se identifican diversos fenómenos que originan un cambio en la altura de la ola. La interacción del oleaje con el fondo corresponde a uno de los motivos de su variación en el proceso de aguas profundas hasta aguas someras.

A fin de comprender el proceso de propagación del oleaje en términos de la trayectoria de la partícula; se analiza el oleaje según su dominio, el cual es clasificado de acuerdo al parámetro de profundidad relativa (μ) en aguas profundas, intermedias y someras, tal como se indica en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1: Clasificación de oleaje según su dominio.

$\mu = \frac{h}{L}$	Dominios
$\mu > 0.5$	Aguas profundas
$1/20 < \mu < 0.5$	Aguas intermedias
$\mu < 1/20$	Aguas someras

Fuente: Elaboración propia.

En el dominio de aguas profundas, el oleaje presenta características dispersivas, el fondo marino no lo afecta y las partículas se mueven en órbitas de circunferencia.

En aguas intermedias, el oleaje inicia gradualmente su proceso de transformación, sintiendo el fondo marino y presentando cambios en la celeridad de grupo debido a la disminución de profundidad y por lo tanto da origen a la transformación de la altura de la ola, este fenómeno es conocido como *shoaling* (asomeramiento). Además, debido a la variación de profundidad se produce la *refracción*, esto corresponde a una transformación cinemática de la ola la cual se identifica en los cambios de dirección y en movimientos elípticos de sus partículas.

Otros fenómenos que afectan el oleaje son la *difracción* y *reflexión*, en el primer fenómeno se produce una discontinuidad en la altura de la ola debido a la presencia de algún

obstáculo o estructura en su trayectoria, originando un traspaso lateral de energía; la reflexión al igual que la difracción se origina a causa de un obstáculo natural o artificial, producto de lo cual se produce una variación brusca en la dirección de la ola.

En aguas someras el oleaje no es dispersivo, por lo tanto, es afectado por el fondo marino, sufriendo transformaciones bruscas en la ola y disipando la mayoría de la energía cuando ésta rompe. Se identifican distintas clases de *rompiente* en función del peralte de la playa y del oleaje, cabe señalar que la explicación matemática de los fenómenos anteriormente mencionados no se desarrollará en el presente proyecto.

A continuación, se presentan de manera ilustrativa los fenómenos anteriormente descritos.

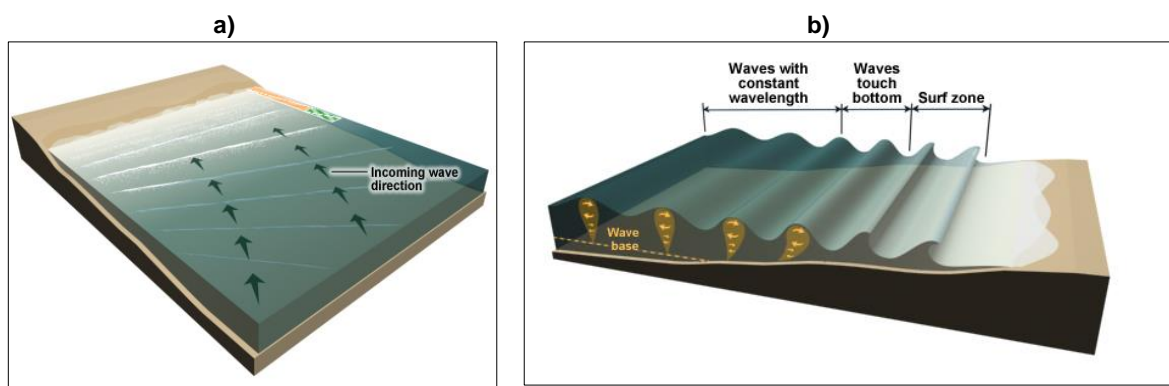


Figura 2. 7: a) Fenómeno de Refracción. b) Fenómeno de Shoaling.
Fuente: (www.meted.ucar.edu, 2011)

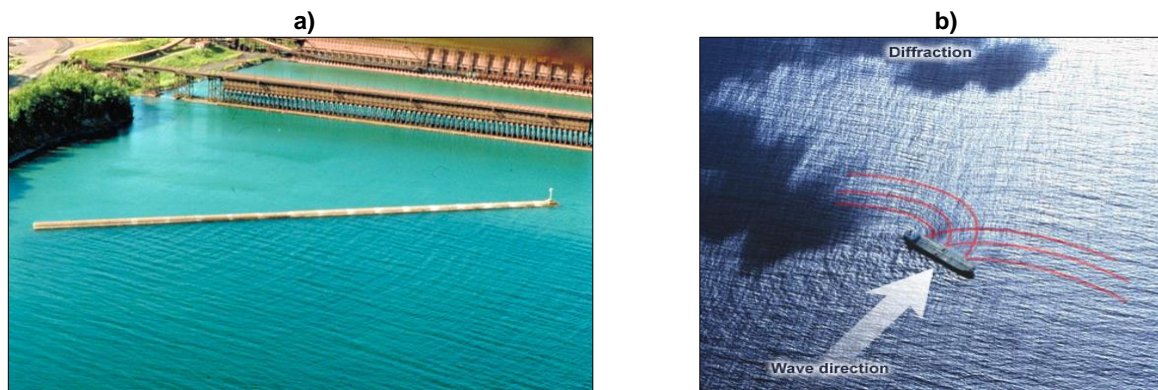


Figura 2. 8: a) Fenómeno de Reflexión. b) Fenómeno de Difracción.
Fuente: (www.meted.ucar.edu, 2011)

2.3.4 MODELOS DE GENERACIÓN PARA PROPAGACIÓN DE OLEAJE.

A lo largo de la historia, han surgido una serie de metodologías para el estudio del oleaje en lo que respecta a modelos de generación; dichos estudios se han hecho necesarios a fin de comprender la hidrodinámica marítima y su interacción en proyectos de diversa envergadura a nivel costero y marítimo.

Los primeros estudios contemporáneos se remontan a la década de los años 40. Durante esta etapa de la historia se dio inicio a los primeros modelos basados en el estudio de altura significativa (H_s) y periodo de ola (T_p) como variables dependientes, junto a la velocidad del viento y profundidad como variables independientes; cabe señalar que estos modelos pioneros en el origen y/o generación del oleaje fueron de orientación empírica. Posteriormente los modelos fueron mejorados bajo fundamentos físicos, surgiendo modelos de primera, segunda, tercera generación y modelos acoplados.

Uno de los modelos empíricos más antiguos (Sverdrup & Munk, 1947) correspondió a observaciones enfocadas a la interacción del viento sobre la superficie del mar, percatándose de la directa relación entre la velocidad del viento y la altura de la ola. Estos autores indicaron que el incremento del oleaje dependía del viento y variables asociadas, tales como, velocidad, tiempo de duración y distancia; este método fue mejorado unos años después (Bretschneider, 1952) pasando a denominarse Método SMB “Sverdrup-Munk-Bretschneider”; posteriormente el método SMB fue revisado, generándose ábacos para el pronóstico de oleaje en fetch y en un tiempo estimado (Hasselmann & et al., 1973), dando origen a la metodología SPM (Shore Protection Manual, 1984).

Los modelos numéricos de propagación de oleaje se presentan en dos tipologías: modelos de resolución de fase y modelos promediados en la fase.

Los modelos de resolución de fase, poseen su fundamento teórico en las ecuaciones no estacionarias de la conservación de la masa y cantidad de movimiento, dentro de sus atributos y desventajas destaca su certera simulación de los fenómenos de refracción y difracción; sin embargo, cabe señalar que estos modelos no contemplan los fenómenos de generación ni de disipación energética.

Por otro lado, los modelos promediados en la fase, establecen su base en la energía espectral, básicamente en la conservación de ésta. Este modelo considera el análisis de los fenómenos de generación y disipación energética, al igual que las interacciones no lineales entre olas.

Entre los modelos de propagación de “Resolución de fase”, se identifican modelos basados en aproximaciones de Boussinesq, pendiente suave, parábola, refracción – difracción, BOUSS 2D y COULWAVE; representados por los autores (Peregrine, 1967); (Berkhoff, 1972); (Radder, 1979); (Kirby & Dalrymple, 1983); (Nwogu & Demirbilek, 2001) y (Lynett & Liu, 2004) respectivamente.

Por su parte los modelos “Promediados en la fase” se clasifican en tres categorías, las cuales poseen como variables los aspectos de:

- i. Resolución de ecuación de balance de energía.
- ii. Evolución de aspectos teóricos.
- iii. Evolución de aspectos experimentales.

Los modelos de primera generación, no consideran lo producido por el fenómeno de interacción no lineal entre las olas, sobrevaloran el accionar del viento y consideran en menor grado la fuerza de transferencia lineal. Los modelos de segunda generación, a diferencia del anterior, contemplan los efectos asociados a interacción no lineal considerando el uso del espectro JONSWAP, además de considerar que los eventos asociados a viento en escenarios extremos presentan un resultado no representativo. Finalmente, los modelos de tercera generación, presentan una estimación completa de los términos no lineales y de la ecuación de transporte de energía, otorgando la posibilidad de visualizar la evolución del parámetro de altura significativa (H_s) en el tiempo y espacio. El empleo de los modelos de tercera generación dependerá de las condiciones de propagación de oleaje que se desee analizar, para efectos del presente estudio se empleará el modelo para aguas someras correspondiente a SWAN (Booij, Ris, & Holthuijsen, 1999).

Dentro de los espectros más comúnmente empleados para describir los estados de mar se encuentran: Pierson-Moskowitz (1964) y JONSWAP (1973).

Pierson-Moskowitz considera el peak espectral y el rango de frecuencias menores, en oleaje totalmente desarrollado define una función de densidad espectral.

El espectro JONSWAP mejora los planteamientos de Pierson-Moskowitz, integrando en el análisis del oleaje la limitación por *fetch*.

A continuación, se presentan la descripción en términos matemáticos, asociados a Pierson-Moskowitz en la ecuación 2.9 y JONSWAP en la ecuación 2.10.

$$S(f) = \frac{0.0081g^2}{(2\pi)^4 f^5} * \exp \left[-0.74 \left(\frac{2\pi U_{19.5} f}{g} \right)^{-4} \right] \quad (2.9)$$

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4} * \exp \left[-1.25 \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{\left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^2}{2\sigma^2} \right]} \quad (2.10)$$

La figura 2.9, muestra comparativamente los espectros anteriormente descritos.

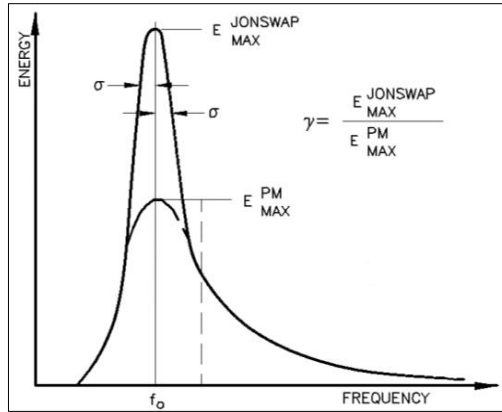


Figura 2. 9: Espectros de Pierson-Moskowitz y JONSWAP.
Fuente: Adaptado a partir de (CEM, 2002)

El análisis espectral que se desarrollará utilizará el espectro JONSWAP, debido a que presenta un mayor porcentaje de energía asociada a la frecuencia peak.

2.3.5 SWAN.

El modelo SWAN, corresponde a un modelo promediado en la fase de tercera generación, ha sido desarrollado en Holanda por “Delft University of Technology”, y considera las variables de batimetría, viento y corrientes para desarrollar sus estudios.

SWAN es un modelo especial para desarrollar propagación de oleaje en zonas costeras y lugares cerrados tales como estuario o lagos; este modelo contempla los fenómenos asociados tanto al incremento o decaimiento de la altura de ola, considerando las variaciones de profundidad, fricción de fondo, viento, whitecapping y transferencia de energía en interacción ola-ola no lineal. Trabaja con una descripción de oleaje en términos de densidad espectral de acción de onda $N(\sigma, \theta)$ contemplando variables de frecuencia relativa σ y dirección del oleaje θ (Hasselmann & et al., 1973), tal como indica la ecuación 2.11:

$$N(\sigma, \theta) = \frac{E(\sigma, \theta)}{\sigma} \quad (2.11)$$

La densidad espectral de acción de onda que describe al oleaje está asociada a un rango de variación de la misma densidad espectral, en función de: tiempo, velocidad de propagación, variación de frecuencia relativa, refracción, propagación, disipación por whitecapping, interacción entre olas y otros fenómenos, lo anteriormente descrito se expone en la ecuación 2.12.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (2.12)$$

La configuración de trabajo del modelo SWAN depende como se mencionó anteriormente de ciertas variables, sin embargo, para efectos de este estudio su configuración se reducirá sólo a la batimetría de la zona en estudio. Es importante mencionar la zona costera, islas, roqueríos, etc. ya que SWAN se fundamenta en trabajo de grillas las cuales varían en función de la configuración de la línea de costa, requiriéndose en algunos escenarios anidaciones de grillas.

Las condiciones de borde corresponden a una de las condiciones basales, debido a que el modelo SWAN no funciona en zonas aledañas a la zona de la malla de cálculo, por lo tanto, es importante tomar en consideración que las condiciones de borde deben presentar cierta distancia de los bordes de las mallas de cálculo.

El modelo SWAN por defecto trabaja con grillas rectangulares, las cuales, según la configuración de la zona en estudio a modelar, suelen anidarse o acoplarse variando su forma cuadrículada.

2.4 VARIABILIDAD DE PERFILES DE PLAYA POR ACCIÓN DEL OLEAJE.

2.4.1 MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO DE PERFILES TRANSVERSALES.

La variabilidad de los perfiles de la playa se presenta como respuesta a la acción de la fuerza del oleaje incidente. Esta variación puede identificarse a diversas escalas de tiempo, mediante desarrollo de monitoreos y levantamientos costeros; los cuales se han empleado en estudios e investigaciones centrados en la variabilidad del sistema costero.

La playa como elemento disipador de la energía del oleaje, es descrita geoméricamente por un perfil transversal y en planta, obtenidos a través del registro de las variaciones verticales y horizontales del perfil propiamente tal.

Dentro de las metodologías de levantamiento, se presenta una serie de métodos e instrumentos, desde los más simples hasta los más complejos. A continuación, se detallan algunos de manera breve.

- Teodolito: a lo largo de la historia esta metodología ha evolucionado en lo que respecta a características descriptivas y grado de dificultad para el operador del instrumento propiamente tal; sin embargo, importante es destacar que su fundamento y variables de análisis son básicamente las mismas. Este instrumento está conformado por brújulas, anteojos analíticos, dispositivos de gran alcance, niveles, distanciómetros, microscopio, entre otros.
- Nivel Abney: corresponde a un instrumento de mano, compuesto por un tendido cruzado en el eje x, en el cual se visualiza el arco vertical y el campo de vista. Este instrumento es utilizado comúnmente en mediciones de construcciones viales, mediciones geológicas, entre otras.
- Emery: es una metodología que se basa en registrar distancias verticales utilizando como eje cero el horizonte. Instrumentalmente este método se conforma por dos miras de igual longitud, situadas a una distancia no menor a la longitud de las miras, cinta métrica metálica y planillas para registrar el levantamiento de los perfiles de la playa.

2.4.2 METODOLOGÍA DE EMERY.

Para efecto de este estudio se empleará el Método propuesto por Kenneth O. Emery (1961), esta metodología se basa fundamentalmente en desarrollar mediciones de los perfiles transversales de la playa, con la finalidad de registrar tanto las variaciones horizontales como verticales de la playa.

Este método plantea el uso de dos barras de policloruro de vinilo de igual longitud (1.5 metros), una de ellas previamente graduada cumplirá la función de mira y la otra de testigo. Ambas barras se situarán a una distancia de 1.5 [m] entre ellas y se registrará la variación vertical del perfil mediante la alineación de la boquilla de la barra más cercana al mar en relación al horizonte, este último registrará como nivel cero.

En la figura 2.10, se presenta esquemáticamente la descripción metodológica de Emery.

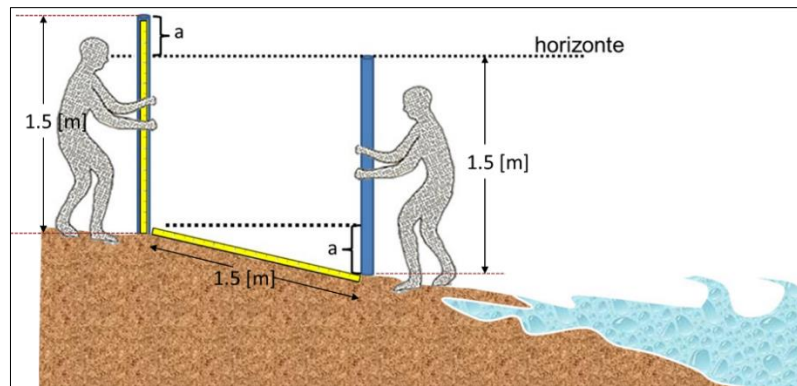


Figura 2. 10: Esquema de Método Emery.
Fuente: Elaboración propia.

La aplicabilidad de Emery sugiere identificar dos puntos estáticos de referencia para dar inicio a las mediciones de perfiles de playa. Estos puntos de referencia deben ser anteriores y posteriores al área de la playa, de tal forma que, ante cualquier suceso o intervención, ya sea por acción humana o propia de la naturaleza, estos puntos se presenten como antecedentes de ubicación; complementariamente se registrara con GPS las coordenadas de la estación inicial de cada perfil.

Las varas de policloruro de vinilo (PVC) estarán enumeradas (1) y (2). En la vara número uno (1) se adosará una cinta métrica plástica, a objeto de cumplir la función de "mira", por otro lado, la vara número dos (2) será aquella que se desplazará en dirección de playa a mar.

La estación de medición inicial corresponderá a la estación cero, en esta se instalará la vara número uno (1) referenciada a los dos puntos anteriormente mencionados, a una distancia de 1.5 [m] se ubicará la vara número dos (2); en esta posición se registrará el levantamiento de la estación 1, la cual corresponderá a la alineación del horizonte (eje cero) con la boquilla superior de la vara número dos (2). Se continuará con el proceso de medición hasta registrar la mayor cantidad de datos según lo permita el ancho de la playa y las condiciones de oleaje (Emery, 1961).

La metodología de Emery ha servido como base de métodos actuales, algunos autores como Andrade & Ferreira (2006) han realizado mejoras a la metodología antes mencionada, reformulando algunos aspectos. Comparando la aplicabilidad y características de los métodos de estación Total, Emery y Andrade, se puede destacar que Emery puede ser utilizado en cualquier zona y posee un costo moderadamente menor en comparación con los otros dos métodos, característica relevante al momento de optar por una metodología.

En la tabla 2.2, se indican descriptivamente las características principales de los métodos mencionados.

Tabla 2. 2: Comparación de Metodologías de levantamiento.

	Método Estación Total	Método Emery	Método Andrade
Costo de operación	Alto	Bajo	Medio
Acceso a zonas remotas	Complejo	Fácil	Fácil
Velocidad de medición	Lenta	Rápida	Media
Grado de correcciones	No aplica	Por curvatura de la tierra	Por pendiente horizontal (distancia)
Visibilidad de horizonte	No aplica	Requiere	No aplica
N° de observadores	2	2	2
Grado de precisión	Alto	Medio	Medio
Inducción a principiantes	Importante	Básica	Básica

Fuente: Adaptada a partir de (www.axisima.com, 2014)

2.4.3 TEORÍA DE ERRORES EN MEDICIONES.

El término error en la ejecución de nivelaciones de playa se asocia al término de imprecisión, lo anteriormente señalado explica la presencia de errores comunes en el desarrollo de levantamientos topográficos, por lo cual, es importante mencionar un aspecto que prevalece a los errores, las relaciones entre magnitudes físicas y magnitudes matemáticas.

Cuando se ejecutan tareas relacionadas con mediciones directas o indirectas de cualquier área, se evidencian ciertos errores, los cuales mediante una serie de correcciones son reducidos a su límite mínimo aceptable; estos errores son clasificados en errores sistemáticos y errores no evitables.

Los errores sistemáticos o errores evitables son aquellos que se han podido corregir antes de ser ejecutados. Comúnmente, los errores evitables surgen por imperfecciones, tanto del ejecutor, instrumental y/o medio ambiente.

Los errores del ejecutor dependerán básicamente de la sensibilidad de su sentido visual y de tacto. El ejecutor es responsable no sólo de lo que observa y registra, sino también de la manipulación y calibración de los instrumentos. Cabe señalar que el eslabón donde se origina el error, de no ser identificado a tiempo, puede comprometer etapas posteriores, memorias de cálculo, entre otras.

Los errores instrumentales se reducen al estado de manejo y/o deterioro de los instrumentos propiamente tal. Un aspecto relevante en los errores de los instrumentos, corresponde a que existe la posibilidad de que estos sean atenuados o mejorados hasta eliminarlos en su totalidad, ya sea con corrección a los instrumentos o con metodologías de corrección a las mediciones efectuadas.

Los errores no sistemáticos o errores no evitables, se presentan como errores accidentales o fortuitos, usualmente se asocian a inexperiencia del o de los ejecutores. Un aspecto importante es destacar que estos errores suelen presentarse en menor escala que los errores sistemáticos.

Las condiciones meteorológicas del lugar en estudio deben ser las óptimas para obtener resultados esperados; variables como: condiciones de terreno, lluvia, nubosidad, deben ser favorables para el desarrollo de levantamientos, de tal forma de inducir al mínimo error. Las variables anteriormente señaladas al encontrarse en su estado desfavorable incrementan dificultades en terreno, desencadenando inestabilidades en la ejecución de las operaciones topográficas. Por lo anteriormente señalado, las condiciones meteorológicas influyen directamente en el tiempo de desarrollo de los trabajos.

La tolerancia a los errores o error admisible, hace alusión al rango de error de la magnitud medida in situ con respecto a la magnitud real. Este rango varía dependiendo del cumplimiento y consideraciones de los parámetros presentes en las mediciones, el error admisible se identifica posterior a una seguidilla de mediciones y/o observaciones en terreno.

Para efectos del estudio de esta memoria de título se ha inferido en base a la experiencia empírica que los errores estarían relacionados a un asentamiento de las varas en terreno por acción propia del operador, error que en magnitudes se interpreta del orden de ± 5 [cm], lo cual no afecta en los resultados obtenidos siendo considerado como un error de precisión despreciable.

2.5 ESTUDIOS PREVIOS SOBRE MORFOLOGÍA DEL PERFIL DE PLAYA.

2.5.1 LAS ZONAS DE BARRIDO EN LAS PLAYAS DEL LITORAL DE VALPARAÍSO A CON-CON: UN ESTUDIO PRELIMINAR (Serrano, 1979).

Raúl Serrano, inició un estudio de la variabilidad de los perfiles de quince playas situadas entre Punta Ángeles hasta Punta Blanca, desde los años 1974 a 1978. Este estudio contempló levantamiento de perfiles típicos de las playas en temporadas de buen y mal tiempo; vinculados a análisis de sedimento y oleaje de las zonas en estudio.

Simultáneamente a los levantamientos de perfiles de playa, se llevaron a cabo estudios granulométricos y mineralógicos obteniéndose la caracterización del comportamiento evolutivo de los sedimentos de cada playa, estos estudios fueron desarrollados en función de su tamaño promedio, grado de heterometría, redondez y esfericidad.

Otra variable considerada fueron las características hidrodinámicas dominantes de la zona, las cuales se evaluaron empleando el sistema de fotogramas aéreos, analizando el proceso de propagación y transformación del oleaje y generando planos de su trayectoria desde aguas profundas hasta las cercanías de la costa de Valparaíso.

Este estudio es presentado como una contribución en la investigación de la variabilidad de las playas por acción de la dinámica del oleaje. Se concluye la predominancia de los minerales cuarzo-feldespatos en los sedimentos característicos de las playas estudiadas con una redondez dentro del rango de angulosos a sub-anguloso.

2.5.2 SEDIMENTACIÓN RECIENTE EN PLAYAS DE VALPARAÍSO, V REGIÓN. (Vergara & Valenzuela, 1981).

Hernán Vergara junto a Eduardo Valenzuela, en el año 1981, presentaron un estudio de sedimentación en playas presentes en la costa desde playa Reñaca a playa Las Torpederas.

El estudio consistió en el análisis de cuatro variables: granulometría, levantamientos topográficos, nivel energético y dirección del oleaje. A fin de determinar la caracterización de la playa, en términos del tipo de sedimento y su variación del perfil transversal como respuesta a la acción del oleaje.

Por consiguiente, la finalidad de este estudio se concentró en generar un conocimiento de la dinámica costera y análisis de su vulnerabilidad como sistema global.

2.5.3 THE STATE OF MAINE'S BEACHES. (Maine Sea Grant, The Maine Geological Survey, The University of Maine and The Maine Coastal Program, 2005).

A partir del año 1999 Maine Sea Grant junto al Servicio Geológico, la Universidad y el Programa Costero de Maine dieron inicio a voluntariados de monitoreo de perfiles transversales de playas situadas al sur del Estado de Maine. Las razones para realizar este estudio fueron en primer lugar el incremento del proceso erosivo en las playas, estimando las ganancias y/o pérdidas del material sedimentario componente de cada playa. Además de ser localidades atractivas para el turismo por su flora y fauna.

El desarrollo del estudio fue efectuado por un cuerpo de 150 voluntarios, quienes registraban la variación mensual de cada estación o perfil de las playas, en primera instancia las mediciones fueron llevadas a cabo en quince playas localizadas al sureste de la ciudad de Portland abrigadas por el océano Atlántico. (Heinze, Kelley, Belknap, & Dickson, 2002).

La metodología con la cual se desarrollaron los estudios fueron técnicas de topografía aplicadas a la medición de perfiles transversales de las playas. Dichos estudios evidenciaron variabilidad de mayor grado en playas intervenidas a diferencia de playas naturales, las cuales presentaron un perfil estable en su extensión transversal. En los resultados finales el estudio aportó y aporta actualmente a la elaboración de nuevas políticas en lo que atañe al uso del borde costero, contemplando no solo infraestructuras sino también el ciclo de vida de la playa y su alimentación sedimentaria como tópico importante.

2.5.4 MORFODINÁMICA Y EVOLUCIÓN RECIENTE EN PLAYA TUNQUÉN. (Martinez & Salinas, 2009).

Martínez y Salinas, presentaron el año 2009 a la Revista de Biología Marina y Oceanografía un estudio de la Morfodinámica y evolución reciente de playa Tunquén, Chile Central. Hacen referencia a la variación de la playa, contemplando la línea litoral y cómo ésta ha evolucionado en lo que corresponde a los últimos 45 años. El desarrollo del estudio contempló características propias de la playa en estudio, tales como: condiciones climáticas, características sedimentarias, variaciones en perfiles transversales de la playa; se efectuaron recopilación de fotografías aéreas históricas de los últimos 45 años, siendo éstas georreferenciadas y logrando así una imagen con mayor representatividad de la zona en análisis.

De esta forma se logró fundamentar que la evolución morfodinámica en la playa Tunquén presenta una estabilidad tanto en sus características físicas asociadas a los procesos de sedimentación como en la variación de la línea litoral, evolución que ha sido estable durante los últimos 45 años.

2.5.5 PROGRAMA DE VOLUNTARIOS PARA MONITOREO DE PLAYAS. (Axis Ingeniería S.A., 2014).

El grupo Axis Ingeniería S.A. de México, ha estudiado desde sus inicios la evolución del ambiente costero de distintas localidades de su país, observando como el fenómeno erosivo en las playas se ha incrementado por consecuencia del calentamiento global.

En la Península del Yucatán Axis Ingeniería S.A. ha sido testigo de los problemas erosivos que las playas han sufrido por acción del oleaje y/o huracanes. Ante estos eventos, Axis Ingeniería S.A. ha dado inicio a un seguimiento de la evolución costera de manera localizada desde el año 2014 a la fecha; junto a la colaboración de fondos del CONACYT se inició el “Programa de Voluntarios para Monitoreo de Playas”, estudio desarrollado bajo la experiencia de Emery (1961). El programa contempló en primera instancia un levantamiento de perfiles transversales en playas donde la erosión poseía un grado superior, a fin de estimar el ciclo de comportamiento de las playas, identificando falencias y posibles soluciones para mitigar el incremento del proceso erosivo.

2.6 CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO.

2.6.1 ESTUDIOS GRANULOMÉTRICOS Y MINERALÓGICOS.

Descriptivamente los sedimentos se pueden clasificar en dos tipologías de sedimentación con respecto al origen de la partícula; sedimentación química, física y biológica. Estas tipologías contemplan la clasificación del sedimento en función del origen, tamaño, esfericidad, redondez y/o aspectos geotécnicos.

La sedimentación química, se origina como consecuencia de las incidencias de condiciones ambientales en el sedimento. Por otra parte, la sedimentación física, se presenta en aspectos de la mineralogía como la redondez y esfericidad.

La figura 2.11, ilustra la relación de los parámetros de redondez y esfericidad según la clasificación de Powers (1953).

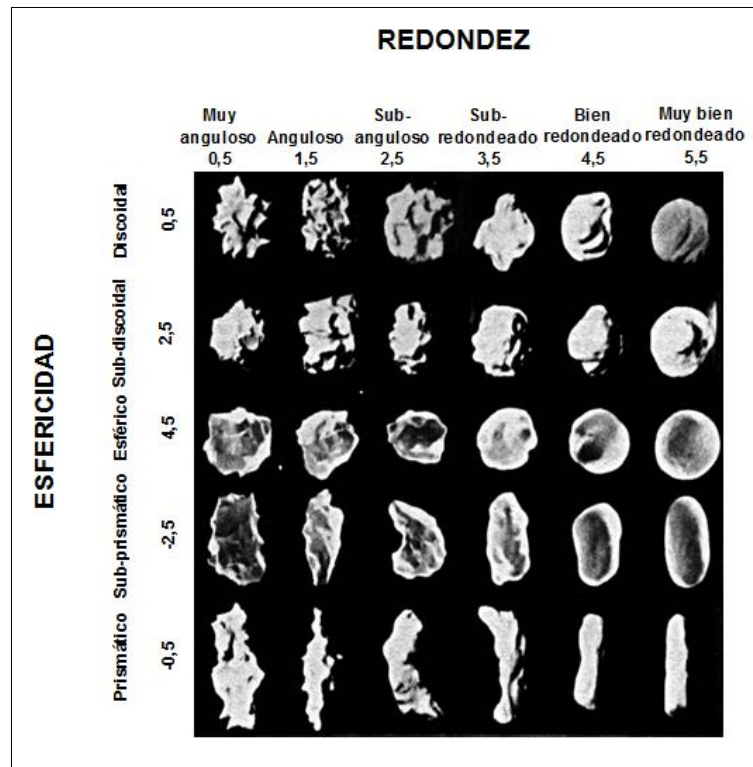


Figura 2. 11: Clasificación de partículas sedimentarias.

Fuente: Adaptada a partir de (Powers, 1953).

Uno de los análisis de sedimento más comunes es el estudio de la granulometría de las partículas que componen el suelo; este estudio se centra en conocer e identificar el tamaño de las partículas sedimentarias, a fin de generar recomendaciones de uso de suelo, capacidad de carga, fuente sedimentaria y proceso evolutivo. La clasificación de las propiedades de éste, se realiza mediante estudios e indicadores estadísticos que permiten obtener una caracterización adecuada. Por otra parte, también se presentan estudios de análisis sedimentológicos de textura, composición mineralógica y estructura del sedimento. Para efectos de este estudio se contempla el análisis granulométrico en base a los indicadores estadísticos y el análisis mineralógico en base a su tipología y grado de esfericidad.

2.6.2 INDICADORES ESTADÍSTICOS SEGÚN FOLK Y WARD (1957).

A partir del análisis granulométrico, es posible desarrollar la estimación de los diámetros característicos de las partículas sedimentarias presentes en las muestras en evaluación. Posterior a este proceso se procede al cálculo de ciertos indicadores estadísticos:

- Promedio.
- Curtosis.
- Asimetría.
- Desviación estándar.

Promedio, corresponde al tamaño de las partículas obtenido de la relación entre los diámetros característicos, D_{16} , D_{50} y D_{84} , tal como se demuestra en la ecuación 2.13.

$$Pm = \frac{(D_{16} + D_{50} + D_{84})}{3} \quad (2.13)$$

Curtosis, es el indicador alusivo al empinamiento de la colocación sedimentaria de la muestra, la cual posee una escala de clasificación que oscila con valores entre el rango menor a 0.67 y mayor a 3; donde se presentan las siguientes tipologías:

- [Menor a 0.67] = Muy Platicúrtica
- [0.67 – 0.90] = Platicúrtica.
- [0.90 – 1.11] = Mesocúrtica.
- [1.11 – 1.50] = Leptocúrtica.
- [1.50 – 3.00] = Muy Leptocúrtica.
- [Mayor a 3.00] = Extremadamente Leptocúrtica.

Su formulación (2.14) esta pre-escrita por los cálculos previos de los diámetros D_{95} , D_5 , D_{75} y D_{25} .

$$K = \frac{D_{95} - D_5}{2.44 (D_{75} - D_{25})} \quad (2.14)$$

La figura 2.12, ilustra de manera explicativa el indicador de curtosis.

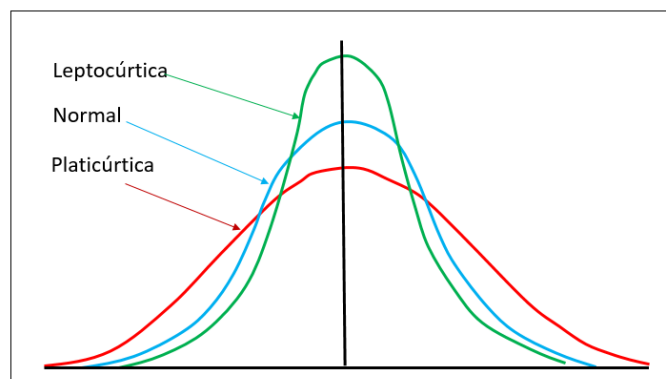


Figura 2. 12: Representación gráfica de Curtosis.
Fuente: Elaboración propia

La asimetría corresponde a la identificación de la distribución de los datos con respecto a un origen o eje. Es posible identificar tres claras tipologías de distribución (ver figura 2.13):

- Asimetría positiva, se origina cuando la mayoría de datos se encuentran distribuidos por sobre la media aritmética.
- Asimetría negativa, se origina cuando la mayoría de datos distribuidos se encuentran por bajo la media aritmética.
- Curva simétrica, se origina cuando los datos están distribuidos en igual cantidad en ambos lados de la media aritmética.

Para obtener la asimetría se debe calcular previamente los diámetros D_{16} , D_{84} , D_{50} y D_5 , y luego se procede al cálculo de la asimetría:

$$SK = \frac{D_{16}+D_{84}-2D_{50}}{2(D_{84}-D_{16})} + \frac{D_5+D_{95}-2D_{50}}{2(D_{95}-D_5)} \quad (2.15)$$

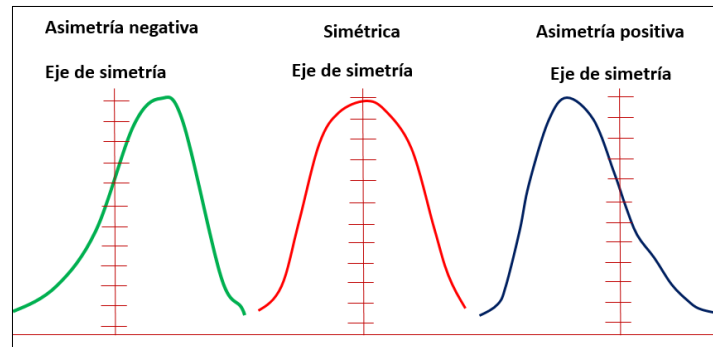


Figura 2. 13: Representación gráfica de Simetría.
Fuente: Elaboración propia

Según el valor obtenido de SK, la muestra sedimentaria se clasifica en base a los siguientes rangos:

- [-1.00 – -0.30] =Altos excesos de gruesos.
- [-0.30 – -0.10] =Moderado exceso de gruesos.
- [-0.10 – +0.10] =Simétrica.
- [+0.10 – +0.30] =Moderada exceso de finos.
- [+0.30 – +1.00] =Alto exceso de finos.

El indicador de Desviación estándar ilustra la tipología de clasificación de la muestra sedimentaria, cabe señalar el cálculo previo de los diámetros D_{84} , D_{16} , D_{95} y D_5 para el posterior cálculo de la desviación estándar, tal como indica la siguiente formulación:

$$\sigma_1 = \frac{D_{84}-D_{16}}{4} + \frac{D_{95}-D_5}{6.6} \quad (2.16)$$

De acuerdo al valor obtenido en la desviación estándar, se efectúa la identificación según la clasificación sedimentaria.

- [Menor a 0.35] = Muy bien clasificada.
- [0.35 – 0.50] = Bien clasificada.
- [0.50 – 1.00] = Clasificación moderada.
- [1.00 – 2.00] = Poco clasificada.
- [2.00 – 4.00] = Mal clasificada.
- [Mayor a 4.00] = Muy mal clasificada.



Figura 2. 14: Representación gráfica de Desviación estándar.
Fuente: Elaboración propia

2.6.3 TIPOLOGÍAS DE SEDIMENTO.

Dentro de los tipos de sedimento que conforman las playas, es posible identificar sedimentos con características predominantes en función de su tonalidad, sin embargo, importante es señalar la presencia también de otros minerales en menor grado.

En términos generales en la mineralogía que conforma las playas es posible identificar desde cuarzo, feldespato, mica y magnetita.

El cuarzo es uno de los minerales que se presenta en altos porcentajes, dentro de sus atributos principales se destaca por su alta dureza, característica que le otorga ser uno de los minerales más comunes en la corteza terrestre.

El feldespato se encuentra porcentualmente en menor cantidad que el cuarzo; sin embargo, este mineral destaca por ser el de mayor presencia en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Dentro de sus características, presenta un rango de densidad entre 2.5 y 2.8 [gr/cm³].

La mica por otra parte, corresponde a un mineral de caras planas lo cual le permite reflejar fácilmente la luz natural y artificial, además este mineral varía su tonalidad dependiendo del tiempo de permanencia en el medio acuático. Presentándose desde un mineral joven, con tonalidad negra a un mineral intermedio de tono amarillento, en esta categoría clasifica la

“pirita”. Finalmente, este mineral ya en un estado avanzado, se caracteriza por una tonalidad blanca.

La magnetita es un mineral que se deriva del hierro. Dentro de sus características descriptivas, este mineral a diferencia de la mica, no refleja la luz, debido a condición de tonalidad negro opaco.

En general la magnetita es de aquellos minerales que se presentan en porcentajes menores.



Figura 2. 15: Minerales característicos en zona costera.
Fuente: (Arem, 1973)

3. METODOLOGIA DE ESTUDIO.

En este capítulo se describe la metodología aplicada en el presente estudio, detallando los procesos utilizados en los levantamientos de perfiles transversales de las playas Reñaca y Caleta Abarca, el procedimiento para la cuantificación del área sedimentada, los criterios aplicados en la propagación de oleaje y la metodología empleada en los estudios granulométricos.

La figura 3.1, indica en términos esquemáticos las etapas que conforman la metodología de estudio del presente proyecto.

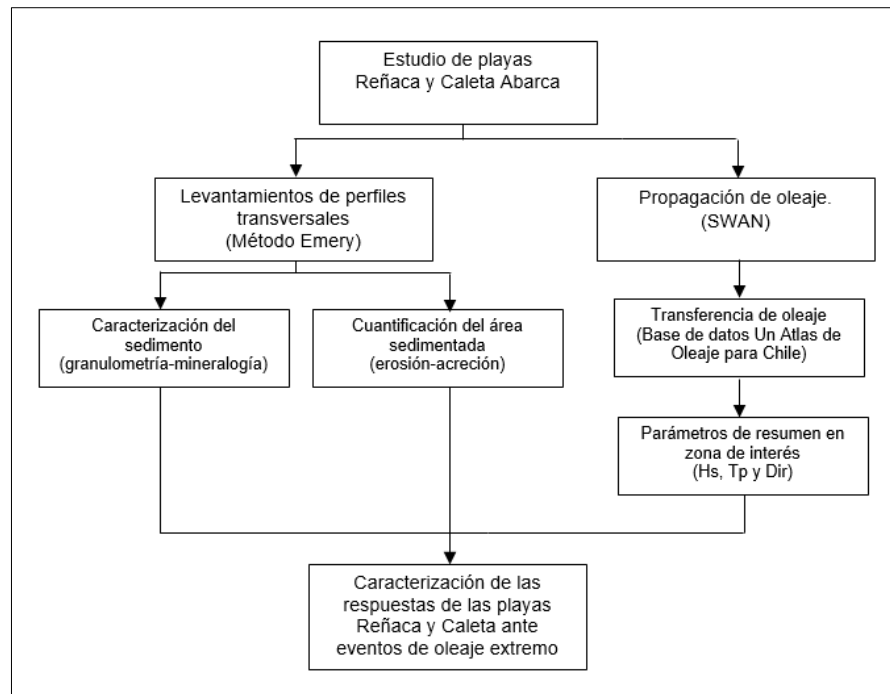


Figura 3. 1: Esquema del estudio de playas Reñaca y Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

3.1 LEVANTAMIENTOS DE PERFILES TRANSVERSALES.

3.1.1 PUNTOS DE CONTROL.

Los perfiles están enumerados de norte a sur, cada uno de ellos se ubica a distancias diferentes entre uno u otro perfil continuo.

Con respecto a los puntos de control de los levantamientos de perfiles transversales, estos corresponden a puntos fijos de referencia que se deberán seguir en cada medición.

El registro de las coordenadas en el terreno de playa se realizó empleando GPS y tomando como alineación referencias de estructuras ubicadas en posición posterior al terreno de playa.

Primeramente, en playa Reñaca se seleccionaron 19 puntos de control para llevar a cabo los levantamientos topográficos de los perfiles transversales, posteriormente 7 de estos fueron eliminados debido a que se encontraban en zonas donde la variación entre perfiles continuos era mínima, debido a lo cual se optó por considerar sólo los perfiles que presentaron mayor variabilidad en el tiempo.

La tabla 3.1, indica las coordenadas UTM de los 12 puntos de control que se evaluaron en la playa Reñaca, indicados en el esquema en planta de la figura 3.2.

Tabla 3. 1: Coordenadas de puntos de control, playa Reñaca.

Punto de control inicial	Punto de control definitivo	Coordenada (m)Este	Coordenada (m) Norte
1	1	261929.09	6349974.55
2	2	261966.11	6349890.77
4	3	261991.24	6349764.21
6	4	262027.58	6349615.72
9	5	262043.38	6349519.56
12	6	262068.71	6349402.75
14	7	262091.98	6349273.61
15	8	262112.31	6349164.13
16	9	262127.33	6349049.64
17	10	262129.75	6348949.83
18	11	262131.74	6348844.23
19	12	262111.03	6348770.68

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 2: Perfiles transversales, playa Reñaca.
 Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth 2016.

En playa Caleta Abarca los puntos de control seleccionados fueron menos que en playa Reñaca, debido a que la longitud de playa Caleta Abarca corresponde aproximadamente a un tercio de la playa Reñaca.

Los puntos de control seleccionado en Caleta Abarca fueron 5, los cuales se indican en la tabla 3.2 y son presentados en planta en la figura 3.3.

Tabla 3. 2: Coordenadas de puntos de control, playa Caleta Abarca.

Punto de control inicial	Coordenada (m) Este	Coordenada (m) Norte
1	260103.20	6343340.11
2	260078.39	6343286.27
3	260062.97	6343257.42
4	260021.64	6343197.21
5	259950.89	6343127.28

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 3: Perfiles transversales, playa Caleta Abarca.
 Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth 2016.

3.1.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO EMERY.

La evolución del borde costero se refleja en una respuesta morfológica de la costa, estudiada usualmente en dos componentes: la variación en perfil y planta de la playa; variaciones que indican procesos de erosión y/o acreción según el periodo estacional que se monitoree.

Para estimar los cambios causados por el fenómeno del oleaje en las playas, se realizaron levantamientos topográficos de perfiles transversales, empleando el método de Emery que considera los siguientes aspectos:

- **Aspecto técnico:** en primer lugar, se seleccionan los puntos de control inicial para cada perfil registrando sus coordenadas mediante el sistema GPS. De manera complementaria, se seleccionan dos puntos estáticos de referencias, los cuales deben estar ubicados en la zona anterior al punto de control inicial. Posteriormente se procede al levantamiento del perfil de playa, tal como se indica en la figura 3.4.



Figura 3. 4: Imagen referencial de mediciones.
Fuente: Elaboración propia.

- **Procesamiento de datos:** se enfoca en el tratamiento de los datos obtenidos del monitoreo de las playas, mediante los levantamientos topográficos de los perfiles transversales. Las actividades de gabinete se centran en los procesos de digitalización, interpolación cada 0.2 [m] y representación gráfica; a objeto de permitir que todos los perfiles sean comparables en los mismos puntos. La figura 3.5, presenta en términos referenciales un perfil de playa interpolado, en función del perfil medido.

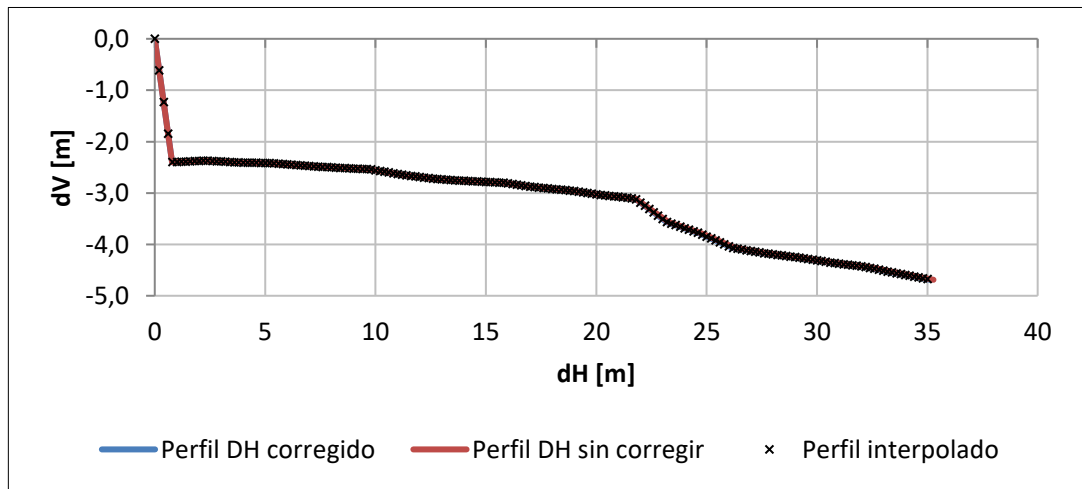


Figura 3. 5: Imagen referencial, grafico de perfil medido.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.1 CUANTIFICACIÓN DEL ÁREA SEDIMENTADA.

La cuantificación del área sedimentada de la playa es evaluada en base a dos observaciones consecutivas para un mismo perfil transversal.

A partir de las características físicas, se procede a cuantificar la variación de volumen de sedimento por fenómeno de erosión y/o acreción en términos de un área total. Esta área, contempla el cálculo del área medida (color café) y área estimada (color amarillo), tal como se indica en la figura 3.6.

Para la obtención del área estimada, se propone la proyección del perfil medido en base a la tendencia de la pendiente del mismo perfil, permitiendo así generar el cierre del polígono.

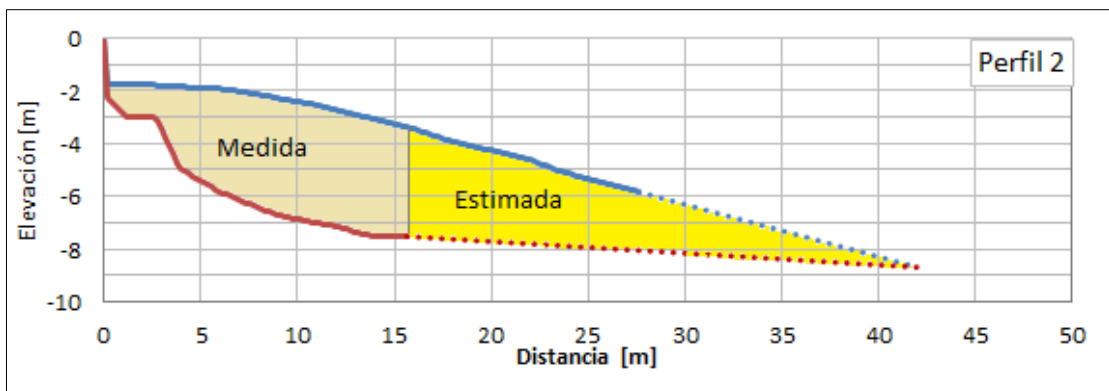


Figura 3. 6: Imagen referencial, cuantificación de área.
Fuente: (Molina & et al, 2015)

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SEDIMENTO.

3.2.1 ESTUDIO GRANULOMÉTRICO.

Se desarrolló un análisis granulométrico para el cálculo del diámetro característico de las partículas que componen las playas Reñaca y Caleta Abarca. Posterior a este procedimiento, mediante estudio mineralógico se estimó el grado de vinculación de las playas con los esteros Reñaca y Marga-Marga.

La distribución geográfica del muestreo de sedimento comenzó desde la zona sur de cada playa a la zona norte. El muestreo se realizó de manera perpendicular a la playa, primeramente, se inició en la zona explanada, posteriormente en la zona intermareal y finalizó en la zona sumergida.

Previo a la toma de muestra de sedimento se realizó una inspección del área de estudio, de tal forma de identificar la zona más propicia para realizar el muestreo. En primer lugar, se realizaron calicatas con profundidades fluctuantes entre 40 y 50 [cm], desde donde se extrajeron muestras de sedimento; las cuales oscilaron entre 500 y 600 [g]. Las muestras fueron extraídas desde la zona de explanada, intermareal y sumergida de playas Reñaca y Caleta Abarca.

Para el caso de playa Reñaca, se seleccionaron 7 sectores, en los cuales se realizaron tres tomas de muestras por sector, obteniéndose un total de 21 muestras, tal como se indica en la figura 3.7.



Figura 3. 7: Puntos de extracción de muestras, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.3, se presentan las coordenadas UTM de cada muestra extraída desde la zona explanada, intermareal y sumergida de cada trazado de perfil.

Tabla 3. 3: Coordenadas de muestras, Playa Reñaca.

Trazado	Explanada Coord. Este	Explanada Coord. Norte	Intermareal Coord. Este	Intermareal Coord. Norte	Sumergida Coord. Este	Sumergida Coord. Norte
A	262125.00	6348857.00	262090.00	6348861.00	262058.00	6348865.00
B	262115.00	6349053.00	262069.00	6349054.00	262038.00	6349058.00
C	262089.00	6349241.00	262058.00	6349232.00	262021.00	6349230.00
D	262056.00	6349406.00	262034.00	6349407.00	261996.00	6349397.00
E	262024.00	6349580.00	262002.00	6349577.00	261965.00	6349569.00
F	262001.00	6349715.00	261972.00	6349708.00	261928.00	6349697.00
G	261944.00	6349941.00	261928.00	6349929.00	261887.00	6349917.00

Fuente: Elaboración propia.

En Caleta Abarca se seleccionaron 2 trazados de toma de muestras, obteniendo un total de 6 muestras de sedimento de la playa, tal como indica la Figura 3.8.

En la tabla 3.4, se indican las coordenadas de cada calicata.



Figura 3. 8: Puntos de extracción de muestras, Playa Caleta Abarca.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 4: Coordenadas de muestras, Playa Caleta Abarca.

Trazado	Explanada Coord. Este	Explanada Coord. Norte	Intermareal Coord. Este	Intermareal Coord. Norte	Sumergida Coord. Este	Sumergida Coord. Norte
A	259956.64	6343136.36	259944.09	6343147.26	259929.04	6343158.69
B	260076.68	6343286.96	260059.47	6343293.05	260041.92	6343300.40

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los esteros Reñaca y Marga Marga, estos fueron muestreados al objeto de estimar el grado de vinculación con las playas Reñaca y Caleta Abarca.

En el estero Reñaca se muestreo sólo la desembocadura, por otra parte, en el estero Marga Marga se tomaron dos muestras aguas arriba y una en la desembocadura

En la tabla 3.5, se indican las coordenadas de las calicatas que efectuaron.

Tabla 3. 5: Coordenadas de muestras, Esteros Reñaca y Marga Marga.

Estero	Coord. Este	Coord. Norte
Reñaca desembocadura	262146.31	6348744.18
Marga Marga desembocadura	260728.00	6343640.00
Marga Marga Aguas arriba -1	269898.00	6338127.00
Marga Marga Aguas arriba-2	270066.00	6338049.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 METODOLOGÍA DE TAMIZADO.

Se solicitaron las mediciones al laboratorio LEMCO de la Universidad Técnica Federico Santa María, al objeto de que se ejecutaran de acuerdo a la Norma 8.102.1 (MC-V8) los ensayos de granulometría y acreditadas bajo la Norma ISO 17025:2005 de ensayos de laboratorios.

Se utilizaron balanzas digitales MS-174, recipientes de aluminio, horno MS-25 y un set de tamices de los siguientes diámetros:

- 80 (3")
- 63 (2 ½")
- 50 (2")
- 40 (1 ½")
- 25 (1")
- 20 (¾")
- 10 (⅜")
- 5 (N°4)
- 2 (N°10)
- 0.500 (N°40)
- 0.080 (N°200)
- y bajo N°200.

Las muestras de sedimento fueron dispuestas en recipientes de aluminio donde se efectuó el secado en el horno como corresponde según el procedimiento. El tiempo de secado estimado para cada muestra de arena fue de 24 horas. Posterior a esta etapa, el sedimento fue cernido en los tamices antes mencionados. Importante en este proceso de tamizaje es señalar que los tamices donde se retuvo mayor cantidad de sedimento correspondieron al 5 (N° 4), 2(N°10), 0.500(N°40), 0.080 (N°200) y bajo N°200.

El análisis de tamizaje se realizó para las playas Caleta Abarca y Reñaca, tomando mayor atención en los resultados obtenidos del estudio de granulometría de la zona intermareal, debido a que en esta zona es donde ocurre la acumulación de los sedimentos por efecto de los fenómenos del transporte transversal y longitudinal. Se estima que los sedimentos depositados en la zona intermareal corresponden al sedimento característico del sector en estudio, aportado por la o las fuentes sedimentarias que alimentan ambas playas.

La finalidad del proceso de tamizaje es la obtención de la curva granulométrica representativa de cada muestra y con ello la identificación del diámetro de las partículas presentes en cada sector. American Geophysical Union propone el siguiente criterio de clasificación de diámetros característicos, presentado en la tabla 3.6.

Tabla 3. 6: Clasificación de diámetros característicos.

GRUPO	CLASE	TAMAÑO (mm)	
Piedras (bloques)	Muy grande	2,048	a 4,096
	Grande	1,024	a 2,048
	Mediana	512	a 1,024
	Pequeña	256	a 512
Cantos (guijarros)	Grande	128	a 256
	Pequeña	64	a 128
Grava	Muy gruesa	32	a 64
	Gruesa	16	a 32
	Mediana	8	a 16
	Fina	4	a 8
	Muy fina	2	a 4
Arena	Muy gruesa	1,000	a 2,000
	Gruesa	0,500	a 1,000
	Mediana	0,250	a 0,500
	Fina	0,125	a 0,250
	Muy fina	0,062	a 0,125
Limo	Gruesa	0,031	a 0,062
	Mediana	0,016	a 0,031
	Fina	0,008	a 0,016
	Muy fina	0,004	a 0,008
Arcilla	Gruesa	0,002	a 0,004
	Mediana	0,001	a 0,002
	Fina	0,0005	a 0,001
	Muy fina	0,00024	a 0,0005

Fuente: (Wentworth, 1922)

Posterior al proceso de tamizaje se registran los valores obtenidos en una ficha granulométrica, donde se indica la masa de la muestra retenida en cada uno de los tamices anteriormente señalados, entregando los valores en términos de gramos y porcentaje asociado; además del porcentaje de muestra pasante aproximada al 1%.

3.2.3 ESTUDIO MINERALÓGICO.

El estudio mineralógico consistió en el análisis de una pequeña porción de las partículas de sedimento extraídas de las muestras. Donde se identificaron los minerales dominantes en términos porcentuales, visualizando entre ellos feldespato, cuarzo, pirita, magnetita u otras unidades menores.

Para efectos del estudio mineralógico se sectorizaron las playas Reñaca y Caleta Abarca en base al factor de longitud de ambas, de tal forma de que el estudio mineralógico fuese representativo para una misma longitud en distintas playas.

La Playa Reñaca con una extensión de 1200 [m], comprende 3 veces la longitud de playa Caleta Abarca, en función de lo anterior y estimando la representación de una misma longitud en ambas playas, se propuso que el estudio mineralógico representativo para playa Caleta Abarca se desarrollara con respecto a un área y en éste se contemplen el análisis de dos muestras (intermareal-sumergida). Por otra parte, playa Reñaca será representado por tres áreas en las que se analizará respectivamente las muestras intermareales y sumergidas.

Por consiguiente, el estudio mineralógico para ambas playas se presentará en términos de áreas, tal como indica la figura 3.9.



Figura 3. 9: Áreas de estudios mineralógicos, superior playa Reñaca, inferior playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la toma de muestras, se extrajo una pequeña porción de sedimento el cual fue depositado en un porta-objeto y observado a través de una lupa binocular marca Leica. A partir de cada muestra se efectuaron dos estudios: uno mineralógico y otro de esfericidad de las partículas, a objeto de deducir el grado de permanencia del mineral en el ambiente acuático.

El primer estudio consta de la visualización de los minerales presentes a nivel porcentual, basándose en la "Comparison Chart For Visual Percentage, Estimation" (After Terry and Chilingarian, 1955). El segundo consistió en la clasificación del rango de esfericidad de las partículas según "A new roundness scale for sedimentary particles" (Powers, 1953).

La figura 3.10, muestra el instrumental utilizado en el desarrollo del presente estudio.

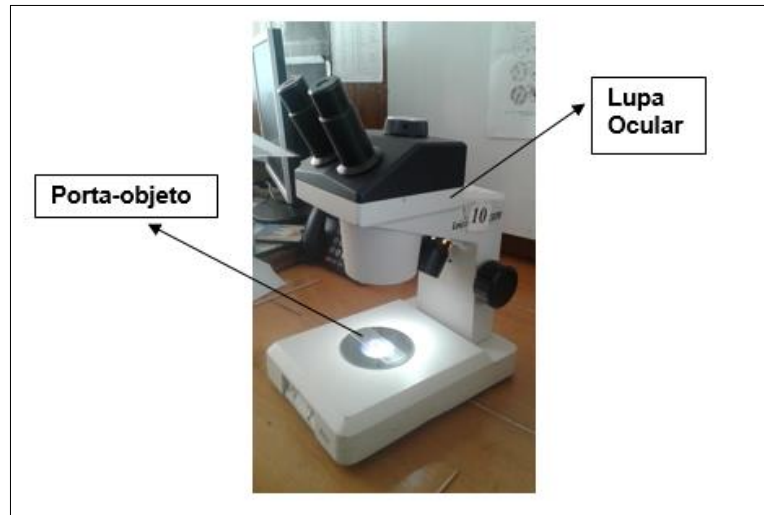


Figura 3. 10: Instrumental de estudio mineralógico.
Fuente: Elaboración propia.

Según el grado de esfericidad del mineral es posible inferir su proceso de transporte desde aguas arriba hasta el punto de evaluación.

3.3 CLIMA DE OLEAJE.

Para generar el estudio de propagación de oleaje, se consideraron dos etapas previas: la selección de los nodos de interés en la zona de estudio y el tratamiento de información batimétrica mediante los softwares Global Mapper y Surfer.

Para la estimación de la variación de los parámetros de altura de la ola en términos de su coeficiente agitación (K_a) y el cambio de dirección (Dir) por efecto de la refracción, se empleará el modelo SWAN.

La transferencia del oleaje desde aguas profundas a los nodos de interés en aguas someras será realizada empleando los criterios de la metodología propuesta por Monsalve (2010).

3.3.1 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO.

La selección de los sitios de estudios se desarrolló basándose en los datos batimétricos adquiridos para las zonas de interés a evaluar y la geometría en planta de las playas Reñaca y Caleta Abarca.

Se estimó la selección de dos nodos, uno en playa Reñaca y otro en playa Caleta Abarca, ambos situados en coordenadas sobre el veril de los 20 metros de profundidad.

La figura 3.11, indica gráficamente la posición de los nodos de interés para ambas playas en estudio. Por su parte la tabla 3.7, presenta las coordenadas UTM de los nodos ilustrados.



Figura 3. 11: Ubicación de nodos, Playas Reñaca y Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 7: Coordenadas de nodos, Playas Reñaca y Caleta Abarca.

Playa	Coord. Este	Coord. Norte
Reñaca	261540.00	6349000.00
Caleta Abarca	259440.00	6343540.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 TRATAMIENTO DE BATIMETRÍA.

El parámetro de batimetría junto al oleaje son las variables que interactúan en el proceso numérico de la propagación.

Con respecto a la información batimétrica que se utilizó, esta fue provista por cartas náuticas digitales del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA, 2015).

Para efectos del presente estudio se emplearon las fuentes batimétricas indicadas en la tabla 3.8:

Tabla 3. 8: Cartas SHOA empleadas en propagación de oleaje.

N° de Carta	Sector
CL2CO040	Bahía de Coquimbo a Bahía de Valparaíso
CL2VA050	Bahía de Valparaíso a Golfo de Arauco
CL4VA010	Bahía de Quintero a Bahía de Valparaíso
CL5VA015	Bahía y Puerto de Valparaíso

Fuente: Elaboración propia.

De manera preliminar en la primera fase el área tratada comprendió desde la Bahía de Coquimbo hasta el Golfo de Arauco, área correspondiente a las cartas batimétricas que se emplearon, sin embargo, el estudio se limitó a la extracción y uso de datos del área

comprendida entre las coordenadas Este 219800 [m] – Norte 6325550 [m] y coordenadas 271800 [m] Este – Norte 6385750 [m].

Los datos de batimetría fueron manipulados a través de los softwares Global Mapper y Surfer.

La primera fase se desarrolló en el software Global Mapper y constituye la etapa de filtración del conjunto de datos que entregan las cartas náuticas; esta filtración se realiza superponiendo las cartas náuticas para luego llevar a cabo la limpieza de aquellas zonas donde tanto los veriles, línea de playa como puntos de sondaje presentan información superpuesta, dando origen finalmente a una nueva carta batimétrica como resultado del proceso de filtración.

La segunda fase del tratamiento de batimetría se desarrolló empleando el software Surfer; en esta fase, la información generada en la fase inicial se interpola, para lo cual se requirió determinar cómo entrada inicial la discretización que corresponde al espaciamiento que calculará el modelo; es posible vincular la resolución con la discretización de manera proporcional, es decir, a mayor resolución, mayor discretización.

También se determinó en la entrada inicial el dominio (límite norte y límite sur) de la grilla; con esta información de entrada se obtuvo la dimensión de la grilla que se modeló en aguas profundas en el área en particular de estudio.

3.3.3 PROPAGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE OLEAJE.

Para la propagación de oleaje se empleó el modelo SWAN (Simulating Waves Nearshore) que es utilizado en procedimientos de modelación costera de oleaje. Este modelo entrega la estimación de la energía contenida en las olas desde aguas profundas hasta las cercanías de la costa.

Para efectos del presente estudio se desarrolló la propagación en términos energéticos del coeficiente de agitación de la ola (K_a); el cual se propaga desde aguas profundas hasta los nodos de interés para las playas Reñaca y Caleta Abarca respectivamente.

Primeramente, se determinaron los criterios bajo los que se desarrolló la propagación propiamente tal.

- Para la propagación de oleaje en aguas profundas, se evaluó primeramente la TLO (Teoría Lineal de Oleaje) en su dominio, considerando que el cociente entre la profundidad y longitud de onda en el sitio de aguas profundas debe ser mayor a 0.5. Dicha evaluación se estimó para el periodo característico de la zona en estudio, periodo correspondiente a 12 [s].

$$L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \quad (3.1)$$

- Dentro de los parámetros de propagación se estimó realizar 110 combinaciones de periodo (T_p) asociado a dirección de oleaje (Dir). El rango de periodo osciló entre los 6 y 24 segundos con intervalos de 2 segundos entre periodos consecutivos y las

direcciones entre el rango de 195° y 345° con intervalo de 15° en direcciones consecutivas.

Con los criterios de propagación de oleaje y las dimensiones de grilla ya establecidas en la fase de tratamiento batimétrico, se procedió a la propagación de oleaje; mediante un anidado de tres mallas.

La primera propagación posee como objetos establecer las condiciones de malla de fondo y las condiciones de anidado de la malla de cálculo. En la segunda propagación se utilizan las condiciones de borde de la malla anidada en la primera propagación y se establecen las condiciones de borde de malla de la zona de interés. En la tercera propagación se obtienen los parámetros de resumen de los nodos de las playas Reñaca y Caleta Abarca en función de la malla de menor dimensión.

La tabla 3.9, indica las coordenadas del dominio de las tres mallas anteriormente señaladas.

Tabla 3. 9: Coordenadas del dominio de mallas.

Número de malla	Coord. Este inicio	Coord. Norte inicio	Coord. Este termino	Coord. Norte termino
Malla 1	219800	6325550	271800	6385750
Malla 2	247100	6340500	264350	6350800
Malla 3	251000	6340600	262600	6350600

Fuente: Elaboración propia.

Las resoluciones de las mallas empleadas en este estudio, son diferentes en cada una de las mallas: Malla N°1 resolución de 200x200, Malla N°2 resolución de 50x50 y Malla N°3 resolución de 20x20.

En la figura 3.12, se indican esquemáticamente las zonas que comprende cada malla; desde la malla de fondo (color verde), malla anidada (color amarillo) y la malla de zona de interés (color rojo).



Figura 3. 12: Grafica de dominio de mallas.
Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de transferencia de oleaje, se utilizan los datos de dirección y coeficiente de agitación propagados al punto de interés, estos son obtenidos a partir de las modelaciones en el software SWAN.

Los datos se ordenan en tablas de incidencia en base a las combinaciones entre los periodos y direcciones evaluadas en la simulación del oleaje.

La transferencia se desarrolló empleando la metodología propuesta por Monsalve (2010); en la cual se emplea el espectro JONSWAP, en esta etapa se cuantifican los parámetros de resumen del oleaje en aguas profundas (espectros) hasta los nodos de interés de las playas Reñaca y Caleta Abarca, obteniendo la altura significativa de la ola en el nodo evaluado.

4. RESULTADOS.

En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos a través de los análisis realizados en este proyecto de título, respecto a la respuesta de las playas Reñaca y Caleta Abarca a eventos de oleaje extremo.

Primeramente, se ilustrarán los resultados granulométricos y estadísticos de las partículas sedimentarias de las zonas en estudio; posteriormente se expondrán los resultados a partir de la propagación y transferencia de oleaje, finalmente se presentará la variabilidad de los perfiles constituyentes de las playas.

4.1 ESTUDIO GRANULOMÉTRICO Y ESTADÍSTICO.

4.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PLAYA REÑACA.

A partir del análisis granulométrico, es posible indicar la presencia de tres constituyentes principales en playa Reñaca, los cuales oscilan entre el rango de partículas sedimentarias de tamaño 0.084 [mm] (arena muy fina) a 0.365 [mm] (arena mediana). Según la clasificación de Udden –Wentworth, los sedimentos que se hacen presente en la extensión de esta playa corresponden a partículas del grupo de las arenas.

En la tabla 4.1, se presentan los diámetros característicos de las muestras analizadas en las 21 calcatas.

Tabla 4. 1: Diámetros característicos, Playa Reñaca.

Sectores	G [mm]	F [mm]	E [mm]	D [mm]	C [mm]	B [mm]	A [mm]
Explanada	0,086	0,089	0,204	0,091	0,273	0,365	0,364
Intermareal	0,093	0,085	0,088	0,093	0,086	0,360	0,280
Sumergida	0,084	0,085	0,088	0,088	0,090	0,094	0,195

Fuente: Elaboración propia.

Al sur de la playa, es claro identificar la presencia en la zona de explanada de partículas de mayor tamaño, tal como 0.364 [mm] (arena mediana); el cual en su grado perpendicular tiene una clara tendencia de disminuir su diámetro debido a la presencia de arena fina en la zona sumergida. Las dos primeras explanadas muestreadas presentan partículas de mayor tamaño que la totalidad de la playa; sin embargo, si se observa la playa como un todo, el diámetro disminuye a lo largo de ésta, en dirección sur a norte, encontrándose cerca de un 50% de predominancia de arena muy fina.

Los indicadores estadísticos como promedio, curtosis, asimetría y desviación estándar, presentaron valores sin variabilidad a lo largo de toda la playa. El coeficiente de curtosis presente en todas las muestras, fue del orden de 0.738, definiendo una distribución del sedimento de tipo platicúrtica; esto indica que la curva de distribución se presenta achatada, es decir, su selección es mejor en las colas de distribución que en el centro, lo contrario de una distribución de carácter leptocúrtica.

La asimetría en las 21 muestras evaluadas presentó un grado en términos de valores de 0.081, presentando una curva simétrica de la distribución de la información analizada. La desviación estándar presentó valores dentro del rango de 0.002 a 0.009, valores que clasifican la tipología de clasificación como muy bien clasificada.

En términos generales y a partir de los análisis efectuados a nivel granulométrico, playa Reñaca presenta un sedimento de las siguientes características:

- Diámetro característico: presencia predominante de arena fina, con menor grado de arena muy fina en la zona sumergida del sector norte de la playa y arena mediana en zona explanada del sector sur de la playa.
- Curtosis: platicúrtica.
- Asimetría: curva simétrica.
- Desviación estándar: muy bien clasificada.

4.1.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PLAYA CALETA ABARCA.

El análisis granulométrico de las 6 muestras de playa Caleta Abarca, registró los diámetros característicos que se presentan en la tabla 4.2:

Tabla 4. 2: Diámetros característicos, Playa Caleta Abarca.

Sectores	B [mm]	A [mm]
Explanada	0,084	0,077
Intermareal	0,076	0,070
Sumergida	0,077	0,077

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó la presencia de partículas que presentan mínimas variaciones en su diámetro. Su rango de diámetro característico, indica partículas pertenecientes al grupo de las arenas, con un tamaño mínimo de 0.070 [mm] y mayor de 0.084 [mm], valores que se asocian a la clase de las arenas muy finas.

El coeficiente de curtosis representativo de las muestras de playa Caleta Abarca, presentaron un valor de 0.738. En términos de clasificación, este coeficiente indica la presencia de una distribución platicúrtica; representado en una curva de tendencia llana. La asimetría nos indica que presenta una distribución con curva simétrica, es decir, los datos muestreados presentan una distribución uniforme con respecto a la media aritmética. Con respecto a la desviación estándar, ésta se presenta como muy bien clasificada con valores que oscilan entre 0.002 a 0.003.

En términos generales y a partir de los análisis efectuados a nivel granulométrico, playa Reñaca tiene un sedimento con las siguientes características:

- Diámetro característico: arena muy fina a lo largo de toda la playa.
- Curtosis: platicúrtica.

- Asimetría: curva simétrica.
- Desviación estándar: muy bien clasificada.

4.1.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO: FUENTES SEDIMENTARIAS.

Se efectuaron estudios de granulometría en dos desembocaduras en Viña del Mar, estas corresponden a los esteros Reñaca y Marga, con la finalidad de comprender si estas fuentes presentan participación en el suministro de sedimento a las playas Reñaca y Caleta Abarca.

Se tomaron 4 muestras en total, una en el estero Reñaca (desembocadura) y tres en el estero Marga-Marga (dos aguas arriba y una desembocadura), tal como se presenta en la figura 4.1:

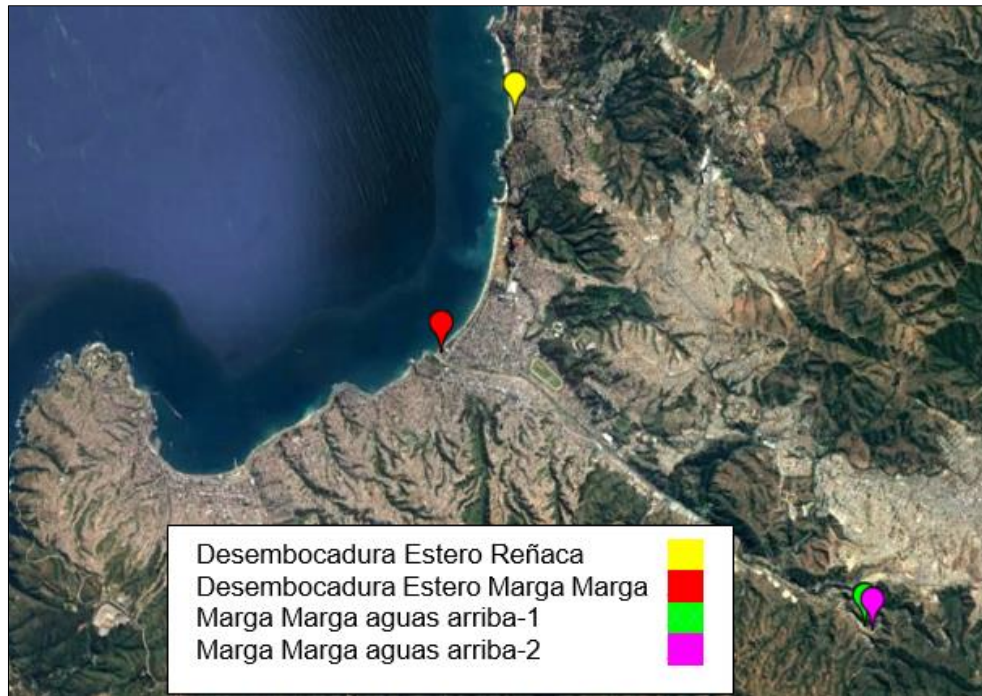


Figura 4. 1: Esquema de ubicación de muestras de esteros.
Fuente: Elaboración propia.

Las fichas de ensayos de las muestras fueron desarrolladas bajo la Norma 8.102.1 (MC-V8) para granulometría. Las muestras extraídas poseen un peso total que varía entre los 600 [g] y 800 [g]. Previo al proceso de tamizaje, al igual que con las muestras extraídas de playas Reñaca y Caleta Abarca se efectuó el proceso de secado a una temperatura de 110° C por 24 horas.

Antes y posterior al proceso de tamizado se registran parámetros según criterio ($C < 3\%$), para partículas con un diámetro menor a 5 [mm]. Los parámetros estudiados corresponden

a: masa seca antes de tamizar A [gr], suma material retenido B [gr], residuo después de tamizar [gr], diferencia porcentual ($C = (A-B) \cdot 100\% / A$).

Luego del proceso de secado, las muestras fueron pesadas, control que arrojó los datos que a continuación se mencionan.

- Estero Reñaca registró una masa seca antes del tamizado de 689,4 [gr] con una suma del material retenido de 689,0 [gr], un residuo de 1,0 [gr] y una diferencia porcentual de 0,1%, según los análisis efectuados en base a los resultados obtenidos, el suelo de la desembocadura del Estero Reñaca según la clasificación USCS y AASHTO es SP y A-1b (0) correspondientemente. Esto indica que el tipo de material es de categoría arena pobremente clasificada.
- La primera muestra del Estero Marga-Marga aguas arriba registró una masa seca antes de tamizar de 783,2 [gr], una suma de material retenido de 782,8 [gr], residuo de 1,0 [gr] y una diferencia porcentual de 0,1%; esta muestra al igual que la anterior cumple con el criterio $C < 3\%$. Según la clasificación USCS la muestra es de tipología SP y según AASHTO clasifica dentro del grupo A-1b (0), correspondiente a material de tipo arena pobremente clasificada.
- La segunda muestra del Estero Marga-Marga cumple el criterio $C < 3\%$, las muestras aguas arriba indican una masa seca previo al tamizado de 710,4 [gr], la suma del material retenido correspondió a 710,0 [gr] dejando un residuo de 2,9 [gr] y una diferencia porcentual de 0,1%.
- La muestra desembocadura Marga-Marga, posterior al secado disminuyó su masa en 3 [gr] quedando en 630,0 [gr], con una suma de 629,6 [gr] de material retenido, un residuo de 1,1 [gr] con diferencia porcentual de 0,1%. En base al proceso de tamizaje y los resultados obtenidos, el material sedimentario de ambas muestras clasifica dentro de la tipología SW según USCS y en el grupo A-1b (0) según AASHTO, indicando la presencia de sedimento de tipología arena bien clasificada.

4.2 ESTUDIOS MINERALÓGICOS.

Se efectuaron análisis mineralógicos a muestras de los siguientes sitios: playas Reñaca y Caleta Abarca, desembocaduras de los esteros Reñaca y Marga-Marga y el estero Marga-Marga aguas arriba.

4.2.1 ANÁLISIS MINERALÓGICO, PLAYA REÑACA.

Al observar y analizar las partículas presentes en las muestras representativas de las áreas de playa Reñaca tanto en la franja intermareal como sumergida, se identificó la presencia de cinco minerales en proporciones que variaron en términos longitudinales de la playa.

Los minerales presentes en términos porcentuales en la franja intermareal se presentan en la tabla 4.3, donde se destaca que el conjunto de los minerales que predominan por sobre el 50% de la muestra total corresponden a cuarzo, feldespato y mica. Además, se observa la nula presencia de pirita en toda la franja intermareal de playa Reñaca.

Con respecto a los elementos menores la presencia de estos corresponde en promedio a un 7% del conjunto de todas las áreas que se contemplaron para el análisis de la franja intermareal. Este porcentaje de elementos menores corresponde principalmente a material orgánico como conchuelas o restos de madera.

Tabla 4. 3: Porcentajes de minerales, franja intermareal, Playa Reñaca.

Mineral	Franja Intermareal		
	Area-1	Area-2	Area-3
Cuarzo	35%	27%	34%
Feldespato	25%	28%	26%
Mica	22%	23%	23%
Magnetita	10%	8%	17%
Pirita	0%	0%	0%
Elementos menores	8%	14%	0%
Total	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

En la franja sumergida, predominan los mismos minerales que en la franja intermareal, se identifica además un incremento del 7% en elementos menores en el área-3 de la playa, ubicada en la zona norte de la misma.

Los porcentajes de minerales presentes en la franja sumergida se indican en la tabla 4.4.

Tabla 4. 4: Porcentajes de minerales, franja sumergida, Playa Reñaca.

Mineral	Franja Sumergida		
	Area-1	Area-2	Area-3
Cuarzo	30%	33%	35%
Feldespato	27%	27%	23%
Mica	21%	20%	25%
Magnetita	13%	9%	10%
Pirita	0%	0%	0%
Elementos menores	9%	11%	7%
Total	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

De lo observado con respecto a la presencia del cuarzo los resultados son transversales en toda la longitud de las franjas intermareal y sumergida; fluctuando entre un mínimo de 27% a un máximo de 35% en la totalidad de las muestras analizadas.

La presencia del feldespato en términos porcentuales presenta variaciones menores, que oscilan entre un 23% a 28%. La mica también presenta variaciones de un 5% en el rango de un mínimo de 20% a un máximo de 25%, estos índices porcentuales indican que la presencia dominante de minerales en playa Reñaca está regida por cuarzo, feldespato y mica; encontrándose en menor grado los minerales de magnetita y elementos menores en un rango de 8% a 17% y menor igual a 14% respectivamente.

En la figura 4.2, se presentan las muestras analizadas mediante el estudio mineralógico.

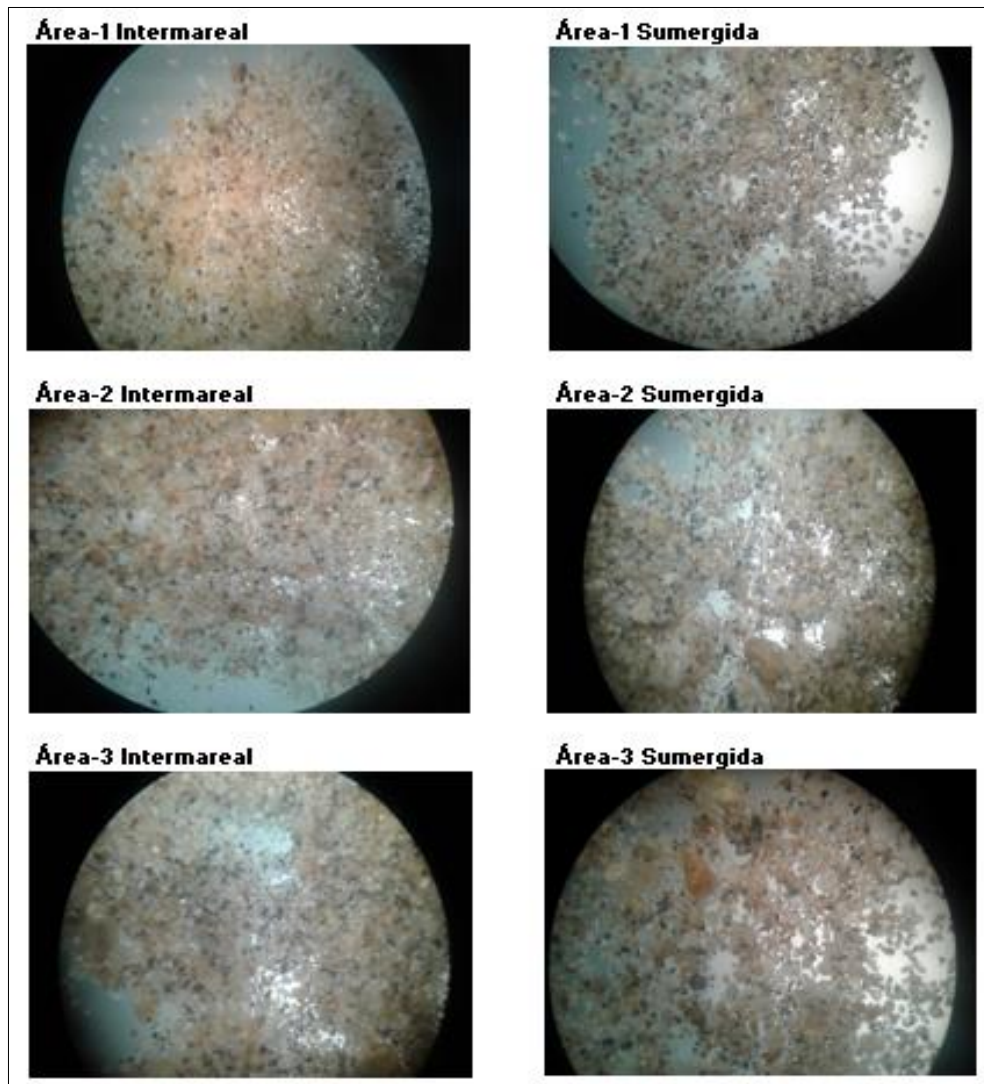


Figura 4. 2: Registro visual de muestras, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ANÁLISIS MINERALÓGICO, PLAYA CALETA ABARCA.

El estudio mineralógico consistió en un análisis de 2 muestras del área total de la playa Caleta Abarca; una fue extraída desde la franja intermareal (Area-1) y otra de la franja sumergida (Area-2).

La tabla 4.5, indica los porcentajes de los minerales que se presentan en la franja intermareal, en esta se identifica claramente que más del 50% de la muestra está contenida en dos minerales: cuarzo y feldespato, condición que prevalece también en la franja sumergida; contemplándose además un incremento del 13% de cuarzo con respecto a su porcentaje de presencia en la franja intermareal.

Tabla 4. 5: Porcentajes de minerales, franja intermareal, Playa Caleta Abarca.

Franja	Intermareal
Mineral	Area-1
Cuarzo	40%
Feldespato	22%
Mica	26%
Magnetita	11%
Pirita	0%
Elementos menores	1%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

El análisis efectuado a la franja sumergida, tal como fue mencionado anteriormente, presentó un comportamiento de minerales en rangos similares a los identificados en la franja intermareal.

El cuarzo y feldespato son los principales constituyentes mineralógicos de la muestra observada, sin embargo, es importante indicar que en esta muestra la mica no se presenta en ningún porcentaje, condición contraria a lo que se observó en la franja intermareal.

Con relación a la presencia de elementos menores en playa Caleta Abarca, estos fluctúan entre un mínimo de 1% en la franja intermareal a un máximo de 8% en la franja sumergida.

La tabla 4.6, indica los porcentajes de minerales presentes en la franja sumergida.

Tabla 4. 6: Porcentajes de minerales, franja sumergida, Playa Caleta Abarca.

Franja	Sumergida
Mineral	Area-1
Cuarzo	53%
Feldespato	22%
Mica	0%
Magnetita	17%
Pirita	0%
Elementos menores	8%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

De lo observado con respecto a la presencia mineralógica en playa Caleta Abarca, los porcentajes obtenidos son transversales en toda el área de estudio.

Se presenta claramente un dominio de cuarzo en un promedio de 47%, contemplándose ambas franjas (intermareal y sumergida) de la playa.

En términos porcentuales, el feldespato es uno de los minerales observados en playa Caleta Abarca que no varía desde la franja intermareal a sumergida, a diferencia de la mica que se visualiza en la franja intermareal y en la franja sumergida no se presenta.

La magnetita por su parte presenta variaciones de un 6%, lo cual oscila en el rango de un mínimo de 11% a un máximo de 17%.

En la figura 4.3, se presentan las muestras detalladas anteriormente.

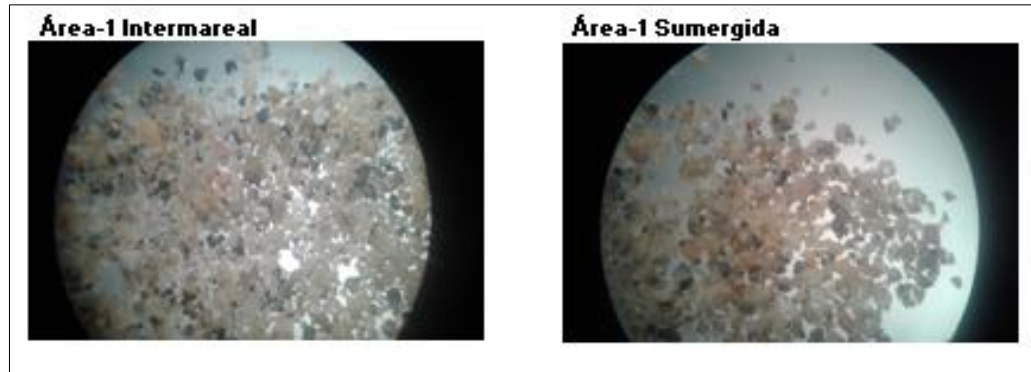


Figura 4. 3: Registro visual de muestras, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 ANÁLISIS MINERALÓGICO, ESTEROS MARGA MARGA Y REÑACA.

El análisis efectuado en los esteros Marga-Marga y Reñaca, se realizó a cuatro muestras, estas fueron extraídas aguas arriba y en la desembocadura de los esteros.

En el caso de las dos muestras analizadas aguas arriba del estero Marga Marga, estas tal como indica la tabla 4.7, presentaron elevados porcentajes de cuarzo y feldespato, dominando estos minerales la muestra por sobre el 70%. La diferencia más notoria entre ambas muestras, se produjo en el mineral de la mica, porcentaje que osciló entre el rango del 7% a 25%. Por otra parte, tanto la magnetita, pirita como los elementos menores se presentaron en rangos menores o iguales al 3% de la totalidad de la muestra evaluada.

Tabla 4. 7: Porcentajes de minerales, aguas arriba, Estero Marga Marga.

Aguas arriba		
Mineral	Muestra-1	Muestra-2
Cuarzo	40%	42%
Feldespato	47%	30%
Mica	7%	25%
Magnetita	3%	0%
Pirita	3%	0%
Elementos menores	0%	3%
Total	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura 4.4, ilustra las muestras extraídas aguas arriba del estero Marga Marga.

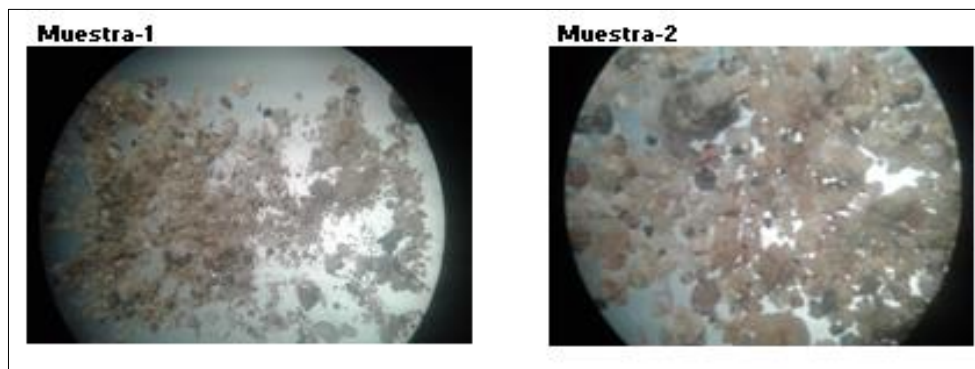


Figura 4. 4: Registro visual de muestras, aguas arriba, Estero Marga Marga.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la presencia porcentual de estos minerales en las desembocaduras de los esteros Marga-Marga y Reñaca, se presentan los valores obtenidos en la tabla 4.8.

En general estos resultados dan cuenta de la presencia de cuarzo, feldespato y mica, los cuales en conjunto conforman entre el 86% a 95% de la muestra, para Marga-Marga y Reñaca respectivamente, siendo resultados totalmente significativos; a excepción de la magnetita que no supera el 5% y se presenta sólo en la muestra de la desembocadura del estero Reñaca.

Tabla 4. 8: Porcentaje de minerales, desembocadura, Esteros Reñaca y Marga Marga.

Mineral	Desembocadura	
	Marga-Marga	Reñaca
Cuarzo	46%	45%
Feldespato	23%	32%
Mica	17%	18%
Magnetita	0%	5%
Pirita	0%	0%
Elementos menores	14%	0%
Total	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.5, presenta las muestras que se analizaron para desarrollar el estudio mineralógico.

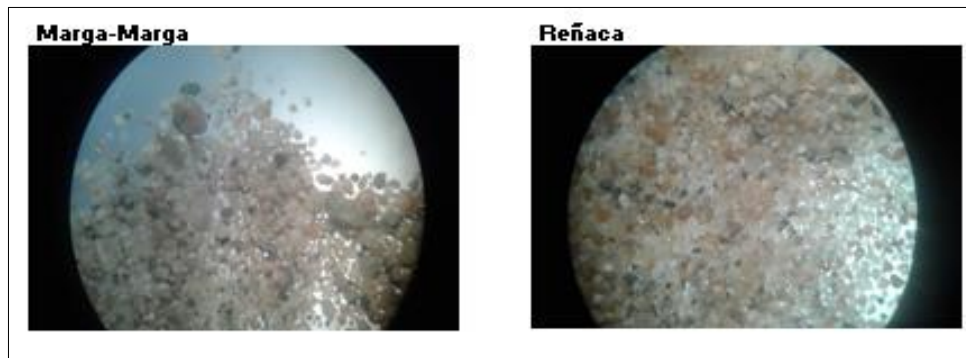


Figura 4. 5: Registro visual de muestras, desembocadura, Esteros Reñaca y Marga Marga.
Fuente: Elaboración propia.

4.3 ESFERICIDAD DEL SEDIMENTO.

Al realizar el estudio de texturas de las partículas, en el cual se clasifica la esfericidad de según su rango mediante "A new roundness scale for sedimentary particles" (Powers, 1953), se obtuvieron los siguientes resultados para cada zona analizada.

- *Playa Reñaca*: el estudio de textura sugiere que las partículas presentes en esta zona clasifican dentro del rango de subredondeadas a redondeadas.
- *Playa Caleta Abarca*: el estudio de textura sugiere en playa Caleta Abarca partículas que varían entre el rango de subredondeadas a redondeadas en la zona sumergida e intermareal.
- *Estero Reñaca*: en la desembocadura del estero Reñaca, su textura presenta gran similitud con las muestras de la zona sumergida de la playa Reñaca, con una esfericidad que varía entre partículas subredondeadas a redondeadas.
- *Estero Marga Marga*: el estero Marga Marga presentó una textura diferente entre las muestras de aguas arriba y la desembocadura del estero. La textura del estero Marga Marga aguas arriba, fluctuó en partículas angulares a subredondeadas, a diferencia de su desembocadura la cual se presentó en un rango entre subredondeadas a redondeada. Se entiende la diferencia de texturas de las partículas entre la zona aguas arriba y desembocadura, debido a los procesos de transformación que ésta sufre durante su trayectoria.

A partir de los resultados obtenidos correspondiente al grado de esfericidad de las partículas de las zonas en estudio, se puede apreciar el grado de similitud de la esfericidad de Playa Reñaca con la desembocadura del estero Reñaca presentándose en ambas zonas partículas con una esfericidad de subredondeada a redondeada. Por otra parte, igualmente se puede apreciar la similitud de la esfericidad de las partículas de playa Caleta Abarca y la desembocadura del estero Marga Marga con una textura de subredondeada a redondeada.

En términos generales, de las cinco muestras analizadas, cuatro presentan el mismo grado de esfericidad.

4.4 PROPAGACIÓN DE OLEAJE.

Al realizar la totalidad de 110 propagaciones, se obtuvieron los coeficientes de agitación y las direcciones incidentes del oleaje a los nodos de interés. A partir de esta información se generaron tablas de incidencia que representaron los coeficientes de agitación para una serie de periodos y direcciones y por otra parte las direcciones incidentes del oleaje para la misma serie de periodos y direcciones.

4.4.1 COEFICIENTES DE AGITACIÓN: PLAYAS REÑACA Y CALETA ABARCA.

Las dos tablas iniciales corresponden a los coeficientes de agitación obtenidos en las 110 corridas desde aguas profundas hasta los nodos de interés mediante el programa SWAN.

En la tabla 4.9, se presenta la propagación de los coeficientes de agitación hasta el nodo de interés para la playa Reñaca. En esta se aprecia la variabilidad de los coeficientes, con valores mínimos (verde) asociados a un oleaje incidente del sur, proveniente específicamente desde la dirección 195° asociado a un coeficiente de 0.04 [m] para periodos de 6 [s] y 8 [s].

Con respecto a los coeficientes de agitación intermedios (amarillo), éstos se asocian a direcciones de 240° en algunos periodos (6 a 14 segundos) y al rango de dirección entre los 300° a 315° para periodos de 10 [s] a 18 [s] aproximadamente.

El mayor coeficiente de agitación (rosado) corresponde a 1.12 [m], asociado a un oleaje desde los 270°, con un periodo de 24 [s]. Cabe señalar que los periodos de oleaje característico de la zona en estudio oscilan entre los 12 [s] a 14 [s], los que presentan un coeficiente de agitación de 0.90 [m] a 0.92 [m] respectivamente con un oleaje incidente desde 270°.

Tabla 4. 9: Coeficientes de agitación, Playa Reñaca.

Dirección		195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
Periodo	6	0,04	0,18	0,42	0,70	0,89	0,96	0,97	0,96	0,93	0,83	0,64
	8	0,04	0,17	0,41	0,68	0,86	0,92	0,92	0,89	0,84	0,73	0,57
	10	0,05	0,17	0,40	0,66	0,84	0,90	0,87	0,83	0,77	0,67	0,53
	12	0,06	0,18	0,41	0,66	0,85	0,90	0,85	0,78	0,73	0,65	0,52
	14	0,09	0,21	0,43	0,68	0,86	0,92	0,85	0,74	0,69	0,65	0,55
	16	0,14	0,27	0,48	0,71	0,89	0,95	0,86	0,72	0,66	0,64	0,57
	18	0,20	0,35	0,53	0,74	0,92	0,99	0,89	0,71	0,62	0,63	0,57
	20	0,28	0,42	0,59	0,78	0,97	1,03	0,91	0,71	0,60	0,61	0,57
	22	0,36	0,50	0,64	0,82	1,02	1,08	0,95	0,72	0,59	0,58	0,56
	24	0,44	0,57	0,69	0,87	1,06	1,12	0,98	0,73	0,58	0,56	0,54

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el oleaje incidente del norte en comparación con el oleaje incidente del sur, presenta una disminución del coeficiente de agitación en su propagación al nodo de interés.

Se estima que esto sucede debido a las dimensiones de la resolución espacial en la grilla de batimetría generada.

Con respecto a la condición de oleaje de la playa Caleta Abarca, ésta presenta los mayores rangos de coeficiente de agitación entre las direcciones de 300° a 330°, el cual se presenta en periodos menores a 10 [s] y en periodos entre los 10 [s] a 14 [s] se mantiene constante el coeficiente de agitación, con un valor referencial de 0.91 [m] desde dirección 315°.

Se aprecia claramente que los valores de los coeficientes propagados desde direcciones entre los 195° a 240° son menores, a partir de esta información y de acuerdo a la geografía costera de la zona donde están ubicadas las playas en estudio, es posible indicar que esto se produce debido a la presencia de Punta Ángeles, la que brinda una protección natural a las zonas en análisis.

El rango de los coeficientes de agitación de menor incidencia en el nodo de Caleta Abarca, varía entre los 0.01[m] a 0.40 [m] aproximadamente. Por otra parte, los coeficientes asociados a los valores medios corresponden a 0.6 [m] a 0.7 [m] desde dirección 270°.

La tabla 4.10, indica los valores de los coeficientes de agitación propagados al nodo de interés para playa Caleta Abarca.

Tabla 4. 10: Coeficientes de agitación, Playa Caleta Abarca.

Periodo	Dirección												
	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°		
6		0,01	0,03	0,07	0,16	0,36	0,63	0,85	0,95	0,98	0,97	0,91	
8		0,01	0,02	0,05	0,13	0,33	0,59	0,81	0,91	0,94	0,92	0,83	
10		0,01	0,03	0,06	0,14	0,32	0,56	0,78	0,89	0,91	0,88	0,76	
12		0,02	0,04	0,08	0,16	0,33	0,56	0,77	0,89	0,91	0,86	0,73	
14		0,02	0,05	0,10	0,18	0,34	0,57	0,78	0,89	0,91	0,86	0,72	
16		0,04	0,07	0,13	0,22	0,37	0,58	0,79	0,90	0,93	0,87	0,74	
18		0,06	0,10	0,16	0,24	0,39	0,61	0,81	0,92	0,95	0,89	0,76	
20		0,08	0,13	0,19	0,27	0,42	0,64	0,84	0,95	0,97	0,92	0,79	
22		0,11	0,16	0,21	0,29	0,45	0,67	0,87	0,99	1,01	0,94	0,82	
24		0,13	0,18	0,23	0,32	0,48	0,71	0,91	1,02	1,04	0,97	0,84	

Fuente: Elaboración propia

En general los coeficientes de agitación propagados tanto para las playas Reñaca y Caleta Abarca ilustrados en las tablas de incidencia, nos permiten identificar el segmento de dirección que comprende el mayor coeficiente de agitación para ambas playas en estudio.

Con respecto a playa Reñaca, éste se presenta en la dirección incidente de 270°. Por otra parte playa Caleta Abarca posee el mayor coeficiente de agitación en la dirección incidente de 315°. Si nos centramos en el periodo típico de oleaje que se presenta en la zona, 12 [s]; los coeficientes corresponden a 0.90 [m] en playa Reñaca y a 0.91 [m] en playa Caleta Abarca. De acuerdo a esto es posible indicar que el coeficiente de agitación propagado hasta el veril de los 20 [m] de profundidad asociado al periodo de los 12 [s] presenta una leve diferencia de 0.01 [m]; lo cual en términos de ingeniería es despreciable, es decir, ambas playas presentan el mismo valor de coeficiente de agitación.

Las figuras 4.6 y 4.7, indican gráficamente la tendencia del coeficiente de agitación en función del rango de periodos previamente establecido.

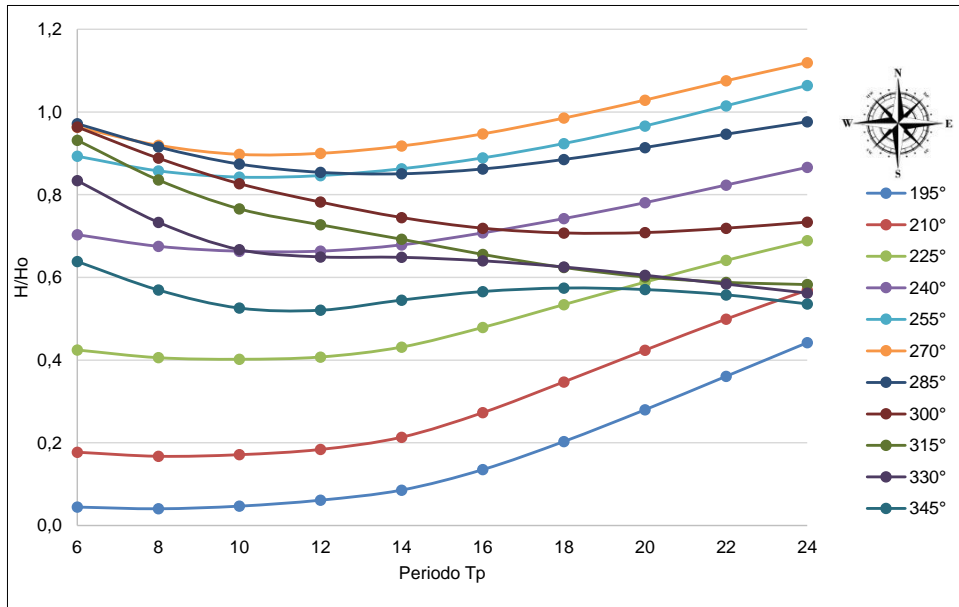


Figura 4. 6: Grafico de coeficientes de agitación, nodo Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

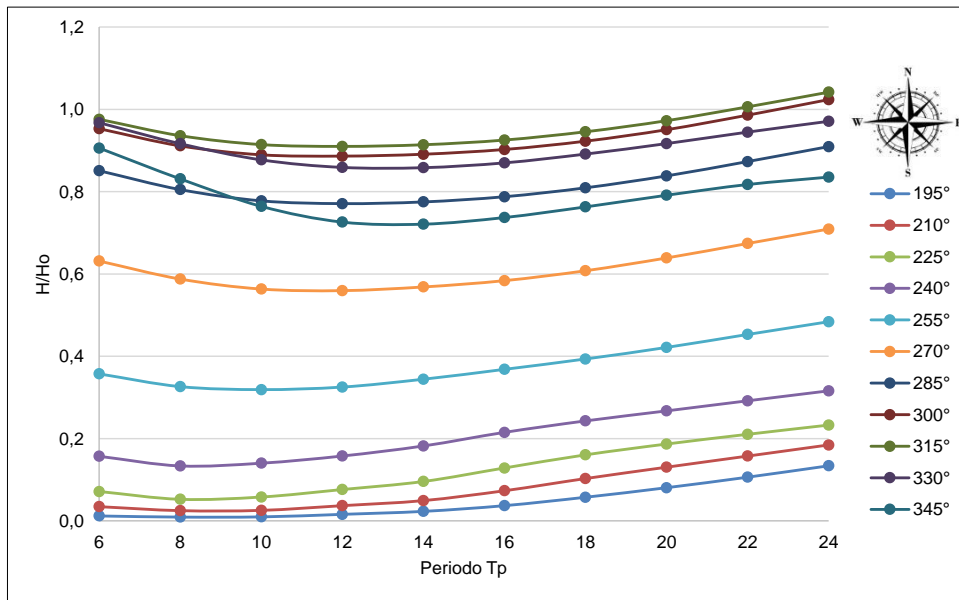


Figura 4. 7: Gráfico de coeficientes de agitación, nodo Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia

4.4.2 DIRECCIÓN DE OLAJE INCIDENTE: PLAYAS REÑACA Y CALETA ABARCA.

Las direcciones de incidencia del oleaje propagado al nodo de interés para playa Reñaca se presentan en la tabla 4.11. En esta se aprecia el rango de direcciones entre el cual varia la incidencia del oleaje al punto de evaluación; desde los 243° a 329°. En estas direcciones se identifica claramente el comportamiento del oleaje que presenta una tendencia a la ortogonal de 270° (rosado).

En general el comportamiento del oleaje en su propagación se ve afectado en su dirección debido a fenómeno de refracción por efecto de variabilidad batimétrica del lecho marino; esta variación de direcciones presenta mayor notoriedad cuando el oleaje se acerca a la costa, evidenciando la disposición del oleaje paralelo a la costa y a las isobatas.

Tabla 4. 11: Dirección de oleaje incidente, Playa Reñaca.

Periodo	Dirección											
		195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
6		242,57	244,95	247,90	252,39	259,66	270,51	284,40	298,56	311,56	321,83	328,97
8		244,17	246,17	248,83	252,97	259,69	269,82	282,08	294,61	305,93	315,03	321,13
10		245,82	247,45	249,94	253,84	259,91	268,76	279,04	289,97	299,52	306,95	311,93
12		248,10	249,21	251,39	255,00	260,43	267,89	276,21	285,87	294,04	299,43	302,91
14		250,88	251,21	252,83	256,12	261,09	267,50	274,05	282,48	289,90	293,77	295,87
16		252,45	252,62	253,93	257,11	261,84	267,48	272,64	279,85	286,94	290,04	291,31
18		253,32	253,57	254,89	258,12	262,65	267,63	271,75	277,81	284,62	287,43	288,30
20		254,05	254,37	255,78	259,14	263,43	267,86	271,23	276,34	282,75	285,58	286,27
22		254,72	255,07	256,61	260,12	264,15	268,11	270,94	275,32	281,21	284,17	284,85
24		255,31	255,66	257,36	261,02	264,78	268,36	270,80	274,67	279,98	283,07	283,82

Fuente: Elaboración propia

Por su parte en el nodo situado frente a la zona de playa Caleta Abarca se presenta una tendencia de dirección de oleaje de los 315°, es decir, un oleaje norte-oeste, tal como se indica en la tabla 4.12, este oleaje es típico de periodos invernales. Se entiende que el oleaje en su proceso de transferencia sufre variaciones en la dirección debido a cambios en la profundidad y otros fenómenos asociados.

El oleaje incidente del sur presenta una discontinuidad en su propagación al verse afectado por Punta Ángeles; esto se evidencia en un traspaso lateral de energía de la ola. Este oleaje al percibir variación de profundidad, presenta transformaciones en el tren de olas y por consiguiente su dirección también se ve alterada.

Tabla 4. 12: Dirección de oleaje incidente, Playa Caleta Abarca.

Periodo	Dirección											
		195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
6		274,02	273,91	274,24	277,22	281,17	285,41	292,05	302,08	315,30	329,15	340,69
8		276,85	276,35	277,20	280,89	284,32	288,34	294,41	303,70	315,76	328,08	338,26
10		283,91	282,95	283,77	285,60	288,18	291,93	297,42	305,63	316,01	326,40	335,09
12		290,38	289,59	289,62	290,16	291,97	295,21	300,03	307,13	315,93	324,59	331,89
14		294,38	293,87	293,63	293,72	294,99	297,81	301,99	308,11	315,58	322,92	329,04
16		296,46	296,08	295,81	295,93	297,17	299,74	303,34	308,65	315,13	321,47	326,69
18		297,43	297,15	297,02	297,43	298,82	301,17	304,31	308,99	314,69	320,25	324,79
20		298,12	297,90	297,91	298,60	300,08	302,21	305,01	309,22	314,30	319,24	323,28
22		298,72	298,55	298,67	299,53	301,04	302,97	305,53	309,39	313,98	318,41	322,10
24		299,22	299,10	299,28	300,27	301,77	303,53	305,94	309,55	313,74	317,75	321,16

Fuente: Elaboración propia

En general con respecto a las direcciones de incidencia del oleaje tanto en el nodo de interés de playa Reñaca y playa Caleta Abarca, éstas presentan tendencias direccionales con un desfase de 45°, se explica esto debido a la disposición geográfica de ambas playas. Playa Reñaca por su parte totalmente expuesta a un oleaje sur y playa Caleta Abarca expuesta a un oleaje incidente del norte. Presentando vulnerabilidad a oleajes de distintas direcciones, para el caso de playa Reñaca, su escenario más crítico se presenta en oleaje incidente de 270° (oeste) y en playa Caleta Abarca con oleaje incidente de 315° (norte-oeste).

De acuerdo con la información recabada en base a las propagaciones efectuadas, el oleaje incidente que afecta en mayor magnitud a ambas playas procede desde el cuarto cuadrante.

Las figuras 4.8 y 4.9, indican gráficamente la tendencia direccional de la propagación del oleaje a los nodos de interés.

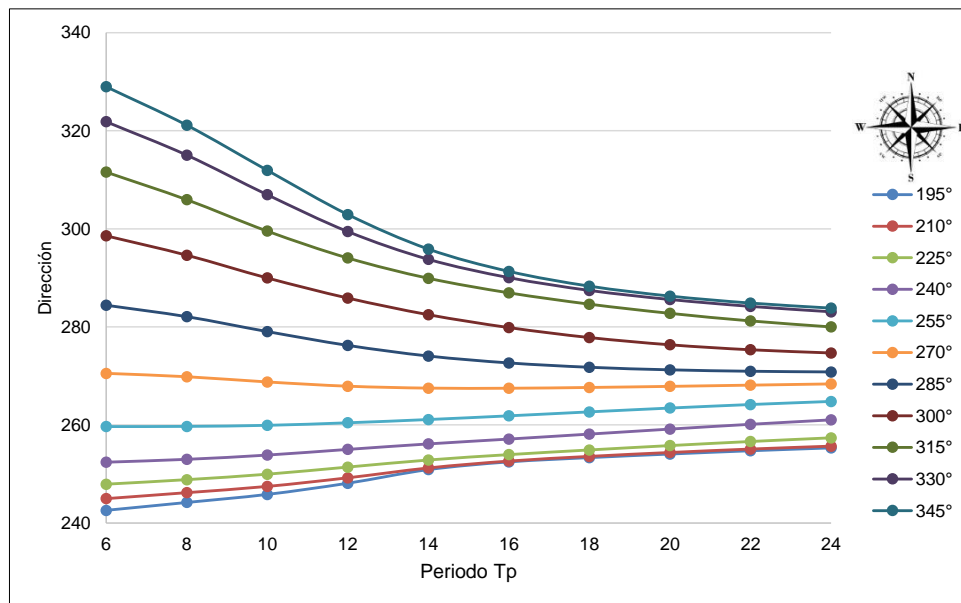


Figura 4. 8: Dirección incidente, nodo Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

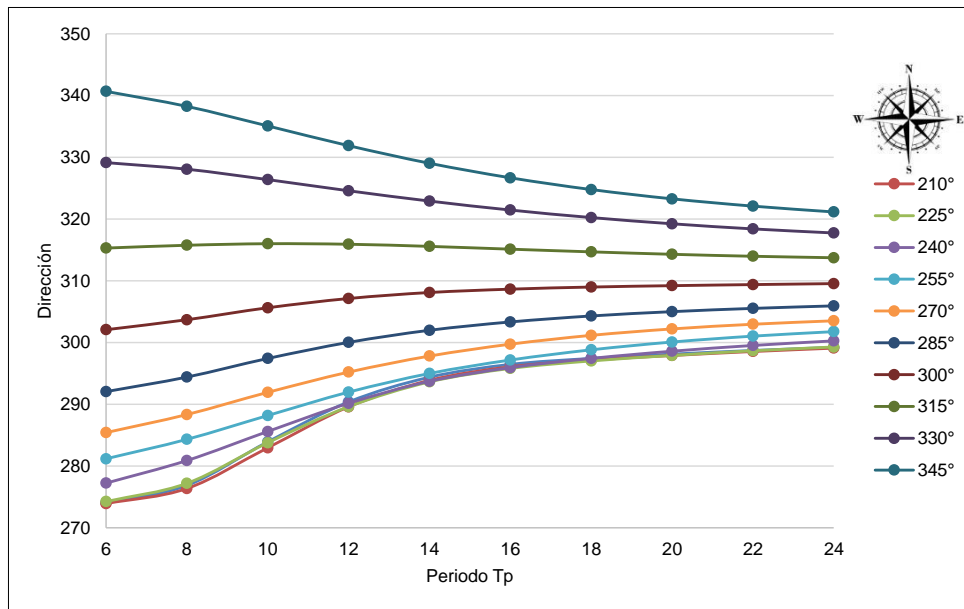


Figura 4. 9: Dirección incidente, nodo Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia

La figura 4.10, corresponde a una presentación referencial de la gráfica del proceso de propagación de oleaje (Tp 12 segundos – Dir 270°) efectuado mediante el Modelo SWAN.

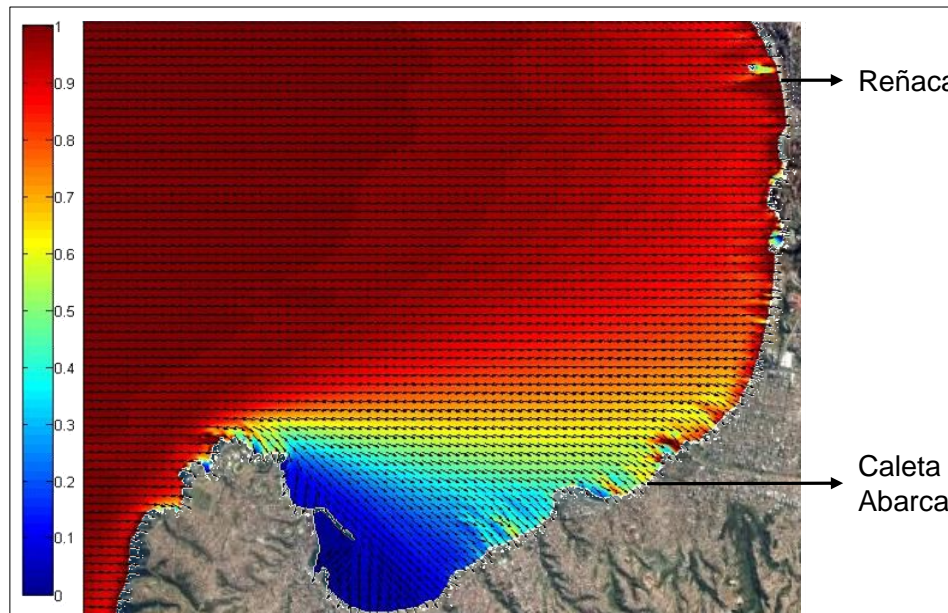


Figura 4. 10: Imagen referencial de propagación de oleaje, Modelo SWAN.
Fuente: Elaboración propia

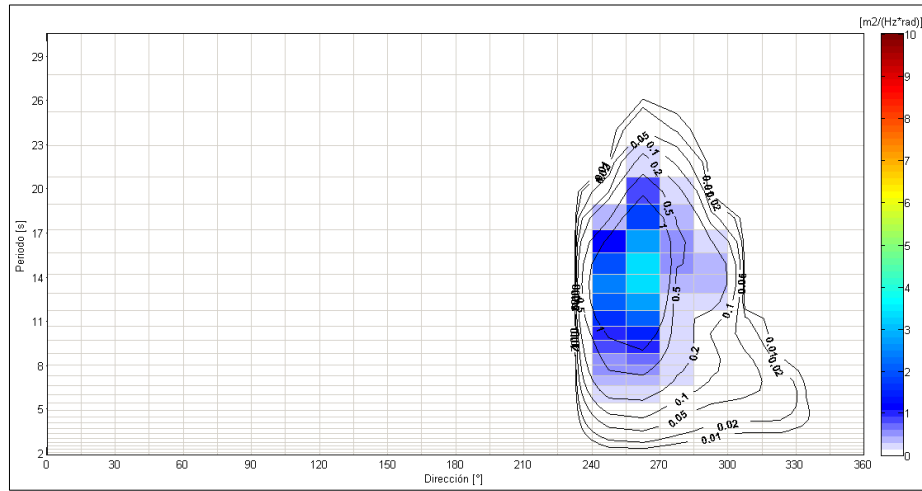


Figura 4. 12: Espectro energético en nodo de interés, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

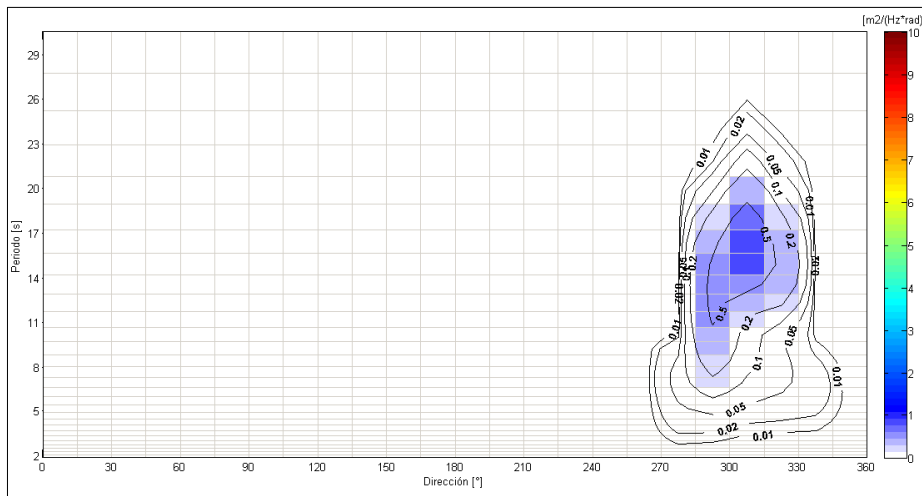


Figura 4. 13: Espectro energético en nodo de interés, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.4 MAGNITUD DE OLAJE DESDE AÑO 2013 AL AÑO 2014: PLAYA REÑACA Y PLAYA CALETA ABARCA.

Las alturas de ola significativa (H_s) asociadas a las direcciones promedio (Dirp) en Playa Reñaca, para el rango de tiempo contemplado desde el 15 de abril del 2013 al 08 de mayo del 2014; presentaron un predominio de las direcciones asociadas al tercer cuadrante, tal como indica la rosa de oleaje de la figura 4.14.

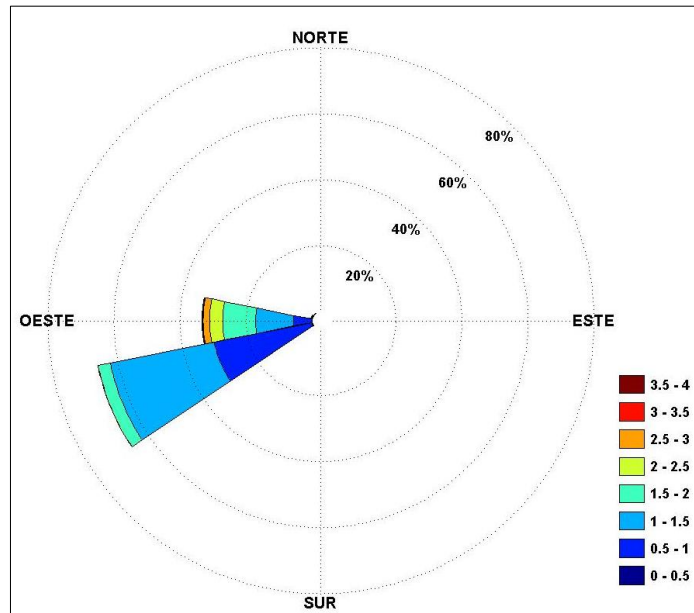


Figura 4. 14: Rosa de Oleaje nodo de interés años 2013-2014, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia.

De una totalidad de 3.824 registros de alturas de olas significativas, se observó un predominio de altura de olas con magnitudes entre el intervalo de 1.0 a 1.5 metros con un 43.60%, seguida por olas con alturas entre 0.5 a 1.0 metros con un 35.75%.

En términos de la dirección del oleaje, los mayores porcentajes se agruparon en torno a las siguientes direcciones: OSO con un 66.17% seguida por O con un 33.36%. Lo anteriormente descrito se indica en la tabla 4.13.

Tabla 4. 13: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 15 de abril del 2013 al 08 de mayo del 2014, Playa Reñaca.

Dirección	Altura de Ola (metros)								Total (%)
	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
ONO	0,10	0,00	0,05	0,26	0,03	0,00	0,00	0,00	0,44
O	0,05	5,65	11,43	9,96	3,95	1,96	0,18	0,18	33,36
OSO	0,16	30,10	32,09	3,77	0,05	0,00	0,00	0,00	66,17
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sub-Total	0,31	35,75	43,60	13,99	4,03	1,96	0,18	0,18	100,00

Fuente: Elaboración propia

Playa Caleta Abarca contrario a lo observado en Playa Reñaca, para el periodo desde el 10 de abril del 2013 al 03 de mayo del 2014; presentó un predominio de direcciones asociadas al cuarto cuadrante, indicado en la rosa de oleaje de la figura 4.15.

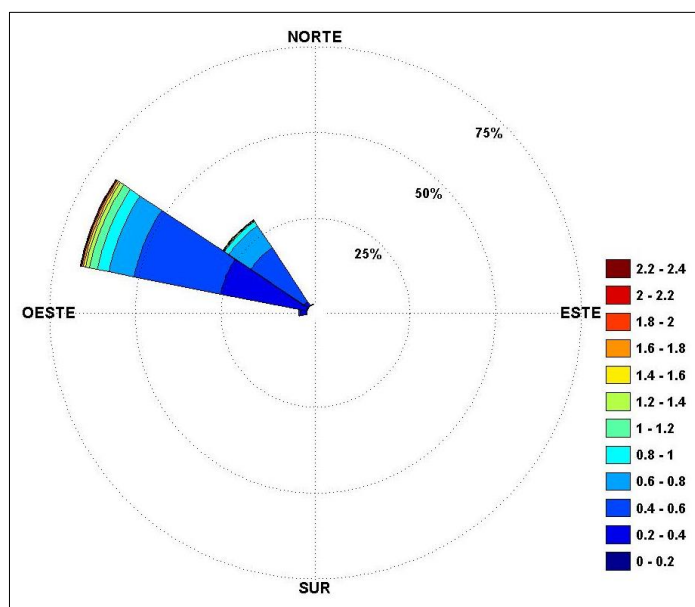


Figura 4. 15: Rosa de Oleaje nodo de interés años 2013-2014, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

De una totalidad de 3.112 registros de alturas de olas significativas, observadas entre el 10 de abril del 2013 al 03 de mayo del 2014, se identificó la máxima altura de ola, del orden de los 2.4 metros.

En términos porcentuales predominaron olas en el intervalo de 0.4 a 0.6 metros con un 44.98%, seguido del intervalo de 0.2 a 0.4 metros con un 28.96% y de 0.6 a 0.8 metros con un 15.23%, el conjunto de los intervalos restantes correspondió a un 10.83%.

Las principales direcciones asociadas al oleaje se presentan desde el ONO con un 67.45%, seguido por NO con un 30.08%, el 2.47% restante se distribuye entre la dirección NNO y O, tal como se indica en la tabla 4.14.

Tabla 4. 14: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 10 de abril del 2013 al 03 de mayo del 2014, Playa Caleta Abarca.

Dirección	Altura de Ola (metros)												Total (%)
	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0	1.0-1.2	1.2-1.4	1.4-1.6	1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.2	2.2-2.4	
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
NNO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
NO	0,00	1,45	18,83	7,68	1,51	0,19	0,13	0,06	0,13	0,10	0,00	0,00	30,08
ONO	0,10	25,61	25,67	7,52	3,44	2,35	1,19	0,58	0,55	0,22	0,16	0,06	67,45
O	0,00	1,90	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38
OSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Sub-Total	0,10	28,96	44,98	15,23	5,01	2,54	1,32	0,64	0,68	0,32	0,16	0,06	100

Fuente: Elaboración propia

4.4.5 MAGNITUD DE OLEAJE DEL AÑO 2015: PLAYA REÑACA Y PLAYA CALETA ABARCA.

La magnitud del oleaje en Playa Reñaca, comprendido entre el 27 de enero del año 2015 al 12 de agosto del año 2015; presentó un predominio de las direcciones asociadas al tercer cuadrante, principalmente desde la dirección Oeste, tal como se indica en la rosa de oleaje ilustrada en la figura 4.16.

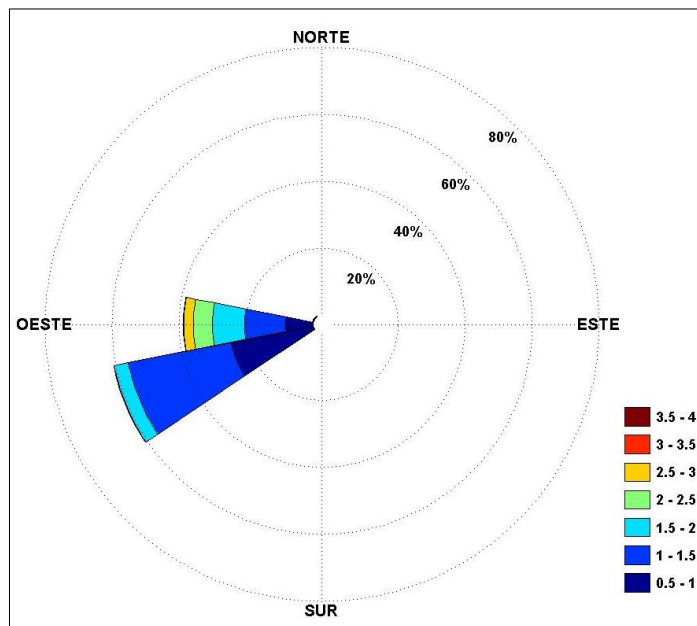


Figura 4. 16: Rosa de Oleaje nodo de interés año 2015, Playa Reñaca.

Fuente: Elaboración propia.

De una totalidad de 1584 registros de alturas de olas significativas, observadas entre el 27 de enero del 2015 al 12 de agosto del 2015, se identificó la máxima altura de ola, del orden de los 3.6 metros.

En términos de magnitud de altura predominaron olas en el intervalo de 1.0 a 1.5 metros con un 43.56%, seguido del intervalo de 0.5 a 1.0 metros con un 33.27% y de 1.5 a 2.0 metros con un 13.88%, el conjunto de los intervalos restantes correspondió a un 9.27%.

Las principales direcciones asociadas al oleaje se presentan desde el OSO con un 60.73%, seguido por O con un 38.76%, el 0.49% restante se distribuye entre la dirección NO y ONO, tal como se indica en la tabla 4.15.

Tabla 4. 15: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 27 de enero del 2015 al 12 de agosto del 2015, Playa Reñaca.

Dirección	Altura de Ola (metros)							Total (%)
	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
NNO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
NO	0,06	0,00	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,24
ONO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,06	0,25
O	8,21	12,31	9,53	5,74	2,78	0,19	0,00	38,76
OSO	25,00	31,25	4,29	0,19	0,00	0,00	0,00	60,73
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Sub-Total	33,27	43,56	13,88	5,99	2,84	0,38	0,06	100

Fuente: Elaboración propia

En Playa Caleta Abarca el análisis de oleaje fue efectuado para el periodo contemplado desde el 27 de abril del año 2015 hasta el 10 de agosto del mismo año; este mostró una dominancia total del oleaje desde el cuarto cuadrante, lo cual se clarifica en la figura 4.17, presentada a continuación.

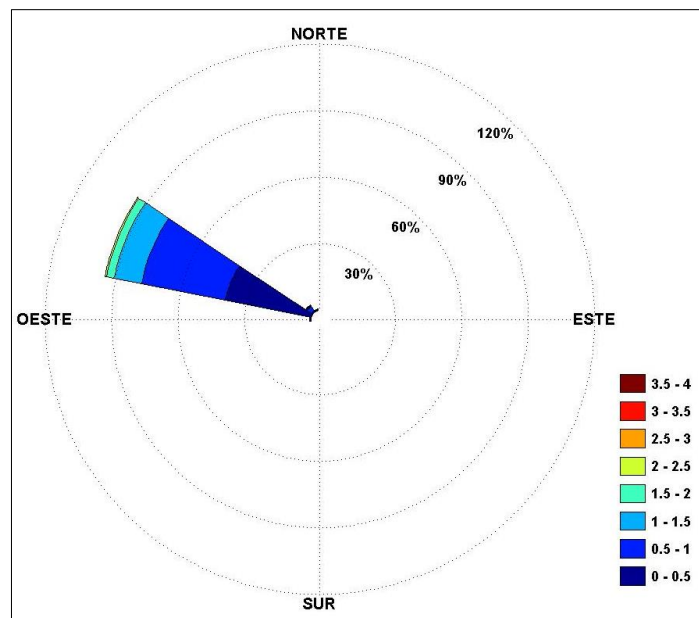


Figura 4. 17: Rosa de Oleaje nodo de interés año 2015, Playa Caleta Abarca.

Fuente: Elaboración propia.

De una totalidad de 848 alturas de olas, registradas entre el periodo de tiempo anteriormente señalado, se presentó la máxima ola, con altura de 3.8 metros.

Los rangos de alturas con mayores porcentajes se presentaron entre los 0.0-0.5 metros y 0.5-1.0 metros, ambos con un 41.16%, sumando entre ambos un 82.32% de la totalidad de las alturas.

La principal dirección, predominó desde el ONO (cuarto cuadrante) con un 94.93%. Mayor detalle se presenta en la tabla 4.16.

Tabla 4. 16: Resumen de incidencia Hs y Dirp, entre el 27 de abril del 2015 al 10 de agosto del 2015, Playa Caleta Abarca.

Dirección	Altura de Ola (metros)								Total (%)
	0.0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NNO	0,24	0,24	0,12	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,72
NO	0,71	2,36	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24	0,24	3,79
ONO	39,62	38,56	12,62	3,42	0,71	0,00	0,00	0,00	94,93
O	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59
OSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sub-Total	41,16	41,16	12,74	3,42	0,83	0,24	0,24	0,24	100

Fuente: Elaboración propia

4.5 COMPORTAMIENTO DE LAS PLAYAS REÑACA Y CALETA ABARCA.

Al aplicar la metodología de cuantificación del área sedimentada descrita en el capítulo 3.1.2.1 en base a los resultados obtenidos a través de los levantamientos efectuados según Emery, se obtienen los valores que indican el comportamiento de erosión o acreción de la playa. Comportamiento asociado a la intensidad del oleaje incidente y su dirección de generación.

4.5.1 RESPUESTA DE PLAYA REÑACA, AÑOS 2013-2014.

Los valores obtenidos del análisis de cuantificación de sedimento para playa Reñaca entre las campañas de mediciones efectuadas desde el 2013 al 2014, se presentan en la figura 4.18. En esta figura se señala una tabla que indica la cuantificación de sedimento erosionado (valor con signo negativo) y acrecido (valor con signo positivo).

Se presenta además la vinculación de la respuesta de la playa con los parámetros de altura significativa de la ola (Hs), periodo peak (Tp) y dirección peak (Dir); obtenidos de la transferencia espectral desde aguas profundas al sitio de interés situado a 20 metros de profundidad frente a la costa de playa Reñaca.

Con respecto al tiempo transcurrido entre cada campaña de mediciones, éste varió en función de los eventos (marejadas) que se presentaron en la zona.

De acuerdo con el análisis de la respuesta de la playa, los resultados obtenidos según las variaciones del perfil corresponden a:

- *Desde el 15-04-2013 al 11-05-2013*, en un trascurso de 26 días, la variación del perfil presenta un perfil dominante de erosión, reflejado en ocho de los doce perfiles. Por otra parte, y en un sesgo de menor grado los tres perfiles restantes indican una leve acreción.
Debido a las condiciones atmosféricas el perfil N°12 no fue monitoreado, por lo cual su estado para estas campañas corresponde a, sin levantamiento (S/L).
Por consiguiente, entre estas fechas evaluadas la playa toma un perfil predominantemente erosivo, alusivo como respuesta a condiciones de oleaje con valores significativos en términos de parámetros; altura de ola (Hs) de 2.8 [m], proveniente de dirección 315° (cuarto cuadrante) y asociada a un periodo entre los 7 [s] a 10 [s].
- *Desde el 11-05-2013 al 06-06-2013*, en un trascurso de 26 días, la variación de la playa continúa presentando una tendencia de erosión en toda su extensión. En este rango de tiempo se presentan tres eventos significativos con alturas de ola entre los 2.4 a 2.7 [m] proveniente de direcciones que oscilan entre los 250° a 260° (tercer cuadrante), asociado a periodos entre 12 [s] a 22 [s].
Al igual que en la campaña anterior debido a las condiciones atmosféricas, el perfil N° 12 se presenta sin levantamiento(S/L).
En general, durante estas campañas la respuesta de la playa continúa presentando erosión como consecuencia de los eventos de oleaje y de sus intensidades.
- *Desde el 06-06-2013 al 17-07-2013*, en un trascurso de 41 días, la respuesta de la playa presenta comportamientos mixtos. El sector norte de la playa presenta erosiones mayores a las del sector central de la playa, totalmente contrario es la respuesta del sector sur de la playa, el cual presenta leves acreciones.
Como antecedente el perfil N°12 no fue monitoreado, por lo cual su estado para estas campañas corresponde a, sin levantamiento (S/L).
Durante estos 41 días, se presenta un oleaje predominante del sur (tercer cuadrante), dirección que varía entre los 250° a 265°, con dos eventos claros de altura de ola de 2.9 [m] y 4 [m] aproximadamente. Por otra parte, también se presenta un rango de eventos asociados a un oleaje proveniente del norte (cuarto cuadrante), con altura de olas del orden de 1.8 [m] asociadas a periodos de aproximadamente 12 [s].
Como consecuencia de un oleaje incidente con direcciones distintas, la respuesta de la playa durante estas campañas presenta un comportamiento mixto en su extensión, predominando la erosión en el sector norte-centro y por consiguiente una menor zona de explanada, además de la presencia de acreción en el sector sur.
- *Desde el 17-07-2013 al 14-10-2013*, en un trascurso de 89 días, la respuesta de la playa presenta una clara acreción, lo que se refleja gráficamente en un 75% de los perfiles.

Para efectos de estas campañas el perfil N°12 no fue monitoreado, por lo cual su estado corresponde a, sin levantamiento (S/L).

Dentro de este rango de días, se presenta un evento con una altura de ola de 2.3 [m], de dirección cercana a los 270° y periodo aproximado de 12 [s].

Se presentan además eventos con altura de olas menores a 2 [m], asociado a periodos de 6 [s] a 18 [s] con direcciones que varían entre los 250° a 260° aproximadamente.

En general la respuesta de la playa a oleajes de magnitudes inferiores a 2.3 [m] tanto con dirección norte como sur durante el transcurso de los días contemplados entre ambas campañas no presenta incidencia erosiva en el perfil de la playa.

- *Desde el 14-10-2013 al 11-11-2013*, en un transcurso de 28 días, se presentan alturas de olas que varían entre los 0.8 [m] a 1.7 [m], en periodos de 9 [s] a 23 [s] y direcciones entre los 248° a 277°. Se identifica que el evento con mayor altura de la ola que corresponde 1.7 [m] está asociado a un periodo de 23 [s] y dirección incidente desde el cuarto cuadrante (norte-oeste). En términos generales, la respuesta de la playa a un oleaje de intensidad 1.7 [m] desde dirección norte-oeste, se presenta como erosión.
- *Desde el 11-11-2013 al 21-12-2013*, en un transcurso de 40 días, la variación de la respuesta de la playa en toda su extensión se presenta como acreción. El oleaje incidente con las alturas mayores de olas se presenta desde dirección 255° (tercer cuadrante), con dos eventos de alturas máximas, 1.8 [m] y 2.0 [m] asociadas a un periodo de 10 [s] y 17 [s] respectivamente. En general, la respuesta de la playa evaluada en estas campañas es predominada por el efecto de acreción, con acreciones máximas del orden de los 100 [m].
- *Desde el 21-12-2013 al 17-01-2014*, en un transcurso de 27 días, la respuesta de la playa presenta claramente un perfil de acreción dominante, sin embargo, se presenta dos perfiles con leves erosiones. En términos del oleaje incidente, la ola de mayor altura se presenta en 1.5 [m] con periodo de 12 [s] y dirección de 250°, correspondiente al tercer cuadrante. En general la respuesta de la playa, durante estas campañas se presenta en término de acreción.
- *Desde el 17-01-2014 al 22-02-2014*, en un transcurso de 36 días, la respuesta de la playa frente al oleaje incidente se presenta como una acreción casi en totalidad de su extensión. El oleaje incidente, se presenta con alturas de olas inferiores a los 1.3 [m], con periodos entre los 10 [s] a 23 [s] y desde direcciones que oscilan entre los 249° a 278°. En términos generales, la respuesta de playa se presenta como acreción debido a la acción de un oleaje con características de alturas menores y periodos mayores.
- *Desde el 22-02-2014 al 25-03-2014*, en un transcurso de 31 días, la variación del perfil de playa en respuesta a la acción del oleaje se presenta como una leve erosión en el sector norte de la playa, acreción en el sector central y erosión en el sector sur, específicamente sólo en un perfil (Perfil N°12).

Con respecto al oleaje incidente en el transcurso de esto 31 días, se presenta olas con alturas menores a 1.3 [m], con periodos cercanos a los 18 [s] y desde direcciones entre 250° a 255°. En general, las características de este oleaje, no presenta magnitudes elevadas en la altura de ola, sin embargo, incide en términos erosivos en los sectores extremos de la playa.

- *Desde el 25-03-2013 al 27-03-2014*, en un transcurso de 2 días, la variación de la playa en toda su extensión se presenta como erosión, debido al oleaje incidente con altura de olas de 1 [m] aproximadamente, asociada a periodos entre los 13 [s] a 18 [s] y desde una dirección de 248°.
- *Desde el 27-03-2014 al 16-04-2014*, en un transcurso de 20 días, la respuesta de la playa presenta acreción mayormente, sin embargo, cabe señalar la respuesta erosiva que se presenta en tres puntos específicos de la playa, uno en el sector norte de la playa y dos en el sector sur. El oleaje incidente se presenta desde el tercer y cuarto cuadrante, específicamente desde la dirección 255° y 290°; indicando altura de olas de 1.6 [m] y 1.8 [m] respectivamente.
- *Desde el 16-04-2014 al 26-04-2014*, en un transcurso de 10 días, la variación de la playa se presentó con acreción en un 40% de la longitud de la playa, identificándose puntos erosivos en el sector central y sur de la misma. Con respecto al oleaje, este se presenta con altura de 1.9 [m], periodos de 16 [s] y desde dirección de 262° (tercer cuadrante).
- *Desde el 26-04-2014 al 08-05-2014*, en un transcurso de 12 días, la respuesta de la playa se presenta como una erosión en toda la extensión de la playa, cabe señalar que en términos de magnitud la erosión es mayor en el sector norte de la playa. Las características del oleaje incidente que se presentó en este periodo, predominó desde dirección 261° con altura de olas de 2.2 [m] y periodos aproximadamente de 16 [s].

P1	-34	-31	-44		25	1	58	17	9	-1	23	19	4	-26
P2	-26	-20	-46		26	-35	92	27	-6	-27	35	45	13	-18
P4	-4	-12	-51		34	-56	92	6	8	-16	44	15	5	-25
P6		-100	-41		30	-6	16	3	9	21	31	-10	10	-27
P9	-11	-11	-54		62	-19	18	4	4	35	45	29	-6	-15
P12	-19	-29	0		38	1	18	-30	6	50	74	19	-5	-13
P14	-19	-57	13		-68	-6	67	9	29	13	-42	22	5	7
P15	3	-43	19		-23	-10	9	23	6	10	26	21	8	-2
P16	-35	-7	17		15	-1	14	-5	11	24	40	20	10	-11
P17	11	-8		10		-6	23	9	4	9	9	-17	-2	-4
P18	16	-28		-13		-7	57	3	7	14	23	13	-3	-2
P19	S/L	S/L	S/L		S/L	-1	39	16	3	-5	18	-18	-3	-2

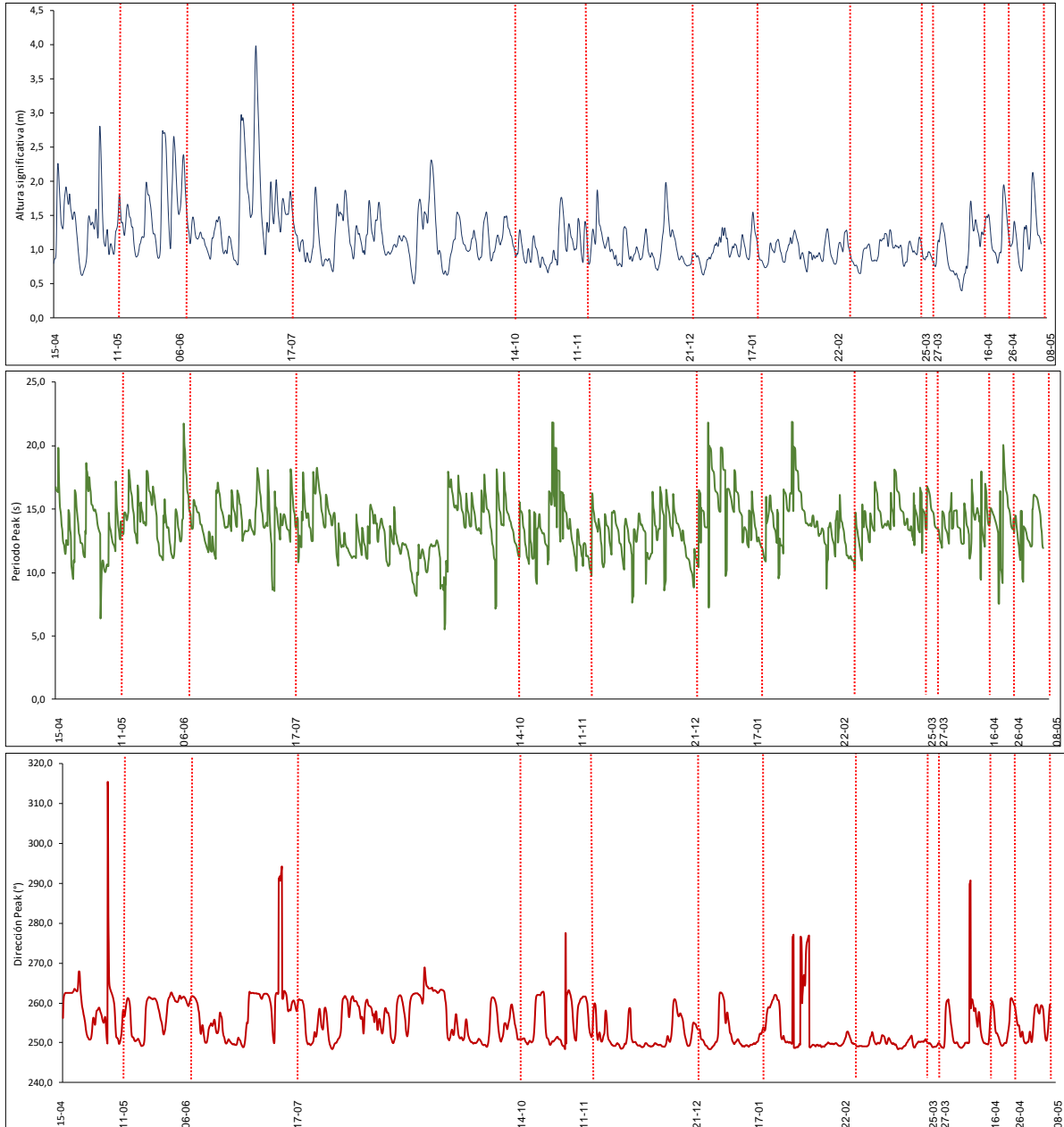


Figura 4. 18: Análisis de respuesta de playa Reñaca a oleaje incidente años 2013-2014.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 RESPUESTA DE PLAYA REÑACA, AÑO 2015.

Los valores obtenidos del análisis de cuantificación de sedimento para playa Reñaca entre las campañas de mediciones efectuadas durante el año 2015, se presentan en la figura 4.19. En esta figura se señala al igual que en la figura 4.18 una tabla que indica la cuantificación de sedimento erosionado (valor con signo negativo) y acrecido (valor con signo positivo).

Los resultados obtenidos según las variaciones del perfil corresponden a:

- *Desde el 27-01-2015 al 06-03-2015*, en un trascurso de 38 días, la variación del perfil se presenta variable en términos de erosión y acreción de la playa, lo que se evidencia en toda su extensión.
La variabilidad en el transcurso de estos días se presenta de manera irregular, evidenciando erosión y acreción en sector continuos.
Dentro de este rango de días, se presentan alturas de olas aproximadamente de 1.6 [m], asociada a dirección de 252° y a periodos entre los 16 a 17 [s].
Se presentan además eventos con altura de ola menores a 1.5 [m], con periodos que varían entre los 15 [s] a 18 [s], desde la dirección promedio 252°. También se identifica un evento de altura de ola cercana a 1.3 [m] la cual se destaca por un periodo cercano a los 22 [s].
- *Desde el 06-03-2015 al 13-03-2015*, en un trascurso de 7 días, prevalece la erosión en la zona centro sur de la playa; por otra parte, la zona norte de la playa se presenta con índices de acreción.
La mayor altura de ola que se destaca entre estas campañas corresponde a 1.8 [m], con periodo de 16 [s] y proveniente desde dirección 260°.
En términos generales, la playa presenta un perfil mixto, lo cual en términos del área de la solana indica que, en la zona norte de la playa, se encuentra una mayor área de solana que en la zona centro sur y sur de la misma.
- *Desde el 13-03-2015 al 01-04-2015*, en un trascurso de 19 días, la playa presenta una erosión en toda su extensión, la que se presenta con menor intensidad en el perfil-9 (zona centro) y con mayor intensidad en el perfil-2 (zona norte); independiente de lo anterior, y tal como se mencionó al inicio, la respuesta de la playa para estas campañas corresponde a una erosión general.
Entre las fechas evaluadas, se identificó un evento asociado a una altura de ola de 2.1 [m] con un periodo de 21 [s] y desde dirección 263°.
Por otra parte, se presentaron además eventos con alturas menores, entre 1.3 [m] a 1.5 [m] con periodos de 15 [s] a 16 [s] y provenientes desde dirección 250°.
En general para estas fechas el oleaje incidente provino desde el tercer cuadrante, es decir, un oleaje sur-oeste, por lo cual a razón de lo anterior la respuesta erosiva de la playa.
- *Desde el 01-04-2015 al 28-04-2015*, en un trascurso de 27 días, la variación en términos generales en toda la extensión de la playa, se presenta como una respuesta de acreción, se visualiza acreciones mayores en algunos sectores, sin

embargo, se entiende que la acreción es general en todos los perfiles constituyentes de la playa.

Con respecto a las alturas de olas que se presentaron entre estas fechas, las mayores correspondieron a 1.8 [m] con periodos entre 16 y 17 [s]; las menores por su parte se presentaron con alturas inferiores a 1.5 [m] y periodos entre los 10 [s] a 18 [s]. En términos de dirección del oleaje incidente, éste provino desde el tercer cuadrante, variando entre los 250° a 261°.

- *Desde el 28-04-2015 al 06-05-2015*, en un trascurso de 8 días, la variación del perfil de playa en respuesta a la acción del oleaje se presenta como erosión casi en la totalidad de la playa, ya que en la zona norte de esta (perfil 1 y 2) se presenta una leve acreción.
La mayor altura de olas que se destaca entre estas fechas, corresponde a 2.4 [m] aproximadamente, vinculada a un periodo de 19 [s], desde una dirección de 261°. Entre estas fechas se presentan alturas de olas menores a 1 [m], con periodos que oscilan entre los 12 [s] a 14 [s].
Por otra parte, se presentan alturas de olas entre el rango de los 1.7 [m] a 2.3 [m] con periodos mayores a 20 [s].
En general la dirección del oleaje incidente para estas fechas proviene desde los 250° a 261°.
- *Desde el 06-05-2015 al 03-06-2015*, en un trascurso de 28 días, se observa una respuesta de la playa, en términos de erosión y acreción de carácter mixto. La zona norte de la playa, presenta una respuesta claramente erosiva, de manera contraria tanto la zona centro como sur, se comporta de una manera mixta, evidenciándose sectorizadamente erosiones y acreciones aisladas.
En términos de oleaje, éste provino desde direcciones entre los 248° a 262°, es decir, desde el tercer cuadrante. Con relación a la magnitud del oleaje, se presentaron olas con alturas cercanas a los 2.6 [m], con periodo de 14 [s] y desde dirección 262°.
- *Desde el 03-06-2015 al 20-07-2015*, en un trascurso de 47 días, se presentaron alturas de olas que variaron entre los 0.5 [m] a 2.9 [m], la menor altura de ola se presentó con periodo de 20 [s] desde una dirección de 261° y la altura mayor de ola se presentó con periodo de 10 [s] desde una dirección de 263°. En general el oleaje incidente que se presentó entre fechas, provino desde el sur-oeste, lo cual se evidenció en la respuesta erosiva de la playa, sin embargo, la erosión no fue en la totalidad, pero en sí en un porcentaje mayor.
- *Desde el 20-07-2015 al 05-08-2015*, en un trascurso de 16 días, la variabilidad de olas que se presentaron oscilaron entre los 0.8 [m] a 3 [m], asociadas a periodos de 12 [s] a 15 [s] respectivamente, en términos de dirección el oleaje provino desde una dirección promedio de 262°.

En términos de eventos con alturas mayores al promedio, se identifican olas asociadas 3 [m] y 2.7 [m] de altura; eventos que presentaron poco tiempo entre el trascurso de uno y otro, lo cual se evidencia en la respuesta erosiva en casi la totalidad de la playa.

- Desde el 05-08-2015 al 12-08-2015, en un trascurso de 7 días, se presentaron alturas de olas desde direcciones de 250° (tercer cuadrante) a 320° (cuarto cuadrante).

Las menores alturas de olas se presentaron del orden de 0.8 [m] con periodo de 13 [s] y desde dirección 251° (tercer cuadrante). Con respecto a las olas de mayor altura, estas correspondieron a 3.6 [m] asociada a periodo de 12 [s], desde dirección 294° (cuarto cuadrante).

En general, la respuesta de la playa al oleaje incidente fue erosiva, presentándose los mayores índices en la zona norte (perfil 1 y 2).

P1	18	4	-20	16	19	-53	-37	-3	-85
P2	-9	12	-46	42	7	-30	-2	-9	-114
P4	-40	10	-23	23	-19	-5	-24	-3	-52
P6	5	3	-20	9	-5	-17	-8	-8	-23
P9	-15	-15	-8	19	-22	2	8	-6	-52
P12	8	-1	-35	7	-16	1	-11	6	-45
P14	-9	-9	-11	23	-33	-11	-3	-16	-41
P15	1	-17	-12	7	-44	2	6	11	-40
P16	9	-27	-36	34	-26	-8	25	-6	-21
P17	-2	1	-30	19	-26	1	13	8	-14
P18	1	-14	-21	23	-40	14	8	-3	-8
P19	-1	2	-37	22	-18	51	-34	1	37

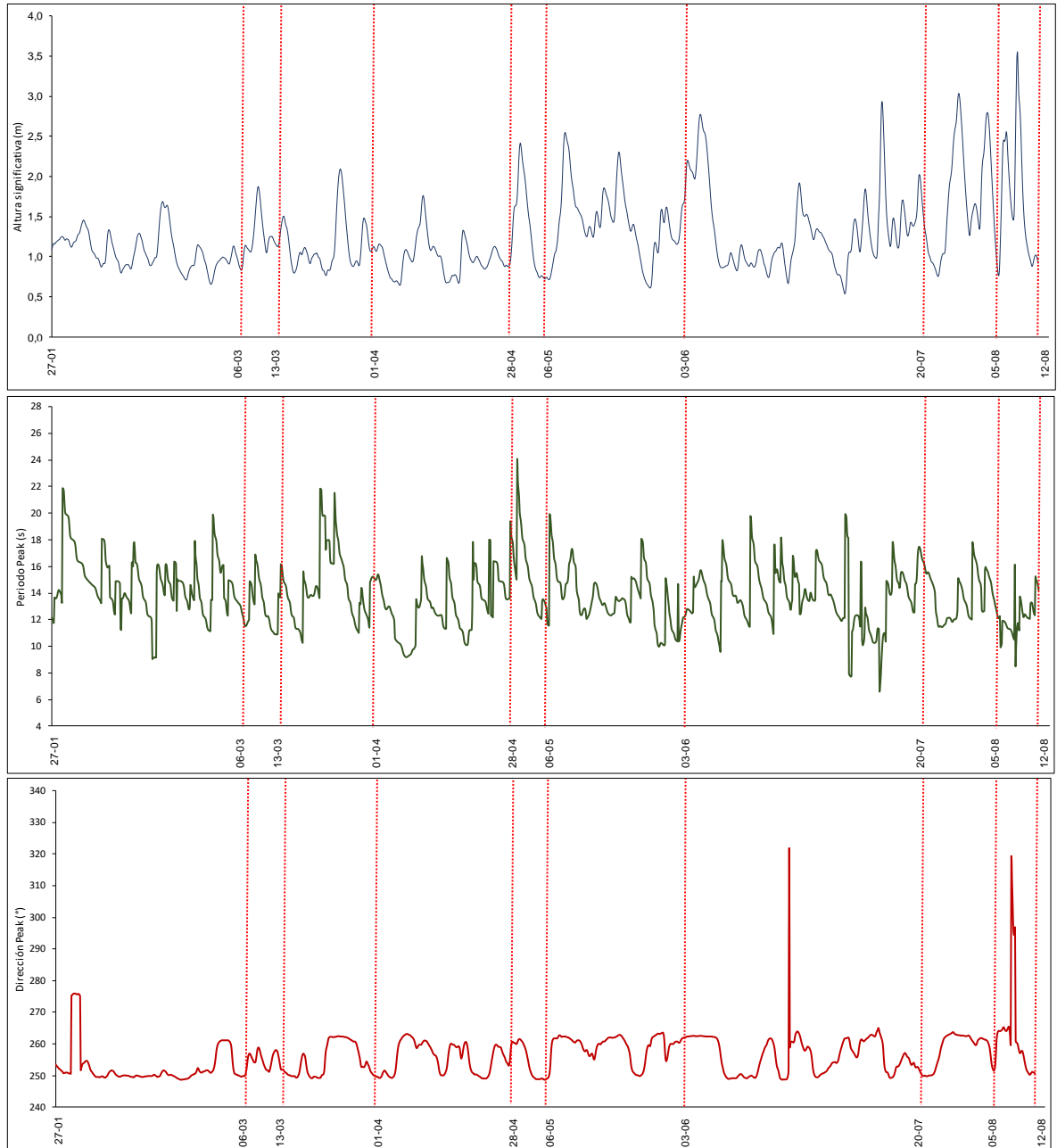


Figura 4. 19: Análisis de respuesta de playa Reñaca a oleaje incidente año 2015.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.3 RESPUESTA DE PLAYA CALETA ABARCA, AÑOS 2013-2014.

De acuerdo con el análisis de la respuesta de la playa Caleta Abarca (figura 4.20) según las condiciones de oleaje para cada rango de días se exponen los siguientes resultados:

- *Desde el 10-04-2013 al 13-06-2013*, en un trascurso de 64 días, en la variación del perfil transversal de la playa predominó el proceso de acreción casi en su totalidad, ya que, en el extremo sur de la playa, la respuesta de ésta fue erosiva. En términos de los parámetros de oleaje, durante estos días, el rango de alturas máximas varió entre 1.9 [m] a 2.3 [m], alturas provenientes desde el cuarto cuadrante, con direcciones que oscilaron entre los 294° a 302°, el periodo característico fue de 7 [s] a 10 [s].
De manera general se observa que la respuesta de playa a los eventos de oleaje entre las fechas anteriormente señaladas, corresponde a acreción.
- *Desde el 13-06-2013 al 01-08-2013*, en un trascurso de 49 días, la respuesta de la playa a las condiciones de oleaje en el tiempo contemplado continuó siendo de acreción. Durante estos días, la altura de la ola máxima fue de 2 [m], con periodo de 7 [s] y dirección de 295°. En general los parámetros de oleaje superiores, se presentaron entre los 0.9 [m] a 2 [m], vinculado a periodos entre los 5 [s] a 18 [s] y direcciones desde los 292° a 296°.
- *Desde el 01-08-2013 al 16-10-2013*, en un trascurso de 76 días, la playa presentó una respuesta de perfil mixta, con erosiones y acreciones sectoriales, como respuesta a oleaje con alturas máximas entre 1 [m] a 1.4 [m], desde el cuarto cuadrante, asociada a un periodo de 12 [s].
- *Desde el 16-10-2013 al 13-11-2013*, en un trascurso de 28 días, el perfil de playa respondió de manera erosiva a las condiciones de oleaje que se presentaron durante las fechas señaladas. Según el análisis de la totalidad de los datos, se identificó que el rango de altura de olas osciló entre un mínimo de 0.4 [m] a un máximo de 1.1 [m], dentro de un rango de periodo de 4 [s] a 24 [s], todo lo anterior asociado a dirección del cuarto cuadrante, específicamente entre los 281° a 309°.
- *Desde el 13-11-2013 al 21-12-2013*, en un trascurso de 38 días, a diferencia de la campaña anterior la respuesta de playa presentó un comportamiento mixto, con acreciones y erosiones por sectores, sin embargo, en términos de régimen dominante, la acreción prevaleció por sobre la erosión en la playa. Los parámetros de oleaje que se presentaron, correspondieron a olas entre los 0.4 [m] a 0.7 [m], con periodos desde los 11 [s] a 18 [s] y desde direcciones entre los 280° a 315°.
- *Desde el 21-12-2013 al 17-01-2014*, en un trascurso de 27 días, el clima de oleaje presentó olas que oscilaron entre 0.4 [m] a 0.6 [m], asociadas a periodos entre los 12 [s] a 22 [s], con dirección proveniente de direcciones 280° a 311°. En términos de respuesta, la playa presentó sectores de acreción y erosión, predominando por sobre el 50% en la totalidad de la playa el fenómeno de acreción.

- *Desde el 17-01-2014 al 22-02-2014*, en un trascurso de 36 días, la variabilidad de la playa ante condiciones de oleaje de alturas entre los 0.4 [m] a 1 [m], periodos de 12 [s] a 22 [s] y direcciones entre los 282° a 313°, generaron una respuesta mixta en la playa. Se presentaron fenómenos acrecidos, así como erosivos, en distintos sectores de la playa, sin embargo, importante es señalar en términos generales y basado en el comportamiento promedio de la playa, ésta respondió con un incremento de sedimento, asociado a un proceso de acreción.
- *Desde el 22-02-2014 al 29-03-2014*, en un trascurso de 35 días, la respuesta de la playa fue totalmente erosiva en toda su extensión; identificando alturas de olas pequeñas, entre los 0.4 [m] a 0.7 [m], con periodos dentro de los 12 [s] a 20 [s], y direcciones del cuarto cuadrante (280° a 315°).
- *Desde el 29-03-2014 al 19-04-2014*, en un trascurso de 21 días, contrario a la campaña anterior, la playa respondió de manera dominante con una acreción casi generalizada. Importante es señalar que, en términos de los parámetros de oleaje, se presentó características similares; olas entre los 0.4 [m] a 0.7 [m], periodos entre 13 [s] a 20 [s] y direcciones desde 282° a 311°.
- *Desde el 19-04-2014 al 03-05-2014*, en un trascurso de 14 días, la respuesta de la playa en términos general presentó una erosión en casi el 100% de la playa. Si bien esta respuesta se asocia a un oleaje de alturas menores, que varían entre los 0.4 [m] a 0.8 [m], se presenta con periodos mayores, dentro del rango de 13 [s] a 18 [s]; con direcciones desde el cuarto cuadrante, específicamente desde las direcciones de 280° a 312°.

P1		46		-15	6	39	-14	-24	-5	-20
P2	36	3	-10	-16	-1	10	1	-11	11	-9
P3		20		-13	16	-6	8	-13	4	-16
P4	40	2	-3	-1	7	-5	-11	-15	3	-11
P5	-11	14	4	-28	-7	4	1	-16	7	6

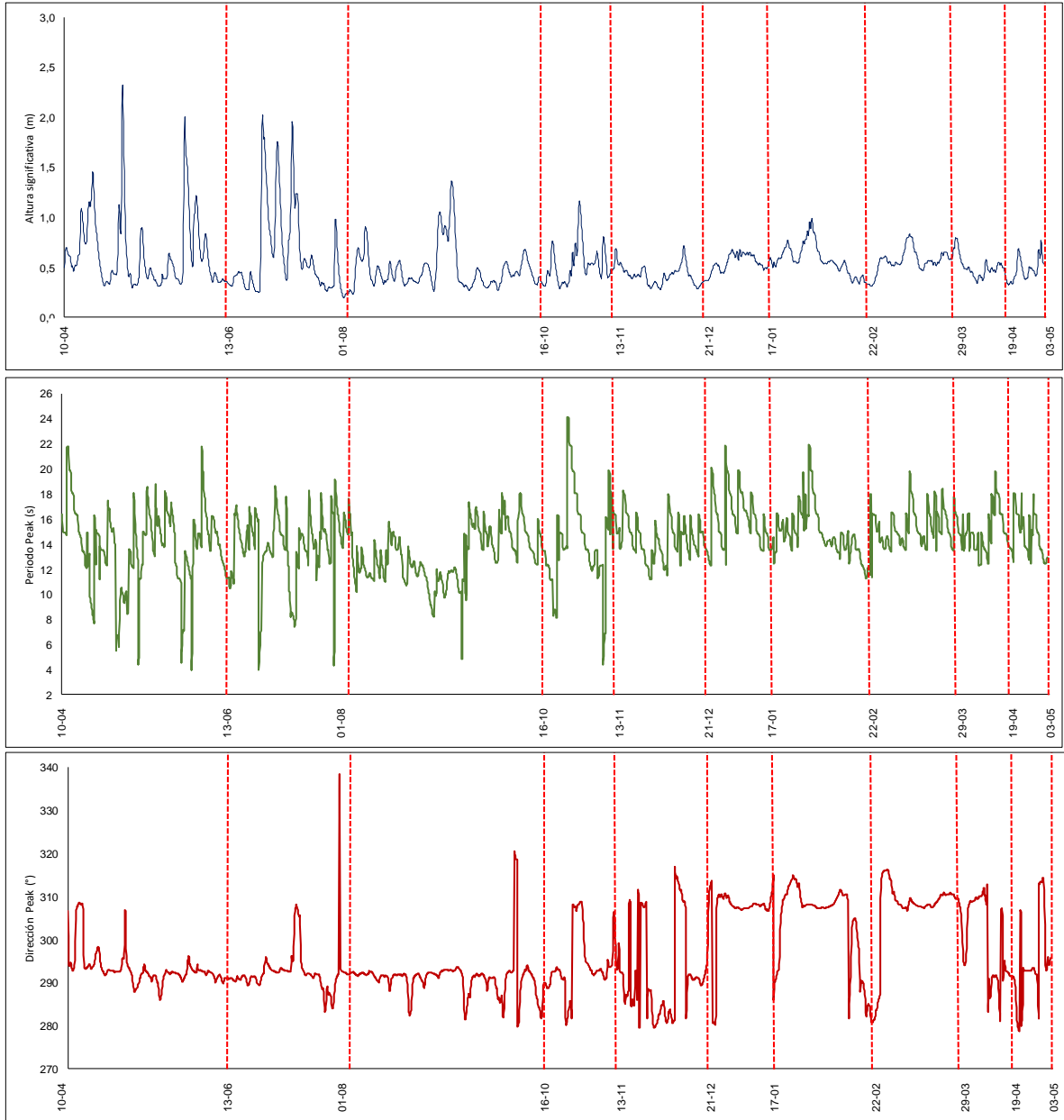


Figura 4. 20: Análisis de respuesta de playa Caleta Abarca a oleaje incidente años 2013-2014.
Fuente: Elaboración propia

4.5.4 RESPUESTA DE PLAYA CALETA ABARCA, AÑO 2015.

El análisis de la respuesta de la playa Caleta Abarca (figura 4.21) en función de la dinámica del oleaje, presentó los siguientes resultados:

- *Desde el 27-04-2015 al 08-05-2015*, en un trascurso de 11 días, en términos porcentuales predomina la acreción en la playa, sin embargo, por concepto de estimación de área cuantificada la playa presenta una erosión considerable. Con respecto a las condiciones de oleaje incidente se presentan alturas de olas menores a 1[m], provenientes predominantemente desde dirección 292 °, correspondiente al cuarto cuadrante, asociada a periodos entre los 18 a 22 [s].
- *Desde el 08-05-2015 al 05-08-2015*, en un trascurso de 89 días, la respuesta del perfil de playa presenta una mezcla de procesos de erosión y acreción en toda su extensión, en términos generales la vista en planta evaluada entre ambas campañas de levantamiento topográfico se representa con un retroceso de la línea de playa en el sector norte de la playa y acreción en el sector sur. Los fenómenos anteriormente mencionados se presentan como respuesta al oleaje incidente de olas entre 1[m] a 2[m], desde dirección 292° en promedio, con periodos entre los 8[s] y 18[s]; cabe señalar la presencia de un evento asociado a dirección 338° con periodos menores a los 6[s].
- *Desde el 05-08-2015 al 10-08-2015*, en un trascurso de 5 días, se presenta una erosión en toda la longitud de la playa Caleta Abarca, la respuesta del perfil de playa corresponde al efecto que generó la incidencia de oleaje desde el cuarto cuadrante, específicamente desde direcciones entre los 290° y 330°, con periodos que oscilan entre los 5[s] a 12[s] y altura de olas mínimo de 0.5[m] y máximo de 3.8[m].

P1	-47	20	-121
P2	4	7	-103
P3	-6	23	-106
P4	4	-16	-74
P5	6	-43	-73

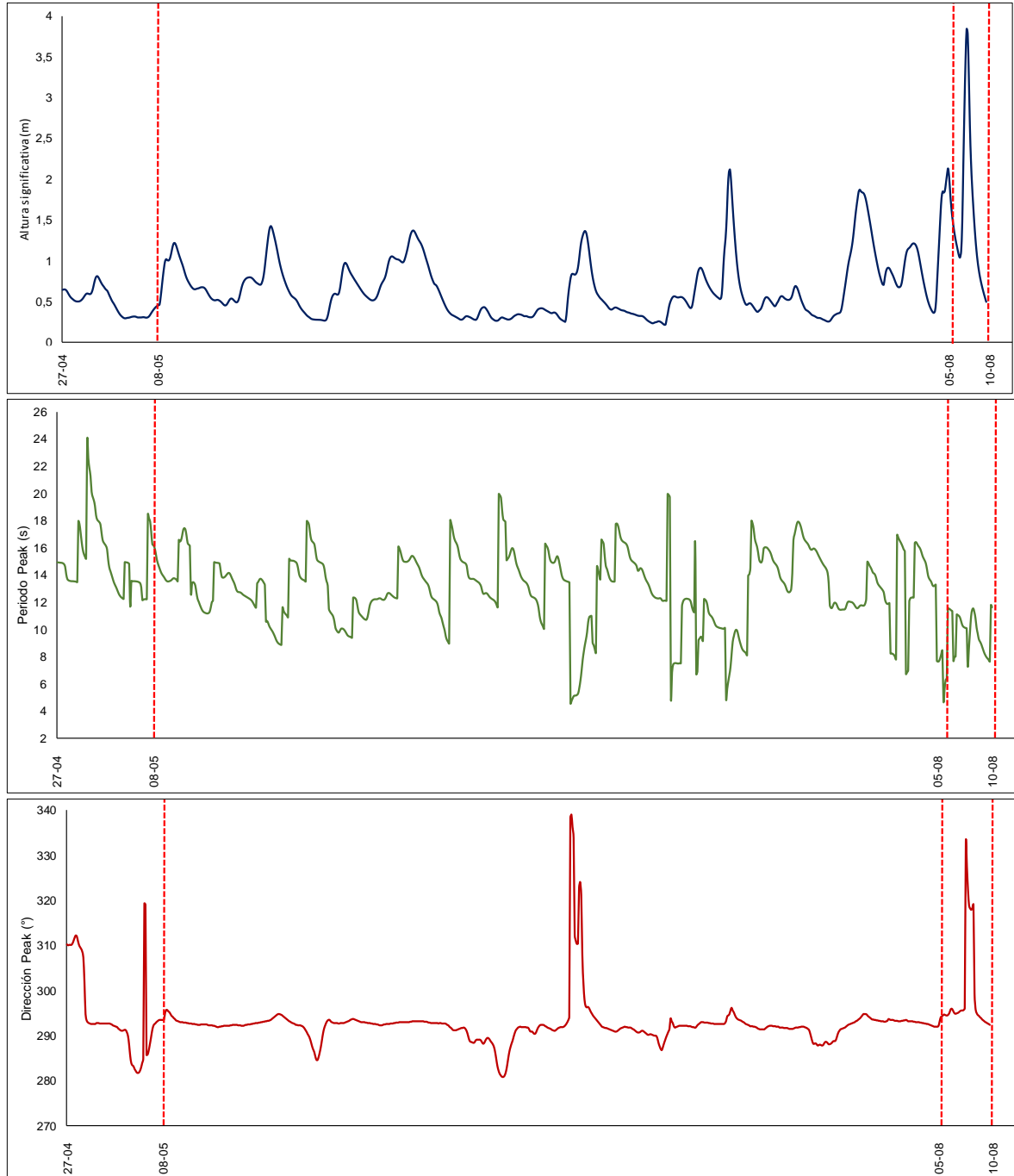


Figura 4. 21: Análisis de respuesta de playa Caleta Abarca a oleaje incidente año 2015.
Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1 ANÁLISIS POR OBJETIVOS.

5.1.1 OBJETIVO GENERAL: DESARROLLO DE UN ESTUDIO-INVESTIGACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN DE PERFILES TRANSVERSALES DE DOS PLAYAS DE LA COMUNA DE VIÑA DEL MAR, CHILE.

De acuerdo con la academia, en el ciclo de comportamiento de las playas se presentan dos claros fenómenos; erosión y acreción. Estos se originan como respuesta de playa en virtud de las características del oleaje incidente; oleaje invernal provoca erosión y oleaje verano acreción, sin embargo, esto es sólo una consideración teórica, bajo el supuesto de que aquellos oleajes se presentan sólo en aquellos periodos estacionales.

No obstante, la interacción entre la dinámica del oleaje en la costa se presenta con un comportamiento de respuesta de playa variable, lo cual depende directamente de las condiciones del oleaje oceánico y su transferencia a las cercanías de la costa.

En la actualidad el incremento de eventos de oleaje con condiciones distintas al oleaje promedio, se han hecho más notorios y consecutivos en periodos de tiempo que antiguamente no ocurrían, además de considerar que sus magnitudes en términos de altura de ola han superado los máximos promedio de oleaje. A razón del incremento de estos eventos la respuesta de las playas se ha presentado en términos de erosión del sedimento que la conforma, y el tiempo transcurrido entre un evento y otro al ser consecutivos, no ha permitido que la playa de acuerdo con su ciclo de comportamiento (según la academia) recupere la totalidad del sedimento perdido.

Por consiguiente, de acuerdo con la problemática actual sobre los impactos del oleaje en la respuesta de playas que conforman zonas neurálgicas, resulta necesario explorar a través de un estudio investigativo cómo responden las playas a condiciones de oleajes distintos, en lo que respecta a sus parámetros de dirección, periodo, altura de ola y perfil de playa.

De esta forma es posible identificar el sesgo de vulnerabilidad de las playas en estudio, a fin de establecer índices característicos en el comportamiento y ciclo de vida de éstas.

5.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO A:

- Determinar los cambios en planta y en el perfil transversal de las playas Reñaca y Caleta Abarca; mediante levantamientos topográficos de perfiles empleando el Método de Emery (1961).

Ante la escasa información del comportamiento de las playas Reñaca y Caleta Abarca en su respuesta como playa a condiciones de oleaje distintas, se realizaron levantamientos topográficos de perfiles, empleando el método de Emery; monitoreo que se realizó desde el año 2013 al 2015. En términos generales esto permite comprender y tener una representación gráfica de los perfiles que constituyen las playas en estudio.

Teniendo el comportamiento de los perfiles transversales de la playa, es posible determinar las variaciones en planta, asociando el retroceso de la línea de playa a procesos erosivos como respuesta a condiciones de oleaje de magnitudes superiores a las normales.

Las playas Reñaca y Caleta Abarca, presentaron respuestas distintas a un mismo oleaje incidente, ambas zonas en estudio en términos de posicionamiento geográfico se presentan en posiciones diferentes y por consiguiente su exposición al frente de oleaje también difiere entre la una y la otra. Por estas razones, los cambios en planta más incrementados representados en el retroceso de la línea de playa se presentan en playa Reñaca como respuesta a oleaje incidente proveniente desde el tercer cuadrante (sur-oeste), por el contrario, en playa Caleta Abarca el mayor retroceso de la línea de playa se presenta como respuesta a un oleaje incidente desde dirección del cuarto cuadrante (norte-oeste).

En las condiciones extremas (erosión) como respuesta de la playa al oleaje incidente, en playa Reñaca se presentó la línea de playa en los 27.91 [m] promedio en la fecha 17 de julio del 2013, incrementándose a 67.25 [m] en promedio en las mejores condiciones (acreción) asociada a las fechas del 25 de marzo del 2014.

Las figuras 5.1 y 5.2, presentan el efecto de la incidencia del evento de marejadas ocurrido durante el mes de julio del año 2013, en playa Reñaca.



Figura 5. 1: Vista transversal de playa Reñaca, post-marejada.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. 2: Marejada in-situ, 5to sector, playa Reñaca.
Fuente: (www.diarioelobservador.cl, 2013)

En playa Caleta Abarca, se visualizó en planta un cambio de la línea de playa en condiciones extremas con una longitud de 30.08 [m] en promedio asociado al 10 de abril del 2013, incrementándose a 50.16 [m] en promedio, en condiciones de acreción, considerando los registros mayores asociados a los meses octubre y noviembre del 2013 y de enero y junio del 2014.

La figura 5.3, indica en términos gráficos el nivel de erosión de la playa en su sector central.



Figura 5. 3: Vista frontal, playa Caleta Abarca, post-marejada.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar, en función de los cambios de planta y perfil de las playas, que entre ambas playas estas vistas variaron independiente del periodo estacional. Por consiguiente, la

variabilidad de la respuesta de las playas se relacionó para estos efectos en función de la condición de oleaje y sus características.

Considerando que el estudio realizado contempló mediciones in situ, desde abril del 2013 hasta agosto del 2015, se identificaron procesos completos del ciclo del comportamiento de la playa, tales como la pérdida de sedimento y la recuperación de éste, identificándose los procesos intermedios como una mezcla de los procesos erosión - acreción.

Este estudio en escala temporal es definido como un estudio de largo plazo, ya que se lograron identificar claramente procesos de acreción y erosión del perfil, conjuntamente con los procesos intermedios, alusivos a la recuperación de la playa, tales como la formación de escarpes por acción de un tren de olas energético, el cual altera y disminuye la zona de explanada de la playa, produciendo escarpes de la zona intermareal.

En playa Reñaca se identificó la formación de beachcups en gran parte de su extensión, a diferencia del fenómeno morfológico detectado en playa Caleta Abarca, la cual correspondió a una oscilación en planta de los extremos norte y sur de esta playa.

Dentro de los registros de marejadas se destacan las ocurridas entre el 2 a 4 de junio de 1924, 9 de agosto de 1929 y 25 de julio de 1968 en el litoral chileno, las que provocaron no sólo sobrepaso de estructuras sino también inundaciones de zonas cercanas a la costa y deslizamiento de material sedimentario, transformando zona de berma y microacantilados en zonas de acantilados (Araya-Vergara, 1979).

Después de 45 años de la marejada de 1968, en el litoral chileno se ha registrado una seguidilla de marejadas que han repercutido en daños estructurales y humanos. (Emol, 2013), tal como el evento del 08 de agosto del 2015 que provocó erosiones de alto impacto en el borde costero del centro sur de Chile (figura 5.4).



Figura 5. 4: Playa Caleta Abarca, antes y después de marejada.
Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO B:

- Evaluar la influencia del oleaje en los cambios de las playas mediante la propagación de aguas profundas hasta los sitios de interés empleando el modelo numérico SWAN.

Se evaluó la influencia del oleaje incidente en los cambios de las playas, de tal forma de identificar si un mismo oleaje produce las mismas respuestas en playas cercanas pero con orientación y posición geográfica distinta dentro de una misma bahía.

Cabe señalar que en el proceso de interacción entre el oleaje y la playa se presenta una serie de procesos en diversas zonas. En la zona de lavado (swash) y retrolavado (backswash) se genera el proceso de disipación de energía por consecuencia de la rotura de la ola. Por su parte en el frente de la playa se genera un proceso de arrastre sedimentario y acumulación de éste por efecto de percolación, fenómeno que varía dependiendo del tamaño del grano del sedimento.

En términos de oleaje, en la costa central de Chile se presenta un oleaje característico proveniente desde el tercer cuadrante (sur-oeste), asociada a periodos que oscilan entre los 12 a 14 [s] y con altura de olas promedio entre los 2 a 3 [m]. Por otra parte, y con periodos inferiores a 10 [s] se presenta oleaje con altura de olas menores a 1.5[m] y periodos entre los 16 a 20 [s] asociado a direcciones desde el cuarto cuadrante (norte-oeste).

La figura 5.5, indica referencialmente las direcciones de incidencia del oleaje que afecta las playas Reñaca y Caleta Abarca.

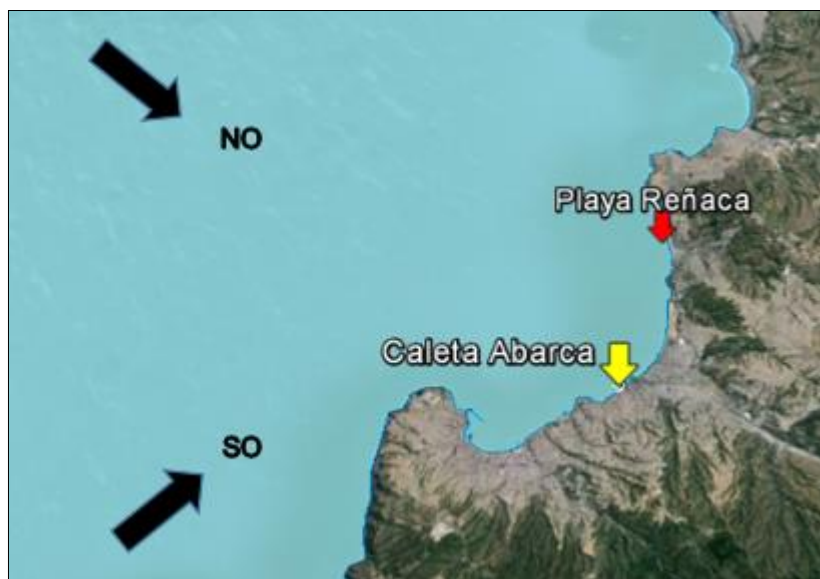


Figura 5. 5: Imagen referencial de oleaje incidente.
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la incidencia de oleaje desde el tercer cuadrante, éste se presenta en playa Caleta Abarca con cierto grado de disipación en su altura, debido a la protección natural que brinda Punta Ángeles. De manera contraria es el fenómeno que se origina en playa

Reñaca, ya que la incidencia del oleaje en términos de disipación por elementos naturales o artificiales es nula, debido a que esta playa está expuesta a la incidencia del oleaje, lo cual se refleja en que este oleaje proveniente desde el tercer cuadrante llega con una altura mayor a la de playa Caleta Abarca, además de generar un incremento del proceso de erosión.

Con relación al oleaje incidente desde el cuarto cuadrante, éste origina el efecto inverso que el oleaje del tercer cuadrante en las playas en estudio. En este caso playa Caleta Abarca se presenta expuesta y el oleaje incide de manera perpendicular a la línea de playa, dirección de incidencia de oleaje tiende a 315°, caso contrario a lo que se produce en playa Reñaca donde el oleaje es disipado por efecto de cambio de dirección y por consiguiente su altura de ola es menor que en playa Caleta Abarca, ya que su dirección de incidencia tiende a 270°.

De acuerdo a la evaluación de la influencia del oleaje en las playas Reñaca y Caleta Abarca, éstas presentan vulnerabilidad a oleajes que inciden desde distintas direcciones. Es decir, un mismo oleaje difiere en las respuestas de las playas Reñaca y Caleta Abarca.

En general, las condiciones de oleaje que predominan en las playas Reñaca y Caleta Abarca en régimen reinante corresponden a direcciones sur-oeste, siendo en temporadas de tormentas, ciclos de marejadas u otros fenómenos propios de la naturaleza la predominancia de un oleaje en régimen dominante norte-oeste.

5.1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO C:

- Determinar cuantitativamente las variaciones del área de sedimento por efecto de la dinámica del oleaje en las zonas de estudio a partir de los levantamientos de perfiles transversales de playas.

La importancia de las playas como elemento primario en zonas costeras de características neurálgicas, radica fundamentalmente en el turismo, el cual incide en términos positivos o negativos en los índices económicos en la zona en estudio.

La respuesta de las playas en términos de pérdida de sedimento y alteración del sistema costero decae considerablemente el interés del turista al momento de optar por una zona.

En el caso de la variación en términos cuantitativos del área de sedimento en temporadas no estivales, éstas no presentan mayor incidencia en el área turística, sin embargo, sí presentan incidencia en el área empresarial costera (estructuras, restaurantes, otros).

De lo observado durante el periodo del 2013 al 2015, se identificó un incremento de eventos de oleaje asociado a marejadas, los cuales generaron pérdida del sedimento constituyente de las playas.

Dentro de las áreas de estimación cuantitativa en el periodo del 2013 al 2014, se presentaron los máximos de erosión de playa Reñaca del orden de 100[m²] asociado a uno de los perfiles monitoreados en los levantamientos realizados entre el 15 de abril del 2013 y el 06 de junio del 2013. Por otra parte, en el periodo monitoreado durante el 2015, se

presentó una erosión máxima del orden de los 114 [m²], asociado a uno de los perfiles cuantificados entre los levantamientos del 05 de agosto del 2015 y el 12 de agosto del 2015. La cuantificación del área erosionada en playa Caleta Abarca presentó un índice máximo correspondiente a 24[m²], estimado a partir de los levantamientos efectuados el 22 de febrero del 2014 y el 29 de marzo del 2014. En lo que corresponde a las mediciones del periodo 2015, se presentó una erosión máxima de 121 [m²], asociada a los levantamientos del 05 de agosto del 2015 y 10 de agosto del 2015.

En términos generales, las erosiones en playas Reñaca y Caleta Abarca, se presentaron en periodos de fechas distintas, ya que una misma dirección incidente del oleaje genera efectos contrarios en lo que respecta a la respuesta erosiva de las playas en estudio.

5.1.5 OBJETIVO ESPECÍFICO D:

- Caracterizar y analizar la posible vinculación sedimentaria de las playas en estudio con los esteros que desembocan en sus cercanías a partir del análisis granulométrico y mineralógico de muestras de ambos esteros y las playas en estudio.

La caracterización de las muestras de sedimento tanto de las playas Reñaca, Caleta Abarca como de los esteros Marga-Marga y Reñaca, presentaron en términos generales la presencia dominante de cuarzo, feldespato, mica y magnetita.

De acuerdo a lo observado en las muestras de ambas playas y el análisis comparativo de las franjas sumergidas, se identificó similitud presencial en los minerales de cuarzo, feldespato y magnetita, con un porcentaje mayor para ambas playas en el mineral de cuarzo.

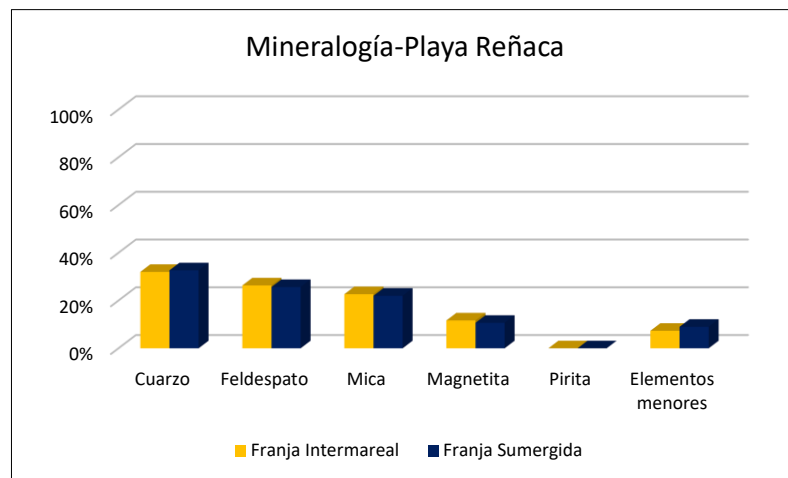


Figura 5. 6: Mineralogía, Playa Reñaca
Fuente: Elaboración propia

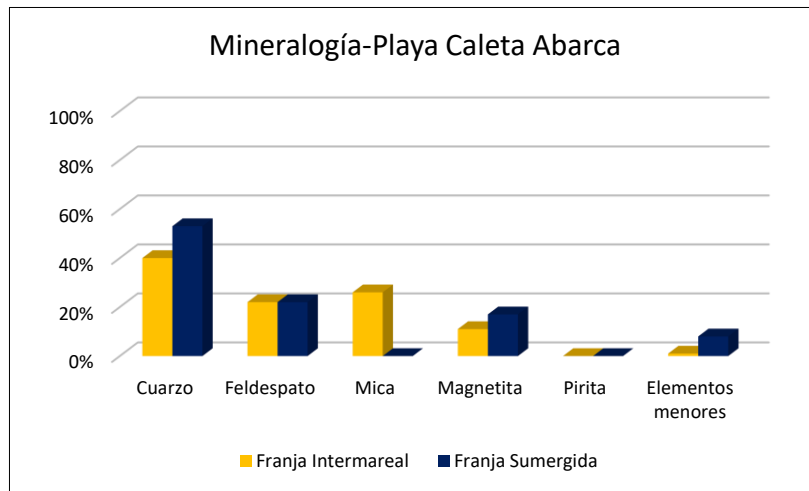


Figura 5. 7:Mineralogía, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia

En las figuras 5.6 y 5.7 anteriormente expuestas, se indica en términos porcentuales la presencia de los minerales predominantes en ambas playas. En playa Caleta Abarca, el constituyente dominante por sobre el 50% de la muestra extraída desde la franja sumergida corresponde a cuarzo; playa Reñaca por su parte, también predomina en la franja sumergida con cuarzo cerca de un 35%. En general el constituyente mineralógico que conforma las playas Reñaca y Caleta Abarca es el cuarzo.

Al observar y analizar las muestras de las desembocaduras de los esteros, se identificó que los mayores porcentajes de minerales corresponden a cuarzo, feldespato y mica. De acuerdo a los índices de presencia de estos minerales en las muestras de los esteros y las playas en términos comparativos, es posible inferir que las dos fuentes sedimentarias analizadas, sean posibles fuentes de aporte de sedimento a las playas cercanas; estero Marga Marga a playa Caleta Abarca y estero Reñaca a playa Reñaca.

La figura 5.8, indica la presencia porcentual de los principales minerales de las muestras analizadas de los esteros.

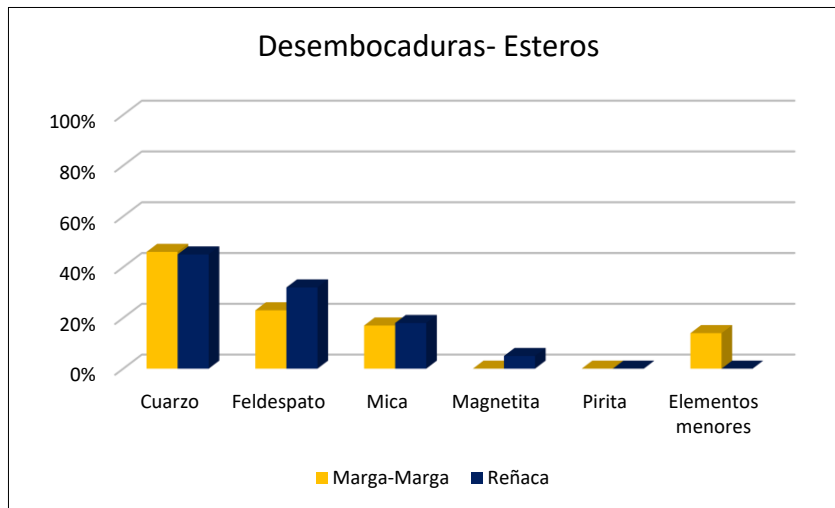


Figura 5. 8: Mineralogía, Desembocaduras Esteros Marga-Marga y Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

Además del análisis mineralógico, el análisis de textura de las partículas de las muestras presentó similitudes en los grados de esfericidad de las playas Reñaca, Caleta Abarca y los esteros Marga Marga y Reñaca; en las cuatro muestras, la textura de las partículas se clasificó en el rango de subredondeada a redondeada.

A objeto de lo anterior, la esfericidad se presenta como una segunda condición comparativa para inferir la relación existente entre las fuentes sedimentarias (esteros) y las playas.

En términos generales, se precede que uno de los factores incidentes en el perfil de la playa corresponde a las características sedimentarias y mineralógicas de las playas en análisis; sin embargo, estas características no presentan diferencias sustantivas en términos del tamaño de las partículas de sedimento que constituye las playas Reñaca y Caletas Abarca, además de la composición mineralógica de estas. Por consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis comparativo de sedimento y mineralogía de las muestras analizadas, se infiere que este factor no presenta predominancia en la respuesta del perfil de equilibrio de la playa.

Caso contrario sería, si los tamaños de las partículas y los minerales fuesen distintos comparativamente, ya que esto incide en la variación del ángulo de roce interno de las partículas y por lo tanto en el perfil de la playa.

En lo que corresponde al trayecto del sedimento en la costa que comprenden las playas Reñaca y Caleta Abarca, éste se asocia a un flujo costero dirigido hacia el sur, correspondiente a la circulación superficial de pleamar en la bahía (Alcazar, Malet, & Prado, 1992).

5.1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO E:

- Caracterizar la respuesta de las playas Reñaca y Caleta Abarca con diferente exposición ante la acción de eventos extremos de oleaje.

Es posible describir que para caracterizar la respuesta de las playas se debe realizar un estudio y/o análisis de aspectos granulométricos de las partículas que conforman el sedimento presente en las playas, junto a un estudio mineralógico, a objeto de comprender características físicas-descriptivas de las partículas y con ello obtener una comprensión del comportamiento del mineral. Además, es necesario conocer el régimen de oleaje que afecta la zona de interés, lo cual se genera a partir de transferencia de oleaje que entrega los parámetros de resumen (Hs, Tp y Dir) característicos del nodo de interés.

De los análisis efectuados, se detectaron semejanzas particulares en aspectos granulométricos, tales como los indicadores estadísticos y la clasificación del sedimento de ambas playas, el cual correspondió a la familia de las arenas. En términos de las características mineralógicas, se infirió en base a observaciones la presencia de los mismos minerales: cuarzo, feldespato, mica y magnetita en ambas playas.

Por otra parte, el régimen de oleaje de incidencia en la bahía donde están localizadas las playas Reñaca y Caleta Abarca, genera distintas respuestas del perfil de playa en función del cuadrante que determine la dirección del oleaje; un oleaje desde el tercer cuadrante, afecta en mayor grado en playa Reñaca que en Caleta Abarca, a diferencia de un oleaje desde el cuarto cuadrante el que afecta directamente a playa Caleta Abarca a diferencia de playa Reñaca.

En términos generales, de acuerdo a los análisis realizados, de los factores analizados correspondientes a granulometría, mineralogía y oleaje, para efectos de la respuesta de las playas Reñaca y Caleta Abarca, sólo el oleaje es el factor que predomina el tipo de respuesta del perfil de playa.

6. CONCLUSIONES.

A continuación, se presentan las principales conclusiones obtenidas de este estudio:

- En general las playas presentes en la bahía de Valparaíso tienen un disipador natural de energía y dirección del oleaje, éste corresponde a la Punta Ángeles, un obstáculo presente en la trayectoria del oleaje sur-oeste y en términos generales de todo el oleaje provenientes desde el tercer cuadrante, lo cual genera cambios de dirección del tren de olas. Por el contrario, el oleaje del norte-oeste, asociado a condiciones de oleaje extremo fundamentalmente en invierno, afecta de manera directa al sistema costero, ya que las playas presentan exposición natural, lo cual evidencia la vulnerabilidad del sistema costero ante eventos de tal dirección.
- Playas Reñaca y Caleta Abarca presentan respuestas distintas en su perfil transversal.
Considerando la incidencia de la morfología de Punta Ángeles, es posible indicar que playa Reñaca (longitud de 1272 metros aproximadamente) presenta mayor exposición que playa Caleta Abarca (longitud de 435 metros aproximadamente), esta última se encuentra con mayor protección natural, además de una serie de roqueríos en la zona sur y norte de la playa (bajo Bianchi); por el contrario, playa Reñaca, junto con tener una longitud correspondiente al triple de playa Caleta Abarca, esta no cuenta con ninguna estructura natural ni artificial que le brinde protección.
- La metodología Emery de levantamientos topográficos de perfiles transversales de playa, se adecua a estudios comparativos sobre la variabilidad de la topografía de la playa y su respuesta ante el oleaje extremo, permitiendo visualizar pendientes suaves asociadas a procesos de acreción, así como pendientes abruptas asociadas a procesos de erosión como consecuencia de temporales de mar. Además de lo anteriormente señalado esta metodología demuestra ser una herramienta efectiva y de bajo costo, permitiendo obtener caracterización de la playa en términos de cuantificación del área sedimentaria involucrada para ambas playas, tanto en la acreción como en la erosión respecto a los eventos extremos de oleaje.
- Los levantamientos topográficos de perfiles transversales en playa Reñaca y Caleta Abarca efectuados en las fechas señaladas en el texto, comparadas según la bibliografía con otros estudios efectuados o realizados para playas de la bahía de Valparaíso, corroboran que ambas siguen un modelo asociado a la acreción predominante en verano presentando como valores máximos un 80.8 [m] para playa Reñaca y 50 [m] para playa Caleta Abarca (17 de enero 2014).
No obstante, lo anterior, este modelo sufre condiciones extremas de oleaje, ocasiones en que ambas playas se erosionan más allá de lo acostumbrado regularmente, ejemplos de tales eventos de oleaje extremo los constituye el 03 de julio del 2013 y el 08 de agosto del 2015.
Con respecto a la erosión, playa Reñaca alcanzó 19.8 metros el 17 de julio del 2013 mientras que Caleta Abarca registró 27.2 metros el 10 de agosto del 2015.

- Se realizó estudios de granulometría, a partir de los cuales se pudo concluir que el sedimento de las muestras analizadas en playas Reñaca y Caleta Abarca clasifican en términos generales dentro del rango de las arenas.
- En playa Reñaca la caracterización granulométrica se presenta con partículas del tamaño de las arenas medianas, mientras que para Caleta Abarca corresponden a partículas con tamaño de arenas muy finas.
- El estudio de textura de partículas, sugiere en playa Caleta Abarca partículas que varían en el rango de subredondeadas a redondeadas en la zona sumergida e intermareal. Para playa Reñaca el estudio de textura presenta también partículas subredondeadas a redondeadas.
- Mediante propagación de oleaje se obtiene que la dirección del oleaje incidente en los nodos de interés, situados a una profundidad de 20[m], para playa Reñaca tiende a 270° y en playa Caleta Abarca tiende a 315°.
- Considerando que el estudio realizado contempló mediciones in situ, desde abril del 2013 hasta agosto del 2015, se identificaron procesos completos del ciclo del comportamiento de la playa, tales como la pérdida de sedimento y la recuperación de éste. En términos de variaciones morfológicas, el presente estudio clasifica en el rango de escala temporal como un estudio de largo plazo, en el cual se presenta claramente el proceso de acreción y erosión del perfil, además de procesos intermedios alusivos a la recuperación, tales como la formación de escarpes por acción de un tren de olas energético que altera y disminuye la zona de explanada de la playa, produciendo escarpes de la zona intermareal. En playa Reñaca se identificó la formación de beachcups en gran parte de su extensión, a diferencia del fenómeno morfológico detectado en playa Caleta Abarca, la cual corresponde a una oscilación en planta de los extremos norte y sur de esta playa.
- En termino generales, de los tres parámetros evaluados correspondientes a: forma de perfil transversal de playa, caracterización del sedimento constituyente de las playas y propagación del oleaje a los nodos de interés, se concluyó que de los tres parámetros anteriormente mencionados, el oleaje corresponde al factor predominante en la respuesta del perfil de la playa, ya que comparativamente, la presencia de minerales en todas las muestras evaluadas tanto de las playas como de las fuentes sedimentarias presenta similitudes de cuarzo, feldespato, magnetita y mica, presentando un porcentaje mayor de cuarzo y feldespato. A objeto de lo anterior, al no disponer de variabilidad mineralógica, la respuesta del perfil de playa recae sólo en la acción de la fuerza del oleaje en el borde costero.

7. RECOMENDACIONES.

A partir de los resultados y conclusiones obtenidas en este proyecto, se plantean un conjunto de recomendaciones para mejorar el estudio y/o monitoreo de playas:

- Implementar la aplicación del método Emery en el perfilamiento de la topografía de playa debido a su exactitud, instrumental de fácil manejo y bajo costo, asociado a la georreferenciación con GPS, lo cual permite al usuario crear una plataforma virtual que entrega la información necesaria y pertinente sobre el estado y la evolución de las playas.
- Realizar los levantamientos topográficos siempre con el mismo instrumental y el mismo equipo de trabajo, a objeto de minimizar el grado de errores.
- Desarrollar los levantamientos topográficos de preferencia cuando el agua del mar alcance su altura más baja dentro del ciclo de mareas de la zona evaluada.
- Registrar con respaldo fotográfico, fecha, hora y singularidades presentes en la línea de levantamiento del perfil, si existiesen.
- Generar un plan de registro de monitoreo visual (fotografías) de las playas, a objeto de complementar el análisis de levantamiento topográfico de los perfiles transversales de las playas con vistas en planta de las mismas.
- Analizar la factibilidad de instalación de un sistema de control online (video cámaras) de las playas, en una cota superior al nivel del borde costero.
- Realizar catastros de las variaciones del perfil de playa de carácter periódico, permitiendo no sólo ampliar el espectro de la comprensión costera, sino también identificar de manera concreta cuál es la capacidad de carga de la playa y cuáles son las temporadas que prevalecen, generando información de gran valor no sólo a la playa como elemento disipativo, sino también como un recurso costero turístico explotable.
- Tomar muestras de sedimento de las zonas intermareal y sumergida, cada vez que se desarrollen levantamientos de perfiles transversales.
- Por último, se recomienda evaluar la mejora de aspectos técnicos de la metodología Emery, implementando elementos tecnológicos (GPS Diferenciales), a objeto de aumentar su precisión y caracterización de las playas.

8. GLOSARIO.

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
CEM:	Coastal Engineering Manual.
CONACYT:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
FONDEF:	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico.
GIOC:	Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas.
GPS:	Global Positioning System.
JONSWAP:	Joint North Sea Wave Project.
SERNATUR:	Servicio Nacional de Turismo.
SHOA:	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
SPM:	Shore Protection Manual.
SWAN:	Simulating Wave Nearshore.
TLO:	Teoría Lineal de Oleaje.
USCSS:	Unified Soil Classification System.
UTM:	Universal Transverse Mercator.
Hs:	Altura significativa del oleaje.
Tp:	Periodo peak del oleaje.
Dir:	Dirección incidente del oleaje.
nmm:	Nivel Medio del Mar.
[m]:	metros.
[mm]:	milímetros.
[km]:	kilómetros.
[s]:	segundos.
[cm]:	centímetros.
[gr]:	gramos.
[g]:	aceleración gravitacional

9. BIBLIOGRAFIA.

Araya-Vergara, J. (1979). Las incidencias cataclismáticas de las bravesas en la evolución de la costa de Chile Central. Departamento de Geografía de la Universidad de Chile.

Arem, J. (1973). Rocks and Minerals. The Ridge Press, Inc.

Axis Ingeniería S.A. (2014). Programa de Voluntarios para monitoreo de playa. México.

Berkhoff, J. W. (1972). Computation of Combined Refraction- diffraction. Proc. 13th Intl. Vancouver: Coastal Engineering Conference, ASCE.

Bird, E. (2003). Coastal Geomorphology. An Introduction. The Atrium, Southern Gate, Chichester: John Wiley & Sons.

Booij, N., Ris, R. C., & Holthuijsen, L. H. (1999). A third generation wave model for coastal regions, part I, Model description and validation. Journal of Geophysical Research, 104, C4.

Bretschneider, C. (1952). Revised wave forecasting relationships. Proceeding of the 2nd Coastal Engineering Conference. American Society of Civil Engineers.

CEM. (2002). Coastal Engineering Manual. US Army Corps of Engineers.

Crowley, T., & North, G. (1988). Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History. Science 240, 996-1002.

DHI. (2005). Mike21 Spectral wave module, Scientific documentation. Danish Hydraulic Institute. <http://www.mikebydhi.com/>.

DOP de Chile. (2009). Glosario de la infraestructura costera y portuaria.

El Portal de Medio Ambiente en Cuba. (2014). Ecosistemas frágiles "Playas de arena".

Emery, W. (1961). A simple method of measuring beach profiles. Limnology and Oceanography, vol.6, 90-93.

Emol. (03 de Julio de 2013). En cerca de \$40 millones avalúan daños públicos en Reñaca por marejadas.

Fernández, P. (2004). Energía de las Olas. Universidad de Cantabria. Santander. Obtenido de <<http://libros.redsauce.net/EnergíasAlternativas/mar/PDFs/01Olas.pdf>>

G.I.O.C. (2000). Documento de Referencia. Procesos Litorales.

García, F. M., & Maza, A. A. (1998). Origen y propiedades de los sedimentos. México: Instituto de Ingeniería UNAM.

Gobierno de Chile. (2014). Plan para el Desarrollo Turístico de la Región de Valparaíso 2011-2014. Obtenido de Programa de Fortalecimiento de la gestión sostenible del Recursos Hídrico en agricultura y turismo de la zona sur de la Región de Valparaíso:

<http://arcsoluciones.cl/Sitios/FDF/>

González, E. (1995). Morfología de playas en equilibrio, planta y perfil. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.

Google Earth. (2016).

Hasselmann, K., & et al. (1973). Measurements of wind - wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). Dtsch: Hydrogr. Z.

Heinze, H., Kelley, J., Belknap, D., & Dickson, S. (2002). Co-measurement of beaches in Maine, USA: Volunteer profiling of beaches and annual meetings. USA.

Houston, J. (1996). International tourism & U.S. beaches. Shore and Beach. , N°64(2). Páginas 3-4.

INE. (2015). Instituto Nacional de Estadísticas. Encuesta mensual de alojamiento turístico.

ITVA. (1995). Bases para la ordenación de los espacios turísticos de la Comunidad Valenciana. Valencia: Instituti Turístico Valencia.

Kirby, J. T., & Dalrymple, R. A. (1983). A parabolic equation for the combined refraction diffraction of stokes waves by mild varying topography. Journal of Fluid Mechanics, 136.

Koutitas, C. (1988). Mathematical Models in Coastal Engineering. London: Penetech Press.

Lynett, P., & Liu, P.-F. (2004). Modelling wave generation, evolution and interaction with Depth- Integrated, Dispersive wave equations. COULWAVE Code Manual. Cornell University. Long International wave modelling package.

Maine Sea Grant, The Maine Geological Survey, The University of Maine and The Maine Coastal Program. (2005). The State of Maine's beaches. Estados Unidos.

Martinez, C., & Salinas, S. (2009). Morfodinamica y evolución reciente de playa Tunquén, Chile Central. Revista de Biología Marina y Oceanografía 44(1), 203-215.

Medina, R., Losada, I., Losada, M., & Vidal, C. (1995). Variabilidad de los perfiles de playa: forma y distribución granulométrica.

Ingeniería del agua, vol. 2, núm. 1. Extraordinario. Ministerior de economía, f. y., & Subsecretaría de economía, f. y. (2014). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010960&idVersion=2010-12-17>

Molina, M. (2011). Estudio no estacionario de Clima Medio de Oleaje en la Costa Central de Chile. Universidad de Valparaíso. Valparaíso.

Molina, M., & et al. (2015). Efecto de las marejadas del 6 y 8 de Agosto de 2015 en 3 playas de la bahía de Valparaíso.

Monsalve, E. (2010). Desarrollo e implementación de modelo de transferencia espectral de oleaje en bahía de Valparaíso, Chile.

- Nicolau del Roure, F. (2004). Evaluación de metodologías de transferencia de oleaje desde aguas profundas hacia aguas someras. Santiago.
- Nwogu, O., & Demirbilek, Z. (2001). BOUSS-2D. A Boussinesq wave model for Coastal Regions and Harbors Report. ERDC/CHL TR-01-25. Washington, DC: U.S. Army Corps of Engineers.
- Ojeda Leal, C. (2013). Diagnóstico Inicial Cuenca Estero Reñaca, Chile. Geomorfología, Expansión Urbana, Paisaje y Riesgos Naturales. . Rev. Electron. Geog. Austral.
- Oreskes, N. (2004). Beyond the ivory tower. The scientific consensus on Climate Change. Science 306, 1686.
- Peregrine, D. H. (1967). Long waves on a beach. Journal of Fluid Mechanics, 27.
- Posada, B. O., & Buitrago, N. R. (2009). Metodología para el levantamiento de perfiles de playa. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR.
- Powers, M. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology 23:117-119.
- Radder, A. C. (1979). On the parabolic equation method for water-wave propagation. Journal of Fluid Mechanics, 95.
- Serrano, R. (1979). Las zonas de barrido en las playas de litoral de Valparaíso a Con -con : un estudio preliminar. Revista Geografica de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso.
- Shepard, F. P. (1950). Beach cycles in South California. U.S.: Army Corps of Engineers, Beach erosion board. Technical Memorandum N°20.
- Shore Protection Manual. (1984). Coastal Engineering Research Center. Department of the army. Washington, D.C.: U.S. Army Corps of Engineers.
- Short, A. (1999). Beaches. In: Short AD[ed:], Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Smith, J. M., Sherlock, A. R., & Resio, D. T. (2001). STWAVE. Steady state wave model user is manual for STWAVE V3.0 ERDC/CHL SR-01-1. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Sverdrup, H. U., & Munk, W. H. (1947). Wind, sea and swell : theory of relations for forecasting. Washington.
- Van Rijn, L. (1998). Principles of coastal morphology. Amsterdam: Aqua Publications.
- Vera, J. e. (1997). Análisis territorial del turismo. Una nueva geografía del turismo. Barcelona: Ariel.
- Vergara, H., & Valenzuela, E. (1981). Sedimentación reciente en playas de Valparaíso, V Región. Rev. Biolo.Mar. Inst. Oceanol.Univ. Valparaíso, 17(2):267-283.

Wentworth, C. (1922). A scale of grade and classterms for clastic sediments. Jour. Geol., 30 (5):377-392.

Willis, M. C., & et al. (2010). Implementing the SWAN wave model at three east Coast National Weather Services Offices. Atlanta, GA.: Proc. 90th AMS Annual Meeting.

Yepes. (1999). El litoral como recurso turistico, en Esteban, V, (ed.), Puertos deportivos y clubs náuticos: una oferta turistica diferenciada. Valencia: Depósito legal: V-630-1999, ISBN: 84-7721-732-7.

Yepes, V. (1995). Gestión Integral de las playas como factor productivo de la industri turística. El caso de la Comunidad Valenciana. Actas III Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos, (pág. Vol. III).

www.axisima.com. (2014). Estabilización de playa.

www.diarioelobservador.cl. (2013).

www.meted.ucar.edu. (2011). UCAR Community Programs
<https://www.meted.ucar.edu/oceans/nearshore_wave_models/print.htm>.

www.todosurf.com. (s.f.). <http://www.todosurf.com/surfologia/anatomia_olas.php>consulta diciembre 2014.

www.visitevinadelmar.cl. (2015). Sitio Web Turístico Oficial de la Ciudad de Viña del Mar. Obtenido de <<http://www.visitevinadelmar.cl/articulo/playas-y-borde-costero/3/21/playa-de-renaca.html>>

www.weatheronline.co. (s.f.)

10. ANEXOS.

10.1 ANEXO A. ANÁLISIS SEDIMENTARIO, PLAYA REÑACA.

10.1.1 ESTUDIO GRANULOMÉTRICO, PLAYA REÑACA.

Tabla 10. 1: Ficha granulométrica, sector A-B-C, Playa Reñaca.

Sector A-R1			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	19,9	3,4	96,6
0.500 (N°40)	511,4	88,1	8,5
0.080 (N°200)	48,3	8,3	0,2
Bajo N°200	1,1	0,2	
Total	580,7	100	

Sector A-R2			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	0,8	0,1	99,9
0.500 (N°40)	470,7	86,6	13,3
0.080 (N°200)	71,6	13,2	0,1
Bajo N°200	0,3	0,1	
Total	543,4	100	

Sector A-R3			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	7,3	1,4	98,6
0.500 (N°40)	426,3	81,5	17,1
0.080 (N°200)	88,6	16,9	0,2
Bajo N°200	0,8	0,2	
Total	523	100	

Sector B-R4			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	3	0,5	99,5
0.500 (N°40)	536	90,8	8,7
0.080 (N°200)	51,3	8,7	0
Bajo N°200	0,2	0	
Total	590,5	100	

Sector B-R5			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	0,8	0,1	99,9
0.500 (N°40)	563,3	91,4	8,5
0.080 (N°200)	52,1	8,5	0
Bajo N°200	0,1	0	
Total	616,3	100	

Sector B-R6			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	524,5	85,9	14,1
0.080 (N°200)	85,9	14,1	0
Bajo N°200	0,1	0	
Total	610,5	100	

Sector C-R7			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	5,4	0,8	99,2
0.500 (N°40)	567,8	85,7	13,5
0.080 (N°200)	89	13,4	0
Bajo N°200	0,3	0	
Total	662,5	100	

Sector C-R8			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	408,5	66,3	33,7
0.080 (N°200)	207,6	33,7	0
Bajo N°200	0	0	
Total	616,1	100	

Sector C-R9			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	471	79,4	20,6
0.080 (N°200)	122,2	20,6	0
Bajo N°200	0	0	
Total	593,2	100	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. 2: Ficha granulométrica, sector D-E-F, Playa Reñaca.

Sector D-R10

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	506,4	83,3	16,7
0.080 (N°200)	101,3	16,7	0
Bajo N°200	0,5	0	
Total	608,2	100	

Sector D-R11

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	510,4	83,8	16,2
0.080 (N°200)	98,5	16,2	0
Bajo N°200	0	0	
Total	608,9	100	

Sector D-R12

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	415,7	76,2	23,8
0.080 (N°200)	129,5	23,7	0
Bajo N°200	0,3	0	
Total	545,5	100	

Sector E-R13

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	21,4	3,5	96,5
0.500 (N°40)	486	80,1	16,4
0.080 (N°200)	98,5	16,2	0,2
Bajo N°200	0,5	0,2	
Total	606,4	100	

Sector E-R14

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	482,1	76,2	23,8
0.080 (N°200)	149,9	23,7	0,1
Bajo N°200	0,4	0,1	
Total	632,4	100	

Sector E-R15

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	474,7	78,9	21,1
0.080 (N°200)	126,5	21,0	0,1
Bajo N°200	0,5	0,1	
Total	601,7	100	

Sector F-R16

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	422	78	22
0.080 (N°200)	116,5	22	0
Bajo N°200	0,2	0	
Total	538,7	100	

Sector F-R17

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	354,4	53,7	46,3
0.080 (N°200)	305,4	46,3	0
Bajo N°200	0	0	
Total	659,8	100	

Sector F-R18

Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	352,8	68,5	31,5
0.080 (N°200)	161,7	31,4	0,1
Bajo N°200	0,6	0,1	
Total	515,1	100	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. 3: Ficha granulométrica, sector G, Playa Reñaca.

Sector G-R19					Sector G-R20				
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante		Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante	
	Masa [gr]	% aproximado				Masa [gr]	% aproximado		
5 (N°4)	-	-	100		5 (N°4)	-	-	100	
2 (N°10)	-	-	100		2 (N°10)	-	-	100	
0.500 (N°40)	345,5	64,6	35,4		0.500 (N°40)	730,2	83,4	16,6	
0.080 (N°200)	189	35,4	0		0.080 (N°200)	145,8	16,6	0	
Bajo N°200	0	0			Bajo N°200	0	0		
Total	534,5	100			Total	876	100		

Sector G-R21				
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante	
	Masa [gr]	% aproximado		
5 (N°4)	-	-	100	
2 (N°10)	-	-	100	
0.500 (N°40)	416,8	44,1	55,9	
0.080 (N°200)	528,6	55,9	0	
Bajo N°200	0	0		
Total	945,4	100		

Fuente: Elaboración propia

10.1.2 CURVAS DE GRANULOMETRÍA, PLAYA REÑACA.

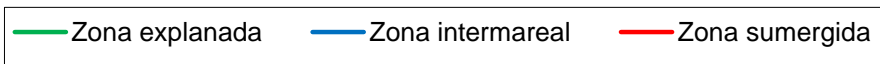
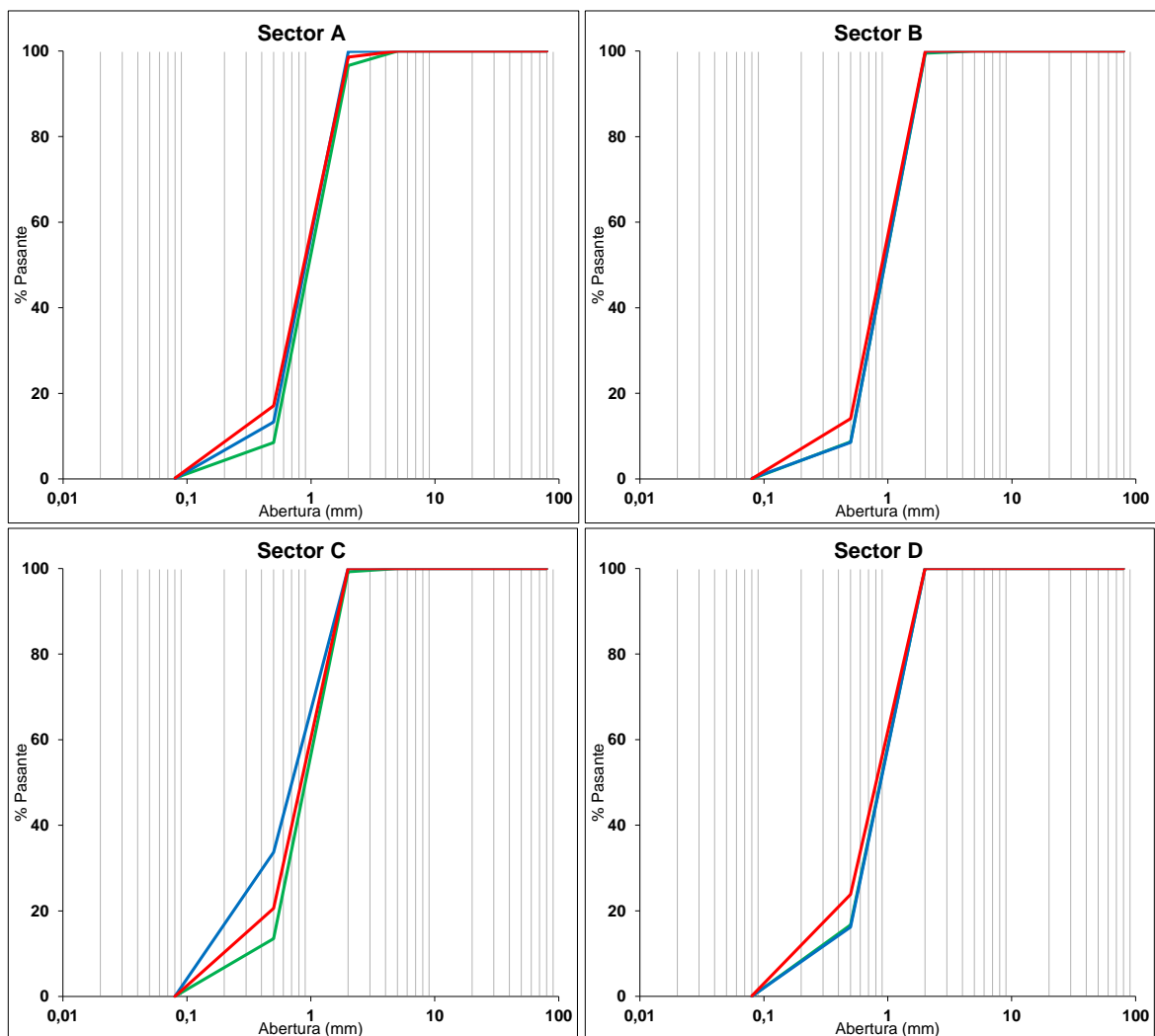
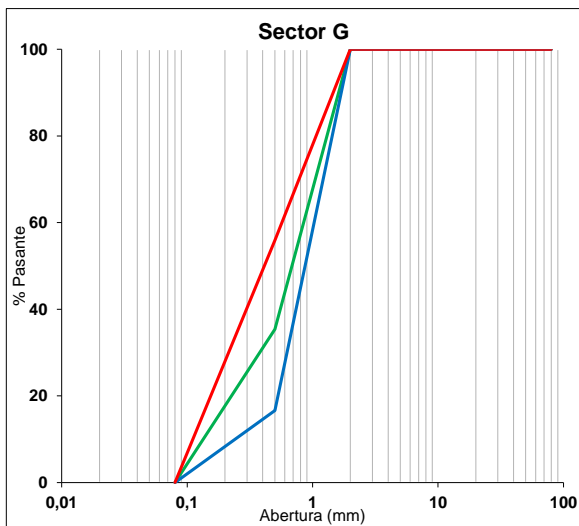
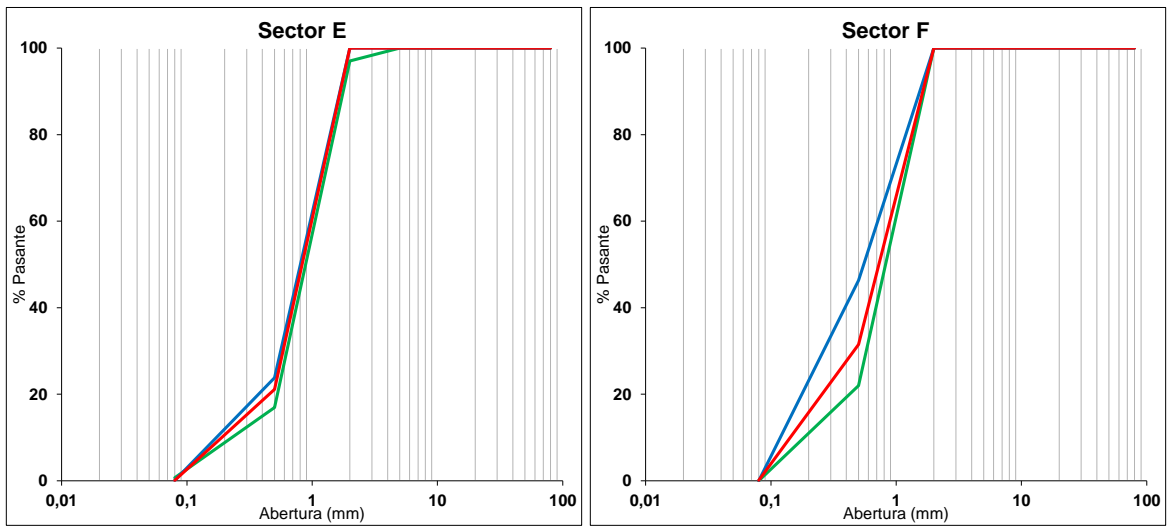


Figura 10. 1: Curvas de granulometría, sectores A-B-C-D, Playa Reñaca
Fuente: Elaboración propia



— Zona explanada — Zona intermareal — Zona sumergida

Figura 10. 2: Curvas de granulometría, sectores E-F-G, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

10.1.3 INDICADORES ESTADÍSTICOS, PLAYA REÑACA.

Tabla 10. 4: Indicadores Estadísticos, Playa Reñaca.

Sector-Zona de playa	Muestra	Promedio	Curtosis	Desviación estándar	Asimetría
A-zona explanada	R1	Arena mediana	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
A-zona intermareal	R2	Arena mediana	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
A-zona sumergida	R3	Arena fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona explanada	R4	Arena mediana	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona intermareal	R5	Arena mediana	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona sumergida	R6	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
C-zona explanada	R7	Arena mediana	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
C-zona intermareal	R8	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
C-zona sumergida	R9	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
D-zona explanada	R10	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
D-zona intermareal	R11	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
D-zona sumergida	R12	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
E-zona explanada	R13	Arena fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
E-zona intermareal	R14	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
E-zona sumergida	R15	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
F-zona explanada	R16	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
F-zona intermareal	R17	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
F-zona sumergida	R18	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
G-zona explanada	R19	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
G-zona intermareal	R20	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
G-zona sumergida	R21	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica

Fuente: Elaboración propia

10.1.4 ESTUDIO MINERALÓGICO, PLAYA REÑACA.

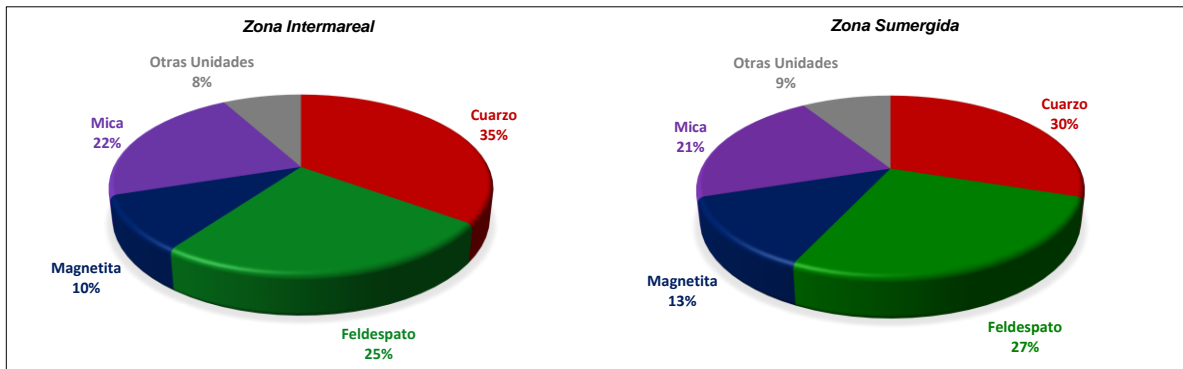


Figura 10. 3: Minerales característicos, sector A, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

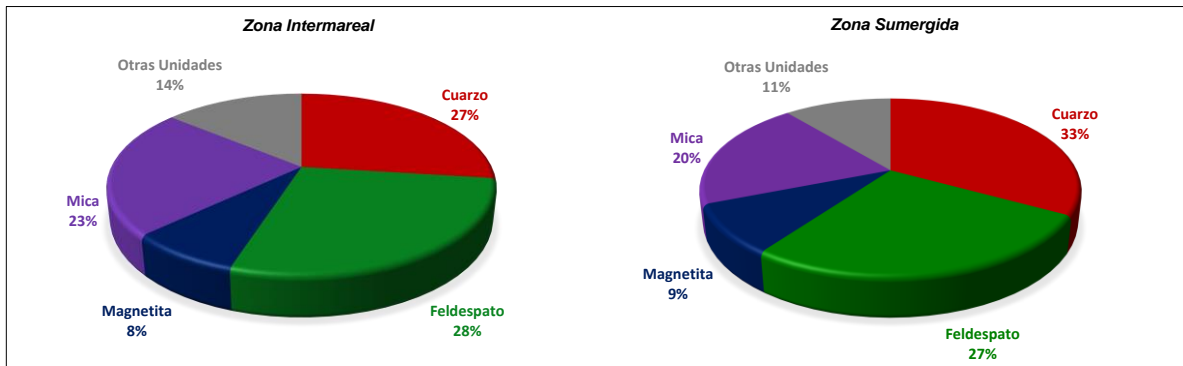


Figura 10. 4: Minerales característicos, sector D, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

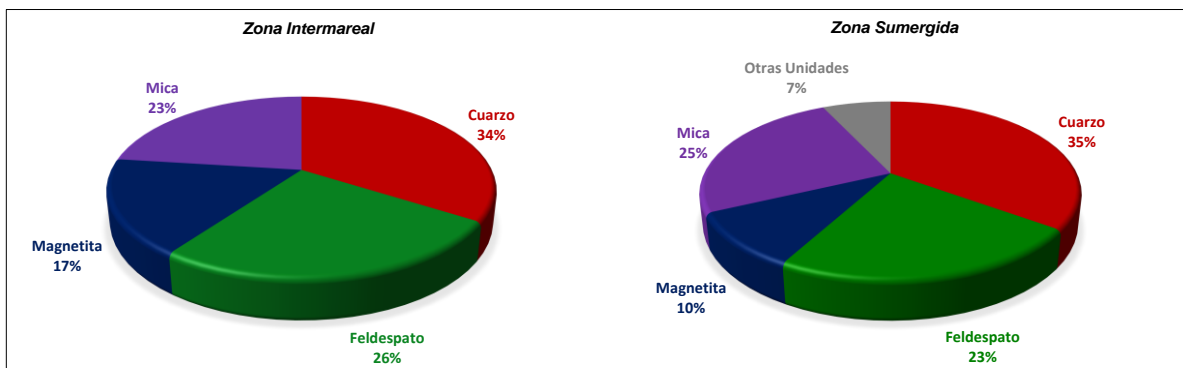


Figura 10. 5: Minerales característicos, sector F, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

10.2 ANEXO B. ANÁLISIS SEDIMENTARIO, PLAYA CALETA ABARCA.

10.2.1 ESTUDIO GRANULOMÉTRICO, PLAYA CALETA ABARCA.

Tabla 10. 5: Ficha granulométrica, sector A-B, Playa Caleta Abarca.

Sector A-CA1			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	283	45,5	54,5
0.080 (N°200)	333,7	53,6	0,9
Bajo N°200	5,5	0,9	
Total	622,2	100	

Sector A-CA2			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	1,6	0,3	99,7
0.500 (N°40)	356,7	57	43,2
0.080 (N°200)	263,3	42	1
Bajo N°200	9,3	1	
Total	630,9	100	

Sector A-CA3			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	263,8	41	59
0.080 (N°200)	373,6	58	1
Bajo N°200	6,3	1	
Total	643,7	100	

Sector B-CA4			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	312,7	61,8	38,2
0.080 (N°200)	193,1	38,1	0,1
Bajo N°200	0,5	0,1	
Total	506,3	100	

Sector B-CA5			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	348,8	55,1	44,9
0.080 (N°200)	279	44	0,9
Bajo N°200	5,6	0,9	
Total	633,4	100	

Sector B-CA6			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N°4)	-	-	100
2 (N°10)	-	-	100
0.500 (N°40)	292,5	44,1	55,9
0.080 (N°200)	365	55	0,9
Bajo N°200	6,2	0,9	
Total	663,7	100	

Fuente: Elaboración propia

10.2.2 CURVAS DE GRANULOMETRÍA, PLAYA CALETA ABARCA.

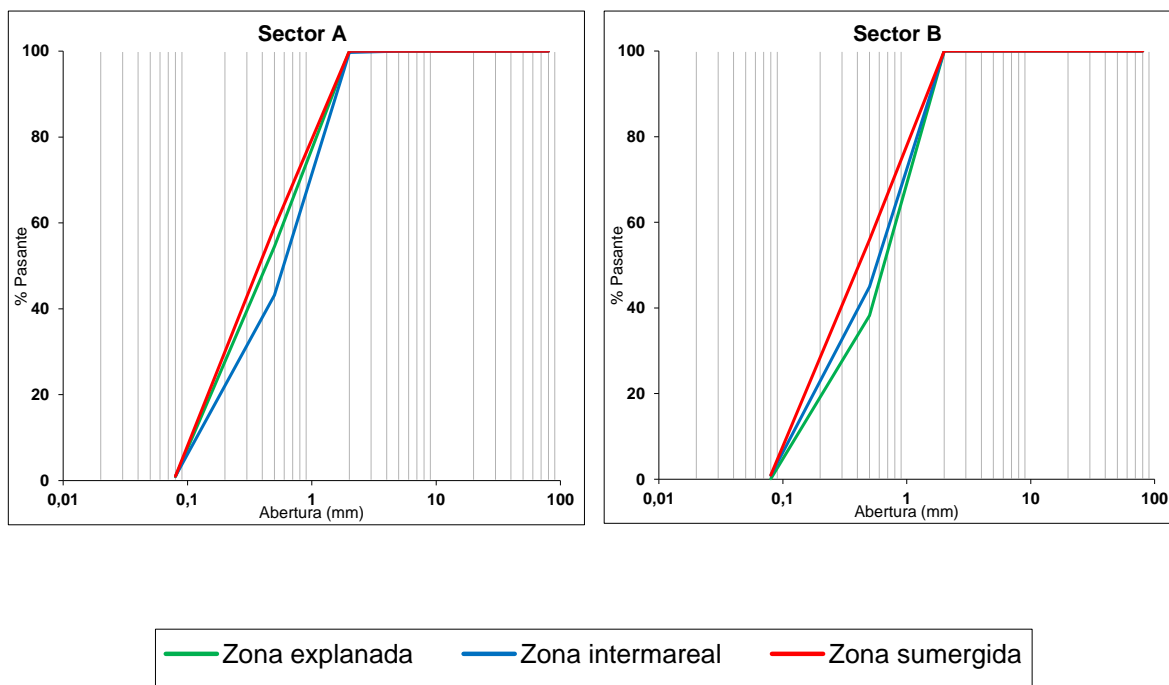


Figura 10. 6: Curva granulométrica, sector A-B, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

10.2.3 INDICADORES ESTADÍSTICOS, PLAYA CALETA ABARCA.

Tabla 10. 6: Indicadores Estadísticos, Playa Caleta Abarca.

Sector-Zona de playa	Muestra	Promedio	Curtosis	Desviación estándar	Asimetría
A-zona explanada	CA1	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
A-zona intermareal	CA2	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
A-zona sumergida	CA3	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona explanada	CA4	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona intermareal	CA5	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica
B-zona sumergida	CA6	Arena muy fina	Platicúrtica	Muy bien clasificada	Simétrica

Fuente: Elaboración propia

10.2.4 ESTUDIO MINERALÓGICO, PLAYA CALETA ABARCA.

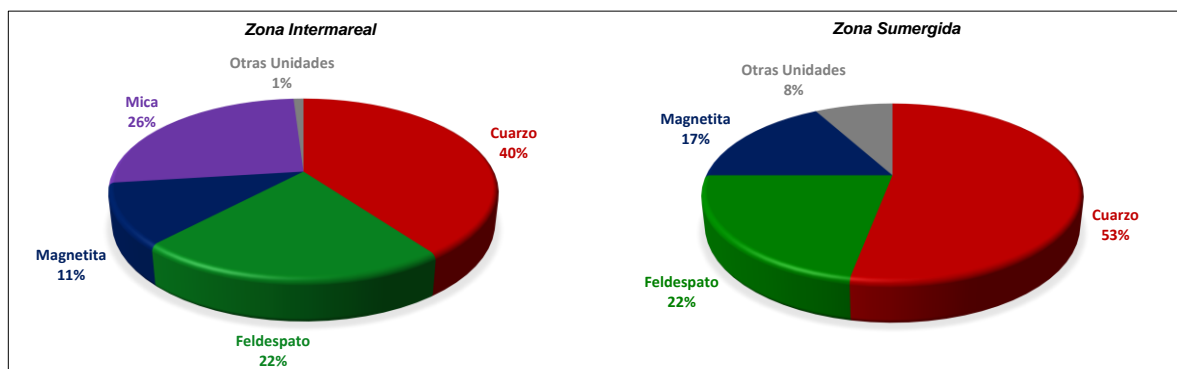


Figura 10. 7: Minerales característicos, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia

10.3 ANEXO C. ANÁLISIS SEDIMENTARIO, FUENTES SEDIMENTARIAS.

10.3.1 ESTUDIO GRANULOMÉTRICO, ESTEROS.

Tabla 10. 7: Ficha granulométrica, Esteros Marga-Marga y Reñaca.

Marga Marga aguas arriba -1			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
20 (3/4")	-	-	100
10 (3/8")	65,7	8,9	91,1
5 (N° 4)	80,8	10,9	80,2
2 (N° 10)	160,3	21,7	58,5
0.500 (N° 40)	264,9	35,8	22,7
0.080 (N° 200)	135,4	18,3	4,4
Bajo N° 200	33	4,5	
Total	740,1	100	

Marga Marga aguas arriba-2			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N° 4)	-	-	100
2 (N° 10)	89,7	11,4	88,6
0.500 (N° 40)	628	80,0	8,6
0.080 (N° 200)	64,1	8,2	0,4
Bajo N° 200	2,9	0,4	
Total	784,7	100	

Desembocadura Marga Marga			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
20 (3/4")	-	-	100
10 (3/8")	8,2	1,3	98,7
5 (N° 4)	10,2	1,6	97,1
2 (N° 10)	30,5	4,8	92,3
0.500 (N° 40)	347,9	55,0	37,3
0.080 (N° 200)	231,7	36,6	0,7
Bajo N° 200	4,5	0,7	
Total	633	100	

Desembocadura Reñaca			
Tamiz [mm]	Retenido		% Pasante
	Masa [gr]	% aproximado	
5 (N° 4)	-	-	100
2 (N° 10)	1,3	0,2	99,8
0.500 (N° 40)	554,8	80,4	19,5
0.080 (N° 200)	131,9	19,1	0,3
Bajo N° 200	2,4	0,3	
Total	690,4	100	

Fuente: Elaboración propia

10.3.2 CURVAS GRANULOMÉTRICAS, ESTEROS.

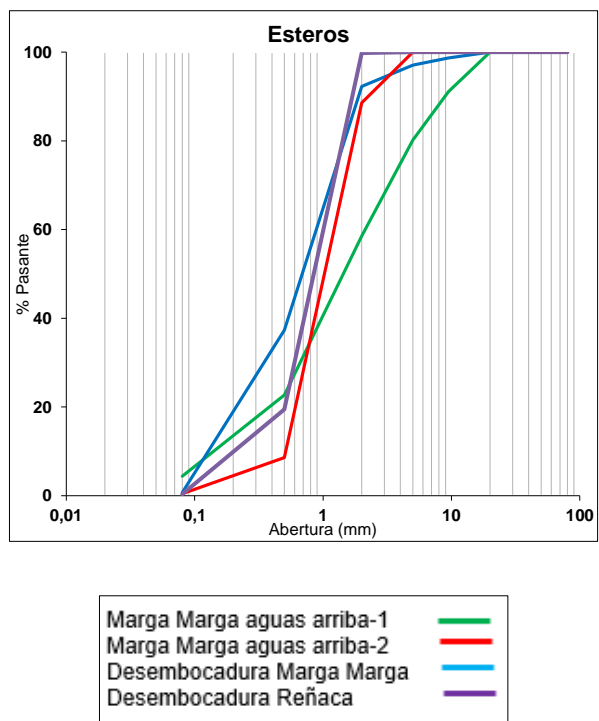


Figura 10. 8: Curva granulométrica, Esteros.
Fuente: Elaboración propia

10.3.3 ESTUDIO MINERALÓGICO, ESTEROS.

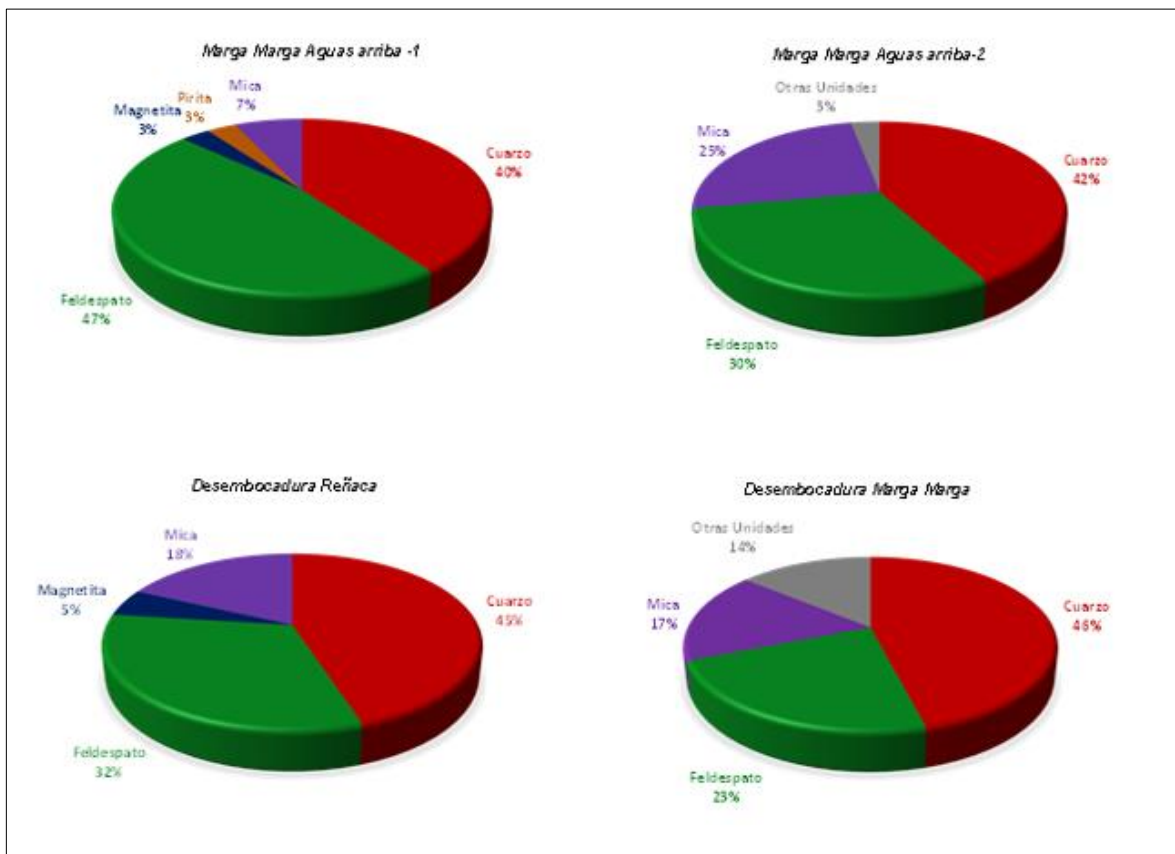


Figura 10. 9: Minerales característicos, Esteros Marga-Marga y Reñaca.
Fuente: Elaboración propia

10.4 ANEXO D. PROPAGACIÓN DE OLEAJE.

10.4.1 COMANDOS DE SWAN.

A continuación, se indican los comandos utilizados en el proceso de propagación de oleaje desde aguas profundas a los puntos de interés cercanos a la costa. Se presentan tres tipos de comandos ingresados en el software SWAN.

Propagación1: Condiciones de Malla de Fondo y Malla de Cálculo

```
$*****HEADING*****
$
PROJ 'Tesis' 'TE'
$
$ PURPOSE OF TEST: PR

$*****MODEL INPUT*****
$
SET 0. 90.
$
NUMERIC ACCUR 0.02 0.02 0.02 98.
$
CGRID REGULAR 219800. 6325550. 0. 52000. 60200. 260 301 SECTOR -130. 130. 90
0.03 0.3 24
$
INPGRID BOTTOM REGULAR 219800. 6325550. 0. 1040 1204 50. 50.
READINP BOTTOM 1. 'salidaTESIS.txt' 3 0 FREE
$
$
BOUND SHAPespec JONSWAP PEAK DSPR POWER
$
BOUNDspec SIDE W CCW CONStant PAR 1.0 6. 75. 12.
$
BOUNDspec SEGMENT 219800. 6325550. 241200. 6325550. CONStant PAR 1.0 6. 75.
12.
$
BREAKING CONSTANT 1.0 0.78
OFF QUAD
OFF WCAP
$
$***** OUTPUT REQUESTS *****
$
NGRID 'C_bord' 247100. 6340500. 0 17250. 10300. 345 206
NESTOUT 'C_bord' 'Cond_1'
$
GROUP 'salidasw' SUBGRID 0 260 0 301
OUTPut OPTIons BLOCK 4 260
BLOCK 'salidasw' NOHEADER 'alturaS.mat' LAY-OUT 3 HSIGN
```

```

BLOCK 'salidasw' NOHEADER 'direccionS.mat' LAY-OUT 3 DIR
BLOCK 'salidasw' NOHEADER 'profS.mat' LAY-OUT 3 DEPTH
$
TEST 1,0
COMPUTE
STOP
$

```

Propagación 2: Condiciones de Anidado de Malla de Cálculo.

```

$*****HEADING*****
$
PROJ 'Tesis' 'TE'
$
$ PURPOSE OF TEST: PR

$*****MODEL INPUT*****
$
SET 0. 90.
$
NUMERIC ACCUR 0.02 0.02 0.02 98.
$
CGRID REGULAR 247100. 6340500. 0. 17250. 10300. 345 206 SECTOR -130. 130. 90
0.03 0.3 24
$
INPGRID BOTTOM REGULAR 219800. 6325550. 0. 1040 1204 50. 50.
READINP BOTTOM 1. 'salidaTESIS.txt' 3 0 FREE
$
$
BOUNDnest1 NEST 'Cond_1' CLOSED
$
$
BREAKING CONSTANT 1.0 0.78
OFF QUAD
OFF WCAP
$
$***** OUTPUT REQUESTS *****
$
NGRID 'C_bord2' 251000. 6340600. 0 11600. 10000. 580 500
NESTOUT 'C_bord2' 'Cond_2'
$
$
TEST 1,0
COMPUTE
STOP
$

```

Propagación 3: Condiciones de Malla de Cálculo y datos de nodos.

```
$*****HEADING*****
$
PROJ 'Tesis' 'TE'
$
$ PURPOSE OF TEST: PR

$*****MODEL INPUT*****
$
SET 0. 90.
$
NUMERIC ACCUR 0.02 0.02 0.02 98.
$
CGRID REGULAR 251000. 6340600. 0. 11600. 10000. 580 500 SECTOR -130. 130. 90
0.03 0.3 24
$
INPGRID BOTTOM REGULAR 219800. 6325550. 0. 1040 1204 50. 50.
READINP BOTTOM 1. 'salidaTESIS.txt' 3 0 FREE
$
$
BOUNdnest1 NEST 'Cond_2' CLOSED
$
$
$BOUNdspec SIDE W CCW CONStant PAR 2.5 12. 45. 12.
$
BREAKING CONSTANT 1.0 0.78
OFF QUAD
OFF WCAP
$
$***** OUTPUT REQUESTS *****
$
POINTS 'Nodos' 261540 6349000 259440 6343540
TABLE 'Nodos' HEADER 'Nodos_Playas.txt' XP YP DEPTH HSIGN RTP DIR
$
GROUP 'salida1' SUBGRID 0 580 0 500
OUTPut OPTIons BLOCK 4 580
BLOCK 'salida1' NOHEADER 'profundidad20.mat' LAY-OUT 3 DEPTH
BLOCK 'salida1' NOHEADER 'altura20.mat' LAY-OUT 3 HSIGN
BLOCK 'salida1' NOHEADER 'periodo20.mat' LAY-OUT 3 RTP
BLOCK 'salida1' NOHEADER 'direccion20.mat' LAY-OUT 3 DIR
$
$
TEST 1,0
COMPUTE
STOP
```

10.4.2 GRÁFICOS DE PROPAGACIÓN DE OLAJE.

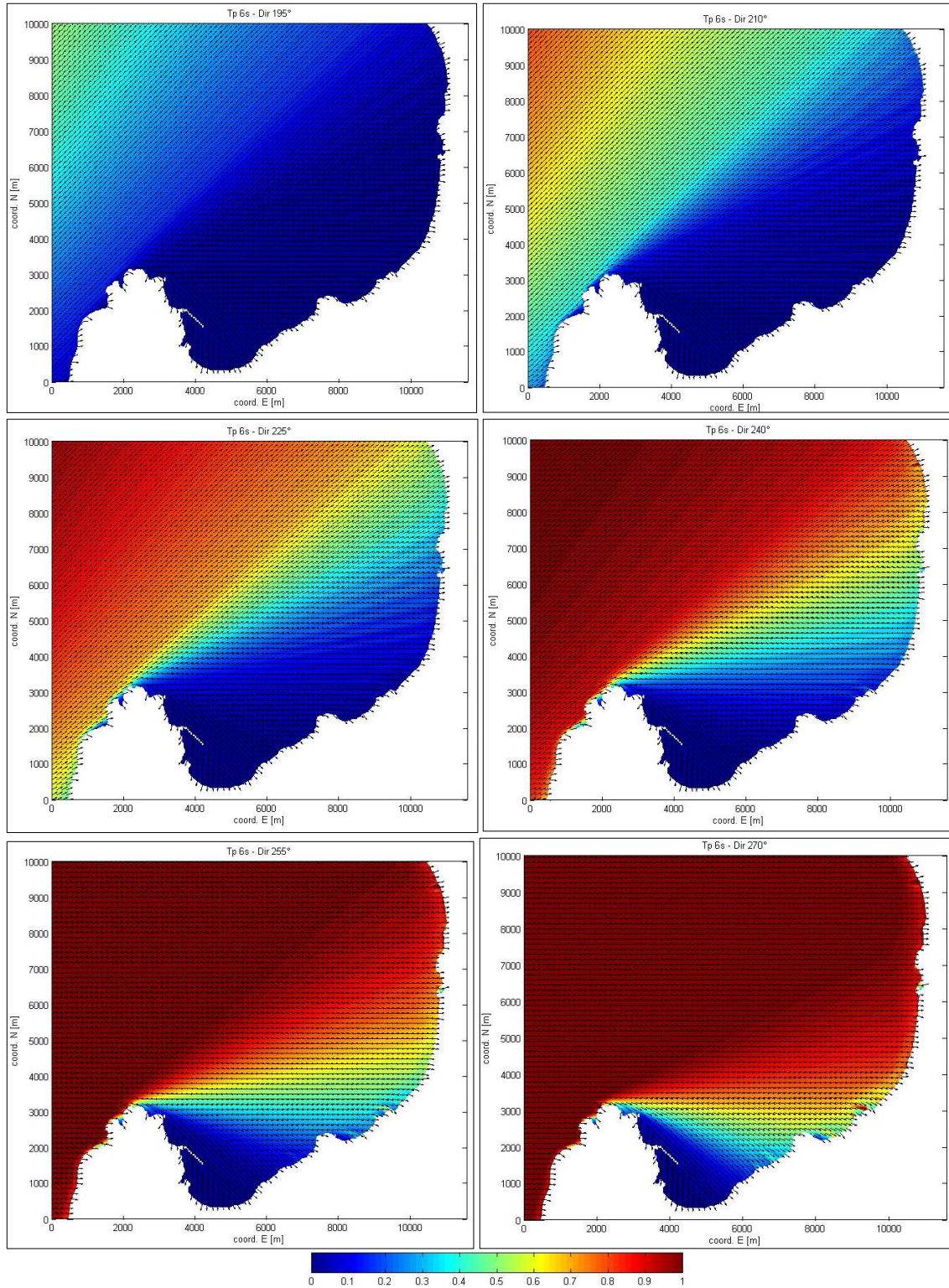


Figura 10. 10: Periodo 6[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

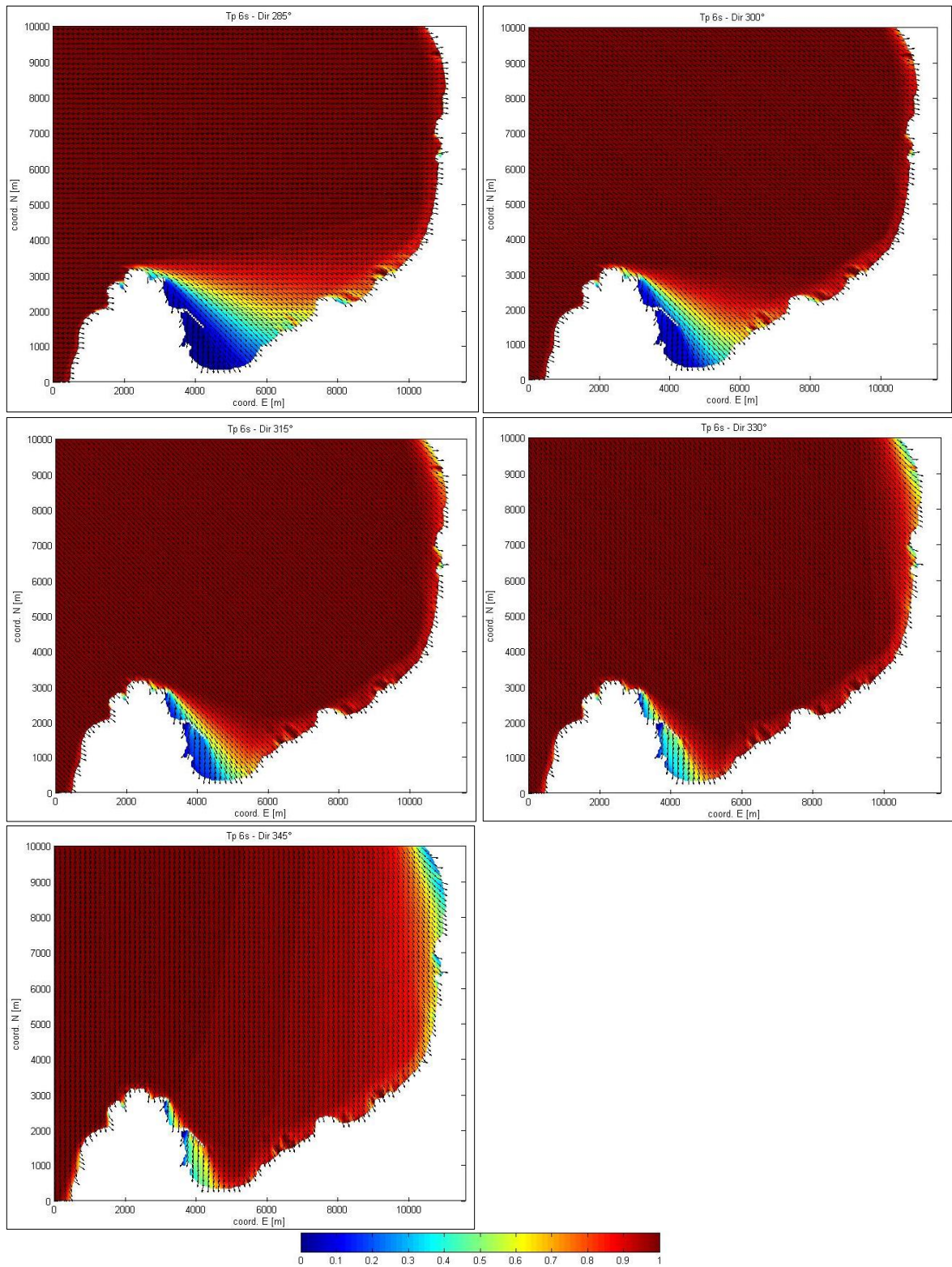


Figura 10. 11: Periodo 6[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

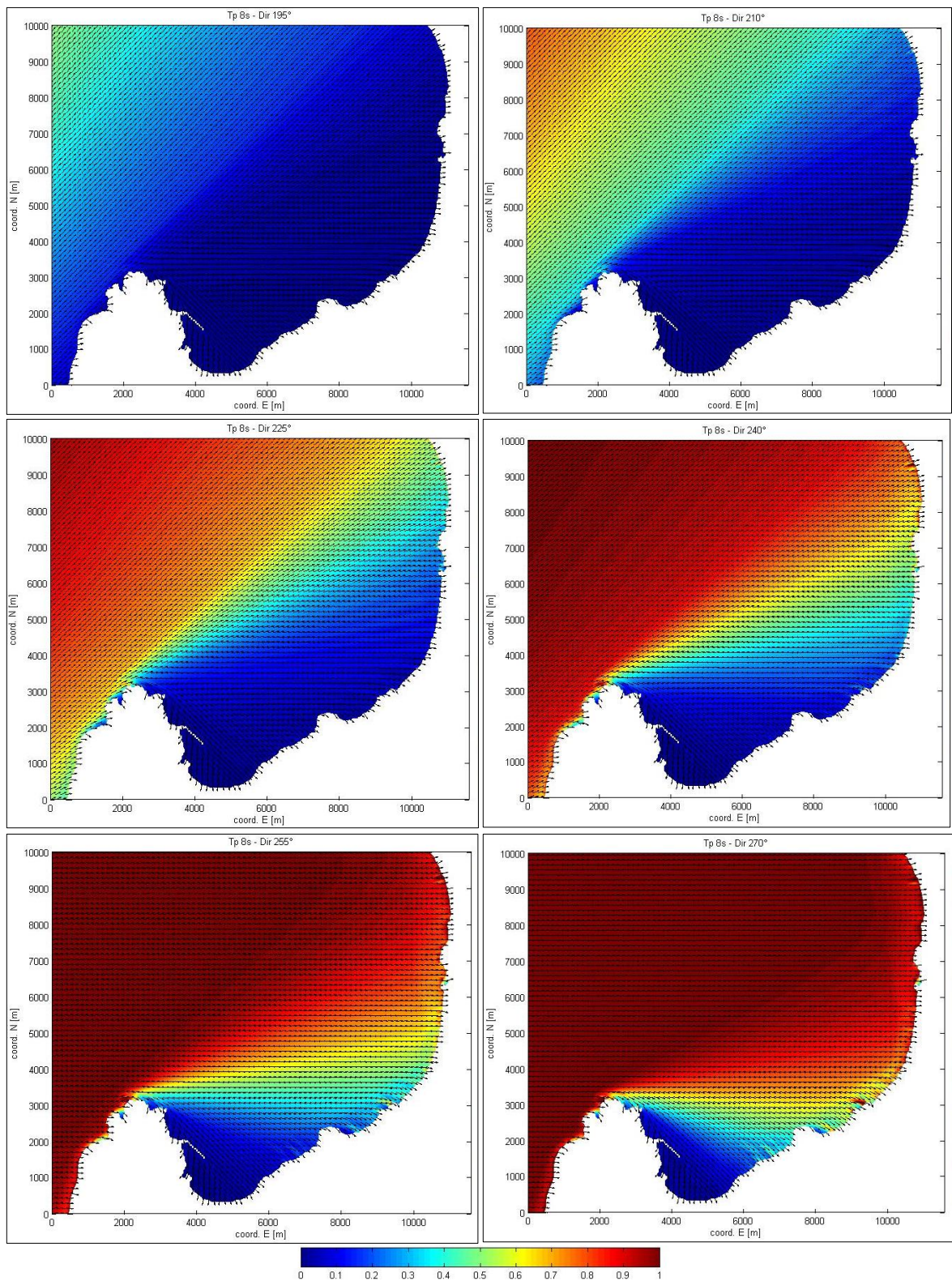


Figura 10. 12: Periodo 8[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

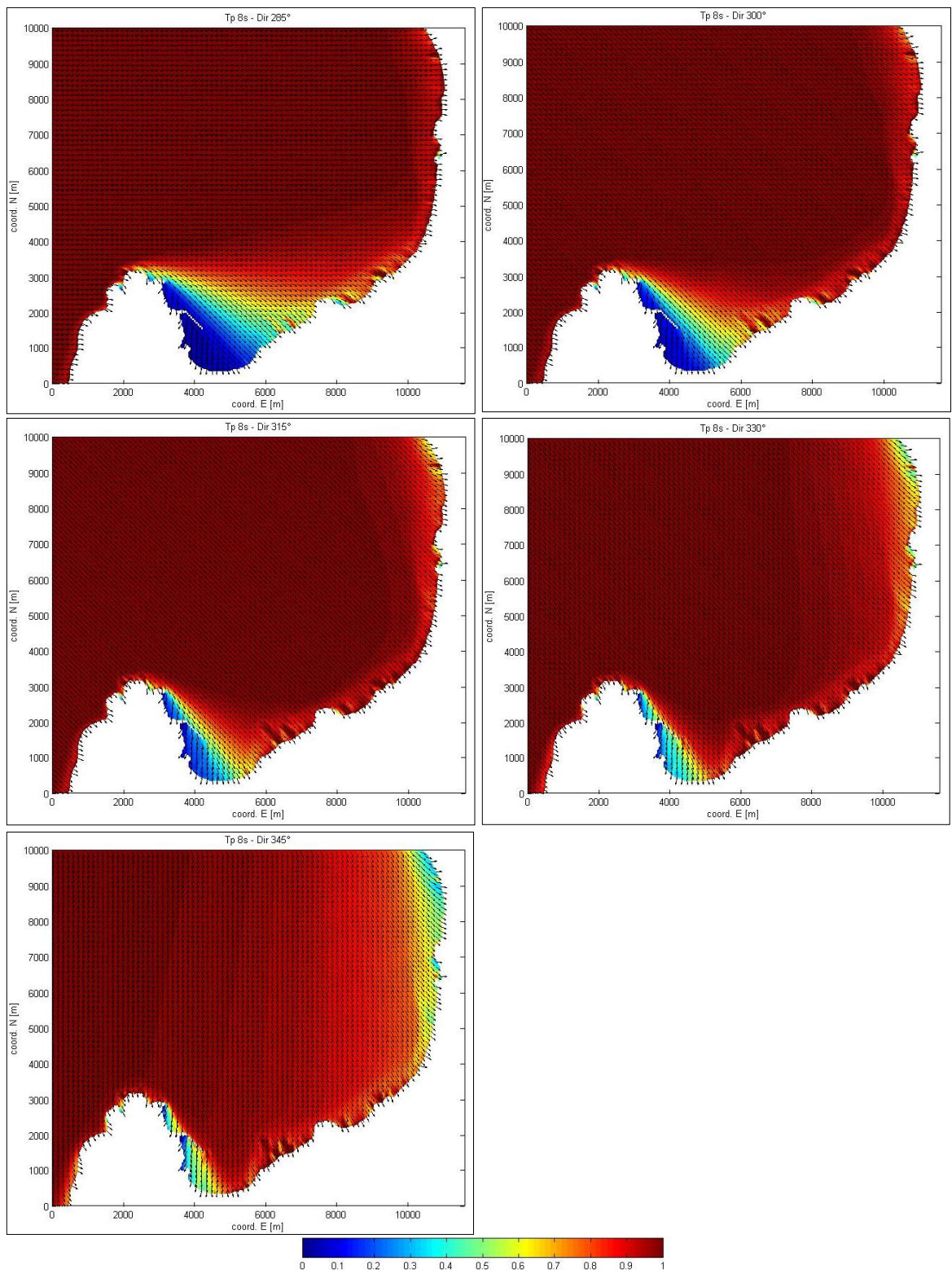


Figura 10. 13: Periodo 8[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

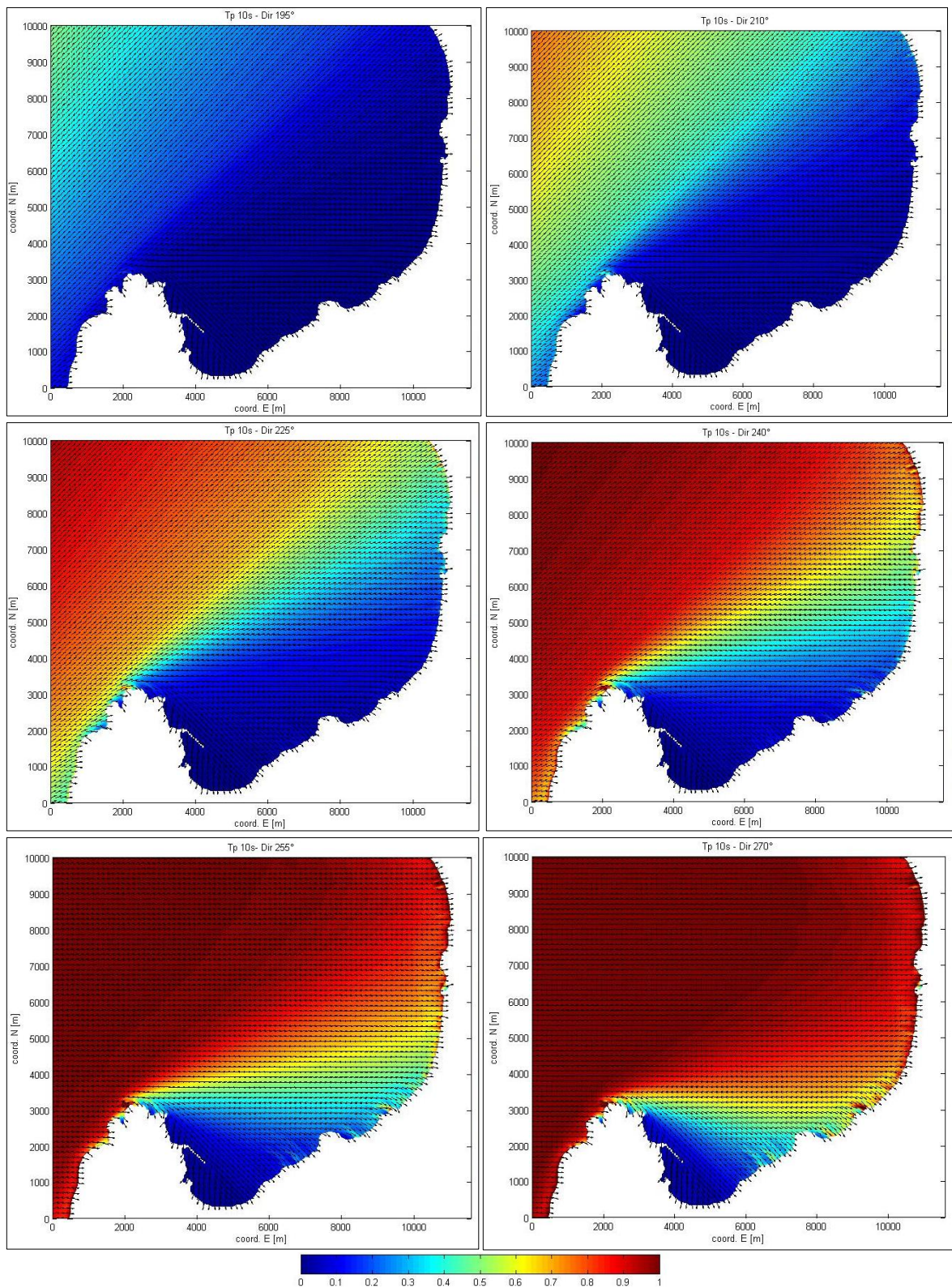


Figura 10. 14:Periodo 10[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

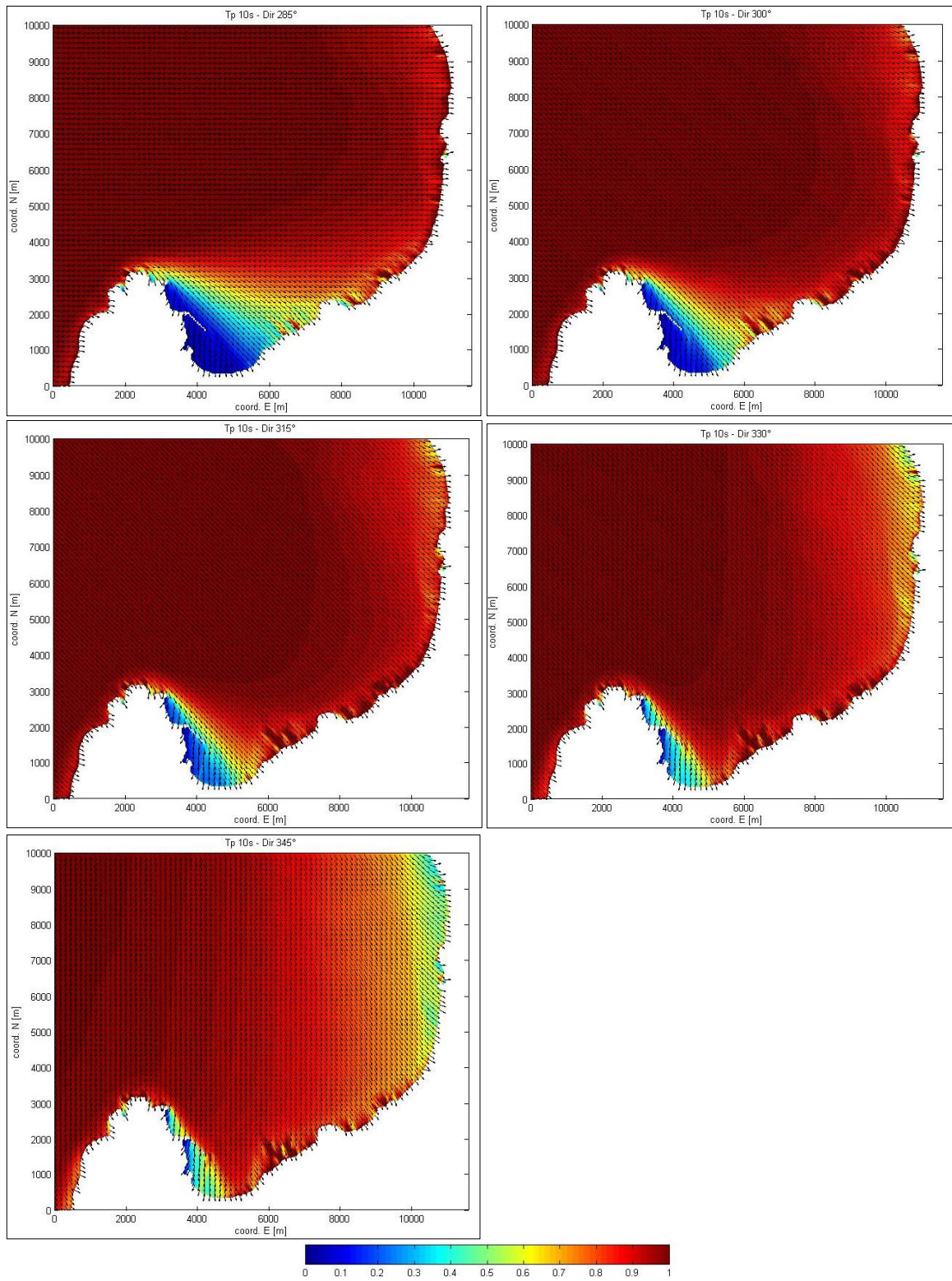


Figura 10. 15:Periodo 10[s], dirección de cuarto cuadrante
Fuente: Elaboración propia.

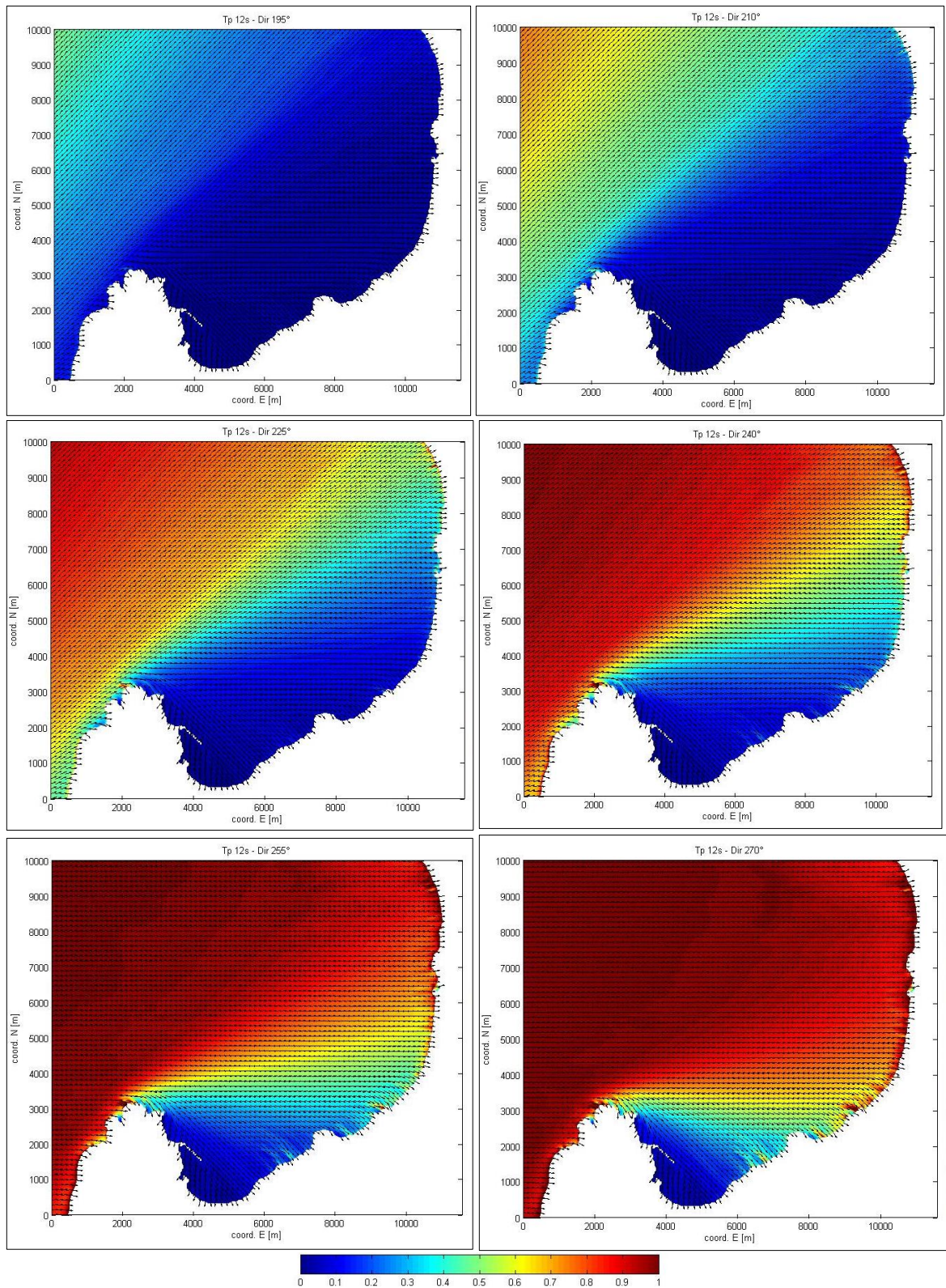


Figura 10. 16:Periodo 12[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

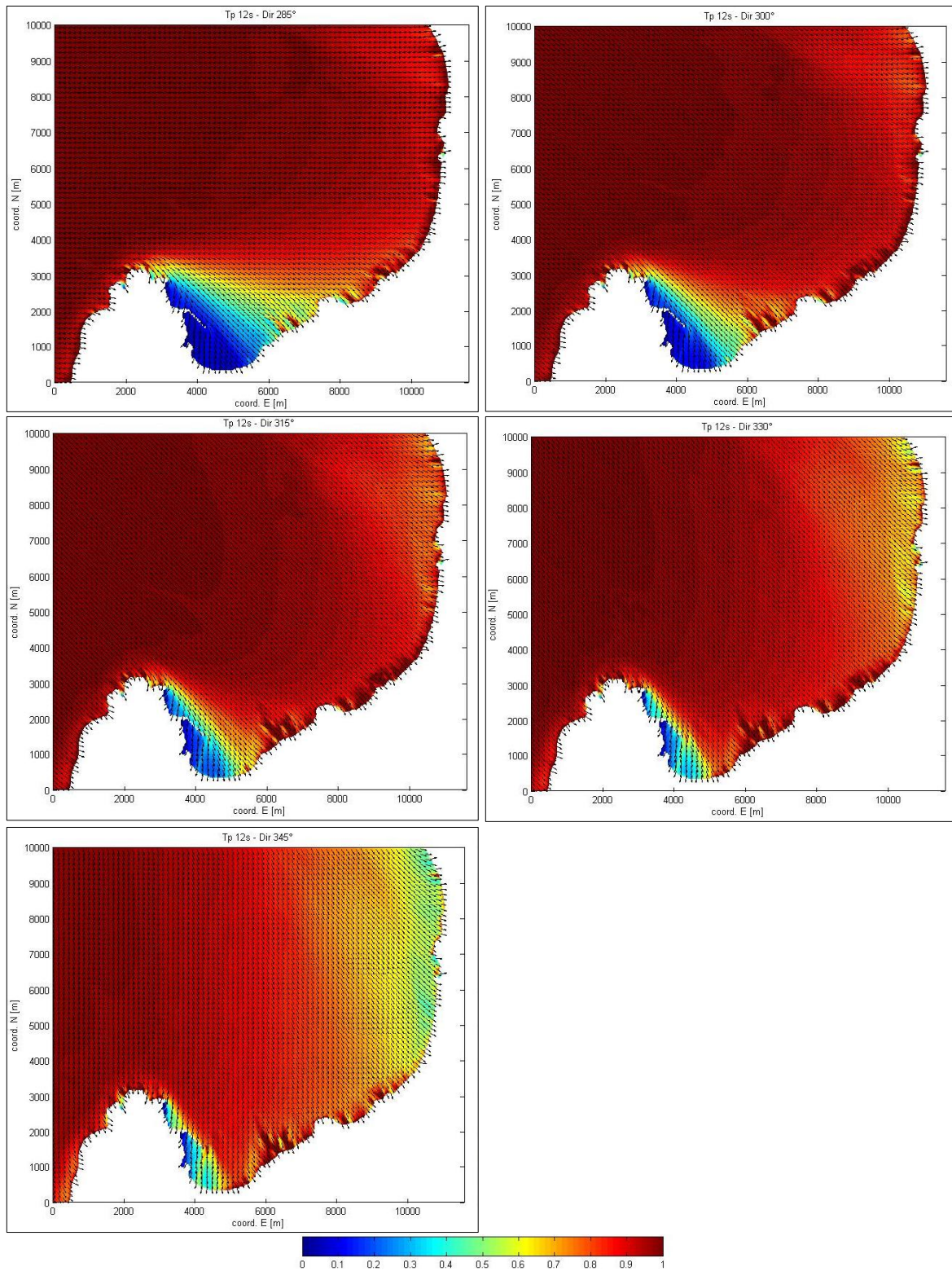


Figura 10. 17:Periodo 12[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

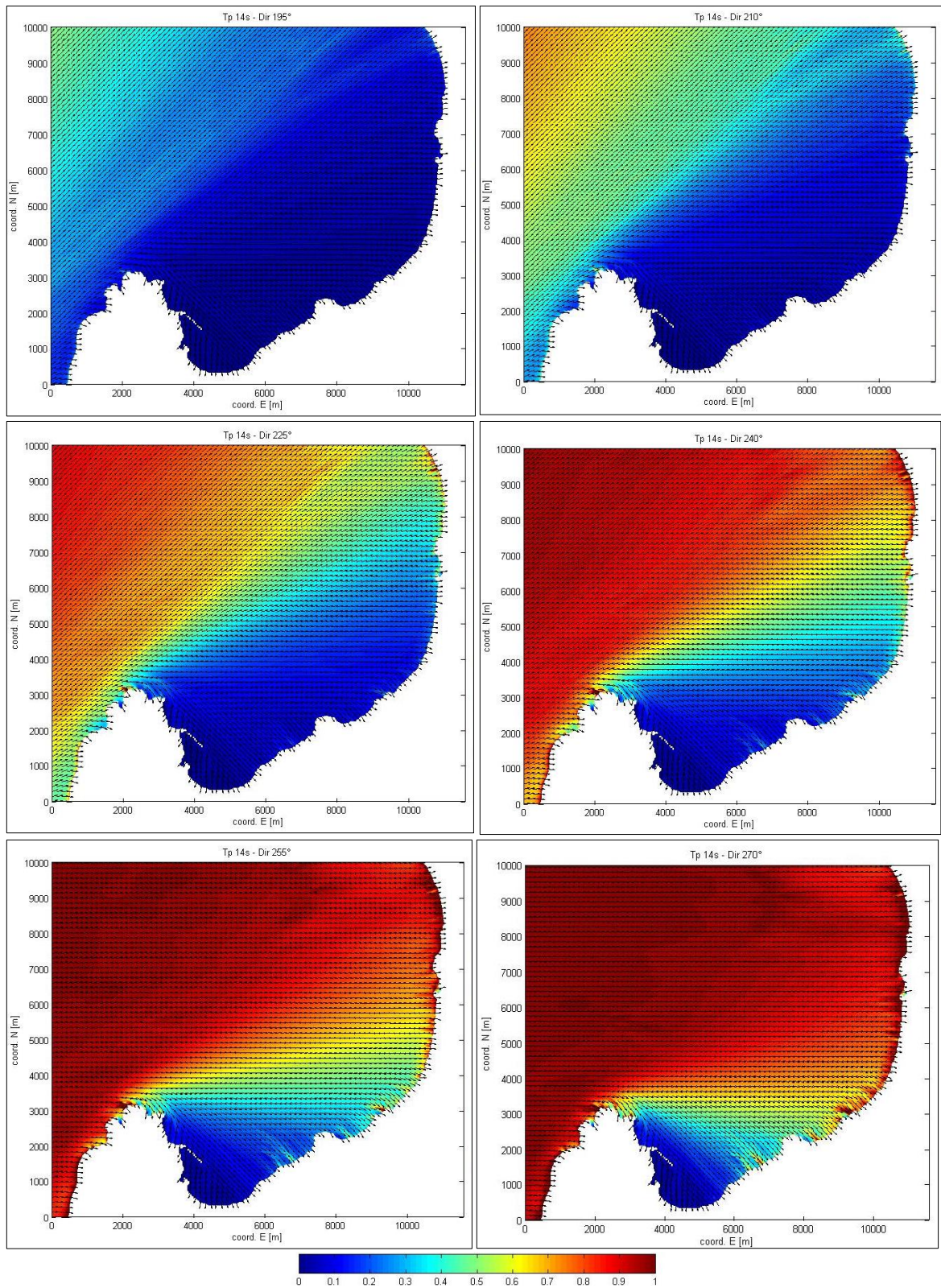


Figura 10. 18: Periodo 14[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

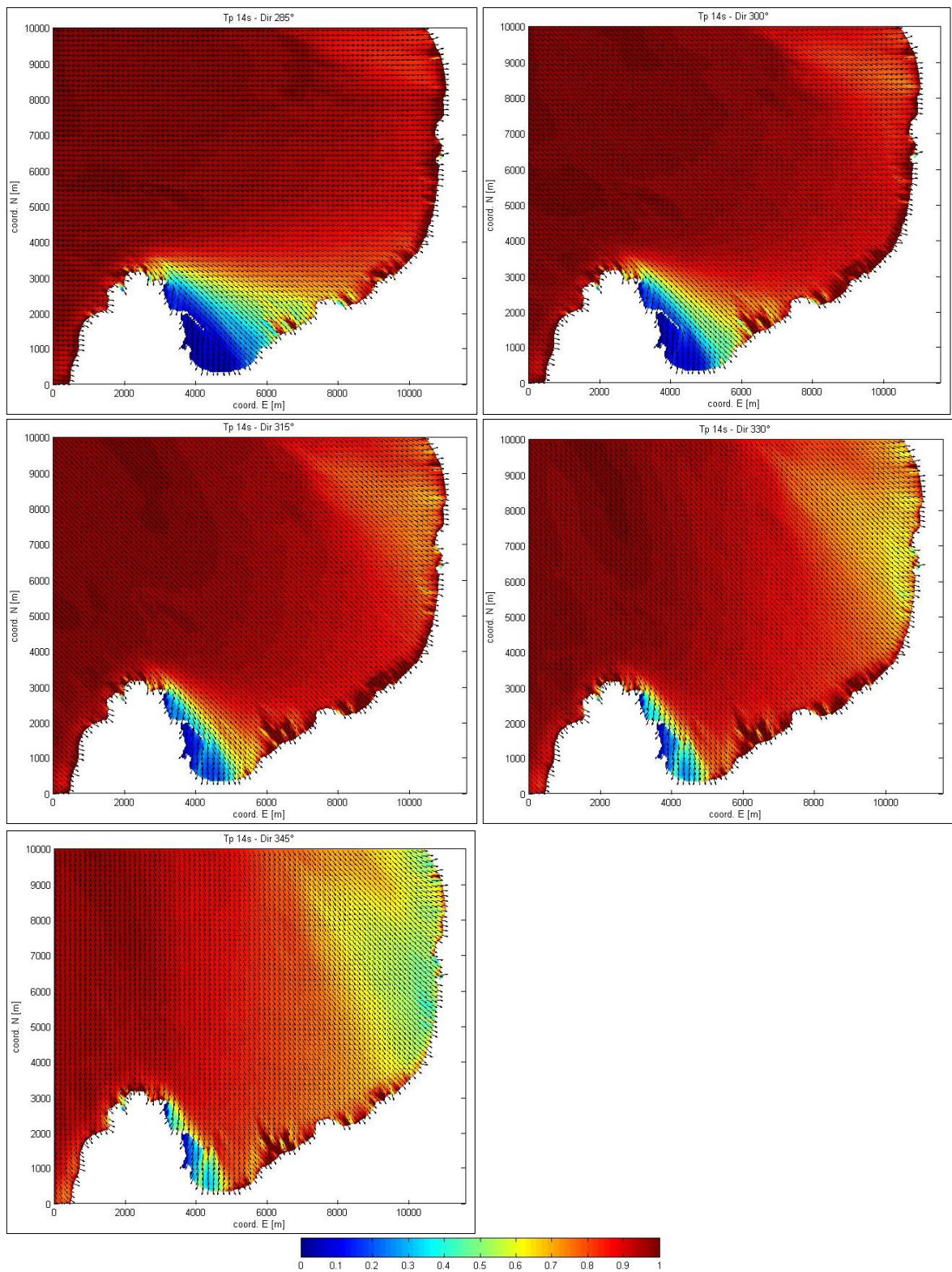


Figura 10. 19: Periodo 14[s], direcciones de cuarto cuadrante
Fuente: Elaboración propia.

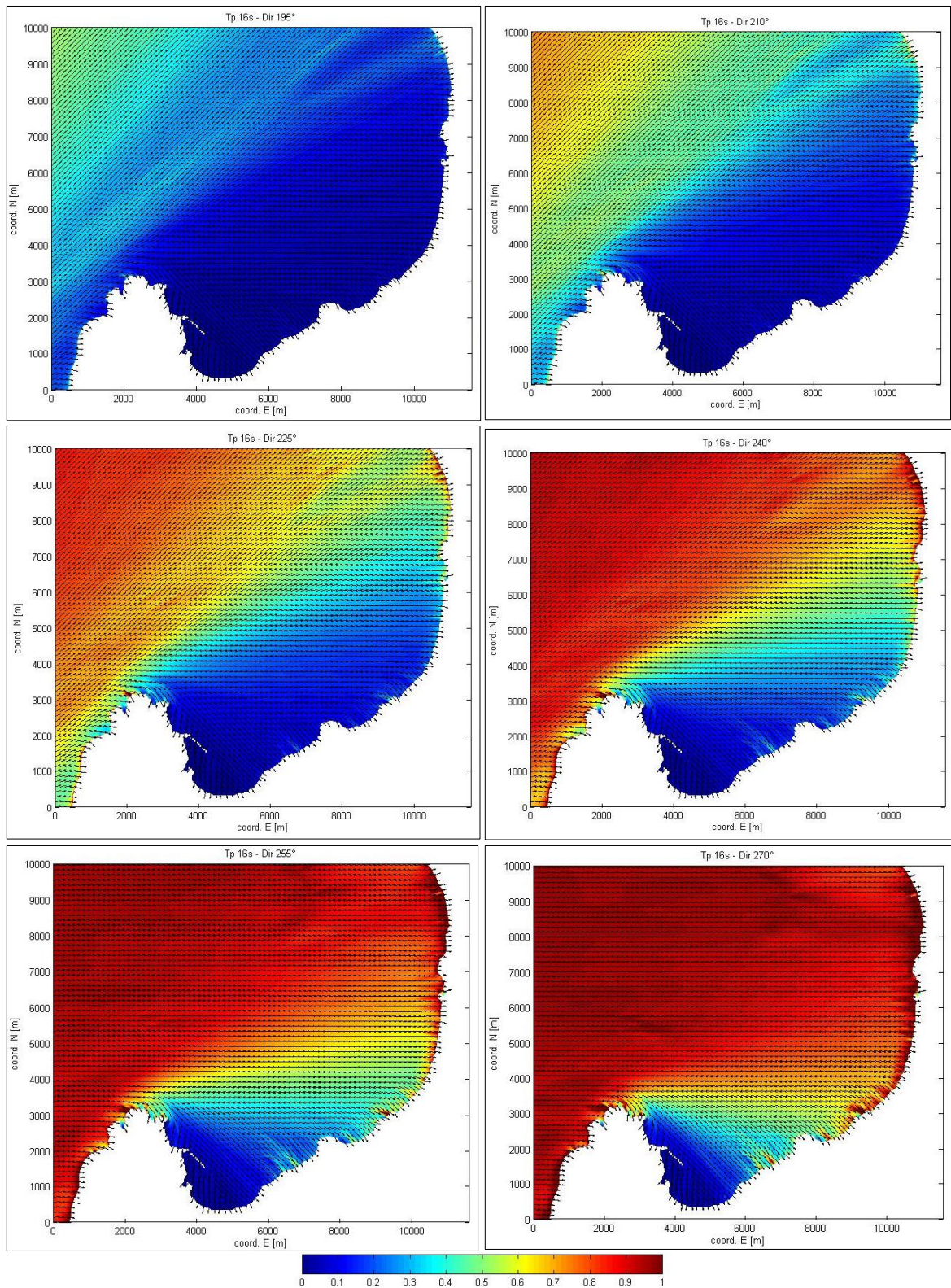


Figura 10. 20: Periodo 16[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

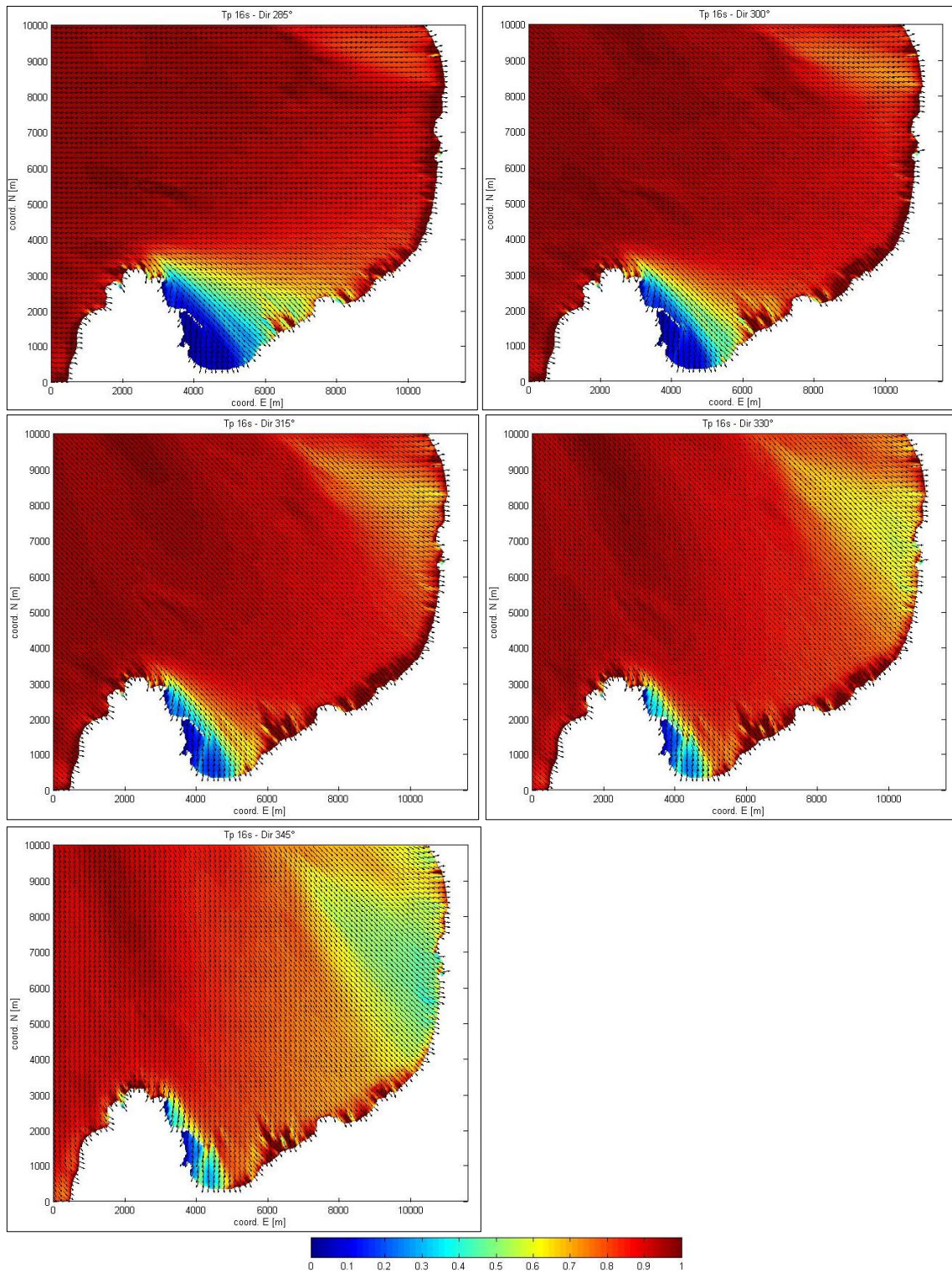


Figura 10. 21: Periodo 16[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

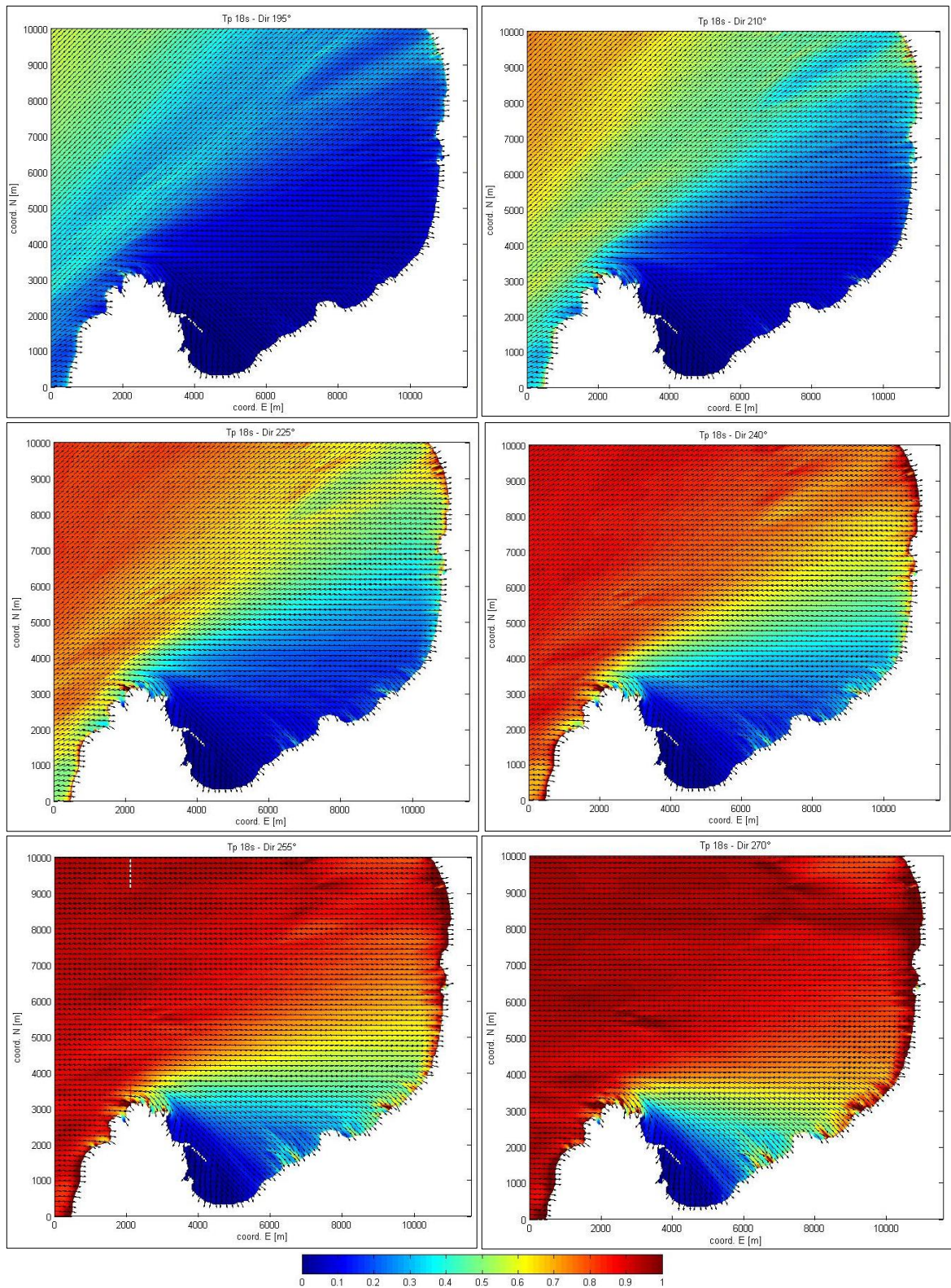


Figura 10. 22: Periodo 18[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

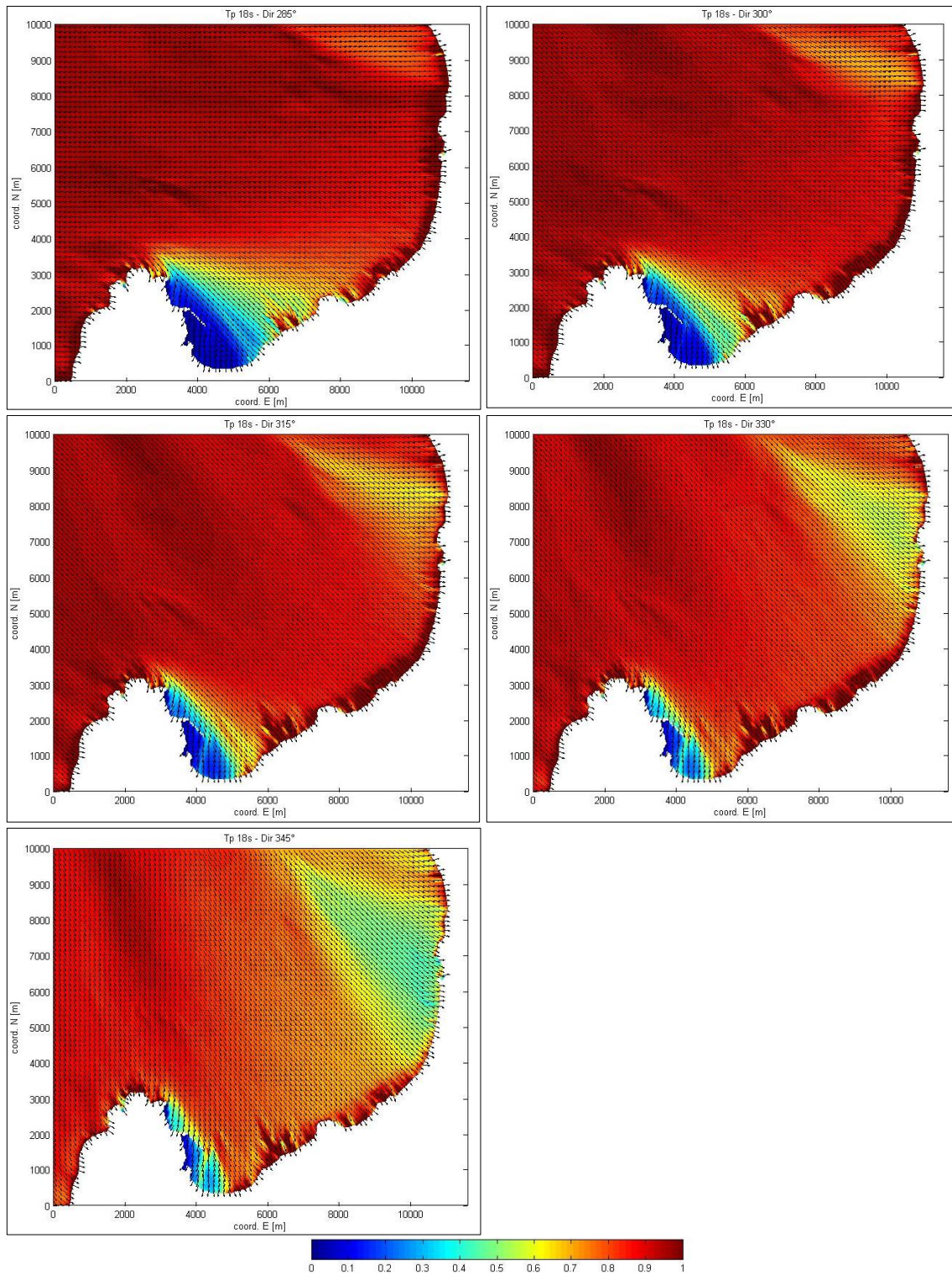


Figura 10. 23: Periodo 18[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

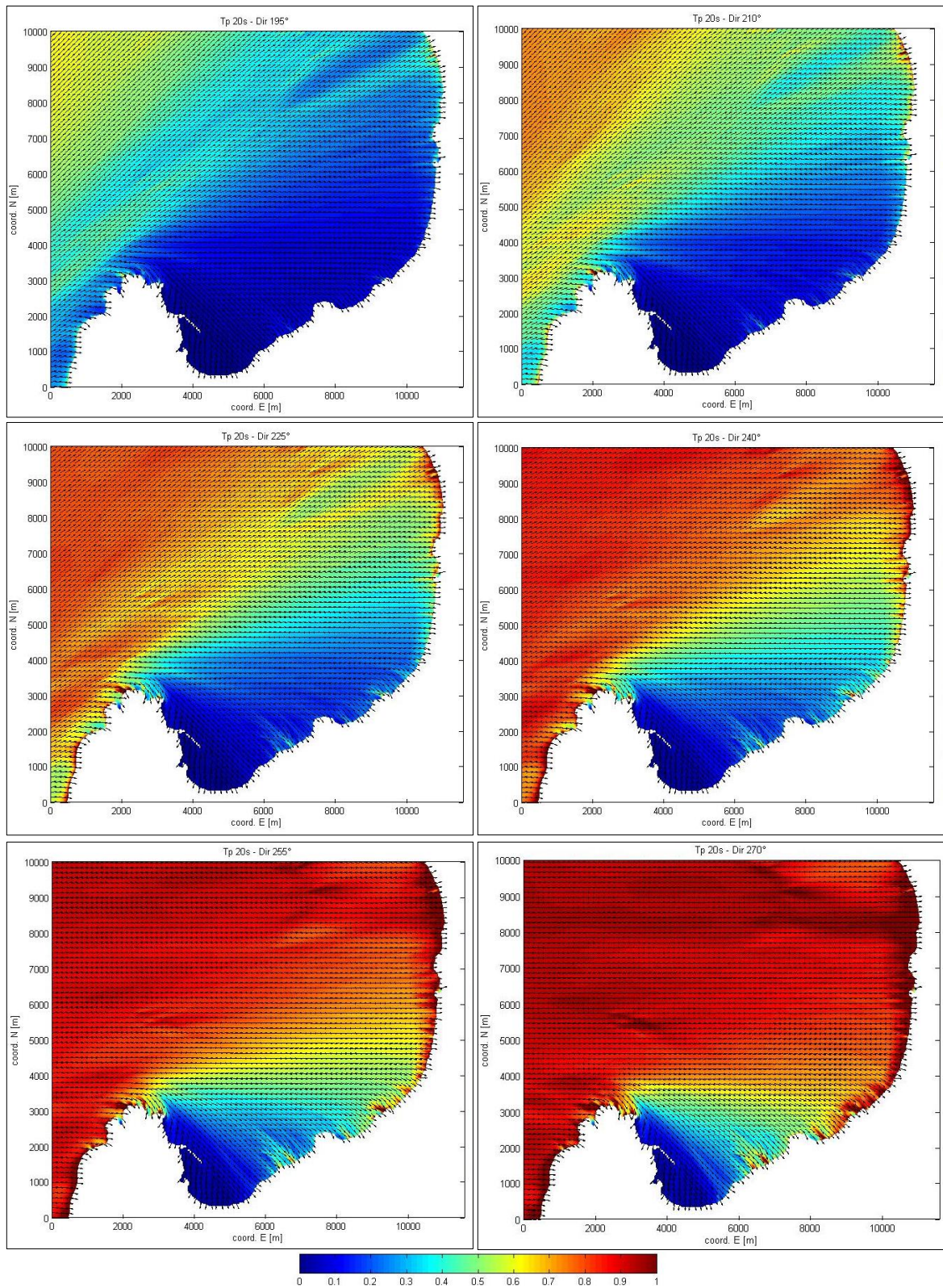


Figura 10. 24: Periodo 20[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

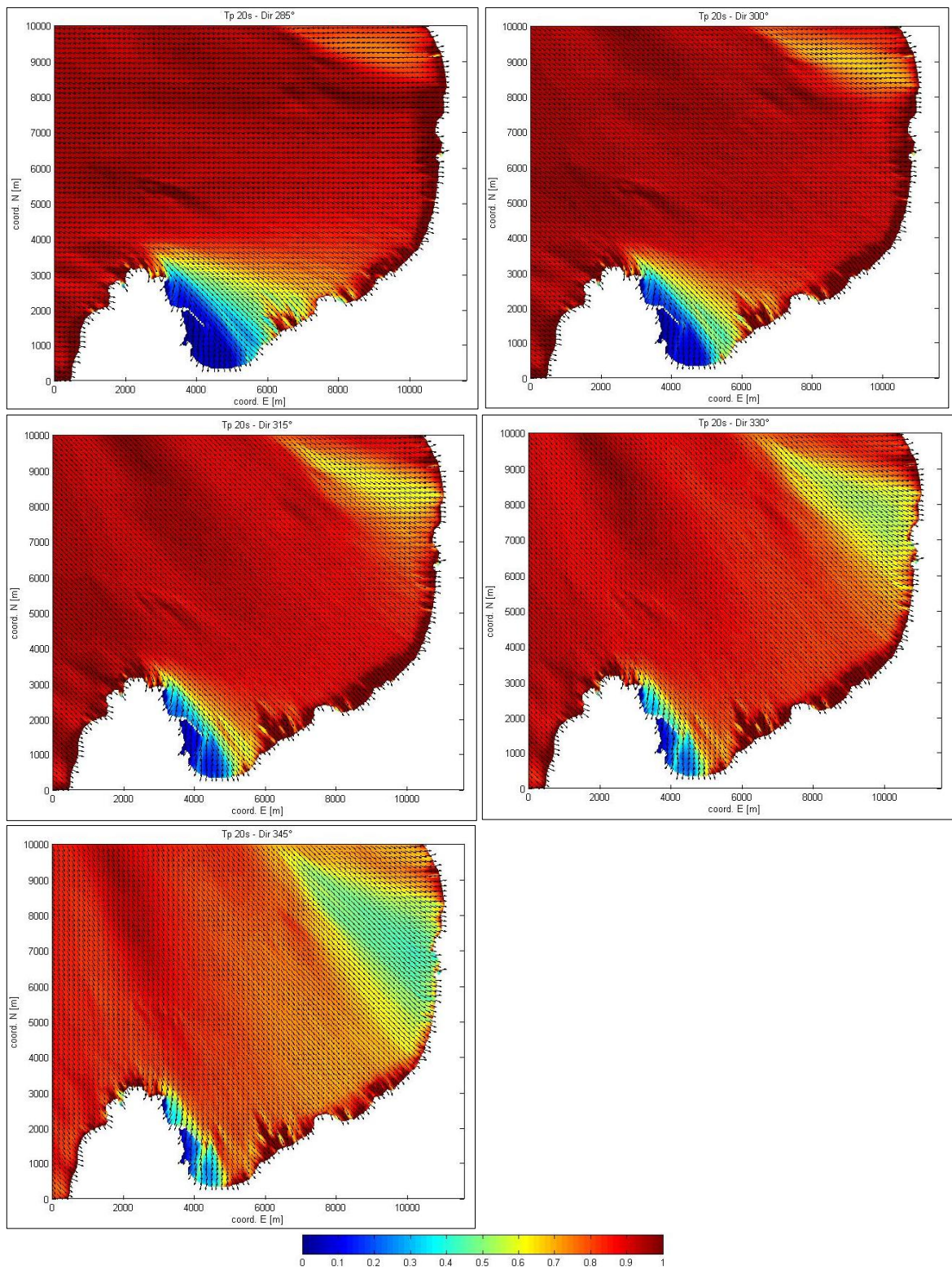


Figura 10. 25: Periodo 20[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

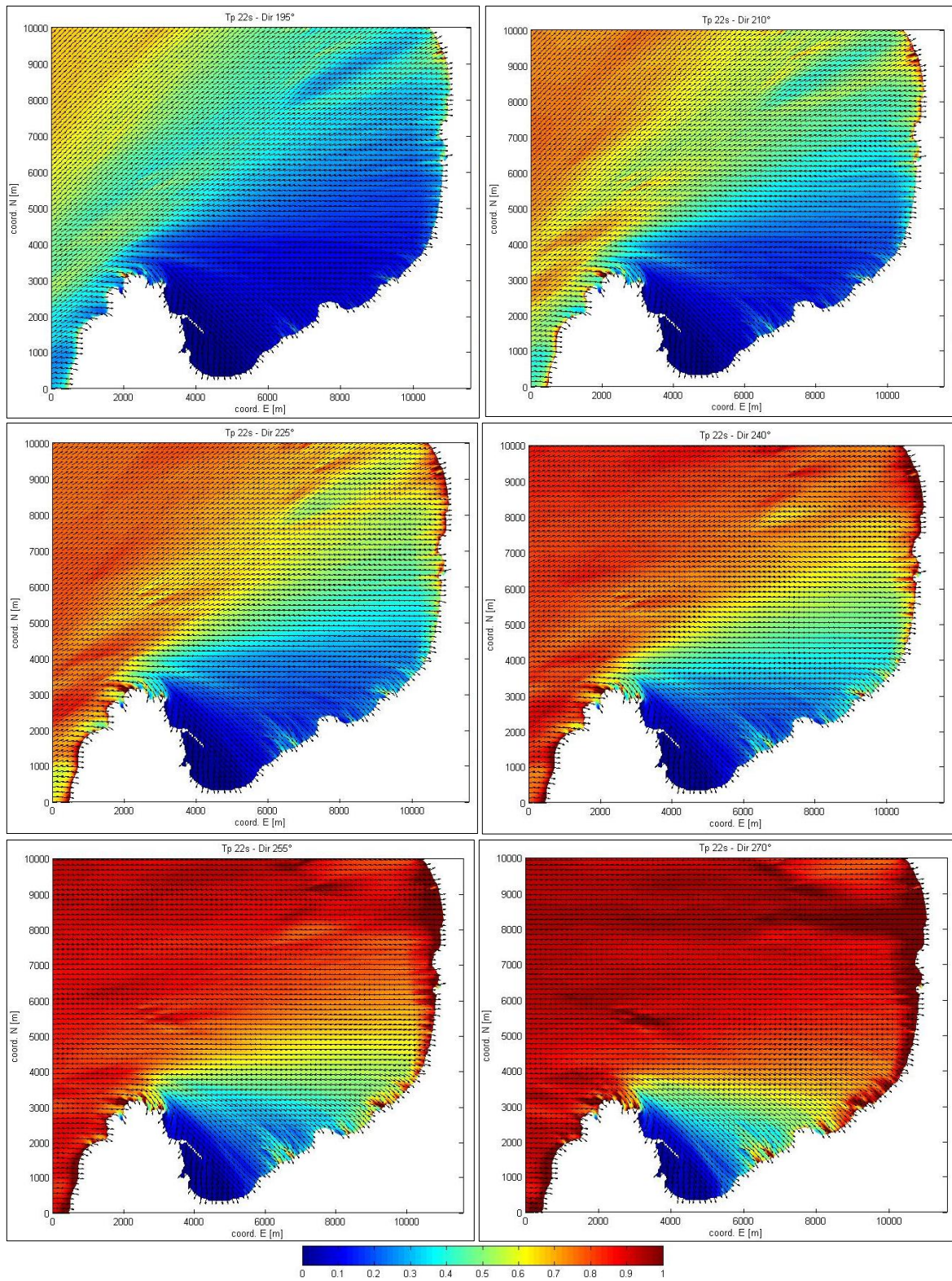


Figura 10. 26: Periodo 22[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

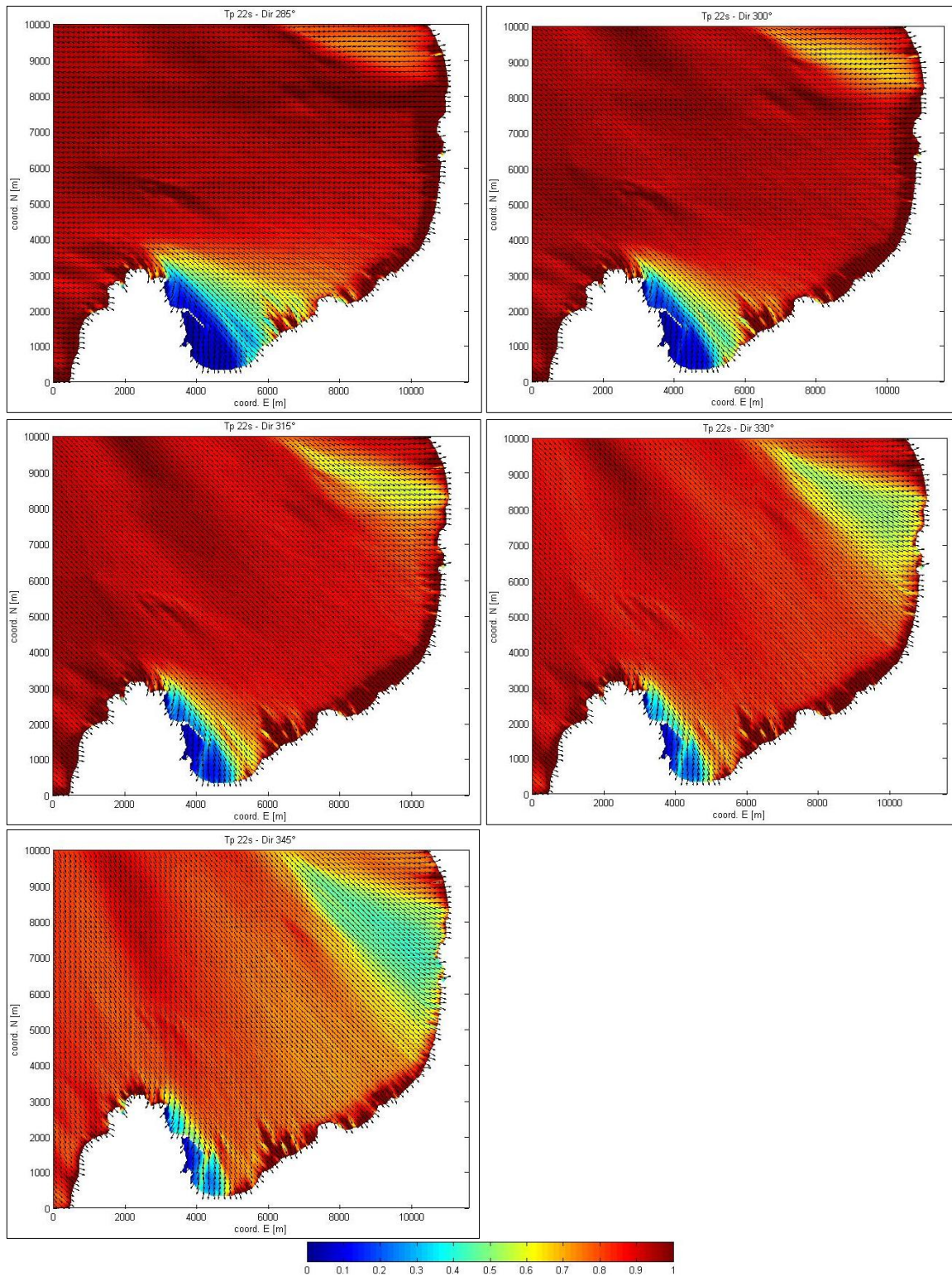


Figura 10. 27: Periodo 22[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

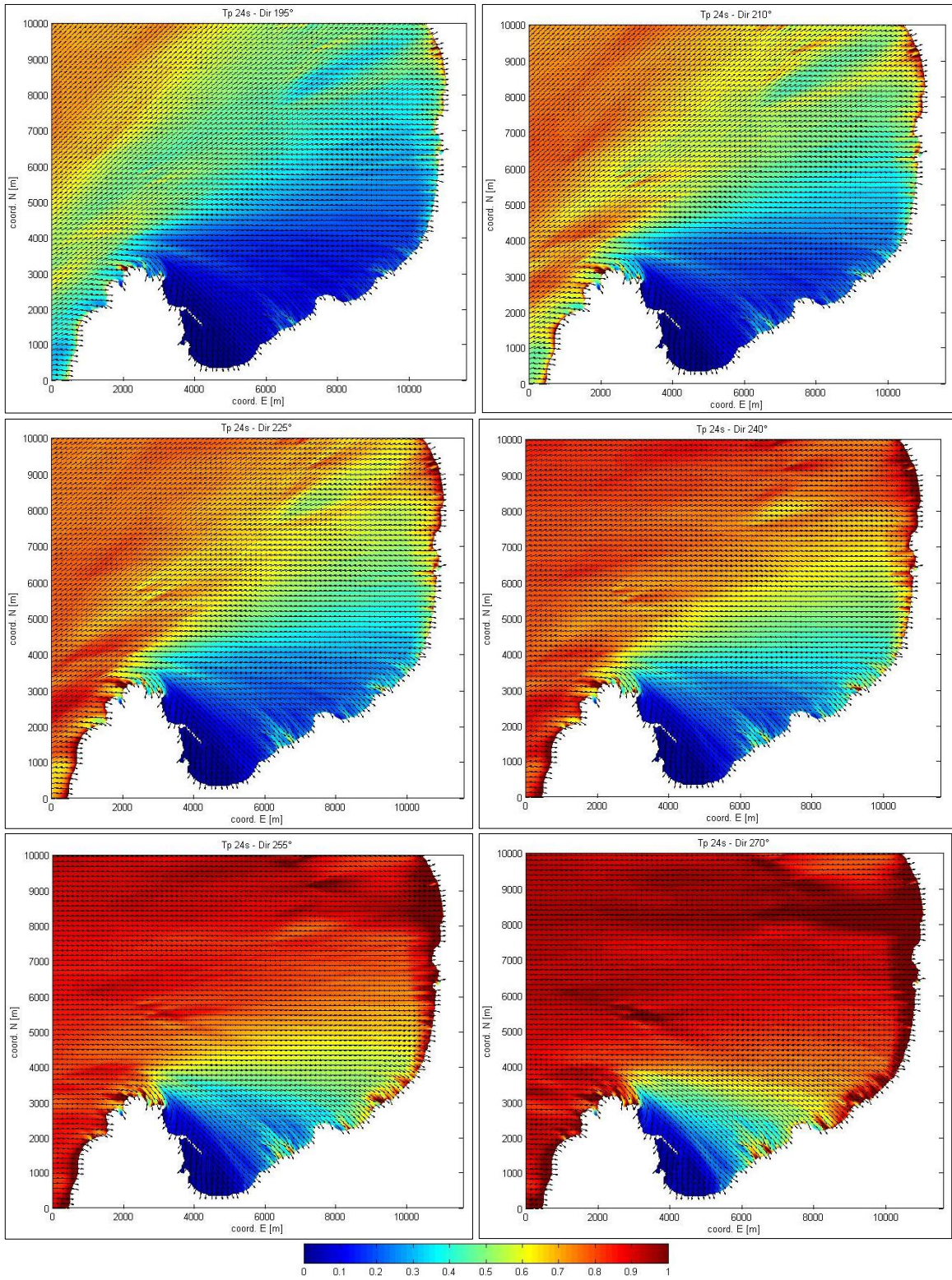


Figura 10. 28: Periodo 24[s], direcciones de tercer cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

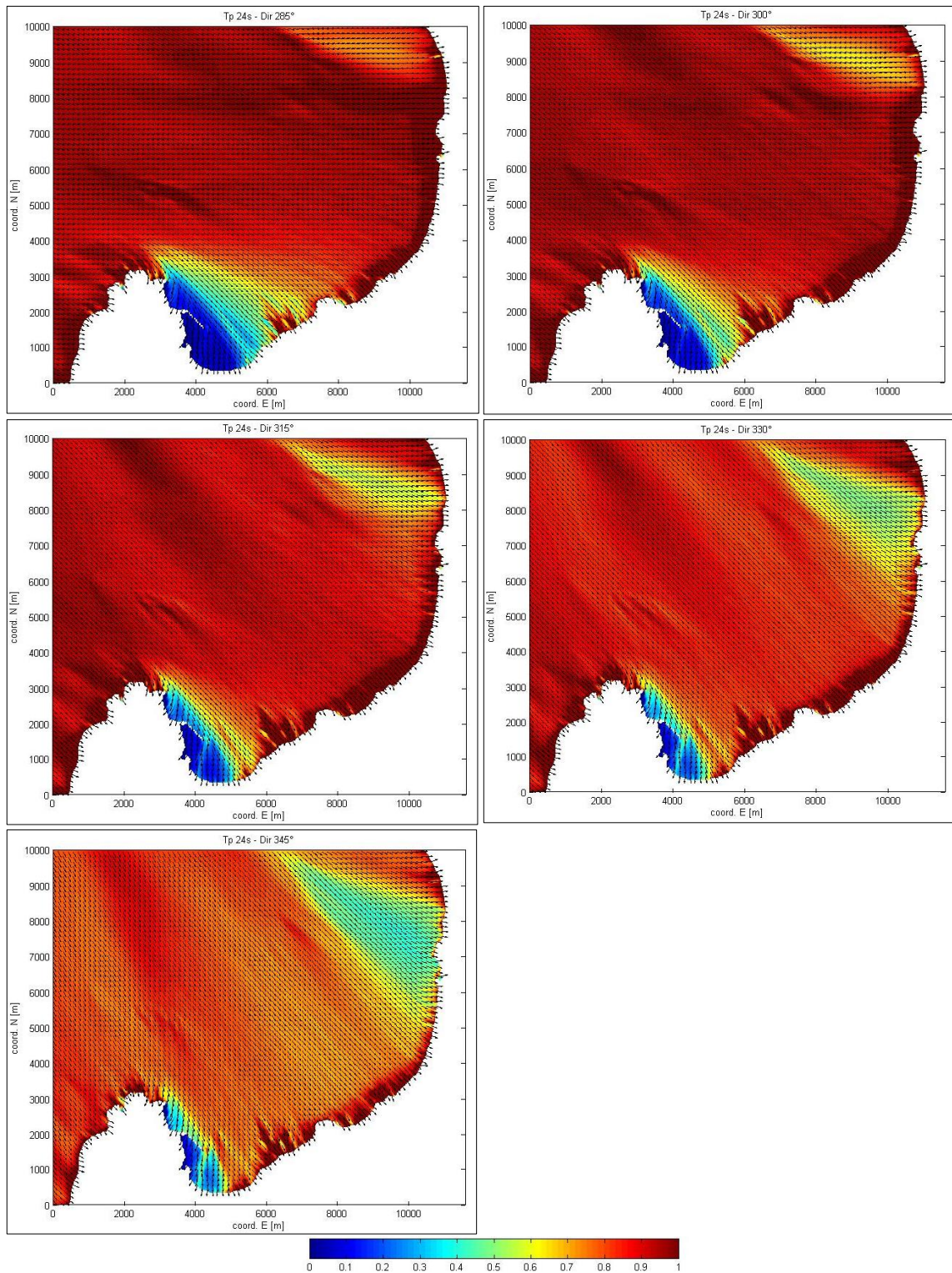


Figura 10. 29: Periodo 24[s], direcciones de cuarto cuadrante.
Fuente: Elaboración propia.

10.5 ANEXO E. APLICABILIDAD DE METODOLOGÍA EMERY.

10.5.1 LEVANTAMIENTO DE PERFIL TRANSVERSAL, PLAYA REÑACA.

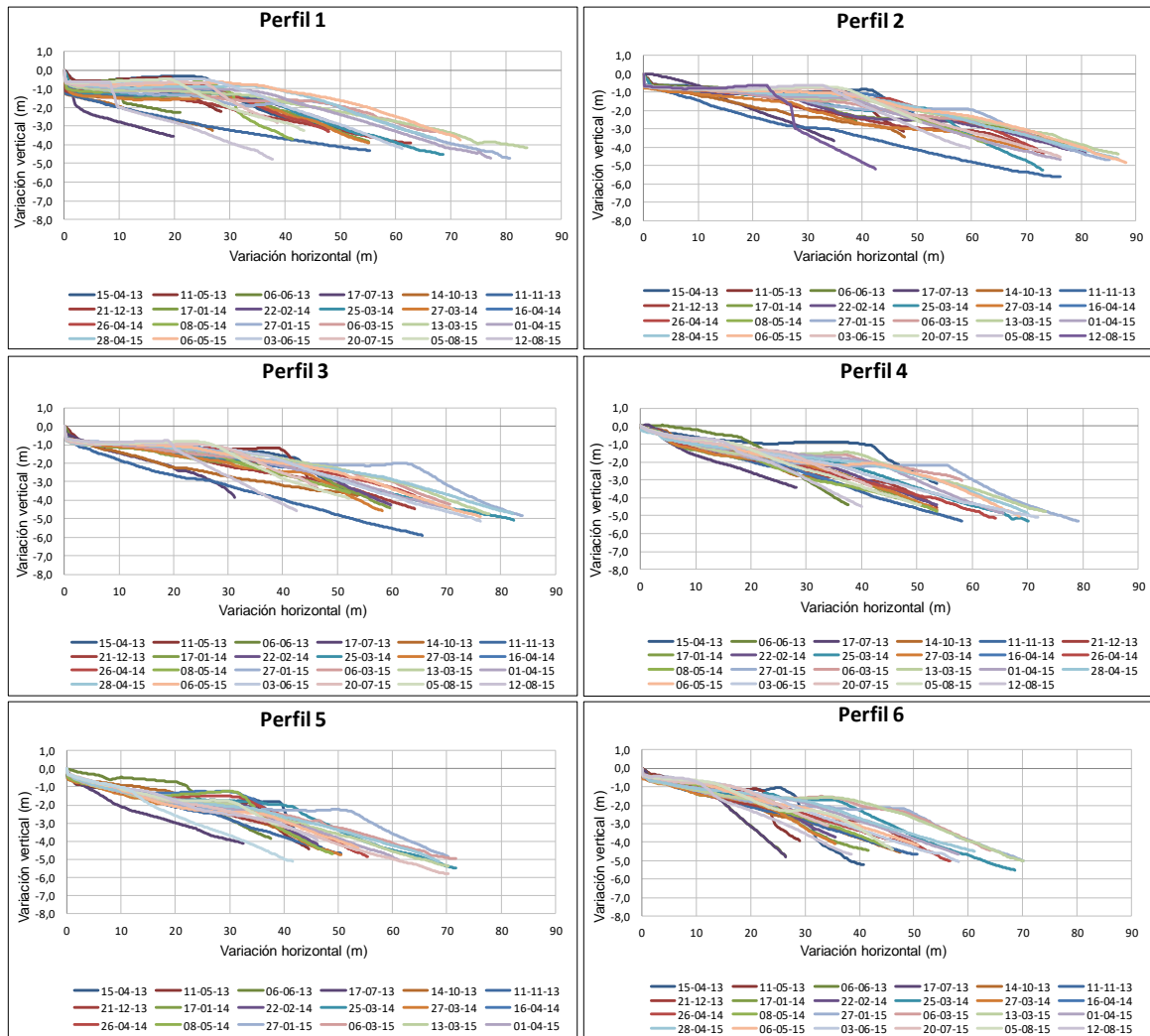


Figura 10. 30: Perfiles transversales N°1-2-3-4-5 y 6, Playa Reñaca.

Fuente: Elaboración propia.

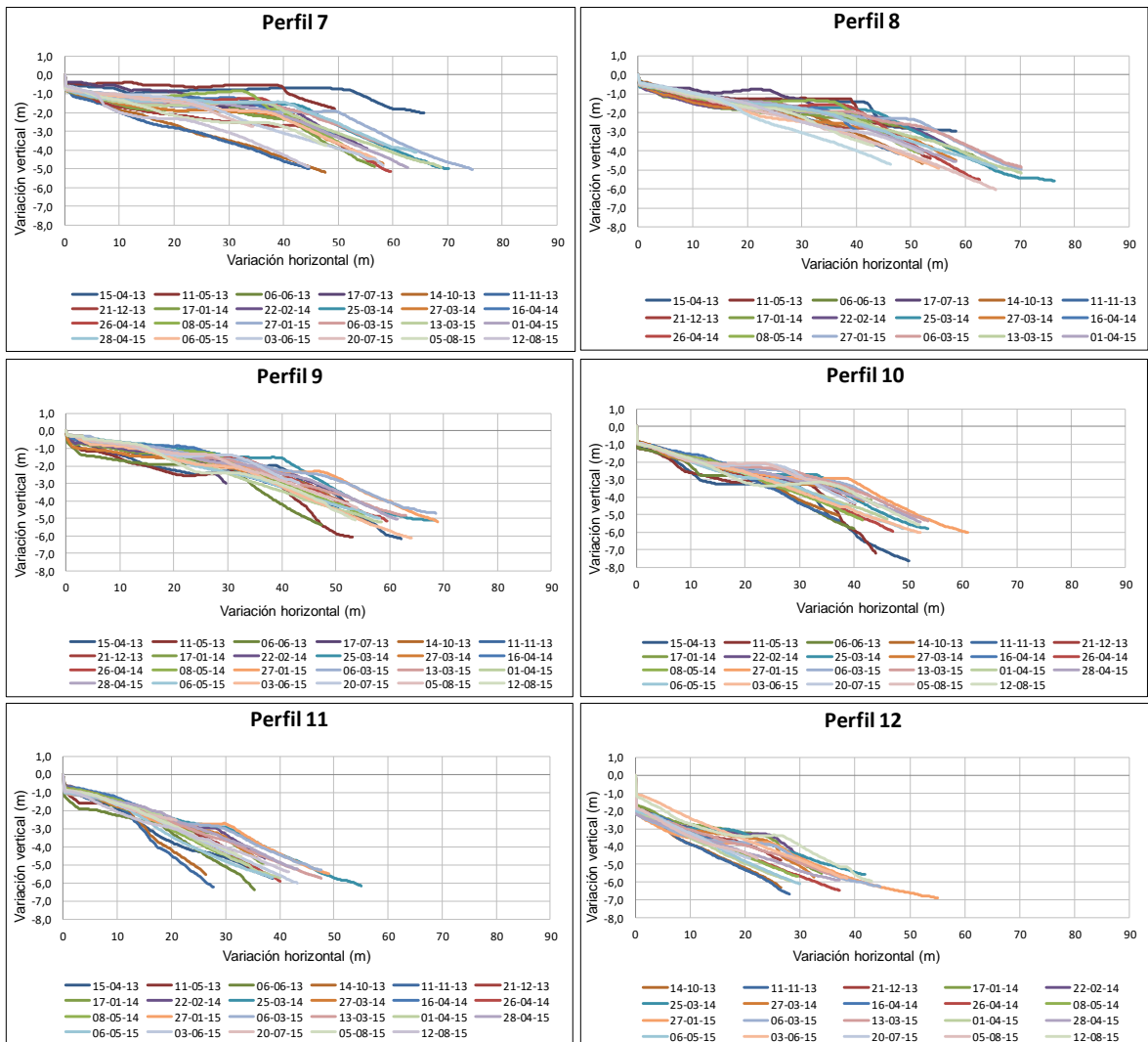


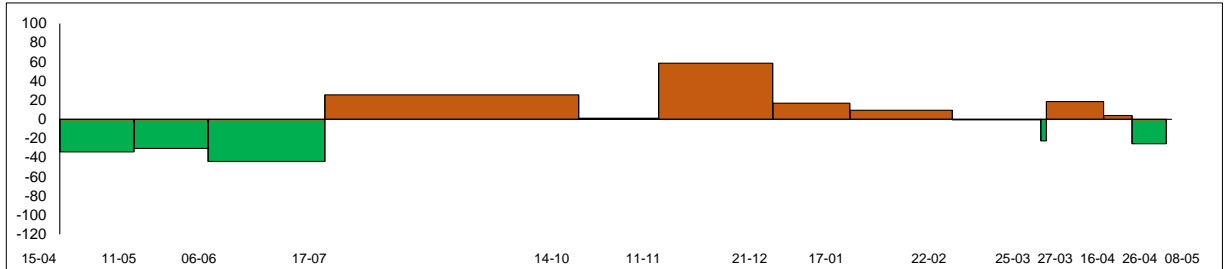
Figura 10. 31: Perfiles transversales N°7-8-9-10-11 y 12, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia.

10.5.2 ÁREA CUANTIFICADA, PLAYA REÑACA.

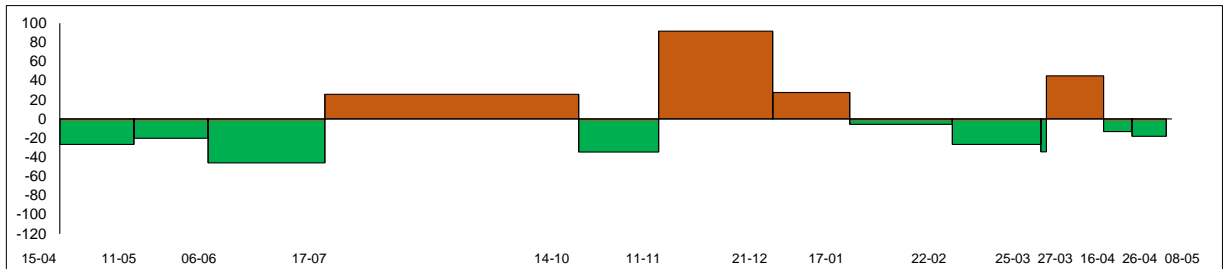
Periodo de mediciones: desde 15-04-2013 al 08-05-2014.

Simbología: barras de color verde corresponde a erosión y barras color café acreción.

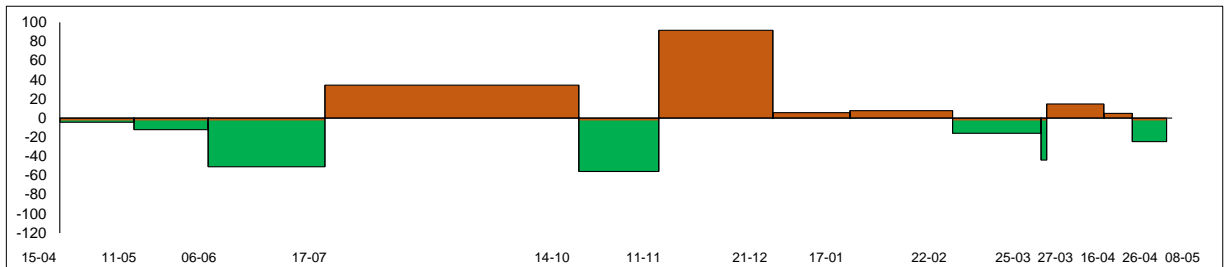
Perfil N°1



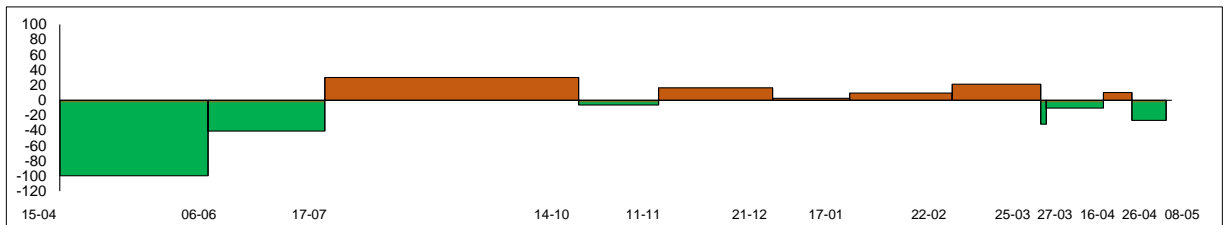
Perfil N°2



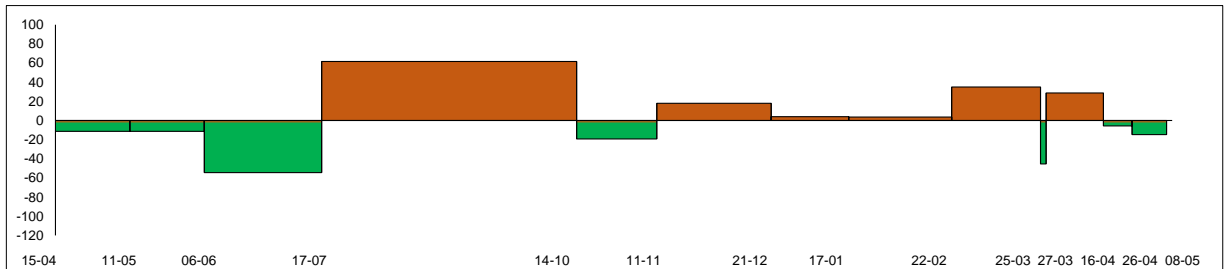
Perfil N°3



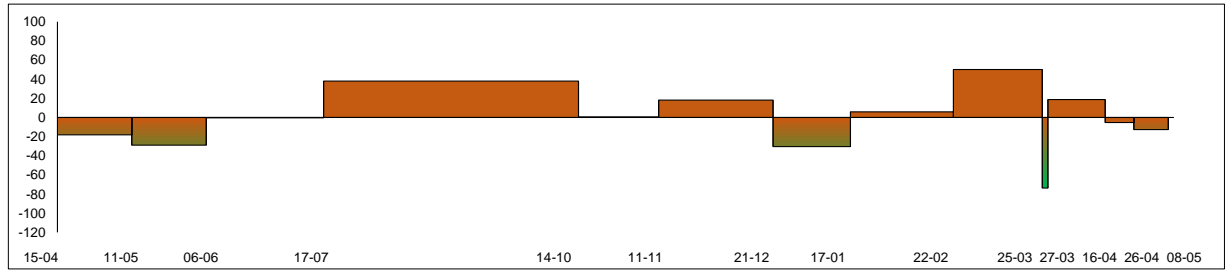
Perfil N°4



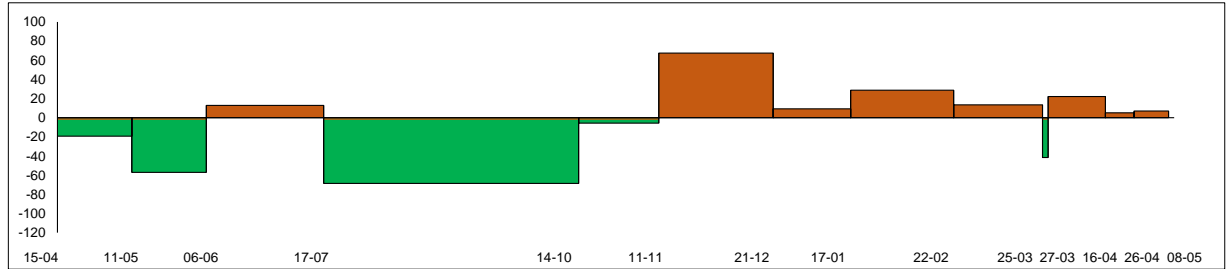
Perfil N°5



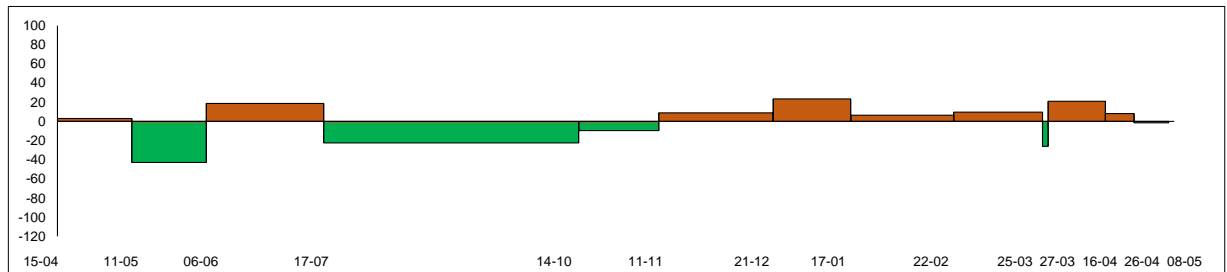
Perfil N°6



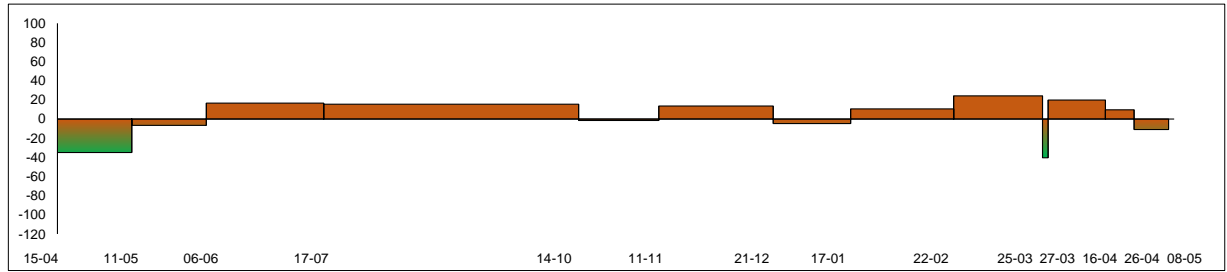
Perfil N°7



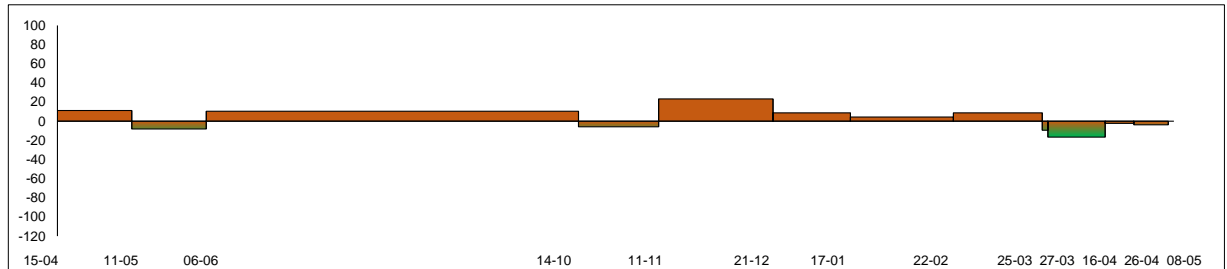
Perfil N°8



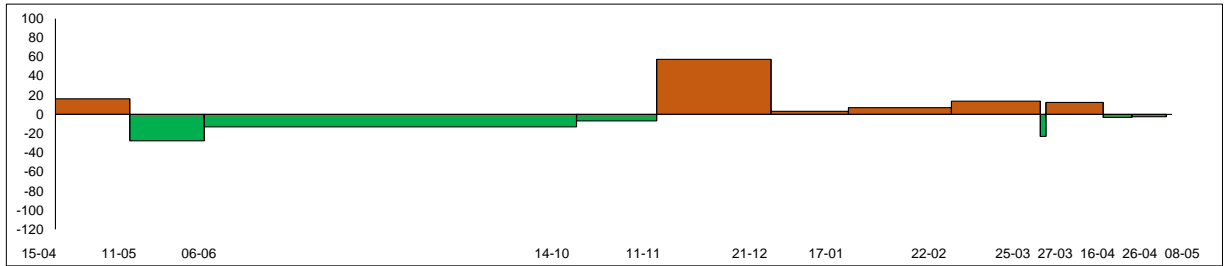
Perfil N°9



Perfil N°10



Perfil N°11



Perfil N°12

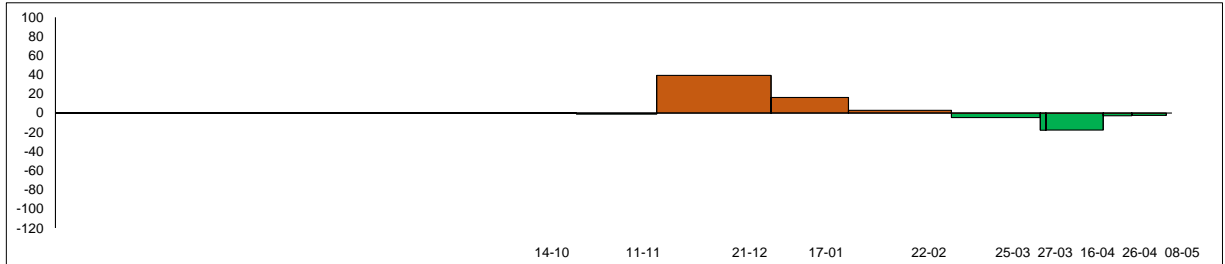
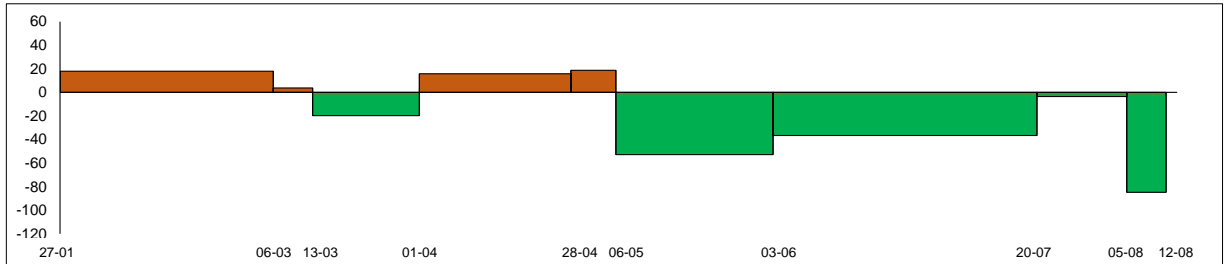


Figura 10. 32: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2013-2014, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia.

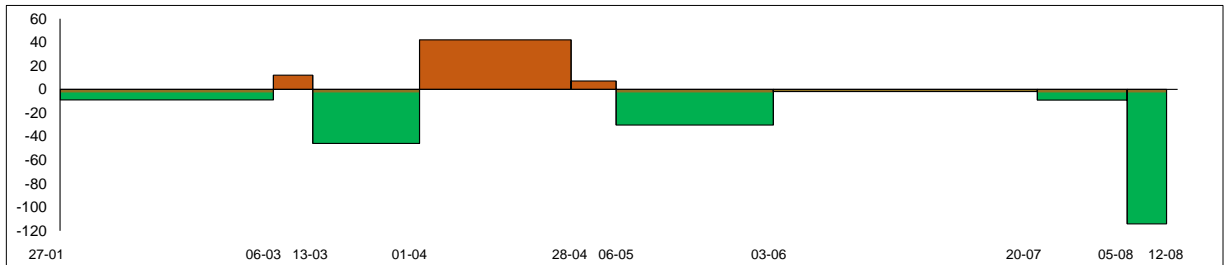
Periodo de mediciones: desde 27-01-2015 al 12-08-2015.

Simbología: barras de color verde corresponde a erosión y barras color café a acreción.

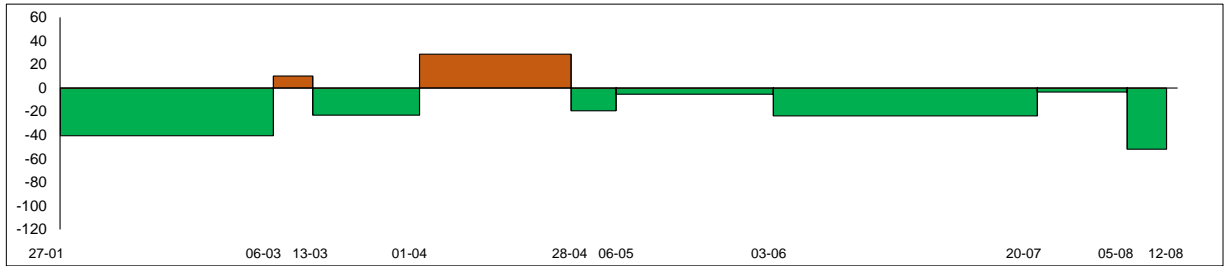
Perfil N°1



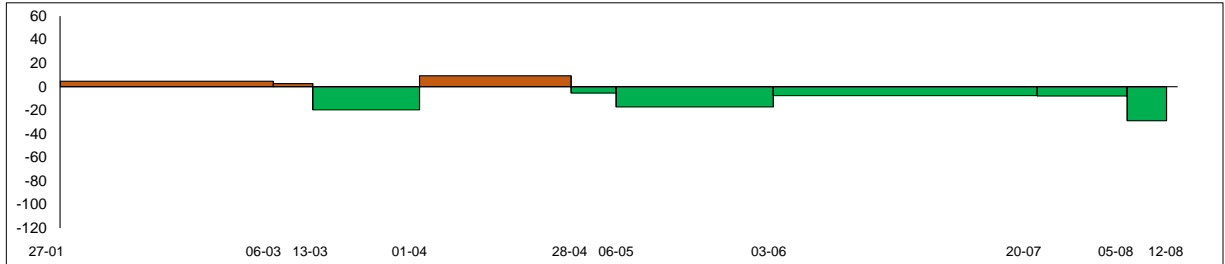
Perfil N°2



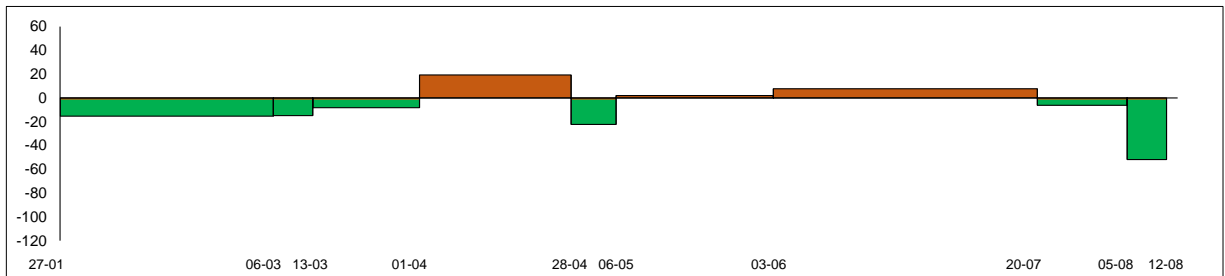
Perfil N°3



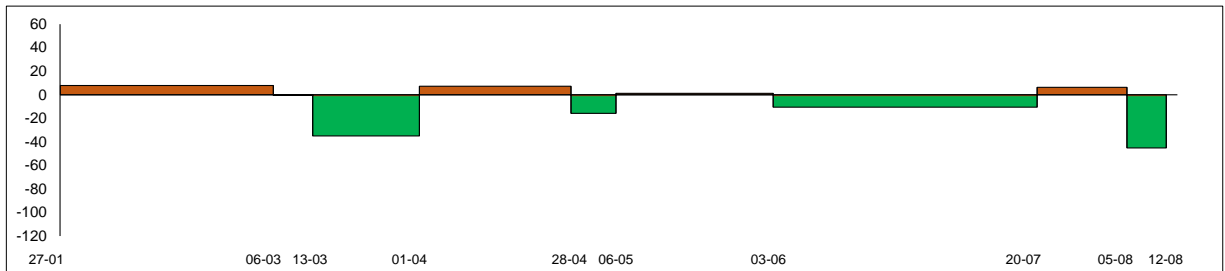
Perfil N°4



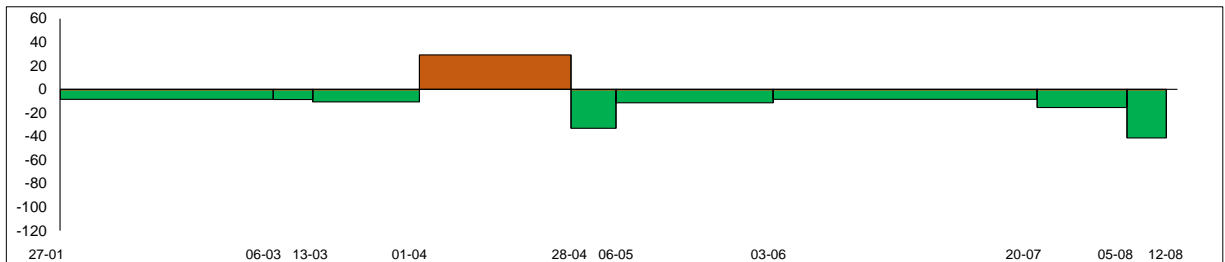
Perfil N°5



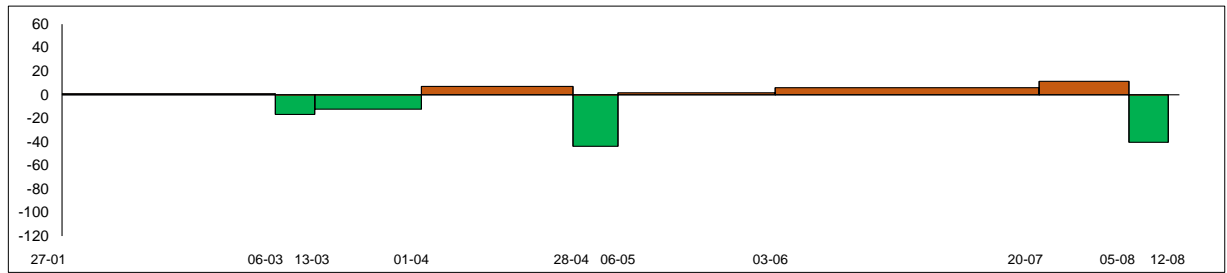
Perfil N°6



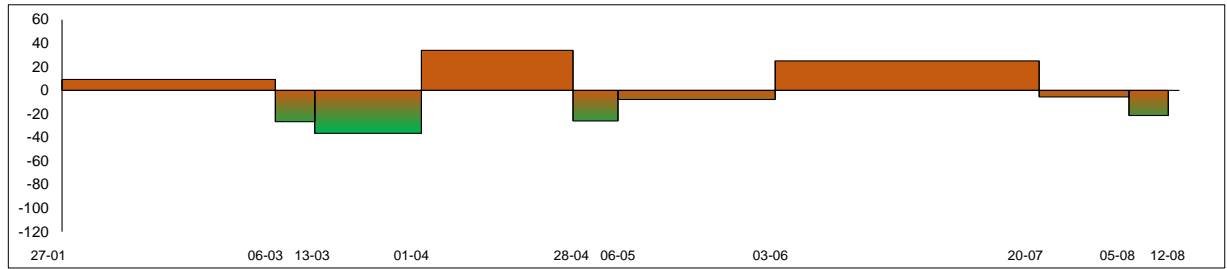
Perfil N°7



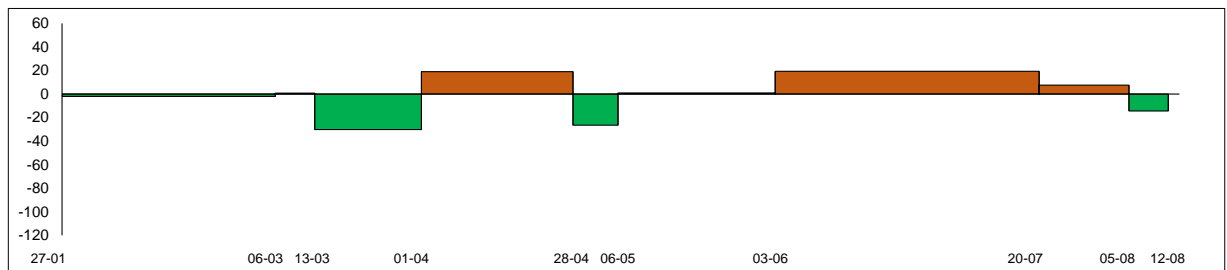
Perfil N°8



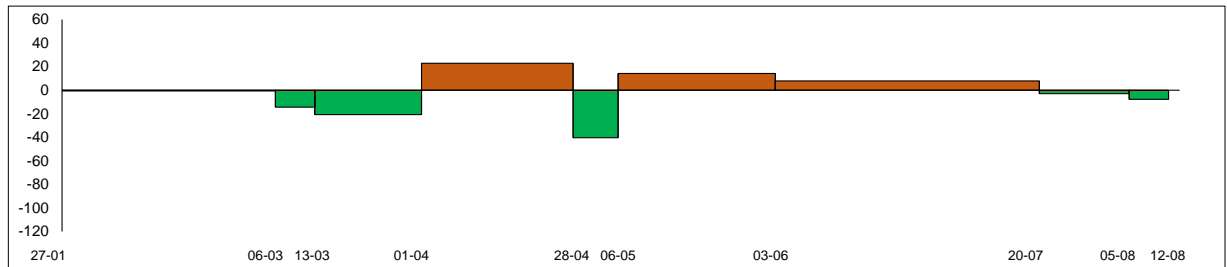
Perfil N°9



Perfil N°10



Perfil N°11



Perfil N°12

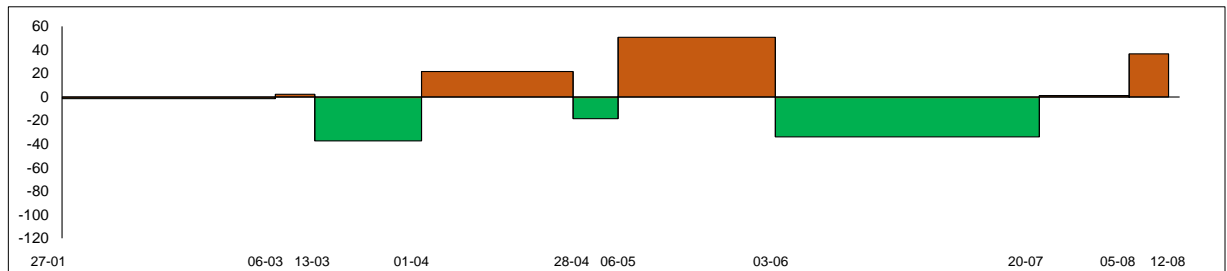


Figura 10. 33: Gráfica de área cuantificada de sedimento, año 2015, Playa Reñaca.
Fuente: Elaboración propia.

10.5.3 LEVANTAMIENTO DE PERFIL TRANSVERSAL, PLAYA CALETA ABARCA.

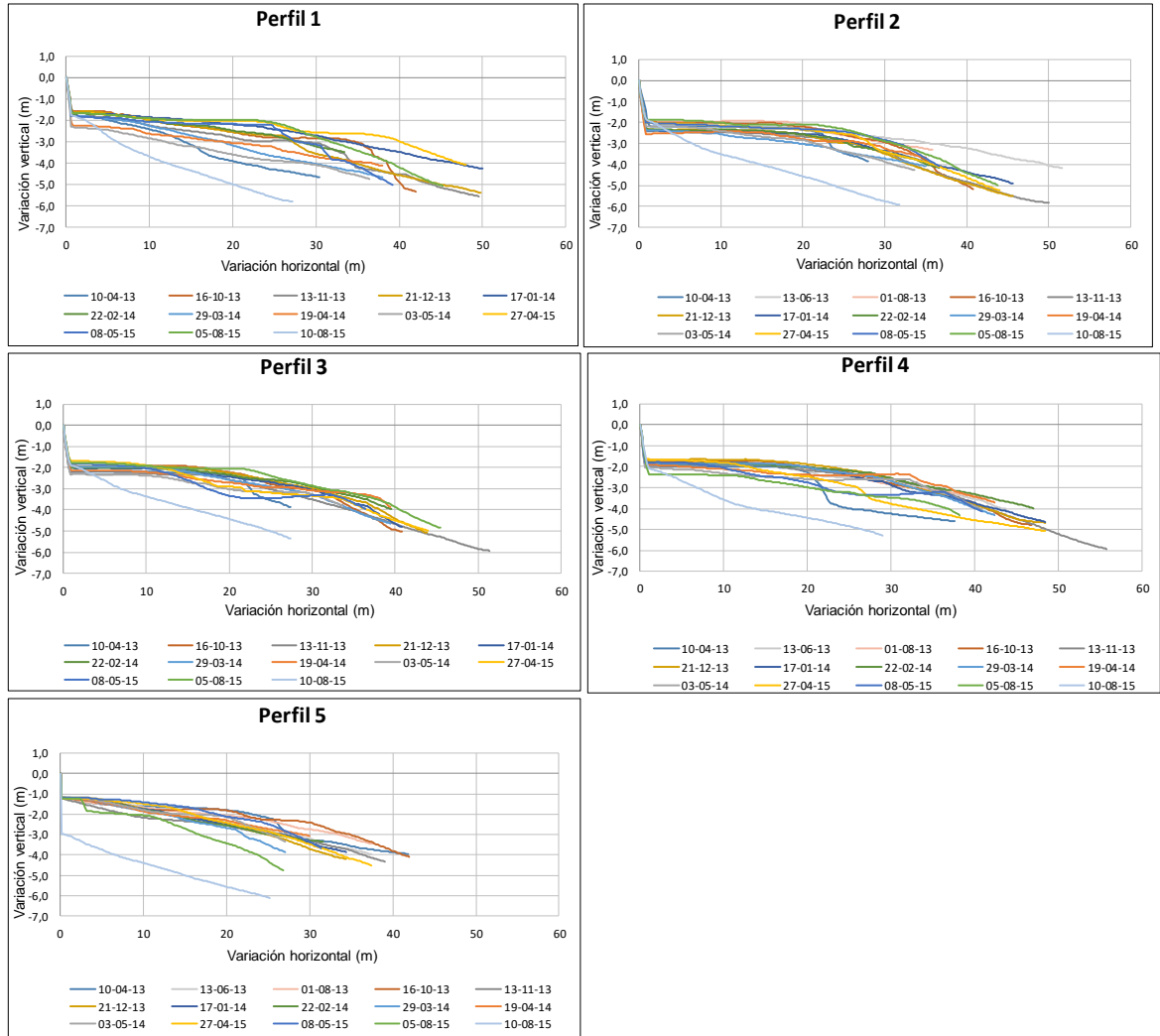


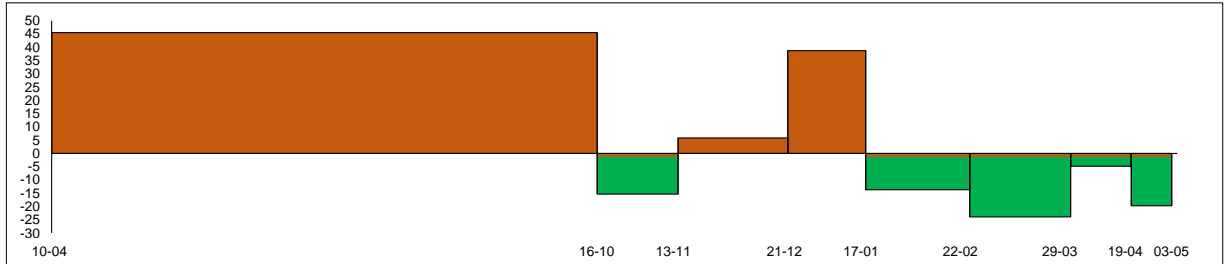
Figura 10. 34: Perfiles transversales N°1-2-3-4 y 5, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

10.5.4 ÁREA CUANTIFICADA, PLAYA CALETA ABARCA.

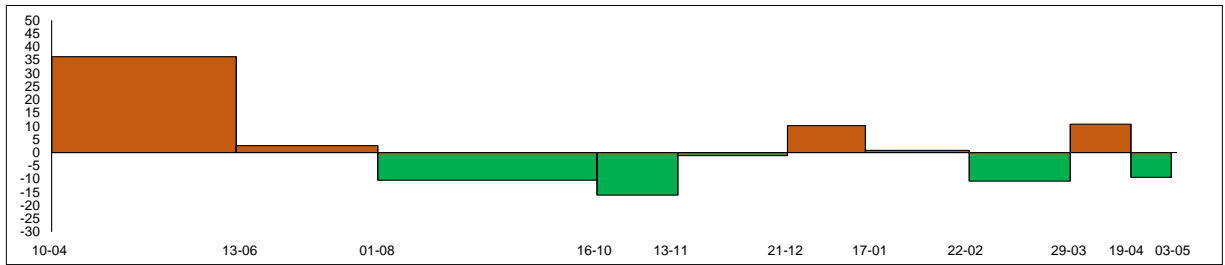
Periodo de mediciones: desde 10-04-2013 al 03-05-2014.

Simbología: barras de color verde corresponde a erosión y barras color café acreción.

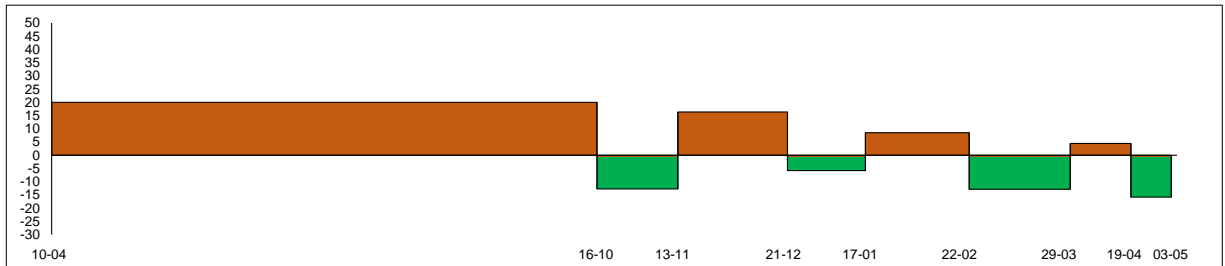
Perfil N°1



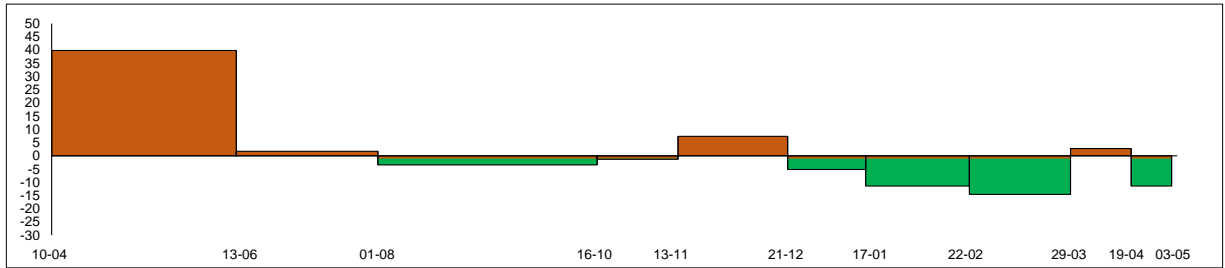
Perfil N°2



Perfil N°3



Perfil N°4



Perfil N°5

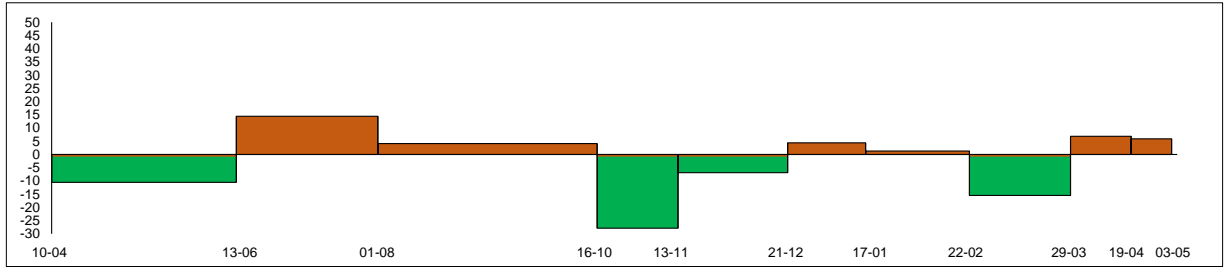


Figura 10. 35: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2013-2014, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.

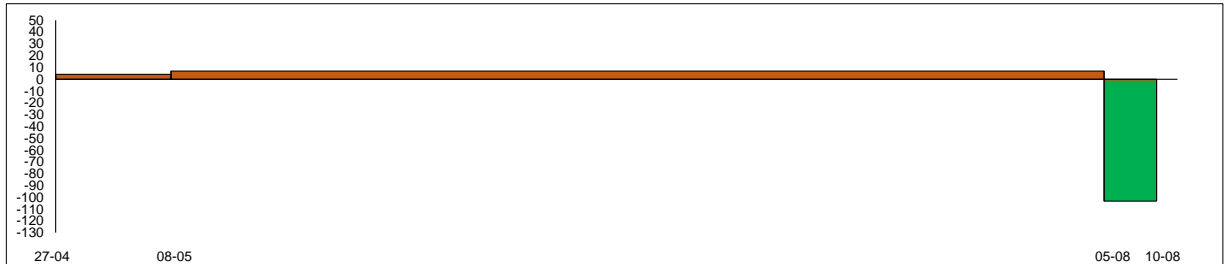
Periodo de mediciones: desde 27-04-2015 al 10-08-2015.

Simbología: barras de color verde corresponde a erosión y barras color café acreción.

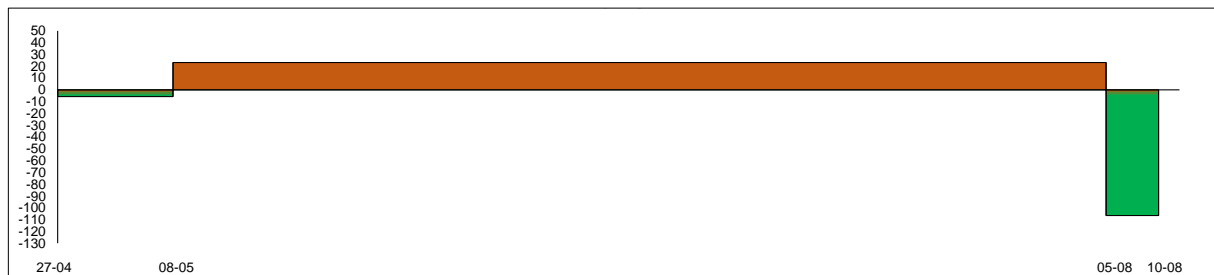
Perfil N°1



Perfil N°2



Perfil N°3



Perfil N°4



Perfil N°5

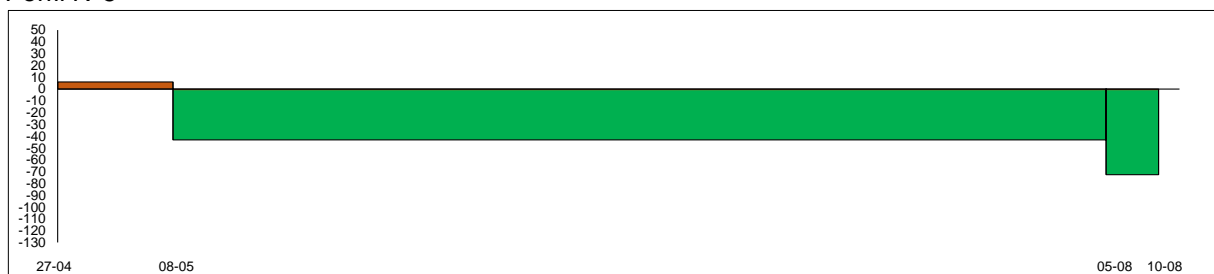


Figura 10. 36: Grafica de área cuantificada de sedimento, años 2015, Playa Caleta Abarca.
Fuente: Elaboración propia.