



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Memoria del proyecto para optar al Título de  
Ingeniero Civil Oceánico

# **MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE BAÑO PARA PLAYA HUAYQUIQUE**

**Alejandro Andrés Osses Michillanca**

Diciembre 2020

## MEJORAMIENTO DE CONDICIONES DE BAÑO PARA PLAYA HUAYQUIQUE

Alejandro Andrés Osses Michillanca

COMISIÓN REVISORA	NOTA	FIRMA
PATRICIO WINCKLER GREZ Profesor guía	_____	_____
MAURICIO MOLINA PEREIRA Revisor	_____	_____
JORGE ROJAS ALCAÍNO Revisor	_____	_____

## 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 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 cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

---

Patricio Winckler Grez

Profesor guía

---

Alejandro Osses Michillanca

Alumno memorista

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, a mis padres Liliana y Alejandro, a mis hermanas Natalia, Daniela y Romina y a mis mascotas, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. A mis amigos de la universidad: Camilo, Amanda, Iván y Mariana que gracias a su compañía los días en la carrera se hicieron memorables

Agradecer a todo el personal de la Dirección de Obras Portuarias Iquique por los datos entregados y el cariño recibido por parte de todos ellos.

# TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	15
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3.	ALCANCES .....	17
4.	MARCO TEÓRICO.....	19
4.1.	HIDRODINÁMICA DE ROMPIENTE.....	19
4.1.1.	PROPAGACIÓN DE OLEAJE.....	19
4.1.2.	PROCESOS COSTEROS.....	22
4.2.	MORFOLOGÍA DE PLAYA.....	27
4.2.1.	SEDIMENTOLOGÍA .....	28
4.2.2.	EQUILIBRIO MORFODINÁMICO DE LA PLAYA.....	30
4.2.3.	APLICACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS .....	37
4.3.	DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA.....	40
4.3.1.	CORAZA.....	41
4.3.2.	FILTRO .....	44
4.3.3.	NÚCLEO.....	44
4.3.4.	PIE DE APOYO .....	44
5.	METODOLOGÍA.....	46
5.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	46
5.2	ESTUDIOS DE CONDICIONES NATURALES.....	47
5.1.1.	BATIMETRÍA .....	47
5.1.2.	ESTUDIO DE MAREA.....	48
5.1.3.	ESTUDIO DE OLEAJE.....	48
5.1.4.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	49
5.3	MODELO MORFODINÁMICO DE LA PLAYA .....	50
5.4	DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCIÓN .....	50
6.	RESULTADOS .....	51
6.1.	CONDICIONES NATURALES DEL SECTOR .....	51
6.1.1.	ESTUDIO BATIMÉTRICO .....	51
6.1.2.	ESTUDIO DE MAREA.....	52
6.1.3.	ESTUDIO DE OLEAJE.....	53
6.1.4.	ANÁLISIS MORFODINÁMICO DE LA PLAYA .....	64

6.1.5.	MORFODINÁMICA DE PLAYA.....	67
6.2.	DISEÑO DE OBRA DE PROTECCIÓN .....	91
6.2.1.	BASES DE DISEÑO.....	91
6.2.2.	PROPAGACIÓN AL PIE DE LA OBRA .....	91
6.2.3.	DISEÑO DE DIQUE EXENTO .....	92
6.2.4.	PERFILES .....	95
6.3.	PRESUPUESTO.....	99
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
9.	ANEXOS.....	105
	ANEXO I .....	105
	ANEXO II .....	107
	ANEXO III .....	113

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 4-1:	Coeficientes de desviación estándar para alturas significativas extremas. ....	22
Tabla 4-2:	Límites de intervalo de confianza para altura significativa extrema. ....	22
Tabla 4-1:	Ejemplo pesos retenidos de muestra HB4.....	29
Tabla 5-1:	Datos de estación de monitoreo Iquique.....	46
Tabla 5-2:	Cartas náuticas utilizadas.....	47
Tabla 5-3:	Niveles obtenidos con el análisis no armónico de marea.....	48
Tabla 6-1:	Características de malla de propagación.....	51
Tabla 6-2:	Niveles de marea.....	52
Tabla 6-3:	Niveles de marea meteorológica.....	52
Tabla 6-4:	Niveles de diseño.....	53
Tabla 6-5:	Coeficientes de agitación en el punto A.....	53
Tabla 6-6:	Coeficientes de agitación en el punto B.....	53
Tabla 6-7:	Coeficiente de agitación en el punto C.....	54
Tabla 6-8:	Direcciones [°] en el Nodo A.....	56
Tabla 6-9:	Direcciones [°] en el Nodo B.....	56
Tabla 6-10:	Direcciones [°] en el Nodo C.....	56
Tabla 6-11:	Tabla de incidencia Altura Significativa vs Periodo Medio.....	59
Tabla 6-12:	Tabla de incidencia Altura Significativa vs Dirección Peak.....	60
Tabla 6-13:	Tabla de incidencia Dirección Peak vs Periodo Medio.....	60
Tabla 6-14:	Alturas de oleaje de tormentas calculadas por POT.....	62
Tabla 6-15:	Periodos de retorno con su respectiva altura y bandas de confianza al 95%.....	64
Tabla 6-18:	Resultados análisis granulométrico.....	66
Tabla 6-19:	Diámetro de muestras de sedimento.....	67
Tabla 6-20:	Parámetros para Pope & Dean (1986).....	70

Tabla 6-21: Modelaciones en Mopla.....	82
Tabla 6-22: Altura de diseño máxima propagada.....	92
Tabla 6-23: Parámetros de diseño.....	93
Tabla 6-24: Peso y diámetro de los elementos de la coraza.....	93
Tabla 6-25: Peso elementos del pie de apoyo.....	93
Tabla 6-26: Caudal de sobrepaso calculado.....	95
Tabla 6-27: Presupuesto diques exentos.....	100
Tabla 9-1: Alturas de oleaje de tormentas calculadas por Máximos Anuales.....	224

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 3-1: Ubicación playa Huayquique.....	17
Figura 4-1: Diagrama de asomeramiento no lineal de oleaje.....	20
Figura 4-2: Diagrama de difracción para oleaje con dirección 60°.....	23
Figura 4-3: Refracción provocada por cambios en la profundidad.....	25
Figura 4-4: Diagrama de la Ley de Snell.....	25
Figura 4-5: Zonificación de la playa.....	27
Figura 4-6: Diámetros de sedimento y su clasificación.....	28
Figura 4-7: Ejemplo de curva granulométrica muestra HB4.....	29
Figura 4-8: Configuración superior Saliente. Configuración inferior Tómbolo.....	31
Figura 4-9: Pope & Dean (1986).....	31
Figura 4-10: Ploteo adimensional de proyectos de rompeolas en Estados Unidos dependiendo de su configuración.....	32
Figura 4-11: Forma del perfil de equilibrio a largo plazo, Dean (1977).....	33
Figura 4-12: Forma en planta de Equilibrio Estático. Playa encajada.....	35
Figura 4-13: Forma en planta de Equilibrio Estático. Tómbolos y Salientes.....	36
Figura 4-14: Programas internos SMC.....	37
Figura 4-15: Polígono de playa en equilibrio.....	38
Figura 4-16: Modelo de evolución de perfil de playa.....	39
Figura 4-17: Modelo de evolución de la planta de la playa.....	39
Figura 4-18: Dique en talud.....	40
Figura 4-19: Fórmula de Hudson (1974).....	42
Figura 4-20: Fórmula de Van de Meer (1988).....	43
Figura 4-21: Coeficiente de permeabilidad Van de Meer (1988).....	44
Figura 4-22: Ábaco de Markle (1989) para calcular $N_s$ .....	45
Figura 5-1: Diagrama de la metodología del proyecto.....	46
Figura 5-2: Sondaje realizado en playa Huayquique.....	47
Figura 5-3: Ubicación de nodos de estudio frente a playa Huayquique.....	48
Figura 5-4: Muestras de sedimentos en playa Huayquique.....	49
Figura 6-1: Mallas de propagación.....	51
Figura 6-2: Marea Meteorológica.....	52
Figura 6-3: Coeficiente de Agitación Nodo A.....	54
Figura 6-4: Coeficiente de Agitación Nodo B.....	55
Figura 6-5: Coeficiente de Agitación Nodo C.....	55
Figura 6-6: Cambio en las direcciones de propagación en el Nodo A.....	57
Figura 6-7: Rosa de dispersión radial nodo A.....	58

Figura 6-8: Rosa de direcciones acumuladas nodo A.....	58
Figura 6-9: Serie de tiempo y valores escogidos.....	61
Figura 6-10: Distribución de Weibull.....	63
Figura 6-11: Distribución de altura de ola significativa.....	63
Figura 6-12: Muestras tomadas en playa Huayquique.....	64
Figura 6-13: Curvas granulométricas playa Huayquique.....	65
Figura 6-14: Cambios estacionales en playa Huayquique.....	67
Figura 6-15: Acreción y erosión en playa Huayquique.....	68
Figura 6-16: Sistemas de circulación cercanos a la costa.....	69
Figura 6-17: Ploteo de diques en gráfico adimensional de Dean & Pope (1986).....	71
Figura 6-18: Perfil de Dean con diámetros $d_{50} = 0,2$ [mm], $0,3$ [mm] y $0,4$ [mm].....	72
Figura 6-19: Aplicación de formulación de Hsu y Evans (1989) – Dirección $236$ [°].....	73
Figura 6-20: Aplicación de formulación de Hsu y Evans (1989) - Dirección $241$ [°].....	74
Figura 6-21: Aplicación de formulación de Hsu y Evans (1989) - Dirección $247$ [°].....	75
Figura 6-22: Generación de salientes frente a cada dique - $T_p=14$ [s] / $Dir=241$ [°].....	76
Figura 6-23: Isolneas del factor de sobrerrelleno $R_a$ .....	77
Figura 6-24: Cálculo del area entre los perfiles original y de relleno.....	78
Figura 6-25: Parámetros definidos en Petra para el análisis a corto plazo.....	79
Figura 6-26: Evolución de perfil a corto plazo – Clima medio.....	80
Figura 6-27: Evolución de perfil a corto plazo - Clima extremo.....	81
Figura 6-28: Generación de malla en Mopla.....	81
Figura 6-29: Alturas de ola Caso Clima Medio.....	83
Figura 6-30: Corrientes Caso Clima Medio.....	84
Figura 6-31: Movimiento de sedimento inicial Caso Clima Medio.....	85
Figura 6-32: Topografía inicial vs final Caso Clima Medio.....	86
Figura 6-33: Altura de ola Caso Clima Extremo.....	87
Figura 6-34: Corrientes Caso Clima Extremo.....	88
Figura 6-35: Movimiento de sedimento inicial Caso Clima Extremo.....	89
Figura 6-36: Topografía inicial vs final Caso Clima Extremo.....	90
Figura 6-37: Variaciones en la altura de ola propagada hasta su rompiente.....	92
Figura 6-38: Transmisión de oleaje en la zona abrigada.....	94
Figura 6-39: Perfiles dique A.....	96
Figura 6-40: Perfiles dique B.....	97
Figura 6-41: Perfiles dique C.....	98
Figura 6-42: Planta del proyecto.....	99
Figura 9-1: Tipos de rotura de oleaje.....	105
Figura 9-2: Clasificación de sedimento, Udden-Wentworth (1922).....	106
Figura 9-3: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 4$ [s].....	113
Figura 9-4: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 6$ [s].....	113
Figura 9-5: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 8$ [s].....	114
Figura 9-6: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 10$ [s].....	114
Figura 9-7: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 12$ [s].....	115
Figura 9-8: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 14$ [s].....	115
Figura 9-9: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 16$ [s].....	116
Figura 9-10: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 18$ [s].....	116
Figura 9-11: Malla gruesa - Dir: NNW, $T_p: 20$ [s].....	117
Figura 9-12: Malla gruesa - Dir: NW, $T_p: 4$ [s].....	117



Figura 9-13: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 6 [s].	118
Figura 9-14: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 8 [s].	118
Figura 9-15: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 10 [s].	119
Figura 9-16: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 12 [s].	119
Figura 9-17: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 14 [s].	120
Figura 9-18: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 16 [s].	120
Figura 9-19: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 18 [s].	121
Figura 9-20: Malla gruesa - Dir: NW, Tp: 20 [s].	121
Figura 9-21: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 4 [s].	122
Figura 9-22: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 6 [s].	122
Figura 9-23: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 8 [s].	123
Figura 9-24: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 10 [s].	123
Figura 9-25: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 12 [s].	124
Figura 9-26: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 14 [s].	124
Figura 9-27: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 16 [s].	125
Figura 9-28: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 18 [s].	125
Figura 9-29: Malla gruesa - Dir: WNW, Tp: 20 [s].	126
Figura 9-30: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 4 [s].	126
Figura 9-31: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 6 [s].	127
Figura 9-32: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 8 [s].	127
Figura 9-33: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 10 [s].	128
Figura 9-34: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 12 [s].	128
Figura 9-35: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 14 [s].	129
Figura 9-36: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 16 [s].	129
Figura 9-37: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 18 [s].	130
Figura 9-38: Malla gruesa - Dir: W, Tp: 20 [s].	130
Figura 9-39: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 4 [s].	131
Figura 9-40: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 6 [s].	131
Figura 9-41: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 8 [s].	132
Figura 9-42: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 10 [s].	132
Figura 9-43: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 12 [s].	133
Figura 9-44: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 14 [s].	133
Figura 9-45: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 16 [s].	134
Figura 9-46: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 18 [s].	134
Figura 9-47: Malla gruesa - Dir: WSW, Tp: 20 [s].	135
Figura 9-48: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 4 [s].	135
Figura 9-49: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 6 [s].	136
Figura 9-50: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 8 [s].	136
Figura 9-51: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 10 [s].	137
Figura 9-52: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 12 [s].	137
Figura 9-53: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 14 [s].	138
Figura 9-54: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 16 [s].	138
Figura 9-55: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 18 [s].	139
Figura 9-56: Malla gruesa - Dir: SW, Tp: 20 [s].	139
Figura 9-57: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 4 [s].	140
Figura 9-58: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 6 [s].	140
Figura 9-59: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 8 [s].	141

Figura 9-60: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 10 [s].....	141
Figura 9-61: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 12 [s].....	142
Figura 9-62: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 14 [s].....	142
Figura 9-63: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 16 [s].....	143
Figura 9-64: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 18 [s].....	143
Figura 9-65: Malla gruesa - Dir: SSW, Tp: 20 [s].....	144
Figura 9-66: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 4 [s].....	144
Figura 9-67: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 6 [s].....	145
Figura 9-68: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 8 [s].....	145
Figura 9-69: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 10 [s].....	146
Figura 9-70: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 12 [s].....	146
Figura 9-71: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 14 [s].....	147
Figura 9-72: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 16 [s].....	147
Figura 9-73: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 18 [s].....	148
Figura 9-74: Malla gruesa - Dir: S, Tp: 20 [s].....	148
Figura 9-75: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 4 [s].....	149
Figura 9-76: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 6 [s].....	149
Figura 9-77: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 8 [s].....	150
Figura 9-78: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 10 [s].....	150
Figura 9-79: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 12 [s].....	151
Figura 9-80: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 14 [s].....	151
Figura 9-81: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 16 [s].....	152
Figura 9-82: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 18 [s].....	152
Figura 9-83: Malla mediana - Dir: NNW, Tp: 20 [s].....	153
Figura 9-84: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 4 [s].....	153
Figura 9-85: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 6 [s].....	154
Figura 9-86: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 8 [s].....	154
Figura 9-87: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 10 [s].....	155
Figura 9-88: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 12 [s].....	155
Figura 9-89: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 14 [s].....	156
Figura 9-90: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 16 [s].....	156
Figura 9-91: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 18 [s].....	157
Figura 9-92: Malla mediana - Dir: NW, Tp: 20 [s].....	157
Figura 9-93: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 4 [s].....	158
Figura 9-94: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 6 [s].....	158
Figura 9-95: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 8 [s].....	159
Figura 9-96: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 10 [s].....	159
Figura 9-97: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 12 [s].....	160
Figura 9-98: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 14 [s].....	160
Figura 9-99: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 16 [s].....	161
Figura 9-100: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 18 [s].....	161
Figura 9-101: Malla mediana - Dir: WNW, Tp: 20 [s].....	162
Figura 9-102: Malla mediana - Dir: W, Tp: 4 [s].....	162
Figura 9-103: Malla mediana - Dir: W, Tp: 6 [s].....	163
Figura 9-104: Malla mediana - Dir: W, Tp: 8 [s].....	163
Figura 9-105: Malla mediana - Dir: W, Tp: 10 [s].....	164
Figura 9-106: Malla mediana - Dir: W, Tp: 12 [s].....	164

Figura 9-107: Malla mediana - Dir: W, Tp: 14 [s].....	165
Figura 9-108: Malla mediana - Dir: W, Tp: 16 [s].....	165
Figura 9-109: Malla mediana - Dir: W, Tp: 18 [s].....	166
Figura 9-110: Malla mediana - Dir: W, Tp: 20 [s].....	166
Figura 9-111: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 4 [s].....	167
Figura 9-112: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 6 [s].....	167
Figura 9-113: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 8 [s].....	168
Figura 9-114: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 10 [s].....	168
Figura 9-115: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 12 [s].....	169
Figura 9-116: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 14 [s].....	169
Figura 9-117: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 16 [s].....	170
Figura 9-118: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 18 [s].....	170
Figura 9-119: Malla mediana - Dir: WSW, Tp: 20 [s].....	171
Figura 9-120: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 4 [s].....	171
Figura 9-121: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 6 [s].....	172
Figura 9-122: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 8 [s].....	172
Figura 9-123: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 10 [s].....	173
Figura 9-124: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 12 [s].....	173
Figura 9-125: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 14 [s].....	174
Figura 9-126: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 16 [s].....	174
Figura 9-127: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 18 [s].....	175
Figura 9-128: Malla mediana - Dir: SW, Tp: 20 [s].....	175
Figura 9-129: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 4 [s].....	176
Figura 9-130: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 6 [s].....	176
Figura 9-131: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 8 [s].....	177
Figura 9-132: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 10 [s].....	177
Figura 9-133: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 12 [s].....	178
Figura 9-134: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 14 [s].....	178
Figura 9-135: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 16 [s].....	179
Figura 9-136: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 18 [s].....	179
Figura 9-137: Malla mediana - Dir: SSW, Tp: 20 [s].....	180
Figura 9-138: Malla mediana - Dir: S, Tp: 4 [s].....	180
Figura 9-139: Malla mediana - Dir: S, Tp: 6 [s].....	181
Figura 9-140: Malla mediana - Dir: S, Tp: 8 [s].....	181
Figura 9-141: Malla mediana - Dir: S, Tp: 10 [s].....	182
Figura 9-142: Malla mediana - Dir: S, Tp: 12 [s].....	182
Figura 9-143: Malla mediana - Dir: S, Tp: 14 [s].....	183
Figura 9-144: Malla mediana - Dir: S, Tp: 16 [s].....	183
Figura 9-145: Malla mediana - Dir: S, Tp: 18 [s].....	184
Figura 9-146: Malla mediana - Dir: S, Tp: 20 [s].....	184
Figura 9-147: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 4 [s].....	185
Figura 9-148: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 6 [s].....	185
Figura 9-149: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 8 [s].....	186
Figura 9-150: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 10 [s].....	186
Figura 9-151: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 12 [s].....	187
Figura 9-152: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 14 [s].....	187
Figura 9-153: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 16 [s].....	188

Figura 9-154: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 18 [s].	188
Figura 9-155: Malla fina - Dir: NNW, Tp: 20 [s].	189
Figura 9-156: Malla fina - Dir: NW, Tp: 4 [s].	189
Figura 9-157: Malla fina - Dir: NW, Tp: 6 [s].	190
Figura 9-158: Malla fina - Dir: NW, Tp: 8 [s].	190
Figura 9-159: Malla fina - Dir: NW, Tp: 10 [s].	191
Figura 9-160: Malla fina - Dir: NW, Tp: 12 [s].	191
Figura 9-161: Malla fina - Dir: NW, Tp: 14 [s].	192
Figura 9-162: Malla fina - Dir: NW, Tp: 16 [s].	192
Figura 9-163: Malla fina - Dir: NW, Tp: 18 [s].	193
Figura 9-164: Malla fina - Dir: NW, Tp: 20 [s].	193
Figura 9-165: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 4 [s].	194
Figura 9-166: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 6 [s].	194
Figura 9-167: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 8 [s].	195
Figura 9-168: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 10 [s].	195
Figura 9-169: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 12 [s].	196
Figura 9-170: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 14 [s].	196
Figura 9-171: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 16 [s].	197
Figura 9-172: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 18 [s].	197
Figura 9-173: Malla fina - Dir: WNW, Tp: 20 [s].	198
Figura 9-174: Malla fina - Dir: W, Tp: 4 [s].	198
Figura 9-175: Malla fina - Dir: W, Tp: 6 [s].	199
Figura 9-176: Malla fina - Dir: W, Tp: 8 [s].	199
Figura 9-177: Malla fina - Dir: W, Tp: 10 [s].	200
Figura 9-178: Malla fina - Dir: W, Tp: 12 [s].	200
Figura 9-179: Malla fina - Dir: W, Tp: 14 [s].	201
Figura 9-180: Malla fina - Dir: W, Tp: 16 [s].	201
Figura 9-181: Malla fina - Dir: W, Tp: 18 [s].	202
Figura 9-182: Malla fina - Dir: W, Tp: 20 [s].	202
Figura 9-183: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 4 [s].	203
Figura 9-184: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 6 [s].	203
Figura 9-185: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 8 [s].	204
Figura 9-186: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 10 [s].	204
Figura 9-187: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 12 [s].	205
Figura 9-188: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 14 [s].	205
Figura 9-189: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 16 [s].	206
Figura 9-190: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 18 [s].	206
Figura 9-191: Malla fina - Dir: WSW, Tp: 20 [s].	207
Figura 9-192: Malla fina - Dir: SW, Tp: 4 [s].	207
Figura 9-193: Malla fina - Dir: SW, Tp: 6 [s].	208
Figura 9-194: Malla fina - Dir: SW, Tp: 8 [s].	208
Figura 9-195: Malla fina - Dir: SW, Tp: 10 [s].	209
Figura 9-196: Malla fina - Dir: SW, Tp: 12 [s].	209
Figura 9-197: Malla fina - Dir: SW, Tp: 14 [s].	210
Figura 9-198: Malla fina - Dir: SW, Tp: 16 [s].	210
Figura 9-199: Malla fina - Dir: SW, Tp: 18 [s].	211
Figura 9-200: Malla fina - Dir: SW, Tp: 20 [s].	211

Figura 9-201: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 4 [s].	212
Figura 9-202: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 6 [s].	212
Figura 9-203: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 8 [s].	213
Figura 9-204: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 10 [s].	213
Figura 9-205: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 12 [s].	214
Figura 9-206: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 14 [s].	214
Figura 9-207: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 16 [s].	215
Figura 9-208: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 18 [s].	215
Figura 9-209: Malla fina - Dir: SSW, Tp: 20 [s].	216
Figura 9-210: Malla fina - Dir: S, Tp: 4 [s].	216
Figura 9-211: Malla fina - Dir: S, Tp: 6 [s].	217
Figura 9-212: Malla fina - Dir: S, Tp: 8 [s].	217
Figura 9-213: Malla fina - Dir: S, Tp: 10 [s].	218
Figura 9-214: Malla fina - Dir: S, Tp: 12 [s].	218
Figura 9-215: Malla fina - Dir: S, Tp: 14 [s].	219
Figura 9-216: Malla fina - Dir: S, Tp: 16 [s].	219
Figura 9-217: Malla fina - Dir: S, Tp: 18 [s].	220
Figura 9-218: Malla fina - Dir: S, Tp: 20 [s].	220
Figura 9-219: Cambio en las direcciones de propagación en el nodo B.	221
Figura 9-220: Cambio en las direcciones de propagación en el nodo C.	221
Figura 9-221: Rosa de dispersión radial nodo B.	222
Figura 9-222: Rosa de dispersión radial nodo C.	222
Figura 9-223: Rosa de dispersiones acumuladas nodo B.	223
Figura 9-224: Malla de direcciones acumuladas nodo C.	223
Figura 9-225: Vida útil del proyecto.	225
Figura 9-226: Nivel de daño, Van der Meer (1988).	226
Figura 9-227: Caudal de sobrepaso admisible de acuerdo con el tipo de estructura.	226

## **RESUMEN**

Una de las principales actividades económicas de la Región de Tarapacá es el turismo; actividad que ha ido en aumento en los últimos años, especialmente en temporada de verano. De acuerdo con la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante DIRECTEMAR, en la Región de Tarapacá en la comuna de Iquique existen 28 playas, de las cuales solo 2 son aptas para el baño: playa Cavancha que se encuentra en la ciudad de Iquique y playa Chanavayita que se ubica a 55 km de la ciudad. Esta escasa disponibilidad de playas induce una alta ocupación en playa Cavancha. Playa Huayquique se encuentra a 5 km al sur de la ciudad de Iquique y es utilizada para actividades deportivas y de esparcimiento, pero no es apta para bañistas.

Los diques exentos son estructuras estabilizadoras que cambian la configuración de la playa mediante la transformación del oleaje en la zona de rompiente. A diferencia de las estructuras perpendiculares a la línea de costa, como un espigón, no bloquean el flujo continuo del transporte longitudinal de sedimentos, siempre y cuando no se genere un tómbolo, teniendo un impacto negativo menor en la playa y en playas cercanas.

En el presente trabajo se plantea mejorar playa Huayquique mediante la implementación de tres diques exentos que disipen la energía del oleaje en la zona abrigada. Para esto fue necesaria la caracterización del lugar de estudio mediante: análisis de clima medio, que permitió dar cuenta del oleaje reinante del sector, con un 68% de los datos de oleaje con alturas entre 0,8 [m] y 1,6 [m], un 62% de datos con periodos entre los 12 [s] y 16 [s] y una dirección predominante proveniente del WSW; Mediante el análisis de clima extremo se determinó una altura significativa de 3,78 [m] con periodo de retorno de 50 años, esta altura fue propagada mediante Goda (1985) hasta el pie de la estructura entregando una altura  $H_{1/3} = 4,35$  [m]; A través del análisis granulométrico se determinó que el sedimento de playa Huayquique corresponde a arena media, con una selección muy bien clasificada, siendo necesario un volumen de sobrerrelleno de 77.000 [m<sup>3</sup>].

Las obras de defensa poseen una extensión de 80 [m] cada una, una cota de coronamiento de 1 [m] sobre el NRS y ubicados a una profundidad de 4 [m], además de estar construidos enteramente de material de coraza con un peso de  $W_{50} = 4,7$  [Ton]. Estos diques de cresta baja y alta permeabilidad permitirán que exista un mayor flujo de energía hacia la zona abrigada, evitando que se acumule arena en el trasdós de la estructura. La transmisibilidad de los diques permite que la altura de la ola disminuya un 50% para alturas cercanas a oleaje extremo, y un 60% para alturas de clima medio. Finalmente, el proyecto posee un costo total aproximado de \$4.462.889.576.