



FACULTAD DE INGENIERÍA

Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN
PARA CALETA DE PESCADORES ARTESANALES DE
ARICA**

Pablo Ignacio Vera Gallegos

Agosto 2019

**PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA PROTECCIÓN PARA CALETA DE
PESCADORES ARTESANALES ARICA**

Pablo Ignacio Vera Gallegos

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

Carlos Cárdenas Martínez

Profesor guía
GSI Ingenieros Consultores Ltda.

Mauricio Molina Pereira

Docente
Universidad de Valparaíso

Jorge Gómez Mena

Ingeniero Civil Oceánico
GSI Ingenieros Consultores Ltda.

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 exclusivo de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre la 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 académicos.

Alumno, Pablo Vera Gallegos

P. Guía, Carlos Cárdenas Martínez

AGRADECIMIENTOS

Son variadas las personas a las cuales podría agradecer, algunas por el apoyo que prestaron para poder completar este proceso, por la paciencia, las buenas vibras y por último la comprensión.

Me gustaría comenzar con mi familia; madre, padre, hermana y abuela, donde cada uno de ellos comprendió y tuvo la paciencia para esperar taaaantos años a que terminara este proceso. A ellos les doy gracias porque de alguna u otra forma hicieron que mi rumbo se demarcara finalmente. Pero como siempre pensé, todo tiene su tiempo.

Agradezco también a mis amigos y compañeros, esos que siempre dieron la mano cuando la necesité y sin pedir nada a cambio, José, Camilo, Reinaldo y el último que se incorporó a la línea de ayuda, Rodrigo. Gracias a todos, por entregar conocimiento, discusiones y comprensión.

Quisiera agradecer también a Carlos, profesor guía, por prestar su apoyo y dirección a este proceso, a Jorge Gómez y a GSI Ingenieros Ltda.

Agradecer también a mis compañeros de trabajo, por el apoyo y cooperación cuando necesitaba entregar más tiempo a este proyecto personal.

...

“We are come from sea, but we are not all of the sea. Those of us who are, we children of the tides, must return to it again and again, until the day we don’t come back leaving only that which was touched along the way.”

Chasing Mavericks

CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. ALCANCES	6
4. MARCO TEÓRICO	7
4.1. OLEAJE IRREGULAR ENFOQUE ESPECTRAL	8
4.2. METODOLOGÍAS PARA LA TRANSFERENCIA DE OLEAJE	9
4.2.1. Método de transferencia de parámetros de resumen	9
4.2.2. Método de transferencia cuasi purista	10
4.2.3. Método de transferencia cuasi purista modificado.....	11
4.2.4. Método de transferencia purista	11
4.3. ANÁLISIS DE VALORES EXTREMOS.....	12
4.3.1. Determinación de valores extremos.....	12
4.3.2. Distribuciones teóricas candidatas	13
4.3.3. Métodos de ajuste y procedimiento	13
4.3.4. Fórmula de posición para el trazado.....	14
4.3.5. Extrapolación de valores extremos	16
4.4. DISEÑO DE ROMPEOLAS EN TALUD.....	17
4.4.1. Diseño hidráulico	18
4.4.2. Diseño estructural.....	22
4.5. MODELOS NUMÉRICOS	29
4.5.1. Mike 21 Spectral Waves	29
4.5.2. Mike 21 Boussinesq Wave.....	32
5. FUENTES DE DATOS	35
5.1. BATIMETRÍAS.....	35
5.1.1. Cartas náuticas Electrónicas	35
5.1.2. Levantamiento batimétrico multihaz.....	36
5.1.3. Línea de costa	37
5.2. OLEAJE	38
5.2.1. Oleaje medido en terreno	38
5.2.2. Oleaje de modelos globales.....	39
5.3. NIVEL DEL MAR.....	40
6. METODOLOGÍA	41
6.1. BASES DE DISEÑO	42
6.2. ANÁLISIS DE DATOS DISPONIBLES	43
6.2.1. Análisis de oleaje	43
6.2.2. Análisis de mareas.....	43
6.3. TRANSFERENCIA DE OLEAJE AL SITIO DE INTERÉS	45
6.3.1. Definición del sitio de interés	45
6.3.2. Transferencia de parámetros resumen al sitio de interés	45
6.3.3. Metodología alternativa de calibración.....	49

6.3.4.	Clima de oleaje en aguas profundas con datos ajustados.....	51
6.3.5.	Modelación para obtener coeficientes de transferencia.....	51
6.3.6.	Aplicación de coeficientes a datos de aguas profundas	53
6.4.	CLIMA DE OLAJE EXTREMO	53
6.4.1.	Selección de eventos extremos	56
6.4.2.	Identificación de distribuciones extremas candidatas	56
6.4.3.	Selección de distribución óptima	57
6.4.4.	Extrapolación de valores extremos	57
6.5.	PROPUESTA DE LAYOUT	58
6.5.1.	Alternativas de layout estructura de protección	59
6.5.2.	Verificación de las alternativas	60
6.5.3.	Selección de alternativa óptima de layout.....	63
6.6.	CLIMA DE OLAJE EN ZONA EXPUESTA A LA ESTRUCTURA	63
6.7.	DISEÑO DE ALTERNATIVA DE LAYOUT	64
6.7.1.	Periodo de retorno y probabilidad de encuentro	64
6.7.2.	Niveles de diseño	66
6.7.3.	Diseño hidráulico	67
6.7.4.	Diseño estructural.....	68
7.	RESULTADOS	69
7.1.	BASES DE DISEÑO	69
7.2.	ANÁLISIS DE DATOS	73
7.2.1.	Oleaje medido en terreno	73
7.2.2.	Oleaje en aguas profundas.....	76
7.2.3.	nivel del mar	79
7.3.	TRANSFERENCIA DE OLAJE HASTA SITIO DE INTERÉS.....	84
7.3.1.	Estimación del sitio de interés	84
7.3.2.	Transferencia de parámetros resumen.....	85
7.3.3.	Clima de oleaje aguas profundas con datos ajustados.....	100
7.3.4.	Modelación para obtención de coeficientes de agitación	103
7.3.5.	Aplicación de coeficientes a datos de aguas profundas	106
7.3.6.	Clima de oleaje en sitio de interés	107
7.4.	CLIMA DE OLAJE EXTREMO	111
7.5.	PROPUESTA DE ALTERNATIVA DE ABRIGO	113
7.5.1.	Alternativas	113
7.5.2.	Verificación de las alternativas	114
7.5.3.	Selección de alternativa de layout	133
7.6.	CLIMA DE OLAJE EN ZONA EXPUESTA DEL ROMPEOLAS.....	135
7.6.1.	Metodología 1	136
7.6.2.	Metodología 2.....	142
7.6.3.	Oleaje de diseño.....	145
7.7.	DISEÑO DE LA ESCOLLERA.....	147
7.7.1.	Nivel de diseño	147
7.7.2.	Diseño hidráulico	149
7.7.3.	Sobrepaso Admisible.....	150
7.7.4.	Sobrepaso Estimado.....	151
7.7.5.	Escollera de protección.....	159
8.	DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES	173
9.	CONCLUSIONES.....	182
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	185

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁG.
Figura 1-1: XV Región de Chile, Arica y Parinacota.....	3
Figura 1-2: Localización del proyecto.....	4
Figura 4-1: Oleaje aleatorio, superposición de ondas.....	8
Figura 4-2: Densidad espectral en función de la frecuencia y dirección.....	8
Figura 4-3: Determinación de Ft	15
Figura 4-4: Esquema de la cota de coronamiento.....	18
Figura 4-5: Valores críticos de caudales de sobrepaso medio.....	19
Figura 4-6: Geometrías de estructuras relacionadas con el sobrepaso.....	20
Figura 4-7: Valores factores de rugosidad, estructuras permeables de pendiente suave.....	21
Figura 4-8: Modos de falla típicos en los elementos de la coraza.....	23
Figura 4-9: Área erosionada.....	24
Figura 4-10: Partes principales del rompeolas.....	28
Figura 4-11: Sección típica de rompeolas sin sobrepaso.....	29
Figura 5-1: Sondas provenientes de cartas náuticas electrónicas utilizadas.....	36
Figura 5-2: Levantamiento batimétrico de precisión Multihaz.....	37
Figura 5-3: Digitalización de la línea de costa.....	38
Figura 5-4: Posición del ADCP que registró el oleaje de terreno.....	39
Figura 5-5: Ubicación de nodo de extracción de oleaje NOAA.....	40
Figura 6-1: Esquema metodológico en base a los objetivos específicos.....	41
Figura 6-2: Planos mareales del nivel del mar.....	44
Figura 6-3: Coeficientes de agitación, sector Quiane, Arica.....	52
Figura 6-4: Coeficientes de cambio en la dirección, sector Quiane, Arica.....	52
Figura 6-5: Curvas $Hm0$ en aguas profundas y Tr a la cuadra de Valparaíso.....	55
Figura 6-6: Curvas $Hm0$ en aguas profundas y Tr XV Región de Arica y Parinacota.....	56
Figura 6-7: Ajuste de las distribuciones extremas para T periodo de retorno en años.....	58
Figura 6-8: Ejemplo de agitación, dentro y fuera de la zona abrigada.....	59
Figura 6-9: $F(x)$ en función de X	64
Figura 7-1: Excedencia para n periodos de retorno en función de la vida útil.....	71
Figura 7-2: Rosa de oleaje en función de Hs mediciones de terreno.....	75
Figura 7-3: Rosa de oleaje en función de Tp mediciones de terreno.....	76
Figura 7-4: Rosa de oleaje en función de Hs datos modelo global.....	78
Figura 7-5: Rosa de oleaje en función de Tp datos modelo global.....	79
Figura 7-6: Comparación entre serie medida y pronosticada.....	80
Figura 7-7: Residuos asociados a efectos meteorológicos.....	80
Figura 7-8: Regresión lineal entre serie medida y pronosticada.....	81
Figura 7-9: Señal de marea medida referida al nivel de reducción de sondas.....	83
Figura 7-10: Ubicación nodo coeficientes de agitación y cambio en la dirección.....	84
Figura 7-11: Consideraciones del dominio de implementación del modelo.....	86
Figura 7-12: Forzantes utilizadas en modelo de transferencia de oleaje.....	87
Figura 7-13: Malla batimétrica para modelo de transferencia de parámetros resumen.....	89
Figura 7-14: Malla batimétrica en detalle en zona de proyecto.....	90
Figura 7-15: Comparación de series de tiempo, medidas versus simuladas.....	96
Figura 7-16: Regresión lineal de alturas significativas, modelo de transferencia de oleaje.....	97
Figura 7-17: Regresión lineal de periodos peaks, modelo de transferencia de oleaje.....	97

Figura 7-18: Regresión lineal de direcciones peaks, modelo de transferencia de oleaje.....	98
Figura 7-19: Errores absolutos durante toda la serie de tiempo simulada.....	99
Figura 7-20: Rosa de oleaje en función de Hs, datos NOAA ajustado.	102
Figura 7-21: Rosa de oleaje en función de Tp, datos NOAA ajustado.....	103
Figura 7-22: Coeficientes de agitación en "sitio de interés".	104
Figura 7-23: Coeficientes de cambio en la dirección en "sitio de interés".....	105
Figura 7-24: Rosa de oleaje en función Hs, datos transferidos al sitio de interés.	109
Figura 7-25: Rosa de oleaje en función de Tp, datos transferidos al sitio de interés.	109
Figura 7-26: Alternativa de layout 1, propuesta por GSI a DOP.	113
Figura 7-27: Alternativa de layout 2, propuesta elaborada por el autor.	114
Figura 7-28: Dominio para situación 225 [°].....	117
Figura 7-29: Condiciones de borde, situación 225[°].....	118
Figura 7-30: Sondas utilizadas en modelos de agitación, fuentes de información varias. ...	119
Figura 7-31: Malla de cálculo, situación 225[°].	120
Figura 7-32: Esponja numérica, situación 225[°].	121
Figura 7-33: Coeficientes de reflexión/Coeficientes de porosidad, para 8[s].....	121
Figura 7-34: Coeficientes de porosidad, situación 225[°].	123
Figura 7-35: Ubicación nodo agitación dentro de zona abrigada.....	124
Figura 7-36: Puntos de control, verificación convergencia.	125
Figura 7-37: Puntos verificación Hs, convergencia de valores.....	126
Figura 7-38: Probabilidades de excedencia de alturas de Hs, dársena, layout 1.....	129
Figura 7-39: Probabilidades de excedencia de alturas de Hs, dársena, layout 2.	132
Figura 7-40: Tramos de secciones estructura de protección principal.	135
Figura 7-41: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 1.....	136
Figura 7-42: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 2.....	137
Figura 7-43: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 3.....	138
Figura 7-44: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 4.....	139
Figura 7-45: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 5.....	140
Figura 7-46: Probabilidades de excedencia de alturas de olas significativas, TRAMO 6.....	141
Figura 7-47: Oleaje de retorno transferido al pie de la estructura, dirección 225[°].....	143
Figura 7-48: Oleaje de retorno transferido al pie de la estructura, dirección 240[°].....	144
Figura 7-49: Oleaje de retorno transferido al pie de la estructura, dirección 255[°].....	144
Figura 7-50: Oleaje de retorno transferido al pie de la estructura, dirección 270[°].....	145
Figura 7-51: Probabilidad de excedencia 30 años de oleaje pie de la obra.	152
Figura 7-52: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +5,5 mNRS Rocas.....	153
Figura 7-53: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,0 mNRS Rocas.	153
Figura 7-54: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,5 mNRS Rocas.	154
Figura 7-55: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +5,5 mNRS Cubos.	154
Figura 7-56: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,0 mNRS Cubos.	155
Figura 7-57: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,5 mNRS Cubos.	155
Figura 7-58: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +5,5 mNRS Cubípodos.....	156
Figura 7-59: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,0 mNRS Cubípodos.....	156
Figura 7-60: Caudales de sobrepaso Tramo 11' cota +6,5 mNRS Cubípodos.....	157
Figura 7-61: Secciones típicas de enrocados de protección costera.....	159
Figura 7-62: M50 Van der Meer (1998) para olas tipo Plunging, elementos tipo roca.	161
Figura 7-63: M50 Van der Meer (1998) para olas tipo Surging, elementos tipo roca.	162
Figura 7-64: M50 Van der Meer (1988b) para elementos tipo cubos de hormigón.	163
Figura 7-65: M50 Hudson (1974) para elementos tipo cubípodos.	165
Figura 7-66: Planta Layout Rompeolas y dársena proyectada.	170

Figura 7-67: Sección Transversal Cabezo.....	170
Figura 7-68: Sección Transversal Tramo 11'.....	171
Figura 7-69: Sección Transversal Tramo 22'.....	171
Figura 7-70: Sección Transversal Tramo 33'.....	171
Figura 7-71: Sección Transversal Tramo 44'.....	172
Figura 8-1: Tormenta Julio 2013, Hs para aguas profundas y someras.....	175
Figura 8-2: Marejada del 4 de Julio 2013, sector cercano a Playa Brava.....	176
Figura 8-3: Marejada del 4 de Julio 2013, sector Playa el Laucho.	176
Figura 8-4: Tormentas Agosto 2015, Hs aguas profundas y someras.....	177
Figura 8-5: Marejada 9 Agosto 2015, sector norte Puerto de Arica.	177
Figura 8-6: Ola el Buey, marejada 9 Agosto 2015, Arica.	178
Figura 8-7: Ejercicio alturas de olas de retorno.	179

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁG.
Tabla 1-1: Cuadro de coordenadas UTM Huso 19 S-WGS84.	4
Tabla 4-1: Ensayos para obtención de coeficientes de estabilidad.	27
Tabla 5-1: Posición geográfica del instrumento ADCP con el que se midió oleaje.	38
Tabla 5-2: Posición de extracción de datos modelos globales NOAA.	39
Tabla 5-3: Posición geográfica UTM -19S del instrumento.	40
Tabla 6-1: Información sobre bases de datos y métodos de análisis de valores extremos. ..	54
Tabla 6-2: Metodología de determinación de vida útil de obras marítimas.	65
Tabla 6-3: Corrección del nivel del mar debido a la presión atmosférica local.	67
Tabla 7-1: Vida útil para estructuras marítimas.	69
Tabla 7-2: ERI, SERI y vida útil mínima para diferentes tipos de zonas protegidas.	70
Tabla 7-3: Riesgos máximos admisibles para determinación de periodo de retorno.	72
Tabla 7-4: Distribución de Hs y Tp medición de terreno.	73
Tabla 7-5: Distribución de Dp y Hs medición de terreno.	74
Tabla 7-6: Distribución de Dp y Tp medición de terreno.	74
Tabla 7-7: Distribución de Hs y Tp datos NOAA.	77
Tabla 7-8: Distribución de Dp y Hs datos NOAA.	77
Tabla 7-9: Distribución de Dp y Tp datos NOAA.	78
Tabla 7-10: Constituyentes armónicos de la marea, cph=ciclos por hora.	82
Tabla 7-11: Planos mareales referidos al NRS.	83
Tabla 7-12: Posición nodo de extracción de Coeficientes.	84
Tabla 7-13: Área máxima de elementos dentro de cada transición.	88
Tabla 7-14: Discretización de alturas significativas.	92
Tabla 7-15: Discretización de periodos peaks.	93
Tabla 7-16: Error absoluto medio por clases de periodos.	93
Tabla 7-17: Error absoluto medio por clases de alturas significativas.	94
Tabla 7-18: Factor de ajuste para las alturas de olas significativas por clase.	94
Tabla 7-19: Factor de ajuste para los periodos peaks por clase.	95
Tabla 7-20: Distribución de Hs y Tp, datos NOAA ajustado.	100
Tabla 7-21: Distribución de Dp y Hs, datos NOAA ajustado.	101
Tabla 7-22: Distribución de Dp y Tp, datos NOAA ajustado.	101
Tabla 7-23: Límites de data de oleaje NOAA ajustada.	103
Tabla 7-24: Límites de las combinaciones de propagaciones unitarias.	104
Tabla 7-25: Rangos por clase para periodos y direcciones.	106
Tabla 7-26: Distribución de Hs y Tp, en el sitio de interés.	107
Tabla 7-27: Distribución de Dp y Hs, en el sitio de interés.	108
Tabla 7-28: Distribución de Dp y Tp, en el sitio de interés.	108
Tabla 7-29: Eventos extremos aislados por año.	111
Tabla 7-30: Extrapolación de oleaje extremo utilizando distribución Weibull.	112
Tabla 7-31: Escenarios unitarios de agitación.	115
Tabla 7-32: Coeficientes de reflexión para periodos < 20[s].	122
Tabla 7-33: Nodo de agitación dentro de zona abrigada, coordenadas UTM [m].	123
Tabla 7-34: Distribución de Hs y Tp para la dirección 225[°], alternativa 1.	127
Tabla 7-35: Distribución de Hs y Tp para la dirección 240[°], alternativa 1.	127
Tabla 7-36: Distribución de Hs y Tp para la dirección 255[°], alternativa 1.	128

Tabla 7-37: Distribución de Hs y Tp para la dirección 270[°], alternativa 1.	128
Tabla 7-38: Distribución de Hs y Tp para la dirección 225[°], alternativa 2.	130
Tabla 7-39: Distribución de Hs y Tp para la dirección 240[°], alternativa 2.	130
Tabla 7-40: Distribución de Hs y Tp para la dirección 255[°], alternativa 2.	131
Tabla 7-41: Distribución de Hs y Tp para la dirección 270[°], alternativa 2.	131
Tabla 7-42: Condiciones límites de operación naves menores y mayores.	133
Tabla 7-43: Criterio de PIANC para operación de embarcaciones en puertos.	134
Tabla 7-44: Operatividad dentro de dársena según alternativas.	134
Tabla 7-45: Oleaje para 70 años de Tr transferido al pie de la estructura.	142
Tabla 7-46: Oleaje de diseño para cada tramo.	146
Tabla 7-47: Planos Mareales.	147
Tabla 7-48: Criterios de sobrepaso admisible medio.	150
Tabla 7-49: Excedencia para caudal de sobrepaso admisible roca.	157
Tabla 7-50: Excedencia para caudal de sobrepaso admisible cubo.	157
Tabla 7-51: Excedencia para caudal de sobrepaso admisible cubípodo.	158
Tabla 7-52: Caudal medio para cada tramo de estructura, roca.	158
Tabla 7-53: Caudal medio para cada tramo de estructura, cubo.	158
Tabla 7-54: Caudal medio para cada tramo de estructura, cubípodo.	158
Tabla 7-55: Resumen estabilidad teórica coraza rompeolas principal.	166
Tabla 7-56: Elementos teóricos calculados para la composición de rompeolas, tronco.	167
Tabla 7-57: Elementos teóricos calculados para la composición de rompeolas, cabezo.	167
Tabla 7-58: Disposición final estabilidad elementos Tronco.	168
Tabla 7-59: Disposición final estabilidad elementos Cabezo.	168
Tabla 7-60: Ancho de la Berma.	169
Tabla 8-1: Alturas de olas extremas en aguas profundas, 1980 - 2009, Arica.	180

RESUMEN

El presente proyecto de título, tiene por objetivo proponer el diseño de una estructura de protección costera para la futura Caleta de Pescadores Artesanales de Arica, en la localidad de Quiane, XV Región, la cual actualmente se encuentra dentro del Puerto de Arica. Dentro de las necesidades de re-acomodar la caleta es el plan maestro de ampliación del puerto, además de generar mejores condiciones de operación a los artesanales, debido a que el alto tráfico de camiones y personas dificulta su actividad. Por tanto, en el presente trabajo se entrega analiza y entrega cada antecedente necesario para evaluar la mejor alternativa de diseño de una obra de abrigo frente al oleaje, con el fin de generar una dársena que permita la mayor parte del tiempo la actividad de pesca artesanal y todas las acciones colaterales que conlleva dicha profesión.<

Para llevar a cabo este proyecto, es primordial conocer y estudiar las condiciones naturales del sector de estudio tales como oleaje, mareas, batimetría, corrientes, vientos entre otros. Por lo tanto, es necesario recurrir a distintas fuentes de información, de carácter gratuita y a nivel de consultoría, con el fin de definir el clima de oleaje operacional, clima de oleaje extremo, clima de oleaje al pie de la futura obra de protección, niveles de diseño y diferentes criterios asociados a la operatividad para el funcionamiento de la futura caleta de pescadores.

En base a los antecedentes proporcionados por la Dirección de Obras Portuarias y GSI Ingenieros Ltda., fue posible realizar una recopilación de información de estudios básicos, de pre-factibilidad y de ingeniería de detalle, con los cuales se generaron alternativas de estructuras de protección costera para proporcionar el abrigo necesario a las actividades pesqueras. La elección de la mejor alternativa de layout estuvo condicionada por criterios de operación y climáticos proporcionados por fuentes bibliográficas tales como las Recomendaciones de Obras Marítimas y PIANC, los cuales se encuentran en el estado del arte actual.

Para llevar a cabo el análisis y recomendación de estructura óptima para la generación de condiciones de abrigo, se consideró la utilización de datos de oleaje de aguas profundas de fuente de libre acceso (datos NOAA), fuente de información que fue calibrada en base a estudios de campo en el sector de estudio mediante la utilización de modelos matemáticos para la transferencia de oleaje (en este caso MIKE 21 SW Y MIKE 21 BW). Esta información permitió conocer y determinar condiciones de oleaje operacional y de largo plazo en la zona de estudio, lo cual es primordial para poder proponer condiciones o configuraciones de obras de abrigo, evaluación de las mismas frente a las cargas producidas por las olas, variables astronómicas, meteorológicas y de batimetría, antecedentes o estudios que son de vital importancia para generar adecuadas condiciones de planimetría y diseño.

Finalmente, la estructura óptima fue evaluada mediante cargas hidráulicas con el fin de proponer la estabilidad de las obras mediante la utilización de elementos tipo roca, cubos y cubipodos. Estos últimos aún no son puestos a prueba en Chile, sin embargo, proponen coeficientes de estabilidad, relación peso/trabazón superiores a otros prefabricados de su gama. Por tanto, la introducción y utilización de elementos prefabricados con mejores estándares a nuestro país puede ser una gran solución a los desastres costeros que se han producido en los últimos eventos extremos.