



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA
VIÑA DEL MAR

**“ESTUDIO DE EROSIÓN COSTERA Y REGENERACIÓN DE
ESPACIOS LITORALES. UNA APLICACIÓN EN PLAYA EL
PAPAGAYO, QUINTERO”**

MATÍAS FERNANDO QUEZADA LABRA

2007

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA
VIÑA DEL MAR

“ESTUDIO DE EROSIÓN COSTERA Y REGENERACIÓN DE ESPACIOS LITORALES.
UNA APLICACIÓN EN PLAYA EL PAPAGAYO, QUINTERO”

MATÍAS FERNANDO QUEZADA LABRA

COMISIÓN REVISORA	CALIFICACIONES	
	Nota	Firma
PROFESOR GUÍA SR. PATRICIO WINCKLER	_____	_____
PROFESOR CO-GUÍA SR. PATRICIO MONÁRDEZ	_____	_____
PROFESOR INTEGRANTE SR. ERNESTO GÓMEZ	_____	_____

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

VIÑA DEL MAR, CHILE
2007

DECLARACIÓN

Este trabajo o alguna de sus partes no ha sido presentado 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 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 propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a sus derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

La base de datos de Olas Chile utilizada en el contexto de esta memoria, ha sido cedida a la Universidad de Valparaíso para fines académicos exclusivos de éste proyecto de título. El uso comercial de esta información por parte de terceros será de su responsabilidad y devengará eventualmente en el cobro de los derechos correspondientes.

Patricio Winckler Grez
Profesor Guía

Matías Fernando Quezada Labra
Alumno Memorista

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos personales en primera instancia a Don Patricio Monárdez Santander, por acceder gentilmente a aclarar mis dudas e incógnitas cada vez que lo solicité y guiarme en la realización de este documento. Además, quiero dejar plasmada la increíble voluntad de mi querida compañera Cindy Bernal Ponce, quien a pesar de su corta edad y poca experiencia en la carrera, ha enriquecido mi texto y mis exposiciones con sus comentarios y observaciones.

A Baird & Associates por facilitar la estadística de oleaje para el desarrollo de esta memoria.

Vayan también mis agradecimientos para Ramón Caballero, Hernán Sepúlveda y Joaquín Miranda, el grupo de buzos quienes de buena voluntad accedieron a explorar el fondo marino de Playa El Papagayo. Y también para Roberto Monardes quien bajo su mirada cultural y ambiental brindó buenas luces en el camino.

Agradezco al Profesor Patricio Winckler Grez por su diligencia ante la Universidad de Cantabria y conseguir una licencia de utilización del software Sistema de Modelado Costero (SMC) y también al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), por su facilitación de datos.

Gracias Ximena Vásquez por devolverle la sonrisa a mis labios y darme todo ese amor, que también siento por ti.

A mi familia, quienes infundieron en mí el rigor que guía mi transitar por la vida. Gracias a todos aquellos que a través del cariño y apoyo me han ayudado a conseguir el logro de terminar mis estudios profesionales que constituye el legado más grande que pudiera recibir.

Finalmente mis sentidos agradecimientos a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron en el desarrollo del documento y sus nombres se me han escapado.

Gracias a todos.
Matías Fernando Quezada Labra.

...el orden de los factores, no altera el producto...

*Dedicada a Nicanor Armando Quezada Bustamante,
quien a pesar de no estar presente en cuerpo
sí lo ha estado en alma durante toda mi carrera.*

*Nunca consideres el estudio como una obligación,
sino como una oportunidad para penetrar en el bello
y maravilloso mundo del saber.*

Albert Einstein

CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1-1
2	OBJETIVOS	2-1
2.1	MOTIVACIÓN.....	2-1
2.2	OBJETIVO GENERAL.....	2-1
2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2-1
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3-1
3.1	OLEAJE.....	3-1
3.1.1	DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ONDAS.....	3-1
3.1.2	PROPIEDADES DE LAS ONDAS.....	3-2
3.1.3	ECUACIONES GENERALES DEL MOVIMIENTO.....	3-4
3.1.4	DISCRIMINACIÓN DE LA VALIDEZ DE LAS TEORÍAS DE OLEAJE.....	3-6
3.2	TENSORES DE RADIACIÓN.....	3-8
3.3	TRANSFERENCIA ESPECTRAL DEL OLEAJE.....	3-10
3.3.1	TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE EN LA PROPAGACIÓN.....	3-10
3.3.2	DEFINICIÓN DE ESPECTROS.....	3-19
3.3.3	ESPECTROS DE FRECUENCIA MÁS UTILIZADOS.....	3-20
3.3.4	METODOLOGÍAS DE TRANSFERENCIA ESPECTRAL.....	3-23
3.3.5	RECOMENDACIONES.....	3-24
3.4	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	3-25
3.4.1	SUPUESTOS.....	3-26
3.4.2	TRANSPORTE LONGITUDINAL.....	3-26
3.4.3	TRANSPORTE TRANSVERSAL.....	3-27
4	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO	4-1
4.1	OLEAJE.....	4-1
4.1.1	GENERALIDADES.....	4-1
4.1.2	OLEAJE EN PLAYA EL PAPAGAYO.....	4-2
4.2	MAREAS.....	4-28
4.2.1	COMPONENTE ASTRONÓMICA.....	4-28
4.2.2	COMPONENTE METEOROLÓGICA.....	4-28
4.3	GRANULOMETRÍA.....	4-30
4.3.1	CAMPAÑA DE 1989.....	4-30
4.3.2	CAMPAÑA DE 2006.....	4-31
4.3.3	COMPARACIÓN DE AMBAS CAMPAÑAS.....	4-35
4.4	EXPLORACIÓN DEL FONDO MARINO.....	4-36
4.4.1	GENERALIDADES.....	4-36
4.4.2	RESULTADOS OBTENIDOS.....	4-37
4.4.3	COMENTARIOS GENERALES.....	4-41
4.5	FUNCIONAMIENTO MORFODINÁMICO.....	4-43
4.5.1	CLASIFICACIÓN DE LA PLAYA.....	4-43
4.6	ESTIMACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	4-46
4.6.1	GENERALIDADES.....	4-46
4.6.2	MODELO NUMÉRICO MOPLA.....	4-46
4.6.3	MÉTODOS DE GABINETE.....	4-50
4.6.4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	4-52
5	ESTUDIO DE EROSIÓN COSTERA	5-1
5.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PLAYA EL PAPAGAYO.....	5-1
5.2	EVOLUCIÓN EN PLANTA.....	5-11
5.2.1	BASE DE DATOS.....	5-11
5.2.2	ANÁLISIS DE LA LÍNEA DE COSTA.....	5-13
5.3	ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE EROSIONADA.....	5-21
6	REGENERACIÓN DE PLAYA EL PAPAGAYO	6-1
6.1	PRESENTACIÓN.....	6-1

6.1.1	DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	6-1
6.1.2	RESULTADOS ESPERADOS	6-5
6.2	BASES DE DISEÑO	6-7
6.2.1	VIDA ÚTIL	6-7
6.2.2	RIESGO	6-8
6.2.3	PERIODO DE RETORNO	6-9
6.3	PARÁMETROS DE DISEÑO	6-9
6.3.1	NIVEL DE MAREA	6-9
6.3.2	OLEAJE	6-9
6.3.3	HIDRODINÁMICA DEL PERFIL DE PLAYA.....	6-17
6.4	DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS	6-20
6.4.1	FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO	6-20
6.4.2	DISEÑO ESTRUCTURAL ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	6-24
6.5	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	6-32
6.6	DISEÑO DE LA NUEVA PLAYA EL PAPAGAYO	6-34
6.6.1	PLAYA DE ARENA.....	6-34
6.6.2	PLAYA DE PIEDRAS	6-38
6.7	ANÁLISIS EVOLUTIVO DE PLAYA EL PAPAGAYO	6-39
6.7.1	ANÁLISIS AL LARGO PLAZO	6-39
6.7.2	ANÁLISIS AL CORTO PLAZO	6-45
6.8	CUBICACIÓN PROYECTOS DE REGENERACIÓN	6-50
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7-1
7.1	RESPECTO DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO	7-1
7.2	RESPECTO DEL ESTUDIO DE EROSIÓN	7-1
7.3	RESPECTO DEL PROYECTO DE REGENERACIÓN	7-1
7.4	RECOMENDACIONES GENERALES	7-2
8	ANEXOS	8-1
8.1	ANEXO I: RESULTADOS DE LA GRANULOMETRÍA.....	8-2
8.1.1	METODOLOGÍA.....	8-3
8.1.2	UBICACIÓN DE LAS TOMA DE MUESTRAS.....	8-3
8.2	ANEXO II: ECUACIONES DE GOBIERNO DE MOPLA	8-23
8.2.1	GENERALIDADES.....	8-24
8.2.2	ECUACIONES DE GOBIERNO DE OLUCA –SP.....	8-24
8.2.3	ECUACIONES DE GOBIERNO DE COPLA – SP.....	8-26
8.2.4	ECUACIONES DE GOBIERNO DE EROS – SP.....	8-26
8.3	ANEXO III: HEMEROTECA.....	8-27

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN FUERZAS GENERADORAS Y RESTAURADORAS DEL OLEAJE.	3-2
TABLA 2: RESUMEN DE CONDICIONES DE BORDE PARA LAS DIFERENTES TEORÍAS DE OLEAJE.....	3-5
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE ROMPIENTES SEGÚN NÚMERO DE IRIBARREN.	3-18
TABLA 4: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE ALTURA Y PERIODO, COSTA AFUERA (VALPARAÍSO).	4-3
TABLA 5: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE ALTURA Y DIRECCIÓN, COSTA AFUERA (VALPARAÍSO).	4-4
TABLA 6: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE PERIODO Y DIRECCIÓN, COSTA AFUERA (VALPARAÍSO).	4-5
TABLA 7: ORIENTACIONES DE LAS GRILLAS NUMÉRICAS EMPLEADAS.....	4-8
TABLA 8: DIRECCIONES INCIDENTES DE OLEAJE PROPAGADAS.	4-10
TABLA 9: COORDENADAS DEL PUNTO DE EXTRACCIÓN DE DATOS (NODO 1).	4-15
TABLA 10: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE ALTURA Y PERIODO PARA LA PLAYA EL PAPAGAYO.	4-19
TABLA 11: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE ALTURA Y DIRECCIÓN PARA LA PLAYA EL PAPAGAYO....	4-20
TABLA 12: TABLA DE INCIDENCIA DE OLEAJE DE PERIODO Y DIRECCIÓN PARA LA PLAYA EL PAPAGAYO..	4-21
TABLA 13: PLANOS MAREALES PARA QUINTERO SEGÚN PRONÓSTICOS DESDE 2003 A 2005.	4-28
TABLA 14: CORRECCIÓN POR PRESIÓN ATMOSFÉRICA.	4-29
TABLA 15: RESUMEN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA CADA MUESTRA.	4-30
TABLA 16: RESULTADOS ENSAYES DE LABORATORIO.	4-33
TABLA 17: DIÁMETROS UTILIZADOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTO.	4-35
TABLA 18: RESUMEN DE MODELOS NUMÉRICOS INCLUIDOS EN MOPLA.....	4-47
TABLA 19: VALORES DE HMO, TP Y DIR PARA EL CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	4-47
TABLA 20: RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DESDE EL MODELO MOPLA.	4-57
TABLA 21: RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA LOS MÉTODOS DE GABINETE.	4-59
TABLA 22: FOTOGRAFÍAS ÁREAS DISPONIBLES.	5-11
TABLA 23: COMPARACIÓN DE RESULTADOS CONSIDERANDO LA MUESTRA PPY – EQ.....	5-22
TABLA 24: VIDA ÚTIL MÍNIMA RECOMENDADA.	6-7
TABLA 25: RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES.....	6-8
TABLA 26: LISTA DE MÁXIMOS ANUALES EN 20 AÑOS DE ESTADÍSTICA, 3º CUADRANTE.	6-10
TABLA 27: LISTA DE MÁXIMOS ANUALES EN 20 AÑOS DE ESTADÍSTICA, 4º CUADRANTE.	6-11
TABLA 28: OLEAJE DE DISEÑO EN EL PUNTO DE EXTRACCIÓN POR CUADRANTE.	6-14
TABLA 29: ALTURA DE OLA PROGRESIVA PARA $T_r = 100$ AÑOS AL PIE DE LA OBRA.	6-17
TABLA 30: $H_{s0.137}$ DE ACUERDO AL CUADRANTE ANALIZADO, PARA 20 AÑOS DE ESTADÍSTICA (NODO 1).	6-18
TABLA 31: ZONIFICACIÓN DEL PERFIL PARA LA CONDICIÓN ACTUAL.	6-18
TABLA 32: COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE.....	6-20
TABLA 33: CASOS DE DIQUES SUMERGIDOS A SENSIBILIZAR.	6-23
TABLA 34: CASOS DE DIQUES ARRECIFES A SENSIBILIZAR.	6-24
TABLA 35: CARACTERÍSTICAS DE REEF BALL DISPONIBLES EN EL MERCADO.	6-25
TABLA 36: RESUMEN DE DISEÑO DIQUE SUMERGIDO, PARA OLEAJE EXTREMO.	6-27
TABLA 37: RESUMEN DE DISEÑO DIQUE SUMERGIDO, PARA OLEAJE ROMPIENTE.	6-28
TABLA 38: RESUMEN DE DISEÑO DIQUE ARRECIFE, PARA OLEAJE EXTREMO.	6-30
TABLA 39: RESUMEN DE DISEÑO DIQUE ARRECIFE, PARA OLEAJE ROMPIENTE.	6-31
TABLA 40: CUBICACIÓN Y PRESUPUESTO ESTIMATIVO POR ML CONSTRUIDO.	6-32
TABLA 41: CASOS DE OLEAJE EMPLEADOS COMBINANDO ALTURA Y PERIODO.	6-34
TABLA 42: RESUMEN DE CASOS QUE EROSIONA EN ALGÚN GRADO LA PLAYA.....	6-41
TABLA 43: TORMENTAS PARA EL ANÁLISIS AL CORTO PLAZO, EN EL NODO 1.....	6-46
TABLA 44: COSTO DE PROYECTOS DE REGENERACIÓN SIN CONSIDERAR MATERIAL EXISTENTE.	6-50
TABLA 45: COSTO DE PROYECTOS DE REGENERACIÓN CONSIDERANDO MATERIAL EXISTENTE.....	6-51
TABLA 46: RESUMEN DE POSICIÓN DE MUESTRAS.....	8-4

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: UBICACIÓN DE QUINTERO.	1-1
ILUSTRACIÓN 2: UBICACIÓN DE PLAYA EL PAPAGAYO.	1-2

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CLASIFICACIÓN DE LAS OLAS.	3-1
FIGURA 2: REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE UNA ONDA.	3-3
FIGURA 3: CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DE UNA ONDA.	3-3
FIGURA 4: GRÁFICO PARA DISCRIMINAR LA VALIDEZ DE LAS TEORÍAS (LE MÉHAUTÉ 1976).	3-8
FIGURA 5: DIRECCIONES DE CÁLCULO DE LOS TENSORES DE RADIACIÓN.	3-9
FIGURA 6: ESQUEMA DE UNA OLA REFRACTADA.....	3-12
FIGURA 7: DIFRACCIÓN PARA UN DIQUE SEMI INFINITO CON INCIDENCIA OBLICUA DEL OLEAJE.	3-13
FIGURA 8: ROMPIENTE TIPO SPILLING.....	3-17
FIGURA 9: ROMPIENTE TIPO PLUNGING.....	3-17
FIGURA 10: ROMPIENTE TIPO COLLAPSING.	3-18
FIGURA 11: ROMPIENTE TIPO SURFING.	3-18
FIGURA 12: EJEMPLO DE ESPECTRO DE FRECUENCIA.	3-19
FIGURA 13: EJEMPLO DE ESPECTRO DIRECCIONAL.	3-20
FIGURA 14: PARÁMETRO DEL DIÁMETRO DEL GRANO V/S EL PARÁMETRO DE SHIELDS.	3-25
FIGURA 15: ESQUEMA GENERAL PARA EL DESARROLLO DE OLEAJE.	4-1
FIGURA 16: UBICACIÓN NODO DE ESTADÍSTICAS EN AGUAS PROFUNDAS.....	4-2
FIGURA 17: ROSA DE ALTURA OLEAJE COSTA AFUERA (VALPARAÍSO).	4-6
FIGURA 18: ROSA DE PERIODO OLEAJE COSTA AFUERA (VALPARAÍSO).	4-7
FIGURA 19: ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO DE LAS GRILLAS DE PROPAGACIÓN.....	4-9
FIGURA 20: GRILLA ANIDADA PARA EL MODELO SW.....	4-11
FIGURA 21: GRILLA ANIDADA PARA EL MODELO W.	4-12
FIGURA 22: GRILLA ANIDADA PARA EL MODELO NW.....	4-13
FIGURA 23: PROPAGACIÓN DE OLEAJE HMO = 1 [M], TP = 14 [S], DIR = 225°.	4-14
FIGURA 24: PROPAGACIÓN DE OLEAJE HMO = 1 [M], TP = 14 [S], DIR = 270°.	4-14
FIGURA 25: PROPAGACIÓN DE OLEAJE HMO = 1 [M], TP = 14 [S], DIR = 315°.	4-15
FIGURA 26: UBICACIÓN PUNTO DE EXTRACCIÓN DE DATOS (NODO 1).	4-16
FIGURA 27: ROSA DE ALTURA DE OLEAJE PARA LA PLAYA EL PAPAGAYO.....	4-22
FIGURA 28: ROSA DE PERIODO DE OLEAJE PARA LA PLAYA EL PAPAGAYO.....	4-23
FIGURA 29: UBICACIÓN DE LOS PERFILES.	4-32
FIGURA 30: LÍNEAS DE SONDEO SUBMARINO.	4-37
FIGURA 31: ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DEL FONDO MARINO.	4-42
FIGURA 32: PUNTOS DE ENCAJONAMIENTO DE PLAYA EL PAPAGAYO.	4-43
FIGURA 33: UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE SEDIMENTO MÁS CERCANAS.	4-44
FIGURA 34: FUNCIONAMIENTO DEL RÍO ACONCAGUA.....	4-45
FIGURA 35: FUNCIONAMIENTO DEL ESTERO CAMPICHE.	4-45
FIGURA 36: BATIMETRÍA Y GRILLA EMPLEADA EN MOPLA.....	4-52
FIGURA 37: ESPECTRO TMA PARA EL OLEAJE.....	4-53
FIGURA 38: ESPECTRO DE DIRECCIONES PARA EL OLEAJE.	4-53
FIGURA 39: ESPECTRO BIDIMENSIONAL ANTES DE LA ROMPIENTE.....	4-54
FIGURA 40: TRANSFORMACIÓN DEL ESPECTRO TMA PARA EL OLEAJE.....	4-55
FIGURA 41: ESPECTRO BIDIMENSIONAL DESPUÉS DE LA ROMPIENTE.....	4-55
FIGURA 42: CORRIENTES GENERADAS POR EL OLEAJE.	4-56
FIGURA 43: TRANSPORTE DE SEDIMENTOS GENERADO POR EL OLEAJE.....	4-58
FIGURA 44: PLAYA EL PAPAGAYO EN EL AÑO 1960.	5-1
FIGURA 45: PLAYA EL PAPAGAYO EN EL AÑO 1979.	5-2
FIGURA 46: RUN-UP EN UNA DE LAS CASAS EXISTENTES EN EL ACANTILADO.....	5-3
FIGURA 47: DERRUMBES DE MUROS Y DESLIZAMIENTO DE TERRENO EN VIVIENDAS ALEDAÑAS.....	5-3
FIGURA 48: RUN-UP DE LAS OLAS DEL TEMPORAL DE 1989 EN PLAYA EL PAPAGAYO.	5-6
FIGURA 49: SECCIÓN TIPO DE LA ESCOLLERA DE SOLUCIÓN PROPUESTA POR LA DOP.	5-6
FIGURA 50: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL TEMPORAL DE 1995 EN PLAYA EL PAPAGAYO.	5-7
FIGURA 51: CASA DAÑADA POR MOTIVOS DE LA EROSIÓN DEL FARELLÓN (VISTA CENTRALIZADA).	5-9

FIGURA 52: VISTA GENERAL DE UNA DE LAS ZONAS DAÑADAS EN LA PLAYA.	5-9
FIGURA 53: VISTA PANORÁMICA DE UNA DE LAS ZONAS CON PROTECCIÓN DE LOS TALUDES.....	5-10
FIGURA 54: PROTECCIÓN DE FONDO CONSTRUIDA AL PIE DEL TALUD.	5-10
FIGURA 55: COMPARACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DE LOS AÑOS 1970 Y 1975.	5-14
FIGURA 56: COMPARACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DE LOS AÑOS 1975 Y 1980.	5-14
FIGURA 57: COMPARACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DE LOS AÑOS 1980 Y 1994.	5-17
FIGURA 58: COMPARACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DE LOS AÑOS 1994 Y 2006.	5-17
FIGURA 59: PUNTOS DE CONTROL PARA LA FORMULACIÓN DE LA PLANTA DE EQUILIBRIO.	5-20
FIGURA 60: DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE EROSIONADA.	5-23
FIGURA 61: ELEMENTO REEF BALL.....	6-1
FIGURA 62: SECCIÓN TIPO, ALTERNATIVA 1.....	6-2
FIGURA 63: CASO DE ESTUDIO EN REPUBLICADA DOMINICA, ANTES Y DESPUÉS DE REEF BALL.....	6-2
FIGURA 64: SECCIÓN TIPO, ALTERNATIVA 2.....	6-3
FIGURA 65: SECCIÓN UTILIZADA EN EL PROYECTO ISLAS AMWAJ.	6-3
FIGURA 66: SECCIÓN EMPLEADA EN PUERTO GRIS.	6-4
FIGURA 67: UBICACIÓN DE INSTALACIÓN DEL DIQUE ARRECIFE EN PUERTO GRIS.	6-4
FIGURA 68: SECCIÓN TIPO, ALTERNATIVA 3.....	6-5
FIGURA 69: PLAYA DE PIEDRAS EN EL SUR DE CHILE (X REGIÓN).....	6-5
FIGURA 70: ILUSTRACIÓN DE LA METODOLOGÍA 3.	6-15
FIGURA 71: ZONAS DE UN PERFIL DE PLAYA.	6-17
FIGURA 72: ESQUEMA DE CÁLCULO DE TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE $H_{s0.137}$	6-19
FIGURA 73: TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL RECOMENDADA PARA DIQUES SUMERGIDOS.	6-26
FIGURA 74: SECCIÓN DE RESPUESTA DEL DIQUE ARRECIFE.....	6-29
FIGURA 75: SECCIÓN TIPO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	6-33
FIGURA 76: PLAYAS UTILIZADAS PARA COMPARAR.	6-37
FIGURA 77: FORMACIÓN DE EQUILIBRIO PARA LA NUEVA PLAYA EL PAPAGAYO.....	6-41
FIGURA 78: NUEVA PLAYA EL PAPAGAYO, PLANTA DE EQUILIBRIO ESTIMADA PARA LA PLAYA DE ARENA.	6-42
FIGURA 79: NUEVA PLAYA EL PAPAGAYO, EQUILIBRIO ESTIMADO PARA LA PLAYA DE PIEDRAS.	6-44
FIGURA 80: PERFIL DE RESPUESTA DE UNA PLAYA DE PIEDRAS ANTE 500 OLAS.	6-48
FIGURA 81: EMPLAZAMIENTOS DE PUNTOS DE MUESTREO.	8-5

LISTA DE PLANOS

LÁMINA 1: BATIMETRÍA ACTUAL DE PLAYA EL PAPAGAYO.

LÁMINA 2: DISEÑO EN PLANTA DE LA NUEVA PLAYA DE ARENA EL PAPAGAYO.

LÁMINA 3: DETALLE DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

LÁMINA 4: DISEÑO EN PLANTA DE LA NUEVA PLAYA DE PIEDRAS EL PAPAGAYO.

REFERENCIAS

- Ref. 1:** Armono, H.D and Hall, K. R. *“Wave Transmission on Sumerged Breakwaters Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs”*. A department of Ocean Engineering, Intitute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Indonesia, 2003.
- Ref. 2:** Battjes, Jurjen. *“Wave Height Distributions on Shallow Foreshores”*. Department of Civil Engineering, Delft University of Techndology, Netherlands, 2000.
- Ref. 3:** Bodge, Kevin R. *“Design Aspects of Groins and Jetties”*. World Scientific Publishing Co., International Conf. on Coastal Engineering, 2006.
- Ref. 4:** Bodge, Kevin R. *“Groins, Headlands, and Cutting an Island in two in the Maldives”*. World Scientific Publishing Co., International Conf. on Coastal Engineering, 2006.
- Ref. 5:** Dean, Robert G. *“Coastal Processes: with Engineering Applications”*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2002.
- Ref. 6:** Dean, Robert G. *“Beach Nourishment: Theory and Practice”*. World Scientific, New Jersey, 2002.
- Ref. 7:** DELOS. *“Environmental Design of Low Crested Defence Structures”*.Italia, 2004.
- Ref. 8:** Dirección de Obras Portuarias. *“Destrucción del Borde Costero Playa El Papagayo”*. Departamento de Estudios. Santiago, Chile. 1995.
- Ref. 9:** Goda, Yoshimi. *“Random Seas and Design of Maritime Structures”*. World Scientific, University of Tokyo. Japón, 2000.
- Ref. 10:** Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. *“Documentos de Referencia”*, Volumen I y II. Universidad de Cantabria, España, 2000.
- Ref. 11:** Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. *“Documento Temático Regeneración de Playas”*. Universidad de Cantabria, España, 1998.
- Ref. 12:** Harris, Lee. *“Stability Analysis of Reef Ball Artificial Reef Units”*. Florida Institute of Technology, Division of Marine and Environmental Systems, 1996.
- Ref. 13:** Harris, Lee. *“Submerged Reef Structures for Habitat Enhancement and Shoreline Erosion Abatement”*. U.S. Army Corps Engineer, Coastal Engineering Technical Note, 2001.

- Ref. 14:** Harris, Lee. *“Artificial Reef for Ecosystem Restoration and Coastal Erosion Protection with Aquaculture and Recreational Amenities”*. Florida Institute of Technology, Division of Marine and Environmental Systems, 2006.
- Ref. 15:** Harry, Friebel. *“A New Wave Transmission Coefficient Model for Submerged Breakwaters”*. U.S. Army Corps Engineer, Coastal Engineering Technical Note, 2003.
- Ref. 16:** Kamphuis, J. William. *“Introduction to Coastal Engineering and Management”*. World Scientific, Queen`s University. Canada, 2000.
- Ref. 17:** Kraus, Nicholas C. *“Shoreline Response to Breakwaters with Time-Dependent Wave Transmission”*. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory, 2003.
- Ref. 18:** Kraus, Nicholas C. *“Wave Transmission at Detached Breakwaters for Shoreline Response Modeling”*. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory, 2002.
- Ref. 19:** Medina Santamaría, Raúl. *“Modelado de la morfodinámica de playas por medio de formulaciones de «Equilibrio»”*. Universidad de Cantabria, España, 2001.
- Ref. 20:** Medina Villaverde, José María. *“Hidrodinámica del Perfil de Playa”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España, 1998.
- Ref. 21:** MOPU. *“ROM. 02-90. Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias”*. España, 1990.
- Ref. 22:** Nicolau del Roure Olivares, Francisco Javier. *“Evaluación de Metodologías de Transferencia de Oleaje desde Aguas Profundas hacia Aguas Someras”*. Santiago, Universidad de Chile, 2004.
- Ref. 23:** OCDI. *“Technical Standards and Commentaries for Port and Harbor Facilities”*. Japón, 2002.
- Ref. 24:** Pilarczyk, Krystian W. *“Design of low-crested (sumerged) Structures – an Overview”*. Delft Hydraulics, Netherlands, 2003.
- Ref. 25:** Sierra J.P. y Lo Presti A. *“Estudio Comparativo de Criterios de Rotura del Oleaje Regular”*. Universidad Politécnica de Catalunya, España. 1997.

- Ref. 26:** Sievers, Hellmuth. *“Programa de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Marina por Hidrocarburos de Petróleo en el Pacífico Sudeste y sus Efectos en las Comunidades y Ecosistemas Marinos”*. Universidad de Valparaíso, Chile. 1986.
- Ref. 27:** Silvester R. and Hsu J. *“Coastal Stabilization”*. World Scientific, The University of Western. Australia, 1999
- Ref. 28:** Smith Jane and Sherlock Ann. *“STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model User’s Manual for STWAVE, Version 3.0”*. U.S Army Corps of Engineers, 2001.
- Ref. 29:** U. S. Army Corps of Engineers. *“Coastal Engineering Manual”*. Volumen II, chapter 1. Volumen III, chapter 1, 2 and 3, 2003
- Ref. 30:** U. S. Army Corps of Engineers. *“Shore Protection Manual”*. Volumen I and II, 1984
- Ref. 31:** USR Corporation. *“Section 227 National Shoreline Erosion Control. Development and Demonstration Program.”*. Miami Beach, Florida. 2003.
- Ref. 32:** Valdes, Jose María. *“Diques Arrecife: Análisis de los Métodos de Diseño”*. CEDEX, España. 1995.
- Ref. 33:** van der Meer, Jentsje W. *“Rock Slopes and Gravel Beaches under Waves Attack”*. Delft Hydraulics Communication, Netherlands, 1988.
- Ref. 34:** van Rijn, Leo C. *“Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas”*. Aqua Publications, Emmeloord NL, 2005.
- Ref. 35:** van Rijn, Leo C. *“Principles of Coastal Morphology”*. Aqua Publications, Amsterdam, 1998.
- Ref. 36** Vergara, Hernán. *“Manual de Laboratorio para Sedimentología”*. Instituto de Oceanología, Viña del Mar, 1991.

RESUMEN

El presente documento consiste en el proyecto de título llamado “Estudio de Erosión Costera y Regeneración de Espacios Litorales. Una Aplicación en Playa El Papagayo, Quintero.”. El cual ha sido abordado en tres puntos principales. En primera instancia se ha caracterizado el medio determinando las condiciones naturales presentes en el sector de estudio, para posteriormente analizar las causas que determinan el patrón de erosión de la playa y proponer alternativas de solución.

En el estudio de erosión se determinó que la línea de costa ha retrocedido a una tasa de 2 m/año, después de la extracción de las algas, y que mediante la construcción del rompeolas al pie del talud, logró controlarse en ese sector el proceso erosivo, pero se perdió una gran extensión de playa.

Finalmente como alternativa para la regeneración de espacios litorales se consideró una playa de arena contenida por la intervención de un dique arrecife dinámicamente estable y por otro lado una playa de piedras que se mantiene estable de acuerdo al gran tamaño de la grava propuesta para la regeneración.