



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

ZONA DE PROTECCIÓN LITORAL: VALIDEZ FÍSICO-ESTADÍSTICA.

Carmina Noelia Muen Quintana

Octubre 2017

ZONA DE PROTECCIÓN LITORAL: VALIDEZ FÍSICO-ESTADÍSTICA

Carmina Noelia Muen Quintana

COMISIÓN REVISORA	NOTA	FIRMA
ALDO FEDELE ALIAGA Profesor guía	_____	_____
LORENA ÁLVAREZ SÁNCHEZ Revisor	_____	_____
FELIPE CASSELLI BENAVENTE Revisor	_____	_____

III 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.

IV TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN.....	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. ALCANCES Y LIMITACIONES	21
4. MARCO TEÓRICO	22
4.1 LAS OLAS	22
4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS	23
4.1.2 TEORIAS DE LAS OLAS.....	25
4.1.3 TRANSFORMACIÓN DE OLEAJE	25
4.1.4 LA ROTURA.....	26
4.1.5 CRITERIOS DE ROTURA	27
4.1.6 INFLUENCIA DE LA ROTURA EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALTURA DE OLA EN AGUAS PROFUNDAS.....	30
4.1.7 LAS CORRIENTES LITORALES	31
4.1.8 SWAN, UN MODELO MATEMÁTICO DE PROPAGACIÓN DE OLEAJE 32	
4.2 ESTADO DEL ARTE DE LA NORMA DE EMISIÓN EN SU APLICACIÓN MARINA	33
4.2.1 BREVE HISTORIA DE LA CONTAMINACIÓN DEL BORDE COSTERO CHILENO.....	33
4.2.2 GENESIS DE LA ZONA DE PROTECCIÓN LITORAL	35
4.2.3 DISCUSIONES DE LA DEFINICIÓN DE LA ZPL.....	38
4.2.4 PROMULGACIÓN DEL DECRETO SUPREMO 90	40
4.2.5 BASES TÉCNICAS SOBRE REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA DETERMINACIÓN DE ZPL Y DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS.....	43
4.2.6 HITOS DE LA NORMA DE EMISIÓN Y CÁLCULO DE H_b MEDIANTE FÓRMULA DE KOMAR Y GAUGHAN CON MODIFICACIONES DE RATTANAPITIKON Y SHIBAYAMA.....	47

4.2.7	COMENTARIOS, AJUSTES Y MODIFICACIONES A LA NORMA	49
4.2.8	ESTABLECIMIENTO DEL FACTOR "P" EN LA FÓRMULA DE LA ZPL 53	
5.	METODOLOGÍA	60
	DIAGRAMA DE FLUJO METODOLÓGICO	60
5.1.1	METODOLOGÍA DE TRANSFERENCIA DE OLEAJE	62
6.	MATERIALES	64
7.	RESULTADOS	66
7.1	CÁLCULO DE PARÁMETROS	66
7.2	CALCULO DE ZPL AGUAS PROFUNDAS (NORMATIVA VIGENTE)	68
7.3	ANALISIS EN AGUAS PROFUNDAS	70
7.3.1	CARACTERIZACIÓN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS.....	70
7.3.2	ANALISIS DE PROBABILIDAD DE OLEAJE EN ROTURA EN AGUAS PROFUNDAS	78
7.3.3	ANALISIS DE FACTOR "P" EN AGUAS PROFUNDAS.....	83
7.3.4	ANALISIS OLEAJE EN ROTURA MEDIANTE DE SERIES DE TIEMPO Y FRECUENCIAS EN AGUAS PROFUNDAS MEDIANTE CRITERIOS TIPO II.	87
7.3.5	ANALISIS COMPARATIVO ZPL MEDIANTE DE CRITERIOS TIPO II	107
7.4	ANALISIS EN AGUAS SOMERAS	112
7.4.1	CARACTERIZACIÓN DE OLEAJE EN AGUAS SOMERAS	112
	ANALISIS DE FACTOR "P" EN AGUAS SOMERAS.	135
7.4.2	ANALISIS OLEAJE EN ROTURA MEDIANTE SERIES DE TIEMPO Y FRECUENCIAS EN AGUAS PROFUNDAS MEDIANTE CRITERIOS TIPO I. ...	146
7.4.3	ANALISIS COMPARATIVO ZPL MEDIANTE DE CRITERIOS TIPO I .	166
8.	DISCUSION.....	171
9.	CONCLUSIONES	173
10.	LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA	175
11.	GLOSARIO	176
11.1	LISTADO DE ABREVIATURAS Y ACRONIMOS	176
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
13.	ANEXO	184
13.1	Norma de emisión.....	184
13.2	Caracterización de oleaje en aguas profundas	193
13.3	Caracterización de oleaje en aguas someras	198

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo de anchos de ZPL dado diferentes pendientes y alturas rompientes.	37
Tabla 2: Tabla número 4 del D.S 90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.....	41
Tabla 3: Tabla número 5 del D.S 90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.....	42
Tabla 4 Cuadro de cálculos de ancho de ZPL dada diferentes pendientes y alturas de olas rompientes en condición de invierno y verano.....	44
Tabla 5 Cuadro de cálculos de alturas rompientes ‘Hb’	48
Tabla 6 Cuadro de cálculo de pendiente ‘m’	48
Tabla 7 Factor P, para diferentes sectores a lo largo del litoral nacional.....	55
Tabla 8 Coordenadas UTM de mallas gruesas	62
Tabla 9 Coordenadas UTM de mallas finas	62
Tabla 10 Parámetros para propagación Semi-purista	63
Tabla 11 Detalle de cartas náuticas electrónicas	65
Tabla 12 Coordenadas UTM de ubicación de bahía en estudio	66
Tabla 13 Pendiente y pendiente promedio de bahías	67
Tabla 14 Factor P asociado a latitud.....	67
Tabla 15 Cálculo de ZPL [m].....	68
Tabla 16 Ubicación de nodos en aguas profundas	70
Tabla 17 Estadígrafos para bahía Caldera.....	74
Tabla 18 Estadígrafos para bahía Coquimbo.....	76
Tabla 19 Estadígrafos para bahía Concepción y Coronel	78
Tabla 20 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai - nodo de aguas profundas – Caldera.....	80
Tabla 21 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai - nodo de aguas profundas - Coquimbo.	81
Tabla 22 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai nodo de aguas profundas - San Vicente.....	82
Tabla 23 Parámetros de ajuste, distribución Gamma.....	86
Tabla 24 Excedencias.....	86
Tabla 25 Criterios de rotura tipo II.....	87
Tabla 26 Tabla de resumen	95
Tabla 27 Nomenclatura para gráficos	96
Tabla 28 Excedencia de eventos - Caldera.....	104
Tabla 29 Excedencia de eventos - Concepción	104
Tabla 30 Excedencia de eventos - Coquimbo.....	105
Tabla 31 Excedencia de eventos - Coronel.....	105
Tabla 32 Coordenadas UTM de puntos de extracción de información de oleaje.....	114

Tabla 33 tabla de resumen factor P – Aguas Someras	145
Tabla 34 Criterios tipo I.....	147
Tabla 35 Tabla de resumen	156
Tabla 36 Nomenclatura de gráficos	157
Tabla 37 Excedencia de eventos – Caldera.....	164
Tabla 38 Excedencia de eventos – Coquimbo	164
Tabla 39 Excedencia de eventos – Concepción.....	165
Tabla 40 Excedencia de eventos – Coronel.....	165
Tabla 41 Valores característico de establecimiento emisor.....	184
Tabla 42: Tabla número 1 del D.S. N°90/2000, de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.....	185
Tabla 43: Tabla número 2 del D.S90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor.....	186
Tabla 44: Tabla número 3 del D.S. N°90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.	187
Tabla 45 Fuente Emisora "Valor Característico"	188
Tabla 46 Fuente Emisora "Carga Contaminante".....	189
Tabla 47 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral.	191
Tabla 48 Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral.	192
Tabla 49 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.	193
Tabla 50 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.	193
Tabla 51 Tabla de incidencia bivariada ‘Tp - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.	193
Tabla 52 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo-Mwd’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.	194
Tabla 53 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo-Tp’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.	194
Tabla 54 Tabla de incidencia bivariada ‘Tp-Mwd’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.	194
Tabla 55 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.	195
Tabla 56 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.	195
Tabla 57 Tabla de incidencia bivariada ‘Tp - Mwd’ - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.	195
Tabla 58 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras-veril 10 [m]......	198
Tabla 59 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras-veril 15 [m]......	198
Tabla 60 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras-veril 20 [m]......	198

Tabla 61 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 10 [m].	199
Tabla 62 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 15 [m].	199
Tabla 63 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 20 [m].	199
Tabla 64 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras-veril 10 [m].	200
Tabla 65 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras-veril 15 [m].	200
Tabla 66 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras-veril 20 [m].	200
Tabla 67 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras-veril 10 [m].	201
Tabla 68 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras-veril 15 [m].	201
Tabla 69 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo - Mwd’ - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras-veril 20 [m].	201
Tabla 70 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 10 [m].	202
Tabla 71 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 15 [m].	202
Tabla 72 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 20 [m].	202
Tabla 73 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 10 [m].	203
Tabla 74 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 15 [m].	203
Tabla 75 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 20 [m].	203
Tabla 76 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 10 [m].	204
Tabla 77 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 15 [m].	204
Tabla 78 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 20 [m].	204
Tabla 79 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 10 [m].	205
Tabla 80 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 15 [m].	205
Tabla 81 Tabla de incidencia bivariada ‘Hmo -Tp’ - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 20 [m].	205
Tabla 82 Tabla de incidencia bivariada ‘Tp - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 10 [m].	206
Tabla 83 Tabla de incidencia bivariada ‘Tp - Mwd’ - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 15 [m].	206

Tabla 84 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 20 [m].	206
Tabla 85 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 10 [m].	206
Tabla 86 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 15 [m].	207
Tabla 87 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 20 [m].	207
Tabla 88 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 10 [m].	207
Tabla 89 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 15 [m].	207
Tabla 90 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 20 [m].	208
Tabla 91 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 10 [m].	208
Tabla 92 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 15 [m].	208
Tabla 93 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 20 [m].	209

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Transformación de las olas oceánicas al aproximarse a la costa	22
Figura 2 Estructura básica de una ola.....	23
Figura 3 Peralte de una ola.....	24
Figura 4 Serie de tiempo de alturas de olas (m).....	24
Figura 5 Relación entre coeficiente K_{kg} y la pendiente de fondo.	30
Figura 6 Deriva litoral y las corrientes litorales	32
Figura 7 Experimento de Komar en 1973, para calcular el ancho de la zona de corrientes litorales.....	36
Figura 8 Resoluciones ZPL a Mayo del 2016.....	49
Figura 9 Zona de Protección Litoral desde Punta Puga al sur de Chile.....	59
Figura 10 Diagrama de flujo metodológico.....	61
Figura 11 Ubicación de veriles en Bahía Caldera	66
Figura 12 Ubicación de veriles en Bahía Coquimbo.....	66
Figura 13 Ubicación de veriles en Bahía Concepción	66
Figura 14 Ubicación de veriles en Bahía Coronel	66
Figura 15 Mapa de evolución latitudinal de ancho de ZPL. Las barras de color negro corresponden a proposiciones aprobadas por DIRECTEMAR y en líneas de color estimación de ZPL en función de la normativa vigente	69
Figura 16 Nodo aguas profundas - Caldera	70
Figura 17 Nodo aguas profundas - Coquimbo	71
Figura 18 Nodo aguas profundas - Concepción y Coronel.....	71
Figura 19 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de Caldera. Fuente: Elaboración propia.....	72
Figura 20 Serie de tiempo de periodo <i>peak</i> espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.....	72
Figura 21 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.....	73
Figura 22 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.....	73
Figura 23 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo	74
Figura 24 Serie de tiempo de periodo <i>peak</i> espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo	74
Figura 25 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo	75
Figura 26 Rosa de oleaje de altura significativa espectral y dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo.	75
Figura 27 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente	76
Figura 28 Serie de tiempo de periodo espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente	76
Figura 29 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente	77

Figura 30 Rosa de oleaje de altura significativa espectral y dirección media espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente.	77
Figura 31 Diagrama de flujo de algoritmo utilizado en selección de estados de mar según criterios de rotura Stokes, Dean, Ochi & Tsai	79
Figura 32 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía Caldera	83
Figura 33 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía Caldera Fuente: Elaboración propia.....	84
Figura 34 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía Coquimbo	84
Figura 35 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía Coquimbo Fuente: Elaboración propia	84
Figura 36 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía San Vicente	85
Figura 37 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía San Vicente	85
Figura 38 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Le Méhauté & Koh (1967).....	89
Figura 39 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Komar & Gaughan (1972).....	90
Figura 40 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Sunamura & Horikawa (1974)..	91
Figura 41 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Rattanapikon & Shibayama (2000).	92
Figura 42 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Simgamsetii & Wind (1960).	93
Figura 43 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Gourlay (1992).	94
Figura 44 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Le Méhauté & Koh (1967).....	97
Figura 45 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Komar & Gaughan (1972).....	98
Figura 46 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Sunamura & Horikawa (1974)	99
Figura 47 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Simgamsetti & Wind (1980). .	100
Figura 48 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Gourlay (1992).....	101
Figura 49 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Rattanapikon & Shibayama (2000).	102
Figura 50 Diagrama de flujo de algoritmo de sobrepaso	103
Figura 51 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Caldera.....	108
Figura 52 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coquimbo ..	109
Figura 53 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Concepción	110
Figura 54 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coronel.....	111
Figura 55 Detalle de puntos de extracción en bahía Caldera.	112
Figura 56 Detalle de puntos de extracción en bahía Coquimbo.	113
Figura 57 Detalle de puntos de extracción en bahía Concepción.....	113
Figura 58 Detalle de puntos de extracción en bahía Coronel.	114
Figura 59 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m].....	115
Figura 60 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m].....	115
Figura 61 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m].....	116

Figura 62 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo	116
Figura 63 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m]	117
Figura 64 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m]	118
Figura 65 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m]	119
Figura 66 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 10 [m]	120
Figura 67 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 15 [m]	120
Figura 68 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 20 [m]	120
Figura 69 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo	121
Figura 70 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 10 [m]	122
Figura 71 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 15 [m]	123
Figura 72 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 20 [m]	124
Figura 73 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m].....	125
Figura 74 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m].....	125
Figura 75 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m].....	125
Figura 76 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción	126
Figura 77 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m].....	127
Figura 78 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m].....	128
Figura 79 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m].....	129
Figura 80 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 10 [m].....	130
Figura 81 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 15 [m].....	130
Figura 82 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 20 [m].....	130
Figura 83 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel.....	131
Figura 84 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 10 [m]	132

Figura 85 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 15 [m]	133
Figura 86 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 20 [m]	134
Figura 87 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 10 [m]	135
Figura 88 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m].....	136
Figura 89 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 15 [m]	136
Figura 90 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m].....	136
Figura 91 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 20 [m]	137
Figura 92 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m].....	137
Figura 93 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 10 [m]	138
Figura 94 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 10 [m].....	138
Figura 95 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 15 [m]	138
Figura 96 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 15 [m].....	139
Figura 97 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 20 [m]	139
Figura 98 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 20 [m].....	140
Figura 99 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m]	140
Figura 100 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m]	140
Figura 101 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m].....	141
Figura 102 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m]	141
Figura 103 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m].....	142
Figura 104 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m]	142
Figura 105 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 10 [m]	143
Figura 106 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 10 [m].....	143
Figura 107 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 15 [m]	144

Figura 108 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 15 [m].....	144
Figura 109 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 20 [m]	144
Figura 110 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 20 [m].....	145
Figura 111 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Battjes & Janssen (1978).....	149
Figura 112 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Collins & Weir (1969).....	150
Figura 113 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Galvin (1969).....	151
Figura 114 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Goda (1970).	152
Figura 115 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Madsen (1976).	153
Figura 116 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Ostendorf & Madsen (1979).	154
Figura 117 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Rattanapitikon & Shibayama (2000). ...	155
Figura 118 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Battjes & Janssen (1978)	158
Figura 119 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Collins & Weir (1969).	159
Figura 120 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Galvin (1969).....	160
Figura 121 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Goda (1970).....	161
Figura 122 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Madsen (1976).	162
Figura 123 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Rattanapitikon & Shibayama (2000). Fuente: Elaboración Propia	163
Figura 124 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Caldera....	167
Figura 125 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coquimbo	168
Figura 126 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Concepción	169
Figura 127 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coronel....	170
Figura 128 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.	196
Figura 129 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas	196
Figura 130 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.	196
Figura 131 Frecuencia relativa y acumulada ‘Tp’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.	197
Figura 132 Frecuencia relativa y acumulada ‘Tp’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas	197
Figura 133 Frecuencia relativa y acumulada ‘Tp’ - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.	197
Figura 134 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m]	209
Figura 135 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].	209
Figura 136 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].	210
Figura 137 Frecuencia relativa y acumulada ‘Hmo’ - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].	210

Figura 138 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].	210
Figura 139 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].	211
Figura 140 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].	211
Figura 141 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].	211
Figura 142 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].	212
Figura 143 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].	212
Figura 144 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].	212
Figura 145 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].	213

RESUMEN

La presente memoria trata sobre los procedimientos sugeridos por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DGTM Y MM) para fijar anchos de zonas de protección litoral (ZPL) en las costas de Chile.

La ZPL es un ámbito territorial que corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a esta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Artículo primero de norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, DS N° 90/2000, numeral 3.13).

El Estado de Chile ha establecido dicha franja litoral con el fin de proteger y asegurar de manera especial la calidad de las aguas utilizadas para el desarrollo de diversas actividades (Párrafo 4.1, del DS N° 90/2000), como por ejemplo vertimientos de aguas servidas o con contenidos de aceites o grasas, aguas con residuos de Plomo, Cianuro, Arsénico, Tolueno, entre otros.

Para fijar el ancho o franja de ZPL, se utiliza la siguiente fórmula

$$A = \left[\frac{[1.28 \times H_b]}{m} \right] \times 1.6$$

Donde

m : Pendiente de fondo.

A : Ancho de zona de protección litoral.

Hb : Altura media rompiente, basada en criterio de Rattanapitikon & Shibayama (2000)

Según a antecedentes históricos, la arquitectura matemática de dicha fórmula ha traído un sinnúmero de confusiones conceptuales y que a fin de ser presentados se elaboró un compendio desde la gestación de la fórmula hasta sus últimas modificaciones publicadas.

El compendio tiene el objetivo de investigar todos los criterios utilizados para la gestación de la fórmula y discutir la aplicabilidad que posee como instrumento de protección costera sobre un receptor marino expuesto al oleaje.

Para analizar los resultados que arroja el aplicar dicha fórmula en un receptor marino se simuló el cálculo de ZPL para cuatro bahías de Chile seleccionadas en función de su medio ambiente industrial.

Con la finalidad de identificar las variables o parámetros de mayor influencia en el cálculo de ZPL, se realizó análisis de sensibilidad mediante dos métodos. El primero relacionado con la sensibilidad de altura de ola rompiente, profundidad y pendiente de playa, mediante la comparación del criterio de ola rompiente propuesto por DIRECTEMAR y otros criterios de oleaje rompiente pertenecientes a dos clasificaciones de oleaje: aguas profundas y aguas someras.

Posteriormente, se realizaron los cálculos relacionados con la altura de ola rompiente (H_b) y factor "P" asociado y finalmente se realiza una comparación de los anchos de ZPL para las cuatro bahías calculados con el método convencional y método propuesto.

Para medir la certeza de los resultados, se utilizaron métodos estadísticos de series de tiempo, probabilidades de ocurrencia, excedencia, ajuste de distribución, entre otros.

Finalmente, mediante los análisis se determinó la dimensión que poseen todos los anchos de ZPL aprobados por DIRECTEMAR en Chile.

1. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XIX en las operaciones de establecimientos industriales se producen grandes cantidades de residuos líquidos químicos, físicos y biológicos que a fin de neutralizarlos son descargados a cuerpos de agua marinos y continentales superficiales.

En Chile existe la norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos (RIL) a cuerpos de agua receptores. Dicha norma fue establecida a través del Decreto Supremo (SEGPRES) N°90 del año 2000, la cual delimita el área de descarga del cuerpo de agua marino receptor mediante una franja de protección nombrada como Zona de Protección Litoral, cuyas siglas son "ZPL". Dentro o fuera de dicha franja las concentraciones máximas de contaminantes descargados son limitadas según su tipo.

El objetivo de la ZPL es proteger, prevenir la contaminación de las aguas de la República y mejorar su calidad ambiental de manera que estas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, en conformidad con la Constitución y las leyes de la República.

La norma en su artículo primero, numeral 3.13, define a la ZPL como: "un ámbito territorial que corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a esta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante en conformidad a la siguiente fórmula".

$$A = \left[\frac{[1.28 \times H_b]}{m} \right] \times 1.6$$

Donde

m : Pendiente de fondo en [m].

A : Ancho de zona de protección litoral en [m]

H_b : Altura media rompiente en [m], basada en criterios de rompiente de Rattanapitikon y Shibayama (2000), donde:

$$H_b = H_o \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{1/5} * (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55)$$

En el año 2012 se promulga la resolución DGTM Y MM N°12600/679, la cual incorpora un nuevo concepto para el cálculo de la altura de (H_b) exclusivamente para zonas de costa abierta. Dicho concepto denominado factor "P" el cual estandariza parte de la fórmula de Rattanapitikon y Shibayama (2000), como se muestra a continuación.

$$H_b = P \cdot (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55)$$

Donde los valores de P, propuestos por DIRECTEMAR, están tabulados en la norma y varían latitudinalmente en función de la geografía del lugar en donde se calcula la ZPL.

La presente memoria tiene dos finalidades: 1º aclarar el objetivo real de la ZPL, mediante un compendio que reúne la historia de la fórmula, todos los criterios utilizados para su gestación, las discusiones y confusiones que han surgido en base a su definición, hasta las últimas modificaciones realizadas y 2º, discutir la aplicabilidad que posee la fórmula como instrumento de protección costera sobre un cuerpo de agua receptor marino de costa abierta, mediante análisis físico – estadístico que permita identificar las variables más importantes en el cálculo de la ZPL y la influencia que poseen en sus resultados.

Con el fin de determinar el grado de validez y representatividad de la fórmula se sometieron a análisis cuatro bahías seleccionadas según su actividad industrial (bahía Caldera, Coquimbo, Concepción y Coronel). Para su análisis se utilizaron 31 años de datos de parámetros de resumen de oleaje (1980-2010), cumpliendo con la normativa de la WMO (*World Meteorological Organization*) sobre “normales climatológicas”. Los datos se obtuvieron del ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) con registros cada 3 horas del estado de mar para las cuatro bahías. Los parámetros de resumen que compone la data son altura significativa espectral (H_{m0}), periodo *peak* espectral (T_p) y dirección media incidente del oleaje (M_{wd}).

Con esta información se procedió a analizar las variables de altura rompiente (H_b), profundidad (db) y pendiente de la playa (m), mediante la comparación de anchos de ZPL calculados con el método convencional y con el método propuesto basado en oleaje refractado. Además, se analizan las variables mencionadas mediante dos metodologías. La primera basada en criterios de oleaje rompiente en aguas profundas dentro de las cuales califica el criterio sugerido por la DIRECTEMAR, es decir, el criterio de Rattanapitikon & Shibayama (2000) junto con el factor P y la segunda basada en criterios de oleaje rompiente en aguas someras.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar y discutir la aplicabilidad de la fórmula propuesta para calcular zonas de protección litoral de un cuerpo de agua receptor marino de costa abierta, en el estado de Chile según lo establecido en el decreto supremo (SEGPRES) N°90 del año 2000 (D.S. N° 90/2000) y circular A-53/004 de la Dirección General del Territorio Marítimo (DGTM) y Marina Mercante (MM).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el génesis histórico y arquitectura matemática de la fórmula de la zona de protección litoral.
- Identificar variables de mayor influencia en el cálculo de ZPL mediante aplicación de fórmula en cuatro bahías de Chile.
- Determinar la influencia del criterio de rompiente en la fórmula de ZPL, mediante análisis físico-estadístico.
- Examinar estadísticamente el rango de validez del ancho de ZPL, para prevenir la contaminación de las aguas marinas y sus recursos.

3. ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente memoria se centró en el método de cálculo de zona de protección litoral (ZPL) utilizada en Chile empleando las sugerencias establecidas por la DIRECTEMAR para un receptor marino de costas expuestas al oleaje hasta la latitud 53°.

- Los receptores marinos que formaron parte del presente experimento físico-estadístico fueron seleccionados en función de su actividad industrial, los cuáles son:

- Bahía Caldera
- Bahía Coquimbo
- Bahía Concepción
- Bahía Coronel

- La información estadística de oleaje (Parámetros de resumen) utilizada para la presente memoria está disponible para el uso académico y científico de intercambio de datos a los cuales Chile está suscrito.

- Todos los softwares y herramientas computacionales utilizadas en la presente memoria, así como sus licencias respectivas fueron facilitadas por MetOcean Solutions Chile Ltda.

- A pesar que para la elaboración de la presente memoria, se utilizó basta información de antecedentes históricos sobre los criterios utilizados para la construcción de la fórmula de ZPL y sus modificaciones asociadas. No se obtuvo información sobre los actuales criterios utilizados para la inserción del factor P, sin embargo, se consideró aquella información como intangible, dado que fue informada a través de conversaciones con organismo pertinente.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 LAS OLAS

Según explica Monzón & Gárate (2000), las olas son movimientos ondulatorios u orbitales, oscilaciones periódicas de la superficie del mar, formadas por crestas y valles las cuales se desplazan horizontalmente.

Si bien existen varios tipos de mecanismos de generación de oleaje, para los problemas de ingeniería litoral las ondas más importantes son las generadas por el viento (Universidad de Cantabria, 2000). Las olas se forman a partir del roce del viento en la superficie marina y dependiendo de su velocidad, *fetch* (tamaño del área en donde sopla el viento) y la persistencia del viento, es como se definirá el oleaje.

El oleaje va consumiendo parte de su energía al momento de trasladarse hacia la costa, dado que en el preciso instante que la órbita descrita por el oleaje comienza a interactuar con el fondo marino, se inicia el proceso de liberación de energía implicando una paulatina disminución del radio que describe sus movimientos ondulatorios (Ver Figura 1). Al acercarse a la costa, las olas disminuyen en longitud y aumentan en altura alcanzando una forma empinada para cuando la profundidad es suficientemente baja como para generar la pérdida de la estabilidad de la ola y finalizar su ciclo rompiendo en la costa. (Alvarez, 2007).

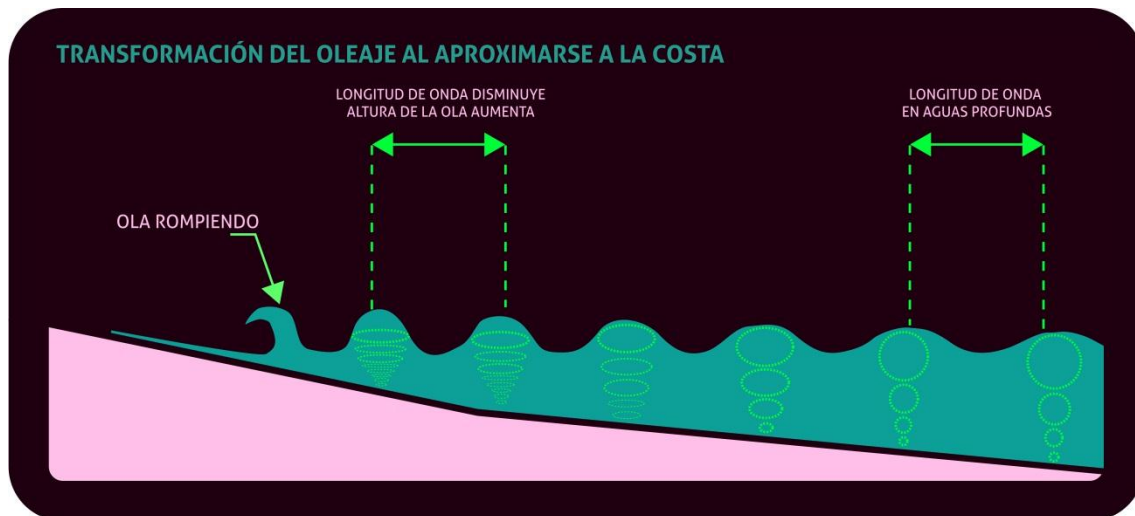


Figura 1 Transformación de las olas oceánicas al aproximarse a la costa
Fuente: Elaboración propia

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS

Según el *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), considerando un nivel medio del mar, la forma de una ola está compuesta por la cresta que es la parte más alta de la ola y la más baja es el valle, por lo que la distancia entre estas dos forma la altura de la ola (H). La amplitud de la ola (A), es la distancia vertical desde el seno o valle a la línea del nivel del mar calmo. La distancia existente entre dos crestas consecutivas es la longitud de onda (L) y el intervalo de tiempo que transcurre entre estas es el periodo (T). El número de crestas que pasan por el punto A por cada segundo se llama frecuencia de las olas (f). (Ver, Figura 2).

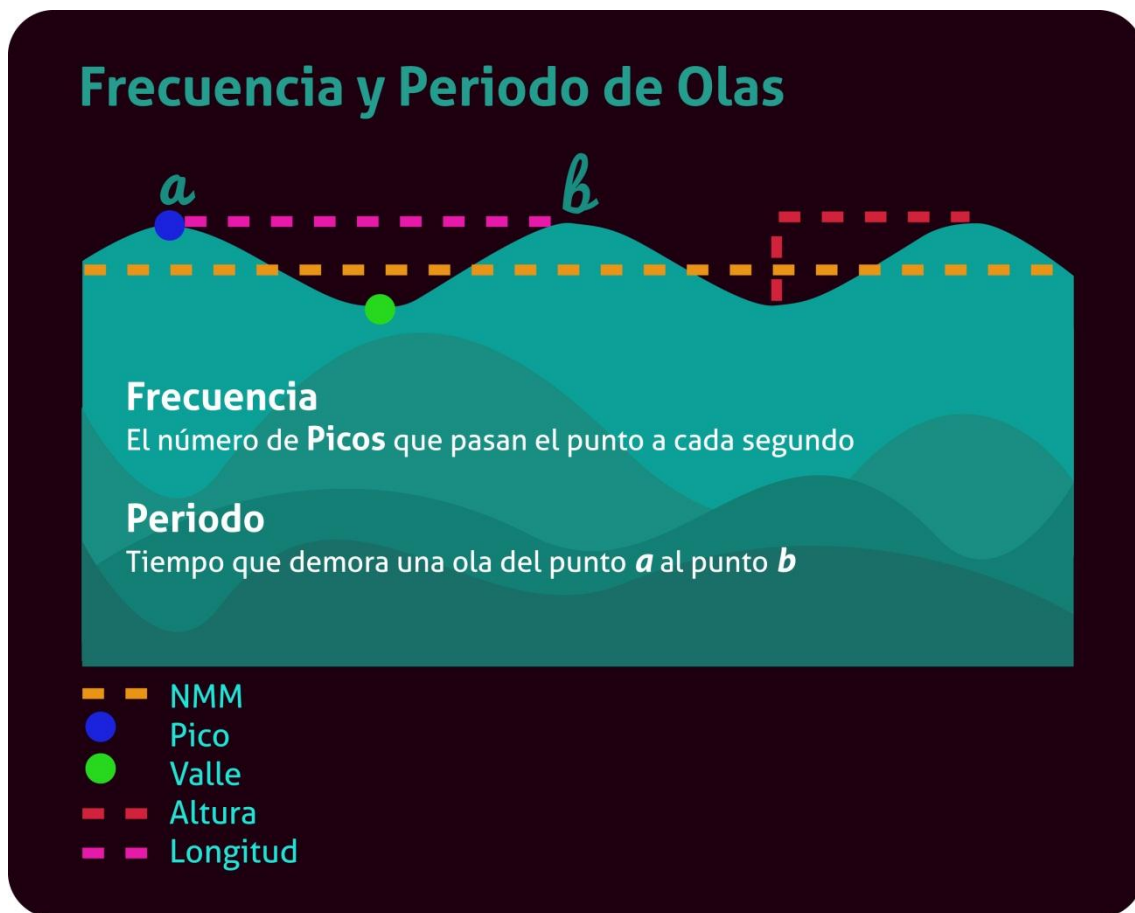


Figura 2 Estructura básica de una ola.
Fuente: Elaboración propia

El oleaje al trasladarse a la costa, viaja con una cierta velocidad de propagación, llamada celeridad de la onda (C), que según Monzón & Gárate, **op. cit.** es la velocidad con que se propaga la cresta de una ola, es decir

$$C = \frac{L}{T}$$

El peralte de la ola es la relación existente entre la altura de ola y su longitud de ola correspondiente; es un indicador de la forma de la ola, como muestra la Figura 3.

PERALTE DE UNA OLA

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{H}{0.5L}$$

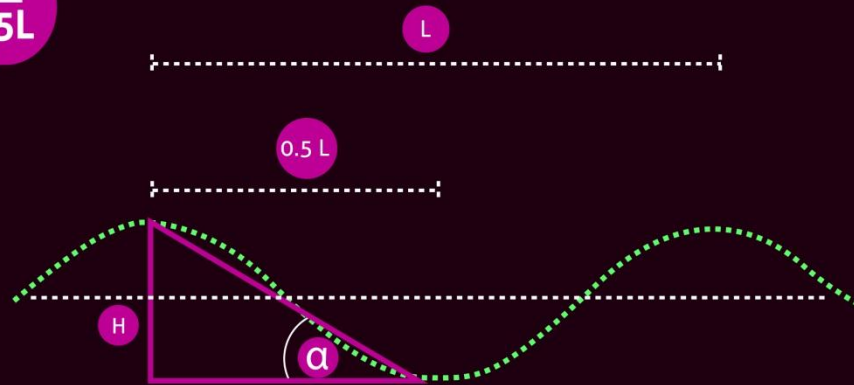


Figura 3 Peralte de una ola.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 , muestra la forma teórica que posee una ola en un punto, pero la realidad es que el oleaje está compuesto por superposición de olas con diferentes características tanto en tiempo y espacio, como se muestra a continuación:

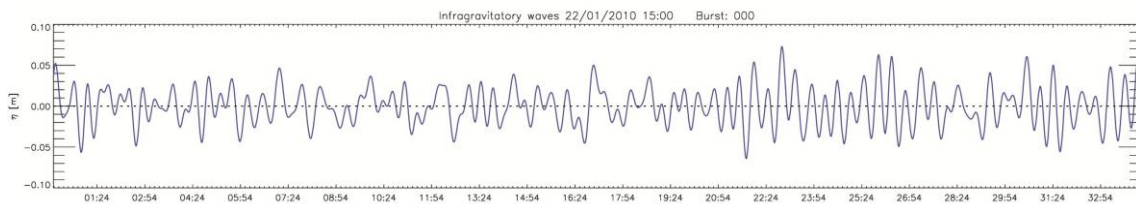


Figura 4 Serie de tiempo de alturas de olas (m)
Fuente: Elaboración propia.

El oleaje tiene diferencias de amplitud, energía y dirección de manera aleatoria por lo que la descripción ola a ola resulta imposible (Monzón & Gárate, 2000). Es por esta razón que el oleaje que se genera a grandes profundidades se asume por la teoría lineal de Airy de 1845, que es un proceso lineal donde el principio de la superposición de ondas es admisible y sencillo de plantear, no obstante, a medida que el oleaje se aproxima a la costa los procesos no lineales adquieren mayor relevancia, por lo que la predicción del oleaje se hace necesaria.

4.1.2 TEORIAS DE LAS OLAS

Para comprender la naturaleza del oleaje las teorías de olas han posibilitado la determinación de los cambios sufridos por el oleaje una vez que abandonan el área de generación. Estas teorías se remontan desde el siglo XIX y se pueden clasificar en teoría de ondas de amplitud pequeña y amplia, las primeras adecuadas para aguas profundas y la segunda para aguas someras.

La teoría más simple de generación de oleaje es la teoría lineal de olas Airy (1844), la que describe el movimiento de las olas en aguas profundas. Posteriormente Stokes (1847) da solución a las teorías no lineales, es decir, de mayor orden, las cuales sirven para caracterizar los efectos no lineales que sufre el oleaje al aproximarse a la costa. Pero según lo planteado por Pintado **et al.**, (2010) a pesar de que la teoría de Stokes es aplicable a olas de amplitud finita a todas las profundidades y proporciona una buena descripción de los movimientos de las olas, a veces es necesario recurrir a las teorías de onda larga aplicables a aguas someras como las ecuaciones de Boussinesq, útiles para la propagar oleaje desde aguas profundas a aguas someras Peregrine, (1967). La teoría de la onda Cnoidal, Korteweg-de Vries, (1895) es aplicable a ondas de amplitud finita en profundidades reducidas dado que considera los efectos no lineales típicos de aguas someras y la onda solitaria Rusell, (1844) que se caracteriza por no ser una onda larga de translación generalmente asociadas a maremotos o deslizamientos.

La teoría de Airy es admisible siempre que el fondo varíe muy poco como para perturbar la longitud de la onda. Diversas investigaciones concluyen que dicha teoría es razonable hasta que la profundidad no varíe más de un 10% ó 15% en $L/2$, ya que si las olas no rompen en un tiempo dado, el oleaje ha de ser el mismo en un tiempo dado entre dos puntos, los periodos se conservan y la longitud de onda disminuye al igual que la celeridad al pasar de grandes profundidades a profundidades reducidas, comenzando la transformación del oleaje (Monzón & Gárate, 2000, p. 20).

4.1.3 TRANSFORMACIÓN DE OLEAJE

A medida que el tren de olas viaja a la costa y comienza a interactuar con el fondo marino, el oleaje cambia sus características iniciales, acortando su longitud y aumentando su altura, dicho fenómeno se conoce como asomeramiento o *shoaling*. (Universidad de Cantabria, 2000, p. 191).

Cuando una ola viaja propagándose, la parte que se ubica en aguas más profundas, viaja con una mayor celeridad que aquella parte que se encuentra en aguas menos profundas, lo que produce una rotación del frente de olas llamado refracción. También se puede generar a partir de corrientes inducidas por variaciones de celeridad de ola. (Universidad de Cantabria, **op. cit.**).

La presencia de obstáculos como islas, cabos u otras estructuras crea la difracción y la reflexión. La difracción que se caracteriza por la cesión lateral de energía perpendicularmente a la dirección de propagación y es el causante de que parte de la energía trasladada por la onda se transmita a una zona de sombra generada por los propios obstáculos. La reflexión se produce por el reflejo de la ola, tiene gran

importancia en los estudios asociados a la bahías y estructuras artificiales. (Universidad de Cantabria **op. cit.**).

Otro fenómeno disipador de energía es la rotura, el cual es totalmente controlado por la profundidad y se produce cuando la altura alcanzada por la onda coincide aproximadamente con la profundidad. Por lo que el perfil de onda deja de ser estable y rompe disipando una gran cantidad de energía en forma de turbulencia. (Universidad de Cantabria **op. cit.**).

4.1.4 LA ROTURA

La rotura forma parte de los procesos litorales complejos de describir. Se asocia al proceso donde se disipa la energía por completo formando un espacio de caos y turbulencias. (Monzón & Gárate, 2000).

Sierra & Presti, (1998), en su estudio comparativo de criterios de rotura de oleaje regular, referencia definiciones de rotura según diferentes científicos famosos en el área del oleaje, como se describe a continuación:

Le Méahuté en (1976) la rotura, ocurre cuando:

- La velocidad de las partículas de la cresta sobrepasa la celeridad de la onda.
- La presión de la superficie libre, dada por la ecuación de Bernoulli, es incompatible con la presión atmosférica.
- La aceleración de las partículas en la cresta tiende a separarlas de la superficie de la masa de agua.
- La superficie libre se pone vertical.

Mei (1983) explica que en una playa plana, los parámetros que gobiernan la rotura del oleaje son el peralte de la ola y la pendiente de la playa. Para valores suficientemente grandes de pendiente o amplitudes suficientemente bajas, una ola incidente no rompe, por el contrario, se refleja completamente.

Cuando la pendiente y/o "K*A" decrecen (siendo K el número de onda y A la amplitud), se alcanza un umbral donde empieza la rotura.

Iribarren & Nogales (1949) hallaron empíricamente que el parámetro adimensional (I_r), siendo L_0 la longitud de onda en grandes profundidades.

$$I_r = \frac{m}{\sqrt{H/L_0}} = \frac{\sqrt{m^2 \pi}}{K_0 A}$$

Donde se asigna un valor crítico de 2.3 al número de Iribarren, por lo que si tal número es menor a 2.3, las olas rompen y el coeficiente de reflexión es menor que 1 y si dicho valor decrece, la reflexión en la playa también decrece.

En el año 1974 Battjes a partir de los resultados de los experimentos sobre reflexión para distintos oleajes incidentes y pendientes de la playa realizados por Moraes (1970), halló que el coeficiente de reflexión puede ser expresado únicamente en función de I_r . A este adimensional Battjes lo denominó parámetro de similitud de surf, $\xi = I_r$, demostrando que gobierna los procesos de rotura del oleaje.

Sierra & Presti (1998) explica que la aleatoriedad de la rotura del oleaje es considerada cada vez más y que en consecuencia, para poder estudiarla se emplean expresiones desarrolladas para oleaje irregular, sin embargo, la determinación de las características en rotura para oleaje monocromático, todavía tiene un gran interés.

4.1.5 CRITERIOS DE ROTURA

Según Sánchez-Arcilla & Lemos (1990), básicamente existen dos tipos de criterios de rotura, los tipo I son criterios que expresan las condiciones de rotura en función de parámetros locales de la ola y características batimétricas (o pendiente del fondo) y los tipo II son los criterios que especifican la altura de ola en rotura en función de características batimétricas (pendientes de la playa) y peralte de la onda en aguas profundas (H_o/L_o).

A continuación se describen algunos de los criterios tipo I y II, de uso frecuente según Balsillie (2000), Rattanapitikon & Shibayama (2000) y Rattanapitikon & Vivattanasirisak (2002).

Criterios tipo I:

I. Criterio de Kishi & Saeki (1966):

El criterio de Kishi & Saeki (1966) se realizaron estudios de laboratorio con oleaje del tipo onda solitaria para pendientes variables entre 1/10 y 1/30 con el siguiente resultado:

$$\frac{H_b}{h_b} = 5.68m^{0.40}$$

II. Criterio de Galvin (1969):

Galvin propone un criterio de rotura en función de la pendiente de la playa:

$$\frac{H_b}{h_b} = \beta_b$$

Para, $\beta_b = 1.09$ para $m \geq 0.07$ y $\beta_b = (1.40 - 6.85m)^{-1}$ para $m < 0.07$

III. Criterio de Collins & Weir (1969):

Collins & Weir, también proponen un criterio en función de la pendiente de la playa:

$$\frac{H_b}{h_b} = \beta_b$$

Para, $\beta_b = 1.28$ para $m \geq 0.1$ y $\beta_b = 0.72 + 5.6m$ para $m < 0.1$

IV. Criterio de Goda (1970):

El criterio de Goda (1970), para aguas someras establece que:

$$\frac{H_b}{h_b} = \frac{B}{1 + A \frac{h_b}{gT^2}}$$

Siendo T el periodo de la onda, g la aceleración de la gravedad. Ay B dos parámetros definidos como:

$$A = 43.75(1 - e^{-19m}) ; B = \frac{1.56}{(1 + e^{-19m})}$$

V. Criterio de Madsen (1976):

El criterio de Madsen concuerda en que el índice de rotura aumenta con la pendiente hasta un valor máximo alrededor de 0.1.

$$\frac{H_b}{h_b} = \beta_b$$

Para,

$$\beta_b = 1.18 \text{ para } m \geq 0.1 \text{ y } \beta_b = 0.72 + 4.6m \text{ para } m < 0.1$$

VI. Criterio de Battjes & Janssen (1978):

El criterio de Battjes & Janssen viene dado por la expresión:

$$\frac{H_b}{L_b} = \frac{v_1}{2\pi} \tanh \left[\frac{v_2 2\pi h_b}{v_1 L_b} \right]$$

Con,

$$v_1 = 0.88 \text{ y } v_2 = 0.83$$

VII. Criterio de Ostendorf & Madsen (1979):

El criterio de Ostendorf & Madsen (1979), haciendo uso de la teoría cnoidal y de la de Stokes en sus respectivas zonas de aplicación:

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.14 \tanh \left[(0.8 + 5m) 2\pi \frac{h_b}{L_b} \right], m < 0.1$$

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.14 \tanh \left[(1.3) 2\pi \frac{h_b}{L_b} \right], m > 0.1$$

Donde,

L_b se calcula mediante la relación de dispersión para ondas de pequeña amplitud.

Criterios tipo II:

I. Criterio de Le Méhauté & Koh (1967):

Le Méhauté & Koh (1967), basándose en diversos datos de laboratorio, elaboraron el siguiente criterio:

$$\frac{H_b}{H_0} = \frac{0.56}{\left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1/5}}$$

II. Criterio de Komar & Gaughan (1972):

A partir de la teoría de las olas de pequeña amplitud, Komar & Gaughan (1972), proponen la siguiente relación:

$$H_b = K g^{1/5} (T H_0^2)^{2/5}$$

III. Criterio de Sunamura & Horikawa (1974)

Sunamura & Horikawa proponen en función de diversos datos de laboratorio realizados con pendiente "m" de playa fija, la siguiente relación:

$$\frac{H_b}{H_0} = m^{0.2} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-0.25}$$

IV. Criterio de Simgamsetti & Wind (1980):

Simgamsetti & Wind, a través de un experimento de laboratorio concluyeron que para valores que varían entre $1/40 < m < 1/5$ y $0.02 < H_0/L_0 < 0.065$, la rotura está dada por:

$$H_b = 0.575 H_0 m^{0.031} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-0.254}$$

V. Criterio de Gourlay (1992):

Gourlay (1992), propone una fórmula empírica basado en datos de experimentos de laboratorio (Bowen et al, 1968; Smith 1974; Visser, 1977; Gourlay, 1978; Van Dorn, 1978; Stive, 1984; and Hansen and Svendsen, 1979). El experimento cubre rangos de $1/45 < m < 1/10$ y $0.001 < H_0/L_0 < 0.066$.

$$H_b = 0.478 H_0 \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-0.28}$$

VI. Criterio de Rattanapitikon & Shibayama (2000):

A partir del criterio de rompiente planteado por Komar & Gaugan en 1972, Rattanapitikon & Shibayama en el año 2000 plantean la siguiente modificación:

$$H_b = H_o \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-\frac{1}{5}} * (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55)$$

La cuál establece que

$$K_{kg} = \frac{H_o}{H_b} \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-\frac{1}{5}}$$

Rattanapitikon & Shibayama, explican mediante dicha formula, los efectos que provoca el factor K_{kg} en la pendiente de de la playa, la cual ovedece a un rango de variacion de 0.50 a 0.65, por lo que para obtener una mejor prediccion incorporaron el efecto de la pendiente en la fórmula mediante regresiones múltiples y series de potencias.

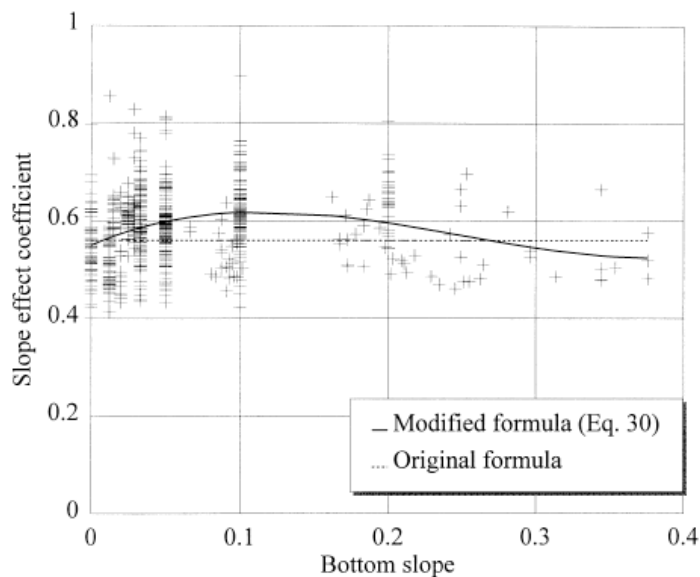


Figura 5 Relación entre coeficiente K_{kg} y la pendiente de fondo.
Fuente: (Rattanipitikon & Shibayama, 2000)

4.1.6 INFLUENCIA DE LA ROTURA EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALTURA DE OLA EN AGUAS PROFUNDAS

Autores como Stokes, Dean, Ochi y Tsai han estudiado la influencia que genera el oleaje en rotura en la distribución de altura de ola en aguas profundas y señalan que el

oleaje rompe cuando las olas alcanzan estados límites de altura o de inclinación que provocan una pérdida en su equilibrio, induciendo el rompimiento.

Stokes (1847, 1880), explica que el oleaje rompe cuando la altura de ola es muy empinada y excede su longitud de onda, describiendo la siguiente relación:

$$H \geq 0.142L$$

Posteriormente, establece que la altura de ola en aguas profundas es mayor o igual a una constante α que multiplicada por la aceleración de gravedad y el periodo definirá la probabilidad de rotura:

$$H \geq \alpha g T^2$$

Por lo tanto, cuando la altura de ola es menor que dicho valor la ola rompe e influye en la distribución de alturas.

Stokes (1847, 1880), define la constante α como 0.027

$$H \geq 0.027gT^2$$

Dean (1968), basado en el oleaje regular no lineal establece a α como 0.033.

$$H \geq 0.033gT^2$$

Posteriormente, Ochi & Tsai (1983), basados en análisis probabilísticos, modifican la constante como 0.020.

$$H \geq 0.020gT^2$$

Cuando la altura de ola es menor que dicho valor la ola rompe. (Massel, 1996)

4.1.7 LAS CORRIENTES LITORALES

Según Rodríguez (2004), las corrientes marinas u oceánicas son masas de agua, fría o caliente, que se desplazan en trayectorias permanentes en los mares y océanos. Éstas masas se originan por la acción combinada del viento, las mareas y la densidad del agua, las que a su vez son producidas por las variaciones de temperatura de las masas de agua de diversas latitudes, como el ecuador o el polo. Las zonas donde dos corrientes se encuentran suelen ser particularmente ricas en nutrientes y vida. (CONAMA, 2008).

Las corrientes litorales, según lo señalado por Edward J. Tarbuck & Frederick K. Lutgens (2005), se generan a partir del oleaje que viaja refractándose a la costa, alcanzado la orilla con un ligero ángulo, provocando que las olas rompan en sentido oblicuo y que posteriormente la ola desciende en línea recta por la pendiente de la playa (resaca) formando movimientos zigzagueantes llamados "Deriva Litoral" por lo que las olas oblicuas generadas producen corrientes dentro de la zona de rompiente

paralelas a la línea de costa, llamadas “Corrientes Litorales”, como se muestra en la Figura 6, donde se observa que estos movimientos de zigzag provocan desplazamientos de los granos de arena contribuyendo a la configuración costera.

Esta franja de playa es altamente sensible y vulnerable a impactos ambientales de diversos tipos, dado que posee una dinámica física y condiciones bióticas, diferentes en comparación al océano profundo. Es una zona con baja capacidad de dispersión (Aquambiente Ltda, 1997) y según la política nacional del uso del borde costero, dicho lugar es de gran importancia para el uso humano y desarrollo integral, armónico del país.

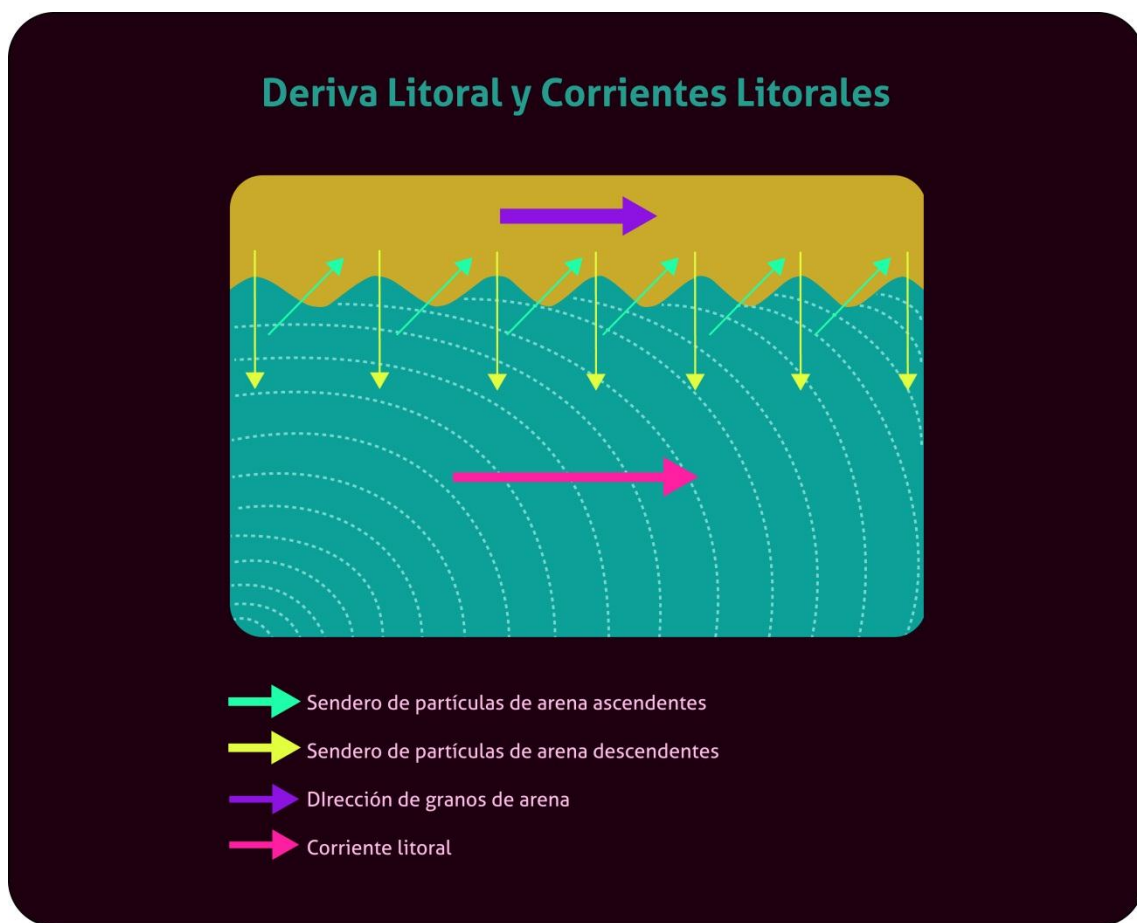


Figura 6 Deriva litoral y las corrientes litorales
Fuente: Elaboración propia

4.1.8 SWAN, UN MODELO MATEMÁTICO DE PROPAGACIÓN DE OLEAJE

Con el fin de representar todos los fenómenos asociados a la transformación y propagación de oleaje hacia la costa, (Emilia Guisado Pintado *et al*, 2010) en su publicación de los modelos de propagación de oleaje, simulación morfodinámica y las tecnologías de información geográficas (TIG), plantea que dichas herramientas son elaboradas a partir de las teorías de oleaje que permiten explicar los procesos y transformaciones que sufre el oleaje en su viaje desde el área de generación hasta su llegada a las proximidades de la costa. Si bien aún existen aspectos teóricos que

dificultan la obtención de soluciones analíticas completas, son herramientas sofisticadas que permiten abstraer los componentes que participan en los complejos procesos morfodinámicos y datos que se utilizan para los cálculos, sino también los propios procesos físicos (Malvárez & Cooper, 2000).

Ejemplo de lo anterior es el modelo “SWAN (*Simulating WAves Nearshore*)”, que se define como un modelo espectral de tercera generación, euleriano, no estacionario y promediado en la fase, desarrollado por la Universidad de Delft para la predicción de olas de viento bajo condiciones de limitación de *fetch* y profundidad bajo condiciones estacionario. SWAN, Describe la evolución del espectro de energía del oleaje teniendo en cuenta las condiciones del viento, el oleaje, corrientes y batimetrías, calculando procesos de generación, disipación e interacciones no lineales. Las principales ventajas son que modela la geometría, propagación y los procesos que sufren las olas en el viaje desde el área de generación hasta la costa. Además, se puede acoplar con otros modelos meteorológicos y ha sido ampliamente validado tanto empíricamente como en laboratorio.

Los datos de entrada que se pueden cargar al modelo son las grillas batimétricas de la zona y los datos climáticos de oleaje, que pueden ser datos paramétricos de ola (altura, periodo y dirección) y de viento (dirección y velocidad), y datos espectrales de viento y campos de vientos y de olas en *grids* (otros datos de entrada adicionales son el tipo y forma del espectro, valores de difracción, vegetación del fondo, tipo de *whitecapping*, etc.) (Emilia Guisado Pintado *et al*, 2010, p. 867)

4.2 ESTADO DEL ARTE DE LA NORMA DE EMISIÓN EN SU APLICACIÓN MARINA

4.2.1 BREVE HISTORIA DE LA CONTAMINACIÓN DEL BORDE COSTERO CHILENO

“Desde 1850 se instalan en Chile los primeros establecimientos industriales”, (Biblioteca Nacional de Chile. Inicios de la industria en Chile (1860-1930). Memoria Chilena., 2016). En los primeros años del 1900 ya existían diferentes tipos de industrias como metalúrgicas, papeleras y química, alcanzando una cifra de 7481 establecimientos industriales en el año 1918 (Sociedad de formento fabril Chile, 1920). En búsqueda del crecimiento económico para el bienestar de la población chilena, las industrias siguieron multiplicándose.

El problema de este crecimiento radicaba en sus operaciones industriales, ya que se producía gran cantidad de residuos líquidos químicos, físicos y biológicos que a fin de neutralizarlos eran descargados al medio ambiente cambiando las características físicas, químicas y biológicas inherentes del entorno medioambiental.

(J Fariña *et al*, 2008), sostiene que uno de los ecosistemas utilizados para la neutralización de contaminantes es el macro sistema acuático, debido a su poder de dilución, difusión, dispersión y autodepuración, sin embargo, el mal uso puede provocar la fragmentación y pérdida del hábitat natural de muchos organismos vivos, los que pueden responder de manera distinta a las modificaciones de su hábitat afectando la vida de los organismos e incluso la humana.

Además, según (Chiang, 1988) algunos contaminantes conservan su integridad química durante años, décadas, incluso siglos. Y define la contaminación marina como la introducción por el hombre, en el ambiente marino, de sustancias de las cuales resultan efectos deletéreos, tales como perjuicios para los recursos vivientes, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítima, incluida la pesca, reducción de las cualidades útiles del agua de mar y disminución de las bellezas naturales”

Consciente de ello, dichos aspectos son abordados en el capítulo III de los derechos y deberes constitucionales del estado de Chile en el artículo 19 numeral 8º, establece que “Es un derecho vivir en un medio ambiente libre de contaminación y es deber del estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.

El Ministerio del Medio Ambiente en su libro Biodiversidad de Chile, Patrimonio y desafíos publicado en el año 2008, plantea que conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes de nuestro país más que un compromiso internacional y exigencia legal es una condición para nuestra sobrevivencia, sin embargo, a fines de los años ochenta y comienzos de los noventa se comienza a sentir las consecuencias del crecimiento demográfico, industrial y la escasa regulación ambiental, en donde se vio intensamente afectada la calidad del recurso hídrico nacional.

DIRECTEMAR basó la mencionada fiscalización de RILES en una aplicación casi "artesanal" de normas y estándares internacionales, ya que dichas exigencias eran formuladas mediante un sistema "caso a caso", es decir, una vez que tales empresas iniciaban la instalación de plantas de tratamiento u otras medidas de mitigación, tras haber completado sus estudios ambientales (que entonces correspondían a la aplicación del Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental, PMEIA, 1987), se formulaban "metas ambientales" a las empresas en forma individual.

A medida que aumentaba el número de empresas usuarias del borde costero la entrega de los respectivos PMEIA era cada vez más compleja por lo que surgió la necesidad de estandarizar las exigencias ambientales que imponía la DIRECTEMAR. Dicha estandarización se lograría a través de la dictación de una Norma de Emisión que considerara los elementos de gestión ambiental incorporados en la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, la que tiene como objetivo resguardar el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. (Ministerio del medio ambiente, 2010)

En el año 1996 el Consejo Directivo de la CONAMA propone el un programa de dictación de normas primarias y secundarias de calidad ambiental y de emisión, donde se expone la situación real de Chile:

“En efecto, las condiciones actuales de calidad de las aguas de Chile, muestran la influencia de la actividad minera en el norte del país, presentando las aguas altos niveles de arsénico, boro, fierro y cobre, entre otros. Al sur de la cuarta región, se encuentran serios problemas de contaminación orgánica y microbiológica, producto de las descargas de agua servidas de ciudades y pueblos. En el sur, los lagos está siendo sometidos, cada vez con mayor intensidad, a descargas directas de aguas servidas y a contaminación procedente de la actividad acuicultora, exponiéndola al desarrollo de procesos de eutroficación” (Programa de dictación de normas primarias y secundarias de CONAMA, 1996)

El objetivo del programa fue implementar políticas ambientales, particularmente aquellas relacionadas con la prevención, manejo y control de la contaminación ambiental, así como la protección de recursos naturales y de componentes del patrimonio ambiental de Chile.

El programa contemplaba normas para calidad del aire, agua, ruidos molestos y contaminación lumínica. Siendo la norma para calidad de agua la menos resuelta y que en aquel momento estaba definida por:

- NCh 1.333, Calidad de agua para distintos usos.
- NCh 409, Calidad agua potable.
- NCh 2280, Norma técnica relativa a descarga de residuos industriales líquidos
- Resolución DGTM y MM ORD. N° 12.600/322

Donde las dos primeras eran oficiales, la tercera había sido creada por el Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) la cual aún se encontraba en etapa de consulta a través de Instituto Nacional de Normalización dado que "la parte 2 de esta norma, que regula las descargas a cuerpos y cursos de agua superficiales, no había sido discutida, encontrándose en etapa de borrador preliminar" (Programa de dictación de normas primarias y secundarias de CONAMA, 1996).

La Resolución de DGTM y MM ORD. N° 12.600/322 dictada el 18 de diciembre de 1994, corresponde a una resolución DIRECTEMAR, que no tenía carácter obligatorio y su objetivo era "Regular las descargas a los cuerpos de agua de jurisdicción de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante". Dicha resolución tampoco fue discutida públicamente.

Entonces tanto la parte 2 de la NCh 2280 como la Res. N° 12.600/322 corresponden a normas de emisión a aguas superficiales por lo que en el año 1995, se invita a los organismos gestores de éstas (SISS y DIRECTEMAR) a presentar en conjunto la propuesta de una norma de emisión que contemplara ambos documentos mencionados, unificándolos en un solo cuerpo. El documento sería entregado a la CONAMA en el año 1998 y serviría de base para elaborar la actual norma de emisión. (Julio Neuling, 2001).

4.2.2 GENESIS DE LA ZONA DE PROTECCIÓN LITORAL

El documento conjunto antes citado, fue analizado por la empresa Aquambiente Ltda., y en mayo del año 1997 elaboró una fundamentación técnica, donde se señala por primera vez el concepto de ancho de zona de protección litoral o ZPL. Éste concepto surge de la definición de "zona litoral", que es aquella franja costera donde predominan las corrientes litorales cuya dinámica física y condiciones bióticas, son diferentes en comparación al océano profundo, pues es una zona con bajas capacidad de dispersión, es un área altamente sensible y vulnerable a impactos ambientales de diversos tipos, además contiene una alta biodiversidad y posee múltiples usos, por lo que preservar su ecosistema, recursos naturales, estética del entorno y proteger la salud humana es vital.

Posteriormente, señala que existen varios criterios para delimitar el ancho de la zona de protección litoral (carga de contaminante, tiempo de residencia, tasas de renovación, pendiente de fondo, etc), sin embargo, se basan en un criterio netamente físico, esto es, la zona donde predominan las corrientes litorales que delimitan la zona litoral a lo

largo de la costa. Para fundar dicho argumento se recurrió a un experimento realizado por Komar en 1973, donde determinó que el ancho de la zona de corrientes litorales es 1.6 veces la distancia desde la costa a la rompiente, el cual es interpretado por (Aquambiente Ltda, 1997) como aquella franja que garantiza que el 90% de la influencia de las corrientes litorales quedan allí contenidas.

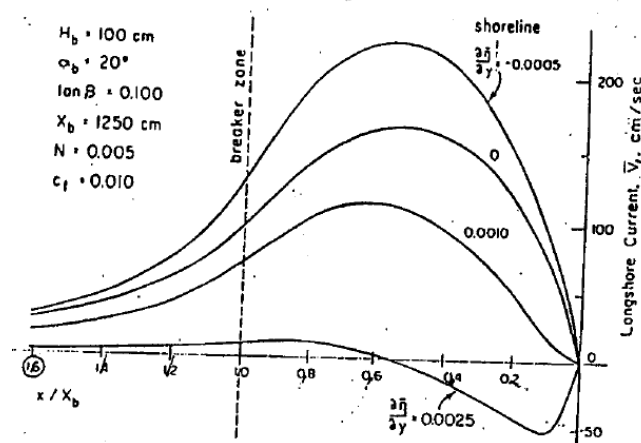


Figura 7 Experimento de Komar en 1973, para calcular el ancho de la zona de corrientes litorales
Fuente: Komar (1973)

Otro criterio que se utilizó para la elaboración de la fórmula de ancho de ZPL, fue el establecido por el doctor Munk en el año 1949, el cual se basa en los procesos de transformación del oleaje, referidos al instante que las olas se mueven hacia aguas someras y comienzan a sentir el fondo, tomando importancia los conceptos de profundidad relativa (d/L), altura rompiente, profundidad de rompiente y pendiente de fondo (m).

Sabiendo Munk que la relación que existe entre la profundidad de rompiente (db) y altura de ola rompiente (H_b) que es igual a dos veces la amplitud, propuso en uno de sus estudios de las ondas solitarias, la relación entre la profundidad rompiente y su respectiva altura de ola mediante

$$\frac{db}{H_b} = 1.28$$

Y considerando que el ancho de la zona de rompiente es:

$$A = \frac{db}{m}$$

Se puede expresar en términos del ancho de la zona rompiente, en donde

$$A = \left[\frac{1.28 \cdot H_b}{m} \right]$$

Y multiplicando por el factor de Komar, 1973, se tiene que

$$A = \left[\frac{1.28 \cdot H_b}{m} \right] \cdot 1.6$$

Finalmente, el estudio define un ancho de protección promedio de 300 [m] para todo el territorio nacional, considerando oleaje típico chileno, es decir, olas que tienen periodos que fluctúan entre 6 a 16 segundos con alturas que varían entre los 0.5 a 4 metros y pendientes de fondo de entre 1/100 a 1/4, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Cálculo de anchos de ZPL dado diferentes pendientes y alturas rompientes.

Hb (m)	m							
	1/40	1/50	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100	
0.50	40.96	51.20	61.44	71.68	81.92	92.16	102.40	
0.75	61.44	76.80	92.16	107.52	122.88	138.24	153.60	
1.00	81.92	102.40	122.88	143.36	163.84	184.32	204.80	
2.00	163.84	204.80	245.76	286.72	327.68	368.64	409.60	
3.00	245.76	307.20	368.64	430.08	491.52	552.96	614.40	
4.00	327.68	409.60	491.52	573.44	655.36	737.28	819.20	
Promedio	153.60	192.00	230.40	268.80	307.20	345.60	384.00	268.80

Fuente: (Aquambiente Ltda, 1997).

En el documento se señala que si bien el promedio es de 268.8 [m] la zona litoral debe ser mas ancha en aquellos lugares donde se desarrollen cultivos, en zonas de playas públicas y en zonas de poca pendiente con olas cortas.

También se menciona que se debiera modificar los valores máximos de descarga según el uso. De manera que: "Por razones de orden práctico y estandarización, la comisión conjunta de DGTM-SISS estimó que para efectos de la norma el ancho de ZPL debe limitarse a una banda común de 300 [m]"; sin embargo, por razones de financiamiento para poblados con menos de 1500 habitantes se propone una normativa menos estricta, cuyos ductos de descarga deben estar separadas en al menos 1000 [m] unas de otras (dicha solución se sustentó en la utilización de un modelo de advección litoral unidimensional asimilativo, en donde se simularon pequeñas descargas empleando datos de dispersión de rodamina en diferentes ambientes del litoral central), pero para aquellos vertimientos realizados cerca de la costa, es decir, dentro de la ZPL, se debe regular tanto por carga como por concentración de contaminante de forma simultánea, de modo de limitar la cantidad máxima de RIL vertido por litro de agua, aun cuando se estén cumpliendo los valores de concentración establecidos y a la vez asegurar el vertimiento controlado y constante para no provocar efectos ambientales indeseados, dado que los cambios bruscos de las sustancias contenidas en la descarga puede alterar o dañar la vida marina, la que no es apta para soportar siquiera cambios en los factores bióticos propios del ecosistema además las descargas que se efectuen en el área situada fuera de la la ZPL, solo es necesario controlar su concentración, ya que en dicha zona presume capacidad de dilución, dispersión y autodepuración, especialmente para descargas de sustancias orgánicas de fácil degradación, en caso de sustancias de alta toxicidad en donde es posible superar la capacidad de dilución del medio marino se deben tratadas para alcanzar los valores máximos exigidos por la norma. (Aquambiente Ltda, 1997).

4.2.3 DISCUSIONES DE LA DEFINICIÓN DE LA ZPL

En respuesta al informe de Aquambiente Ltda., el Departamento de Estudios Ambientales del Instituto de Investigación Pesquera de la ciudad de Talcahuano, publica el documento llamado "Proposición de una metodología común para estimar anchos de zonas de protección litoral y cargas permisibles", donde señala que a fin de cumplir con el objetivo de la norma, se debe tomar en cuenta que "los cuerpos de agua receptores presentan diferente asimilación, dependiendo principalmente de las características dinámicas de cada cuerpo y de las cargas vertidas al cuerpo de agua", por lo tanto el ancho de ZPL, no puede asumir un valor rígido para toda la costa de Chile (Departamento de estudios ambientales, 1997), no obstante, se definió un mínimo de 50 [m] como ancho de protección litoral cuando se vierta dentro de la ZPL, ya que pueden existir posibles efectos de corrientes hacia la zona costera, por lo que para asegurar la calidad del cuerpo de agua se propone medir la dilución que alcanza el RIL, a través del efecto que causa en los organismos característicos del cuerpo de agua a partir de bioensayos de laboratorio, es decir, probar el punto en que la dilución provoque un efecto tóxico sobre las especies u organismos del sector en análisis (bioensayos de toxicidad aguda) y determinar el ancho de ZPL seleccionado más restrictivo, es decir, el más lejano a la costa, en cambio, para cuando se vierta fuera de la ZPL, el ancho se debe determinar considerando las componentes dinámicas, la batimetría del área y concentración de un parámetro determinado del lugar oceanográfico sin efectos externos, para ello se debe definir un radio de dispersión "r" y dilución del contaminante en el lugar del vertimiento, de modo tal que la concentración alcanzada en el borde de "r", corresponda a la condición natural de dicho parámetro en el agua, además en aquellos sectores costeros que presenten características oceanográficas altamente antrópicas, altas pendientes y cargas pequeñas ingresadas al mar, la opción es que las empresas que operan en aquellos sectores extiendan sus emisarios de tal manera que en el lugar de posición la carga vertida por ellas sea asimilada sin causar daños al cuerpo de agua (Departamento de estudios ambientales, 1997).

En el mes de diciembre del mismo año, el Centro Universitario Internacional Europa y América Latina, de investigación y formación de ciencias ambientales EULA-Chile, envía un fax al director ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Rodrigo Egaña, donde expresaba algunas observaciones que señalan el corregir o mejorar el valor de los 300 [m], ya que "es altamente inconveniente y carece de valor práctico, fijar, a priori, una distancia en común aplicable a toda la costa debido a que los procesos físicos que concurren en la zona de interacción entre el océano costero y la línea de costa son complejos y de alta variabilidad tanto espacial como temporal. Las variaciones geomorfológicas, topográficas y batimétricas del borde costero a lo largo de Chile, hacen de esta norma un instrumento inútil que no logra el objetivo deseado". Ejemplifica las diferencias costeras de la zona norte del país con la desmembrada costa del sur, por lo tanto, sugiere que la ZPL sea fijada en base a una combinación de varios parámetros como topografía, exposición al oleaje, batimetría, rango de altura de mareas, entre otros, con un enfoque local.

Junto a lo anterior comenta sobre parámetros y concentraciones de los contaminantes que se deben incluir o ajustar en la tabla de límites máximos para descarga de residuos a aguas marinas fuera de la ZPL. (Expediente actualizado de Sistema de Nacional de Información Ambiental de Chile, 2017)

El 26 de diciembre de 1996 los académicos de la carrera de Oceanografía de la Universidad Católica de Valparaíso, envían una carta al director ejecutivo de la

CONAMA, para que considere en el anteproyecto de la norma que “en Chile no se dispone del conocimiento general como para llegar a conclusiones definitivas sobre la dinámica de todo el litoral”, no obstante, con experiencia en el área, en “la isobata de los 50 [m] de profundidad aparece como una de las demarcaciones más próximas a la costa que separa agrupaciones de organismos más propios del litoral que de la plataforma marina propiamente tal, lo que está asociado a la presencia de cuerpos de agua y a perturbaciones naturales como la surgencia costera”, además se sostiene que los hábitat de reproducción, crecimiento de muchos organismos y especies, se encuentran principalmente desde dicha isobata hacia la costa. También señala que el comportamiento de la columna de agua es más definido en el tiempo que hacia el interior, por lo que se podría pensar que cada zona latitudinal es diferente a ésta profundidad a lo largo de Chile y los 300 [m] de distancia medidos desde la costa citados por (Aquambiente Ltda, 1997), no son suficientes para proteger el hábitat, puesto que en algunos casos cubriría una profundidad máxima de 10 [m] y en otros más de 100 [m] y en localidades del sur del país, los 300 [m] recaerían en tierra firme, debido a las diferencias de mareas, por lo que sugiere medir desde la línea de la más baja marea y que para medir la ZPL, debiera incluir una combinación de distancia y profundidad de la columna de agua de acuerdo a la morfología costera de cada región del país.

El 15 de abril del año 1998, se reúnen los representantes de SISS, DIRECTEMAR y CONAMA, para preparar el documento final de la norma de descarga de residuos líquidos a cursos de agua superficiales, como lo son sistemas de alcantarillado o servicios sanitarios. En aquella minuta se consuman definiciones utilizadas en la norma, modificaciones e incorporaciones finales de parámetros y compuestos, promulgando en ese mismo año el Decreto. Además, se encarga al Ministerio de Obras Públicas MOP N°609/98 las descargas de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado. A lo que respecta al vertimiento de RIL en aguas marinas, se decide entregar el 100% de la responsabilidad a DIRECTEMAR, con el fin de que ordene todo lo conversado y sugerido en reuniones mediante un procedimiento técnico para definir la forma y lugar de descarga. En esta instancia se exige que se tome en cuenta la carta enviada por los académicos de la carrera de Oceanografía de la Universidad Católica de Valparaíso, para que redacten una nueva definición de ZPL, que incluya la protección intermareal manteniendo el criterio de los 300 [m], dado que “analizar zonas de protección a lo largo de todo el país requiere tiempo y recursos económicos”. (Expediente actualizado de Sistema de Nacional de Información Ambiental de Chile, 2017)

Al poco tiempo después, la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de RIL a sistema de alcantarillados (DS MOP N°609/98), es aprobada y publicada en el diario oficial.

El 29 de diciembre del año 1997, se presenta al consejo directivo el proyecto definitivo de la norma de descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua superficial, en donde se le exigen cambios sugeridos por DGA, SISS, DIRECTEMAR. Dichos cambios son referidos a parámetros que deben incluir o modificar en las tablas de límites máximos permitidos y ajustar definiciones con el fin de interpretar apropiadamente la norma. Entre ellas la redefinición de ZPL, como se cita textual a continuación:

“Es un ámbito territorial de aplicación de la presente norma respecto del cual se establecen límites máximos específicos y que corresponde a una franja de agua y fondo de mar adyacentes a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, ubicada a la distancia que fije la Dirección General del Territorio

Marítimo y Marina Mercante y que resulta de la aplicación de la fórmula para el cálculo del ancho de la zona de protección litoral, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua. Este ancho podrá ser informado por el establecimiento emisor”.

4.2.4 PROMULGACIÓN DEL DECRETO SUPREMO 90

Luego de que diferentes organismos, comenten, revisen, discutan todo lo referido a la norma. (Expediente actualizado de Sistema de Nacional de Información Ambiental de Chile, 2017), el 30 de mayo del año 2000 en la ciudad de Santiago de Chile, se promulga a través del Ministerio de Secretaria General de la República el Decreto Supremo número 90 (DS SEGPRES N°90/00), de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política de la República de Chile, la cual entraría en vigencia el día 7 de marzo del año 2001. El objetivo de la norma era dar protección ambiental, prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores, cuya disposición general era establecer la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras (ver en la siguiente tabla correspondiente a la norma, Tabla 2), a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, 2000).

Según la norma, las concentraciones máximas permitidas por un establecimiento definido como emisor, están tabuladas en D.S. N° 90/2000, donde sólo la Tabla 47 y Tabla 48, se refieren a límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la ZPL y fuera de ella en el documento, las demás tablas de la norma hacen alusión a los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales (Tabla 42), fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor (Tabla 43) y lacustres (Tabla 44).

Tabla 2: Tabla número 4 del D.S 90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Limite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20.00
Aluminio	mg/L	Al	1.00
Arsénico	mg/L	As	0.2
Cadmio	mg/L	Cd	0.02
Cianuro	mg/L	CN-	0.5
Cobre	mg/L	Cu	1.00
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000.00-70.00 *
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0.50
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.20
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2.50
DBO5	mgO2/L	DBO5	60.00
Estaño	mg/L	Sn	0.50
Fluoruro	mg/L	F-	1.50
Fósforo	mg/L	P	5.00
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	10.00
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HCV	1.00
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10.00
Manganeso	mg/L	Mn	2.00
Mercurio	mg/L	Hg	0.005
Molibdeno	mg/L	Mo	0.10
Níquel	mg/L	Ni	2.00
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50.00
PH	Unidad	pH	6.00 - 9.00
Plomo	mg/L	Pb	0.20
SAAM	mg/L	SAAM	10.00
Selenio	mg/L	Se	0.01
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S SED	5.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	100.00
Sulfuros	mg/L	S2-	1.00
Zinc	mg/L	Zn	5.00
Temperatura	°C	T°	30.00
* En áreas aptas para la acuicultura y de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.			

Fuente: D.S 90/2000

Tabla 3: Tabla número 5 del D.S 90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Limite Máximo	Limite Máximo Permisible a partir del 10º año de vigencia del presente decreto
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	350.00	150.00
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.SED	50.00	20.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.	700.00	300.00
Aluminio	mg/L	Al	10.00	
Arsénico	mg/L	As	0.5	
Cadmio	mg/L	Cd	0.5	
Cianuro	mg/L	CN-	1.00	
Cobre	mg/L	Cu	3.00	
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	1.00	
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.5	
Cromo Total	mg/L	Cr Total	10.00	
Estaño	mg/L	Sn	1.00	
Fluoruro	mg/L	F-	6.00	
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	20.00	
Volátiles	mg/L	HC	2.00	
Manganeso	mg/L	Mn	4.00	
Mercurio	mg/L	Hg	0.02	
Molibdeno	mg/L	Mo	0.5	
Níquel	mg/L	Ni	4.00	
PH	Unidad	pH	5.50 - 9.00	
Plomo	mg/L	Pb	1.00	
SAAM	mg/L	SAAM	15.00	
Selenio	mg/L	Se	0.03	
Sulfuro	mg/L	S2-	5.00	
Zinc	mg/L	Zn	5.00	

Fuente: D.S 90/2000

Para mejor comprensión de la norma se muestran las definiciones de la norma en el glosario de la presente memoria, además, se describen los programas y plazos de cumplimiento a la norma, procedimientos de medición y control, así como la descripción de todo lo relacionado con la extracción de muestras de agua, entre otros.

4.2.5 BASES TÉCNICAS SOBRE REQUERIMIENTOS AMBIENTALES PARA DETERMINACIÓN DE ZPL Y DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS.

En septiembre del año 2000, Aquambiente Ltda., entrega a DIRECTEMAR, el informe técnico de "Bases técnicas sobre requerimientos ambientales para determinación de la ZPL y descargas mediante emisarios submarinos". Además, aquellas consideraciones atinentes a la protección de la franja que forma la ZPL como:

- Las corrientes tienden a ser paralelas a la playa, con celdas circulares, atrapando los contaminantes que caen en ella, y no favoreciendo su dispersión hacia el mar abierto, además las corrientes son más débiles por lo que la dilución es menor.
- En esta zona la profundidad es baja y para la descarga de emisarios, la dilución inicial es importante la que depende de la profundidad de la descarga.
- La deriva, asociada al oleaje (Stokes) es desfavorable. Ya que se dirige directamente hacia la costa, forzando aún más a los contaminantes a quedarse atrapados en el litoral, impidiendo la ventilación y contribuyendo así al deterioro del borde costero.
- Hay una mayor abundancia de biota marina
- Es una zona de reproducción de especies
- Esta ZPL es además una zona de reclutamiento de especies
- El sustrato costero, sea roca o arenas, es refugio natural para juveniles.
- Es una zona de gran diversidad en la flora y fauna marina.
- Es una zona marítima con intenso y variable uso (balnearios, cultivo, áreas de manejo, etc.)

En el mencionado documento, se identifican tres criterios para definir de forma correcta la ZPL, pues se señala que existen áreas geográficas en donde la fórmula no es aplicable, ya sea porque el valor del ancho de la ZPL tiende a cero o bien el ancho tiende a infinito, esto puede ocurrir en estuarios, fiordos y bahías cerradas, y la ZPL resulta poco realista, por lo que el ancho no sólo depende del oleaje sino de otros factores físicos y biológicos. De aquí se desprenden tres criterios de solución.

El primero es el criterio clásico utilizado por la DIRECTEMAR y es llamado como ancho por oleaje, en donde la dinámica litoral es modulada por las olas, conocida como zona rompiente y se puede calcular mediante la ecuación propuesta por Aquambiente. En el documento se detalla un manual de procedimientos para obtener los resultados de ZPL, utilizando como ejemplo el cálculo para 9 bahías de la costa chilena como se puntúa a continuación:

- Para estimar el ancho de ZPL para 9 bahías de la costa chilena, se emplearon valores de oleaje para condiciones generales de la costa chilena en invierno y verano, por lo que se sugiere emplear el factor más desfavorable.
- La información de oleaje se puede obtener de diferentes fuentes como, mediciones con instrumentos, para fines de la ingeniería del proyecto, estadística de oleaje con información satelital o de servicios de estado o en base a métodos de hindcasting y cartas meteorológicas.
- Posteriormente, el oleaje es refractado hasta un punto arbitrario de la costa, empleando el perfil del fondo que proporciona la carta náutica oficial del lugar.

- Se eligió un punto central en cada cuenca o bahía, que representa la zona más industrializada y con mayor potencial de descarga. El ancho de ZPL es muy dependiente del valor de m, el que tiene rangos de variación más grande entre lugares diferentes de la costa. De hecho en una misma bahía fluctúa de un punto a otro. Por lo cual, en la aplicación práctica de esta ecuación deberá considerarse el punto específico donde se ubicara la descarga.
- Pendiente (m) del fondo: Debe proporcionar información batimétrica a partir de Cartas del SHOA de la bahía específica con una escala de 1:30.000 o de mayor resolución. También, en caso de disponerse, puede entregar la información batimétrica del proyecto de ingeniería. De no existir esa información debido a que se trata de un anteproyecto, debe presentar una medición con escandallo en una franja de 5m de ancho hasta la isobata de 15m por lo menos. Debe entregar la distancia a costa donde se ubican las isobatas de 5, 10 y 15m.

$$m = \frac{\text{Veril [m]}}{\text{Distancia a la costa [m]}}$$

Finalmente, se calcula el ancho de la ZPL para la condición de verano e invierno como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Cuadro de cálculos de ancho de ZPL dada diferentes pendientes y alturas de olas rompientes en condición de invierno y verano.

Lugar (2)	Iquique	Mejillones	Quintero	Concepción	San Vicente	Puerto Montt	Castro	P.Chacabuco	Punta Arenas (3)
Hb Invierno	3.00	2.30	2.00	3.30	3.30	0.70	-	-	0.70
Hb Verano	2.20	2.50	3.10	1.60	2.80	0.50	-	-	0.80
m	0.64	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	-	0.14	0.01
ZPL Invierno	154	236	143	1217	2.77	49	(1)	(1)	102
ZPL Verano	113	256	222	590	2.35	35	(1)	(1)	117

(1) En éstas áreas deben aplicarse criterios de dilución inicial o un esquema caso a caso, por ser áreas de aplicación restringida y por lo tanto, se requieren otros estudios que están señalados en las secciones 2.5 y 2.6.

(2) En cada cuenca se determinó ZPL, para áreas más industrializadas. No debe entenderse que el valor es representativo de toda la bahía.

(3) Sector Bahía Catalina.

Fuente: (Aquambiente, Ltda, 2000)

Según lo planteado, éste método está restringido para cuando Hb es inferior a 0,5 [m] y cuando la pendiente del fondo es superior a 0,1; por lo que Aquambiente Ltda., (2000), propone dos métodos adicionales.

Método de ancho por dilución:

En éste método se señala que el interesado deberá proporcionar a la Autoridad Marítima, la información de las características del RIL, análisis comparativo del cumplimiento de la norma, caudal promedio de la descarga y deberá proponer un ancho de ZPL, que asegure que al descargar el RIL habrá una dilución inicial de al menos 10 veces. Ello se logra aplicando alguna fórmula de dilución inicial y en el caso que la descarga es mayor a 1 [m³/s], se requerirá de mucha profundidad para poder

alcanzar una dilución inicial y por tanto este criterio no es práctico y debe utilizar el siguiente criterio.

Método de ancho en base a las condiciones del hábitat:

En éste método se señala que en áreas de mayor vulnerabilidad ecológica, cuya información de oleaje y circulación es escasa, el estudio de ZPL lo debe realizar un profesional de ciencias del mar, que verifique lo siguiente:

- Rapidez y dirección de las corrientes litorales a diferentes distancias de la costa. (1, 25, 50, 100 y 200 metros)
- Composición granulométrica (mismas distancias anteriores)
- Zonación de organismos de las comunidades bentónicas intermareales y sublitorales.
- Perfil de profundidad en al menos 3 transectas perpendiculares a la costa (hasta 200 metros desde la costa).
- Otros antecedentes que el profesional juzgue relevantes.

Prohibiciones:

Independiente de la concentración del efluente, no debiera permitirse una descarga en:

- Lagunas costeras
- Humedales con carácter de área protegida
- Balnearios
- Loberas
- Área de cultivo
- Área de Manejo Artesanal
- Parque o Reserva Marina
- Otras

Otros antecedentes del informe que es importante de mencionar de forma textual, es el siguiente:

“Las descargas que se hagan dentro o fuera de la ZPL deberán cumplir normas de emisión diferentes, sin embargo, en ningún caso el ancho de la ZPL es equivalente a la longitud que deba tener un emisario, puesto que esta longitud dependerá de otros factores de diseño” (Aquambiente, Ltda, 2000).

La cita anterior es de gran interés pues, es muy común pensar que si el ancho de la ZPL resulta ser de 300 [m], basta con construir un emisario submarino de 301 [m] para cumplir la norma (Expediente actualizado de Sistema de Nacional de Información Ambiental de Chile, 2017), por lo que no se debe perder de vista que la finalidad de la ZPL es netamente ecológica, cuya objetivo es proteger la fragilidad del medio ambiente acuático costero mediante una metodología común de fácil acceso y manejo para quienes necesiten realizar descarga de aguas residuales, sin embargo, en el informe técnico se describen las bases técnicas sobre los requerimientos ambientales para la determinación de la ZPL y consideraciones para la autorización de emisarios submarinos, con un fin medio ambiental y no de diseño estructural como se menciona a continuación:

“Un emisario submarino tiene por objeto realizar una descarga de aguas servidas o de residuos líquidos industriales, en un lugar del océano donde la hidrodinámica favorece la dilución y dispersión del efluente, tratando en forma natural las descargas biodegradables”.

Limitaciones de descarga:

Dentro de la ZPL:

- El ducto deberá estar cubierto o enterrado en la arena, rocas o en su trayecto por la playa o terreno de playa.
- La tubería no deberá ir, ni descargar vía área dificultando el paso en terreno de playa ni descargar a media agua.
- El emisario, al entrar al mar deberá quedar totalmente cubierto por agua, aun en bajamar de sicigia. La descarga se debe efectuar en consecuencia al menos 5[m] bajo NRS.
- Cumplir con las normas de emisión
- En la eventualidad que una bahía se encuentre saturada, no se debiera permitir más de 1 emisario nuevo, por 1000 metros lineales de costa, dentro de una misma cuenca o bahía.

Fuera de la ZPL:

- El emisario debe contar con difusor. Lo ideal es que éste sea más largo que la profundidad en donde está. Por ejemplo un difusor de 100 [m], en 40 [m] de agua.
- Debiera contar con un emisario submarino cuyo diseño cumpla con una dilución mínima tal que la DBO y las grasas y aceites cumplan con los valores exigidos por la norma, al llegar al límite oceánico de la ZPL.
- Además, si el emisario lleva carga bacteriana, debe tener un largo de tal que las bacterias no superen los 1000NMP/100 [ml] en el borde de la ZPL en la condición más desfavorable.
- El diseño estructural debe asegurar su funcionamiento por su vida útil proyectada, considerando las estadísticas de oleaje.
- No debe instalarse un emisario en parques marinos, balnearios, áreas protegidas, loberas, zonas de cultivo y áreas de manejo artesanal.
- Debe cumplir con los valores de concentraciones descritos en norma.

Pluma de descarga:

Al descargar el RIL, desde el emisario submarino, se forma una pluma de dispersión en donde se pueden reconocer 3 zonas importantes para poder predecir lo que sucederá con el vertimiento.

- Zona ascendente: es la zona más importante de la dilución inicial, donde el movimiento del contaminante está determinado por las boyantes del fluido. Aquí es importante la profundidad y la estratificación de densidad (temperatura del agua).

- Zona de campo de mezcla horizontal, donde se establece la pluma superficial y se produce el abatimiento de la materia orgánica y también hay decantación de sólidos. Aquí es importante las corrientes superficiales (viento-marea) y la condición general del agua receptora (oxígeno disponible, línea base). Se denomina área de sacrificio o de impacto primario a ésta pluma, generalmente visible y con altos niveles de contaminación en proceso de abatirse, aquí es donde se alcanza la mezcla completa del efluente con el agua de mar (o donde se cumpla la norma).
- Zona terciaria o de decaimiento, es aquella en donde las partículas son transportadas por las corrientes residuales, la dilución es casi nula y cobran importancia los elementos traza, los contaminantes tóxicos, el decaimiento bacteriano producto de la exposición a la radiación UV (importante aquí es el T_{90}) los detergentes y las grasas y aceites.

Finalmente, el documento menciona que para el diseño del emisario submarino se deben considerar toda aquella información que se tenga del lugar en donde se quiera instalar (corrientes, mareas, viento, temperatura, salinidad, sedimento, bentos, cercanía a áreas protegidas, área de cultivos, etc.), con el fin de poder estimar aquellos escenarios más desfavorables (poder de dilución, dirección de la pluma, tamaño del área de sacrificio, etc), así minimizar el riesgo ambiental.

4.2.6 HITOS DE LA NORMA DE EMISIÓN Y CÁLCULO DE Hb MEDIANTE FÓRMULA DE KOMAR Y GAUGHAN CON MODIFICACIONES DE RATTANAPITIKON Y SHIBAYAMA

El año 2002 se promulga el D.S. SEGPRES N°46/02 de la norma de emisión para regular descargas de aguas residuales que se disponen mediante infiltración hacia aguas subterráneas. (Superintendencia de Servicios sanitarios, SISS, 2007).

En el año 2002, DIRECTEMAR, entrega 20 resoluciones de ZPL aprobadas, a diferentes establecimientos a lo largo de Chile.

El 6 de junio del año 2003, a través del ordinario N° 12.600/284 VRS, de DGTM. Y MM, se aprueba la circular que establece disposiciones y procedimientos científicos-técnicos para fijar el ancho de la ZPL y es en ésta instancia donde se elabora un resumen del documento de (Aquambiente, Ltda, 2000) con los procedimientos y requerimientos científico-técnicos necesarios para que el interesado presente el ancho propuesto o solicite su cálculo a la Capitanía de Puerto correspondiente o Gobernación Marítima, una vez que la caracterización de sus residuos líquidos hayan sido aprobados.

Para cuando el ancho de ZPL sea requerido por el interesado a Capitanía de Puerto o Gobernación Marítima, el interesado debe incluir la Tabla 5 y la relación propuesta por Komar & Gaughan (1972) y las modificaciones introducidas por Rattanapitikon & Shibayama (2000).

Tabla 5 Cuadro de cálculos de alturas rompientes 'Hb'

	Hb [m]
Promedio del periodo.	
Promedio de los máximos registrados en el periodo.	
Promedio periodo estival.	
Promedio periodo invernal.	
Promedio de los máximos para el periodo estival.	
Promedio de los máximos para el periodo invernal.	

Fuente: (DGTMM Y MM, 2003)

Para estimar Hb, se podrá emplear la relación propuesta por Komar & Gaughan (1972) y las modificaciones introducidas por Rattanapitikon & Shibayama (2000), es decir:

$$H_b = (10.02 m^3 - 7.46 m^2 + 1.32 m + 0.55) + H_s \left[\frac{H_s}{L_o} \right]^{-1/5}$$

Donde,

Hb: Altura media rompiente en metros

m : Pendiente

Hs: Altura de la ola en metros

Lo: Amplitud de onda en metros

Tabla 6 Cuadro de cálculo de pendiente 'm'

Punto	Pendiente [m]	Profundidad [m]	Distancia de la costa [m]
1			
2			
3			

Fuente: (DGTMM Y MM, 2003)

Si bien la norma entra en vigencia desde el 3 de septiembre del año 2001; el cumplimiento de ésta fue obligatorio para las fuentes nuevas desde su entrada en vigencia, otorgando un plazo de 5 años para las fuentes existentes, las que debieron dar cumplimiento a la misma, a partir de septiembre del año 2006.

La fiscalización de esta norma correspondía a la Autoridad Sanitaria (Seremi de Salud), a la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR) y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) (Superintendencia de Servicios sanitarios, SISS, 2007).

El histórico de Resoluciones de Zonas de Protección Litoral hasta Mayo 2016, se muestra a continuación:

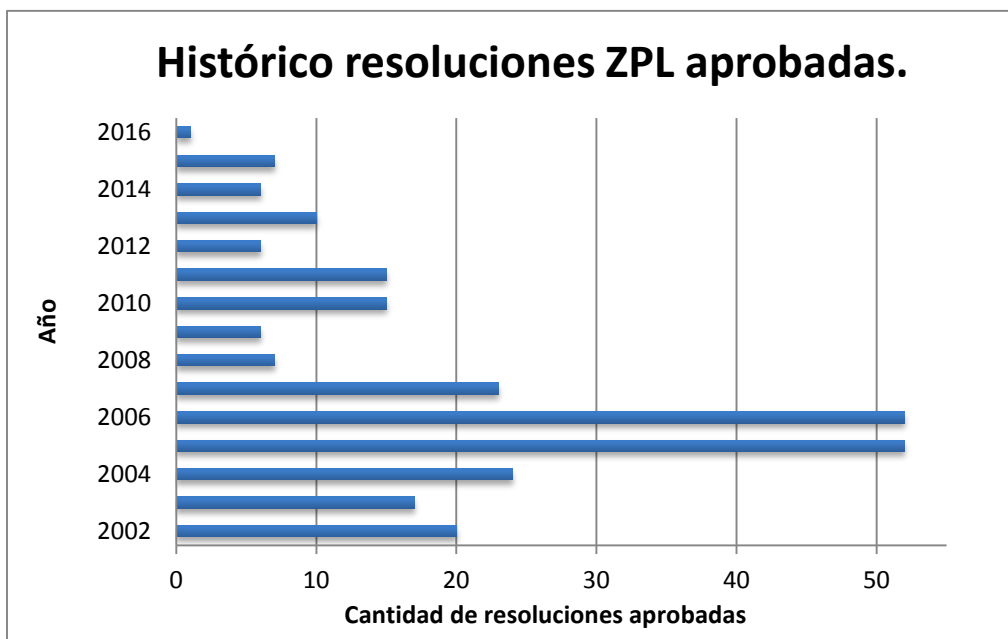


Figura 8 Resoluciones ZPL a Mayo del 2016
Fuente: www.directemar.cl

4.2.7 COMENTARIOS, AJUSTES Y MODIFICACIONES A LA NORMA

De acuerdo a lo establecido en el reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, las normas deben ser revisadas cada 5 años, por lo que el 18 de diciembre de 2006, la Dirección Ejecutiva de la CONAMA, dió inicio al proceso de revisión de la norma, puesto que la norma entró en vigencia el 3 de septiembre del 2001, para fuentes nuevas y el 3 de septiembre del 2006, para fuentes existentes.

Durante los años de vigencia, distintas agencias discuten los asuntos señalados en el D.S. N°90/2000, desde diferentes perspectivas. Técnicas, científicas y económicas, con el fin efectuar modificaciones en los procedimientos para la implementación y fiscalización.

Los aspectos de la norma que posteriormente fueron objeto de revisión, se refieren al ámbito de aplicación, ajuste e incorporación de definiciones, adecuación en la calificación de fuente emisora, concepto de ZPL y caudal de dilución; incorporación de parámetros y modificaciones de algunos valores límites, inclusión del concepto de estuarios como nuevo ámbito territorial de aplicación de la norma y cambios en el control de la norma respecto a la frecuencia de monitoreo.

A fin de responder a todas las interrogantes la CONAMA, dispuso un comité operativo para realizar reuniones de revisión al D.S. N°90/2000. A continuación, se nombran algunos de los sucesos pertenecientes a ésta etapa.

La Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso, el año 2006 elaboró un estudio llamado "Emisarios Submarinos: Estudios del impacto en el medio marino de los parámetros sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y sólidos sedimentables", cuyo objetivo fue evaluar los eventuales impactos ocasionados por las descargas de emisarios submarinos de ESVAL S.A. en sector de Loma Larga y Quintero, donde se concluyó que no hay impacto ecológico ni

mutagénico apreciable. Además el impacto sólo se localiza en una pequeña área de sacrificio cercana al punto de vertimiento.

En septiembre del año 2008, el investigador del área hídrica, Don Raúl Galindo Urra, elaboró un informe técnico para empresa ESVAL S.A, con las nuevas propuestas de DIRECTEMAR, para modificar parámetros del D.S. N°90: ancho de ZPL, DBO, CLRL, coliformes fecales, en donde indica que los valores límites fuera de la ZPL, son suficientemente exigentes como para permitir una clara cobertura a factores de riesgo sanitario asociada al uso seguro del medio marino, además comenta que la fórmula utilizada para calcular la ZPL, tiene un claro soporte científico, es sencilla, poco subjetiva, no presenta estudios costosos y cuestionables. Por lo que se han logrado incuestionables beneficios para la protección y mejoramiento de los ambientes marinos del país. En el hecho la fórmula definida se encuentra plenamente dentro del rango de referencias científicas sobre el tema y en la zona de mayor seguridad de éste. (Urra, 2008)

El 24 de octubre del año 2008, la empresa ANDES A.G, presenta un informe técnico acerca de las modificaciones al D.S. N°90/2000, donde comenta sobre estudios científicos chilenos realizados en relación al proceso de biodegradación de RIL, mediante el uso de emisarios submarinos, cumpliendo con lo estipulado en el decreto, cuyo fin es argumentar que el método descrito en el D.S. N°90/2000 es suficiente (ANDES A.G., 2008). En dicho informe se comenta que un estudio realizado por ESSBIO S.A el año 2002, tras 10 años de vigilancia de dos de sus emisarios submarinos instalados en la Penco y Tomé; determinaron que los efectos sobre la calidad del agua son irrelevantes porque se limitan a una pequeña zona de no más de 100 metros en torno a la descarga. (ESSBIO S.A., 2002).

Junto a lo anterior se suma otro estudio de ESSBIO S.A., realizado a las comunidades faunísticas del fondo en 5 puntos afectados por emisarios submarinos en la región del Bío-Bío donde concluye que las grandes perturbaciones de origen natural ocurren en el área cercana a la descarga, por lo que sólo ésta es dañina para la vida acuática y fondo marino. (ESSBIO S.A., 2005).

El 30 de octubre del año 2008, en el borrador N° II del anteproyecto de revisión de norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, la CONAMA en el proceso revisión a D.S. N°90, rectifica todo lo que escrito en (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, 2000) y modifica la definición de ZPL como:

“...Corresponde al sector del territorio Maritimos de aplicación de la presente norma, comprendido por una proyeccion imaginaria de la linea de costa continental o insular, que se orienta paralela a esta y alcanza el fondi del cuerpo de agua, medida desde la linea de baja marea de sicigia y aprobada por la DGTM y MM, de conformidad a la siguiente expresion...”, concluye con “ Para el calculo de Hb, se deberá utilizas el método de HindCasting u otro equivalente autorizado por la DGTM y MM”.

El 24 de octubre del año 2008, la Asociación de Productores de Ostras y Ostiones de Chile (APOOCH), presenta un documento sobre observaciones y sugerencias del D.S. N°90/2000 a la CONAMA, donde no solo sugiere modificaciones a la tabla 4 y 5, sino también la redefinición de la ZPL, donde refiere que ésta no cubre la realidad de otras configuraciones costeras, es decir, aquellas zonas distintas a playas, en que no hay una rompiente definida, como es el caso de fiordos, lagos, canales, áreas sin

oleaje o acantilados. Se menciona que en tales casos debe existir una forma distinta para determinar ZPL. Se propuso que el interesado en base al estado del arte, sea quien sugiera una fórmula o metodología para determinar ZPL y que la autoridad marítima sea quien valide la propuesta en un tiempo no mayor a 30 días. Junto a lo anterior se comentó que la fórmula corresponde a la altura media de la rompiente y no a la media de las máximas alturas de rompiente. (APOOCH, 2008).

El 23 de diciembre del año 2008, el comité operativo realizó un nuevo proceso de revisión del D.S. N°90/2000, en donde se puso en duda el ancho que debe poseer la ZPL y se entra en confusión con el concepto, ya que se interpreta como el largo del emisario submarino. Además se plantea modificar la ZPL para aquellos lugares en donde hay pendientes menores a 0.1, dado que el ancho para dichos lugares son del orden de 10,24 [m]; insuficiente como para proteger zonas de fiordos al sur de Puerto Montt y las bahías, las cuales en esos momentos estaban siendo contaminadas; se indica que se deben tomar medidas más estrictas y declararlas como zonas de ZPL.

Se finaliza el análisis jurídico del concepto "vertimiento" ya que se concluye que dicho concepto es aplicable sólo en casos que se utilice una nave o artefacto naval para transportar desechos e introducirlos deliberadamente al mar, por tanto se solicitó excluirlo del D.S. N°90/2000; En respuesta a lo anterior, el 30 de enero, se acuerda que la fórmula del D.S. N°90/2000 quedará igual, pero en sectores de fiordos al sur de Puerto Montt y las bahías serán consideradas ZPL en su totalidad. Tomando como referencia la resolución exenta N° 405, de la Dirección de Fronteras y Límites, del 28 de diciembre de 1999 y que establece la línea de base normal, desde las cuales se han trazado las jurisdicciones marítimas nacionales y antecedentes que dan cuenta del aumento de contaminantes por efecto de los emisarios actuales, cuyo fundamento será obtenido con los datos que cuenta la DGTM Y MM. Esta propuesta será analizada jurídicamente para ser aplicada solo a las nuevas construcciones de emisarios.

El 10 de febrero 2009, con el fin de incluir otros parámetros en los límites máximos definidos en tablas del D.S. N°90/2000. El comité operativo dió respuesta a la solicitud realizada por EVYSA CONAMA.

Al mes siguiente el departamento de control de contaminación de la CONAMA, recibió un documento enviado por correo electrónico, que trata el proceso de revisión del D.S. N°90/2000, donde se presenta un informe sobre el caso de un área de manejo ubicada en Arauco, cuya contaminación del agua afecta la posibilidad de repoblar la pradera del sector del Pelilo para el uso productivo de los pescadores artesanales. Además en esta misma fecha, se presentó una minuta técnica al jefe del departamento del control de contaminación de la CONAMA, donde se demostraba que el incluir el Boro en las tablas del D.S. 90/2000 es substancial.

En la veintava reunión de proceso de revisión al D.S. N°90/2000, DGTM Y MM informó que un 70% de los emisarios actuales pertenecientes a la zona norte del país, quedan dentro de la ZPL y en el sur un 100% de ellos, dado que la mayor parte de las descargas se ubican en zonas caracterizadas por bahías y fiordos, lugares de actividades productivas donde la contaminación afectaría la comercialización internacional de recursos bentónicos. Finalmente, se expone que la fórmula presenta deficiencias en su aplicación en las bahías cerradas, semicerradas, canales y fiordos al sur de Pto Montt; por lo que fijar un mínimo de 10,24 [m] de ancho de ZPL, no tiene un gran fundamento, ya que se basa en una fórmula con deficiencias. Se planteó que lo

más adecuado es declarar las bahías cerradas, semicerradas, canales y fiordos, como ZPL por completo, por lo tanto, se pide incorporar dichos conceptos a la norma.

En la misma reunión se vuelve a exponer que la ZPL define el largo del emisario por lo que la DGTM Y MM nuevamente corrige las confusiones de concepto sobre la definición de la ZPL, recalcando que “es un ámbito territorial y no es lo mismo que el emisario”.

Finalmente, en dicha reunión se decidió que el concepto vertimiento fuese reemplazado por “descarga”.

13 de marzo del año 2009, la DGTM Y MM envía un correo electrónico al departamento de control de contaminación de dirección ejecutiva de la CONAMA, con el nuevo concepto de la ZPL.

“...corresponde a una distancia determinada por la DGTM y MM, que comprende la proyección imaginaria de la línea de costa continental o insular, que se orienta paralela a ésta y alcanza hasta el fondo del cuerpo de agua, medida desde la línea de más baja marea de sicigia, a proposición de cualquier interesado, de acuerdo a”:

$$A = \left[\frac{1.28 \cdot H_b}{m} \right] * 1.6$$

Donde se modifica el concepto de pendiente (m) por pendiente comilla (m'), definida como el promedio geométrico de 3 pendientes de fondo, ubicada de forma equidistante a 100 metros entre ellas.

Además, se comenta que en el caso de fiordos, bahías cerradas y canales ubicados al interior de la línea de base, conforme a lo dispuesto en la resolución exenta N°405 de la dirección de fronteras y límites en el año 1999; el ancho de ZPL corresponderá a toda su extensión hasta dicho límite, y hasta el fondo del cuerpo de agua. Además las bahías con toda escotadura bien determinada cuya penetración tierra adentro, en relación con la anchura de su boca, es tal que contiene aguas cercadas por la costa y constituye algo más que una simple inflexión de ésta y por “bahía cerrada”, aquella cuya distancia entre las líneas de baja mar de los puntos naturales de entrada de la bahía no excede de 24 [millas marinas], para lo cual la línea de demarcación trazada entre las dos líneas de baja mar y las aguas que queden así encerradas serán consideradas íntegramente como el ancho de protección litoral de dicho cuerpo de agua.

El 16 de marzo del año 2009, la empresa ASIPNOR A.G, envía correo electrónico al departamento de control de contaminación de dirección ejecutiva de la CONAMA, en donde se adjuntaba un informe de estudio denominado “*Análisis de los efectos de tratamiento de RIL, generado por la industria pesquera en la calidad del cuerpo de agua receptor en las regiones XV, I Y II*”. Del caso CORPESCA S.A., en el informe se analiza el comportamiento de las variables y parámetros en la columna de agua con el fin de ser un aporte para la revisión del D.S. N°90/2000, pues según ellos la norma “merece revisión”.

Ese mismo día, ANDES CHILE, envía un borrador a CONAMA, donde comenta, que si bien la definición de la ZPL debe ajustarse, debe mantenerse para aquellos establecimientos que atendiendo el D.S. N°90/2000, construyeron sus emisarios.

Además se expone, sobre los parametros de limites máximos de las tablas del decreto, entre otras cosas referidas al mismo tema.

El 17 de febrero del año 2010, en resolucio exenta N° 0135, la CONAMA, aprueba anteproyecto de revision de la norma de emision para regulacion de aguas contaminantes asociados a la decargas de residuos liquidos a aguas marinas y continentales superficiales, en donde rectifica toda la norma. La definici3n de ZPL, es modificada como:

“Ambito territorial de aplicaci3n de esta norma que, desde el límite norte del territorio nacional hata Punta Puga, corresponderá a la distancia determinada por la Direcci3n General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante a proposici3n de cualquier interesado, que comprende la proyecci3n imaginaria de la línea de costa continental o insular, que se orienta paralela a ésta y sicigia, de acuerdo a la siguiente expresi3n”

$$A = \left[\frac{1.28 * H_b}{m} \right] * 1.6$$

Donde:

A: Es el Ancho de la Zona de Protecci3n Litoral.

H_b: Es la altura media de la rompiente de la ola (m).

m': Es el promedio geométrico de tres perfiles del fondo marino en el área en que se desea determinar la ZPL, medidos desde la línea de más baja marea hasta el veril de los 10 metros, ubicados el primero sobre el eje del emisario existente o proyectado, y los otros a cada lado del primero a una distancia de 100 metros.

Hasta ese momento de la historia de la normativa, se evidenciaron las dificultades que surgieron en su elaboracion. Y es logico pensar que no fue fácil, pues el medio ambiente marino en conjunto con los procesos costeros, son uno de los mayores desafios de la física, aún existen fenomenos naturales que no se han logrado describir. Generalmente, en dicha franja marina, se reunen los mayores desacuerdos de configuracion de costera, meteorologia y fenomenos naturales. A esto se suma que en Chile, la diversidad climatica dificulta aún más la situaci3n. Por lo que se podría decir que cada lugar de Chile, difiere mucho desde un punto geográfico a otro.

A pesar, de todas las dificultades mencionadas, se elaboró una normativa común, con limitaciones geográficas con fines prácticos para los usuarios y que cumple con la finalidad de controlar la contaminacion vertida.

A continuaci3n se comenta como el organismo competente, dá soluci3n a la diversidad geográfica que presenta Chile.

4.2.8 ESTABLECIMIENTO DEL FACTOR "P" EN LA F3RMULA DE LA ZPL

El día 3 de diciembre del año 2012, se aprueba circular ordinaria A-53/004, número 12.600/679 Vrs, la que “establece los procedimientos y requerimientos necesarios para determinar el ancho de la ZPL, para aquellos proyectos que consideran descargar residuos industriales líquidos a cuerpos de agua marinos mediante emisarios submarinos”, en la cual se utiliza la forma de cálculo de ZPL, publicada en el D.S.90/2000. Además, se especifica el procedimiento para calcular cada variable de la fórmula, como se cita a continuaci3n:

Determinaci3n de la Pendiente (m):

Para la determinación de la pendiente m, el proponente podrá utilizar información batimétrica, a partir de cartas náuticas oficiales del SHOA, de la bahía o lugar específico (indicando número y escala de la carta), con al menos una escala de 1:30.000 de resolución. También, en caso de disponerse, se podrá entregar la información batimétrica del diseño de ingeniería del proyecto.

Se podrá realizar un levantamiento batimétrico específico, del tipo batimetría de prospección para el cálculo de la pendiente realizado conforme a las normas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada contenidas en la publicación SHOA N° 3105, Instrucciones Hidrográficas N° 5, Especificaciones Técnicas para la ejecución de Sondajes 4a ed. 2003, disponible para su descarga en forma gratuita en el sitio web, <http://www.shoa.cl>.

La pendiente se calculará como un promedio de la pendiente del sector. Para su determinación, se realizarán tres transectas perpendiculares a la costa, separadas cada 100 metros. La transecta central se trazará sobre la intersección con el punto proyectado de la descarga.

En costas expuestas al oleaje oceánico, se calcularán las pendientes en las profundidades o veriles de 10, 20, 30 y 50 metros. En tanto que en aguas interiores, se calcularán para las profundidades o veriles de 5, 10, 15 y 20 metros. El valor de m se determinará mediante el cociente:

$$m_v = \frac{v}{d}$$

Dónde:

m_v : pendiente en el veril de v metros

v : valor del veril, en metros

d : distancia desde la línea de más baja marea al veril v, en metros

El formato de presentación de las pendientes en costas expuestas al oleaje es el siguiente:

	Coordenadas inicio (UTM)		Coordenadas término (UTM)		m	m	m	m
	Norte	Este	Norte	Este	Veril 10 m	Veril 20 m	Veril 30 m	Veril 50 m
Transecta 1								
Transecta 2								
Transecta 3								
							Pendiente promedio	

Análogamente el formato de pendientes para costas de aguas interiores:

	Coordenadas inicio (UTM)		Coordenadas término (UTM)		m	m	m	m
	Norte	Este	Norte	Este	Veril 5 m	Veril 10 m	Veril 15 m	Veril 20 m
Transecta 1								
Transecta 2								
Transecta 3								
							Pendiente promedio	

Determinación de la línea de más baja marea:

Dado que, de acuerdo a lo que dispone el D.S. (Minsegapres) N° 90/2000, el ancho de la ZPL, se mide a partir de la línea de más baja marea de sicigia, el proponente deberá determinarla de acuerdo a los procedimientos contenidos en la publicación Pub. SHOA N° 3104. Alternativamente, en caso de estar disponible, se podrá recurrir al banco de datos de líneas de costa del Departamento de Concesiones Marítimas de la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, dependiente de esta Dirección General. Para estos efectos se podrá realizar las consultas en la Oficina de Informaciones Reclamos y Sugerencias de esta Dirección General, en la dirección <http://www.directemar.cl>, sección O.I.R.S.

Determinación de la altura de la ola rompiente (Hb):

Es necesario distinguir dos escenarios diferentes, que definen distintas formas de cálculo de la ZPL. El primero de ellos se refiere al caso de costas expuestas al oleaje oceánico. La segunda situación ocurre en aguas interiores, donde el oleaje oceánico no se hace sentir o se encuentra notoriamente afectado por las restricciones geomorfológicas.

Caso 1: Costas expuestas al oleaje oceánico

Existen diversas metodologías para estimar el valor de la altura de la ola rompiente Hb, en cuyo caso el interesado deberá proveer en forma detallada en el respectivo informe técnico, las formulaciones teóricas, ecuaciones, metodologías, datos empleados y una memoria de cálculo que respalde cada uno de los resultados obtenidos. No obstante, se sugiere estimar Hb mediante la siguiente relación propuesta por Komar & Gaughan (1972) y las modificaciones introducidas por Rattanapitikon & Shibayama (2000).

Para efectos de esta circular, se ha elaborado el factor "P" sobre la base de datos de olas oceánicas disponibles en el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7 Factor P, para diferentes sectores a lo largo del litoral nacional.

Latitud	P
18° S	7,54
20° S	7,79
24° S	7,95
27° S	8,27
30° S	9,07
33° S	9,57
35° S	10,50
37° S	10,74
42° S	12,06
53° S	14,61

Fuente: (DGTMM Y MM, 2013)

De esta forma, la ecuación anterior puede escribir, como:

$$H_b = (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55) * P$$

$$\text{Donde } P = H_o \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-1/5}$$

El valor del factor P, para lugares de latitud intermedia entre los puntos tabulados, se podrá determinar mediante una interpolación simple.

Textualmente el documento de la circular ordinaria A-53/004, número 12.600/679 Vrs dice que la ecuación para calcular H_b , será aplicable en aquellos sitios expuestos al oleaje oceánico, dado que en su formulación los parámetros H_o y L_o , corresponden a la altura y longitud de onda de ola en agua profunda y, por lo tanto, es prácticamente toda la extensión del litoral nacional, excepto en sitios donde el oleaje se encuentre afectado por restricciones geomorfológicas, tal como en canales y aguas interiores.

La aplicación de este procedimiento se considerará válido para efectos de determinar el valor de la altura de la ola rompiente, aun en aquellos lugares donde el oleaje sufra perturbaciones por fenómenos de refracción, en sectores relativamente protegidos del oleaje oceánico, como en el interior de bahías, ya que siendo el propósito de la normativa vigente la protección del entorno costero, se considera que provee un enfoque conservador para aquellos sitios con menor dinámica y, por tanto, más sensibles a los efectos de las descargas de residuos industriales líquidos mediante emisarios submarinos.

Caso 2: Aguas interiores:

El estudio de oleaje en aguas interiores se define como el cálculo de olas en el borde costero que no está sujeto a la influencia de zonas oceánicas (fiordos, canales).

Para el caso de aguas interiores, se podrán desarrollar metodologías de modelamiento de olas locales, utilizando información histórica de vientos. Ésta deberá representar las condiciones locales de viento de la zona en estudio para generar el clima de olas en el sitio de interés, tomando en cuenta todos los procesos de generación y transformación de oleaje.

Se podrá utilizar algún procedimiento tal como el método SMB (Sverdrup, Munk & Breitschneider), por ejemplo, sin perjuicio de otros métodos que puedan ser desarrollados a criterio del proponente. Una descripción detallada del procedimiento de cálculo según el método SMB puede encontrarse en Liu & Frigaard (2001) o Shore Protection Manual (1984).

La elección del método SMB conlleva la necesidad de contar con una base histórica de vientos, adecuada para establecer una climatología representativa del lugar. Se entenderá como tal, una base de datos de viento:

a.- Medidos en el lugar de interés, de un año de extensión, con frecuencia, a lo menos, horaria.

b.- Medidos por alguna estación meteorológica de largo período que se encuentre a una distancia no mayor a 30 km del sitio de interés, por un período mínimo de 5 años y con registros en lo posible horarios y si esto no existe, cada 3 ó 6 horas. Para comprobar que la información de vientos es representativa del sitio, se deberán efectuar mediciones simultáneas en el área de interés, por a lo menos 30 días, en

similares horarios a los de la estación de referencia y se verificará su similitud mediante técnicas estadísticas apropiadas. En caso de que no exista similitud en los regímenes de viento entre ambas estaciones, se procederá según el punto a.-

En caso de disponerse de datos de vientos para una localidad distinta al sitio de interés, se deberá justificar su aplicabilidad al sitio de interés, atendidas las condiciones geomorfológicas del sector.

Ya sea que el cálculo de Hb se realice mediante el método SMB u otro, el Informe Técnico deberá proveer en forma detallada, las formulaciones teóricas, ecuaciones, metodologías, datos empleados y una memoria de cálculo que respalde cada uno de los resultados obtenidos.

Finalmente, en ésta resolución se detalla el formato del informe técnico en donde se justifica el ancho de ZPL, así también el procedimiento para propuesta formal junto con los plazos, costos y restricciones. Además, señala la derogación de la circular A-004, del 6 de junio del 2003.

El 3 de octubre del año 2013, el Ministerio del Medio Ambiente y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, en su acuerdo N°13/2013, se pronunció favorablemente sobre proyecto definitivo de revisión “norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”. Donde se elaboró un documento de norma que incorporó todas las interrogantes surgidas en los procesos de revisión, cuya naturaleza obedece a los dos primeros artículos, que se citan textuales a continuación.

Artículo 1º.- La presente norma de emisión establece los límites máximos y/o mínimos de contaminantes permitidos en los residuos líquidos descargados por fuentes emisoras a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

Artículo 2º.- la presente norma de emisión tiene como objetivo de protección ambiental, prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se espera que las aguas superficiales mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las leyes de la República.

Los cambios realizados en la norma fueron:

- Ajuste e incorporación de nuevas definiciones
- Adecuaciones en la calificación de la fuente emisora
- Incorporación de nuevos parámetros
- Modificación de algunos valores límites
- Inclusión del concepto de estuarios como nuevo ámbito territorial de aplicación de la norma de emisión
- Cambios en el control de la norma, respecto a la frecuencia de monitoreo y cumplimiento.
- Adecuaciones al concepto de Zona de Protección Litoral

Las adecuaciones al concepto de la ZPL se debieron a los problemas que posee en la aplicación de la fórmula para determinar su extensión, desde Punta Puga al sur, pues

la fórmula arroja una ZPL muy corta e incluso tierra adentro y evidencias de ecosistemas frágiles y únicos a escala mundial, quedando la última versión definida como:

Zona de protección litoral: Ámbito territorial de aplicación de esta norma que, desde el límite norte del territorio nacional hasta Punta Puga, corresponderá a la distancia determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante a proposición de cualquier interesado, que comprende la proyección imaginaria de la línea de costa continental o insular, que se orienta paralela a ésta y alcanza hasta el fondo del cuerpo de agua, medida desde la línea de baja marea de sicigia, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$A=[(1,28 \times H_b) / m'] \times 1,6$$

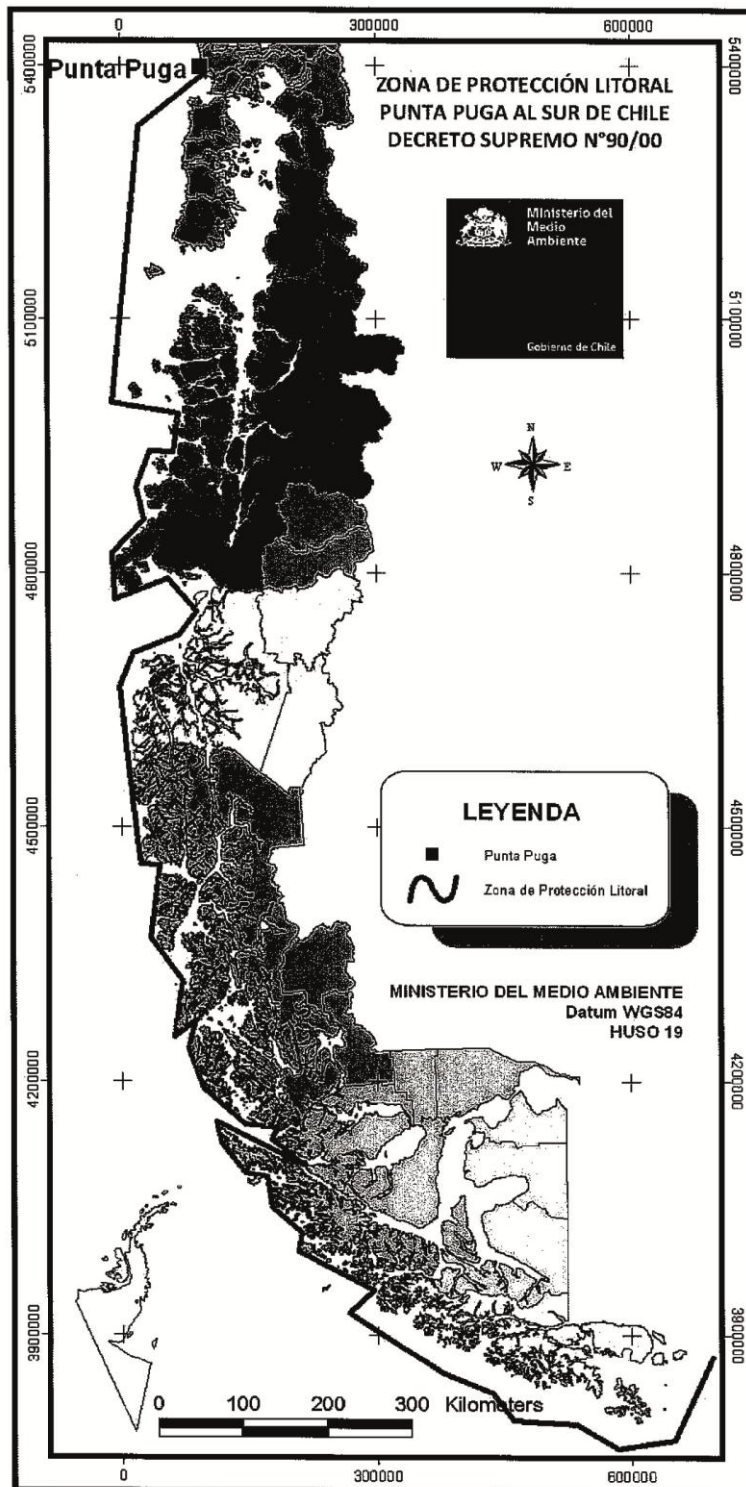
Dónde:

A: Es el ancho de la zona de protección litoral.

H_b: Es la altura media de la rompiente de la ola (m).

m': Es la pendiente del fondo marino determinada conforme a procedimientos técnicos establecidos por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

1 En el tramo ubicado entre Punta Puga y Cabo de Hornos, la Zona de Protección Litoral corresponderá a las aguas marinas y fondo del cuerpo de dichas aguas ubicadas entre la línea de más alta marea y el límite externo de la Zona de Protección Litoral, especificando en el siguiente mapa referencial y coordenadas geográficas Datum WGS84, Huso 19.



ID	Este	Norte
0	695.197	3.873.201
1	650.204	3.773.485
2	583.322	3.763.757
3	534.680	3.792.942
4	460.502	3.796.590
5	436.181	3.829.423
6	376.595	3.853.744
7	267.067	3.924.807
8	295.819	3.952.289
9	206.778	3.997.329
10	210.584	4.019.820
11	175.636	4.050.616
12	169.754	4.086.255
13	143.803	4.091.099
14	115.861	4.126.118
15	110.283	4.151.673
16	213.186	4.100.511
17	175.410	4.130.020
18	181.881	4.144.814
19	144.174	4.148.425
20	95.310	4.191.000
21	77.318	4.237.204
22	85.962	4.272.061
23	62.040	4.251.928
24	71.160	4.318.430
25	33.032	4.368.433
26	44.283	4.454.065
27	21.781	4.455.940
28	14.099	4.522.764
29	-2.596	4.665.956
30	14.264	4.705.441
31	67.674	4.725.870
32	88.078	4.754.260
33	53.962	4.792.266
34	-8.925	4.768.182
35	-11.122	4.822.606
36	25.980	4.862.832
37	17.779	4.901.496
38	33.791	4.944.066
39	61.957	4.942.546
40	67.769	4.988.979
41	-11.246	5.001.906
42	20.903	5.329.147
43	100.185	5.392.416

Figura 9 Zona de Protección Litoral desde Punta Puga al sur de Chile
Fuente: D.S 90

Finalmente, cabe mencionar que se hicieron modificaciones en todas las tablas de la norma, es decir, se agregaron nuevos contaminantes y se ajustaron los valores para establecer límites máximos permitidos para descarga de residuos líquidos fuera y dentro de la ZPL, así también se desglosa la tabla que definía al establecimiento emisor (Tabla 41) mediante dos tablas de valor característico (Tabla 45) y carga contaminante (Tabla 46)

5. **METODOLOGÍA**

DIAGRAMA DE FLUJO METODOLÓGICO

Para comenzar el análisis los procesos de cálculo de las bahías seleccionadas, primero se calculan las pendientes, luego se calculó el factor “P”, posteriormente el ancho de ZPL y en seguida el cálculo se divide en dos, esto es, caracterización de oleaje en aguas profundas y caracterización de oleaje en aguas someras. En cada caso se realiza análisis del factor “P” y ancho de ZPL, mediante respectivos criterios tipo II y I como se describe a continuación.

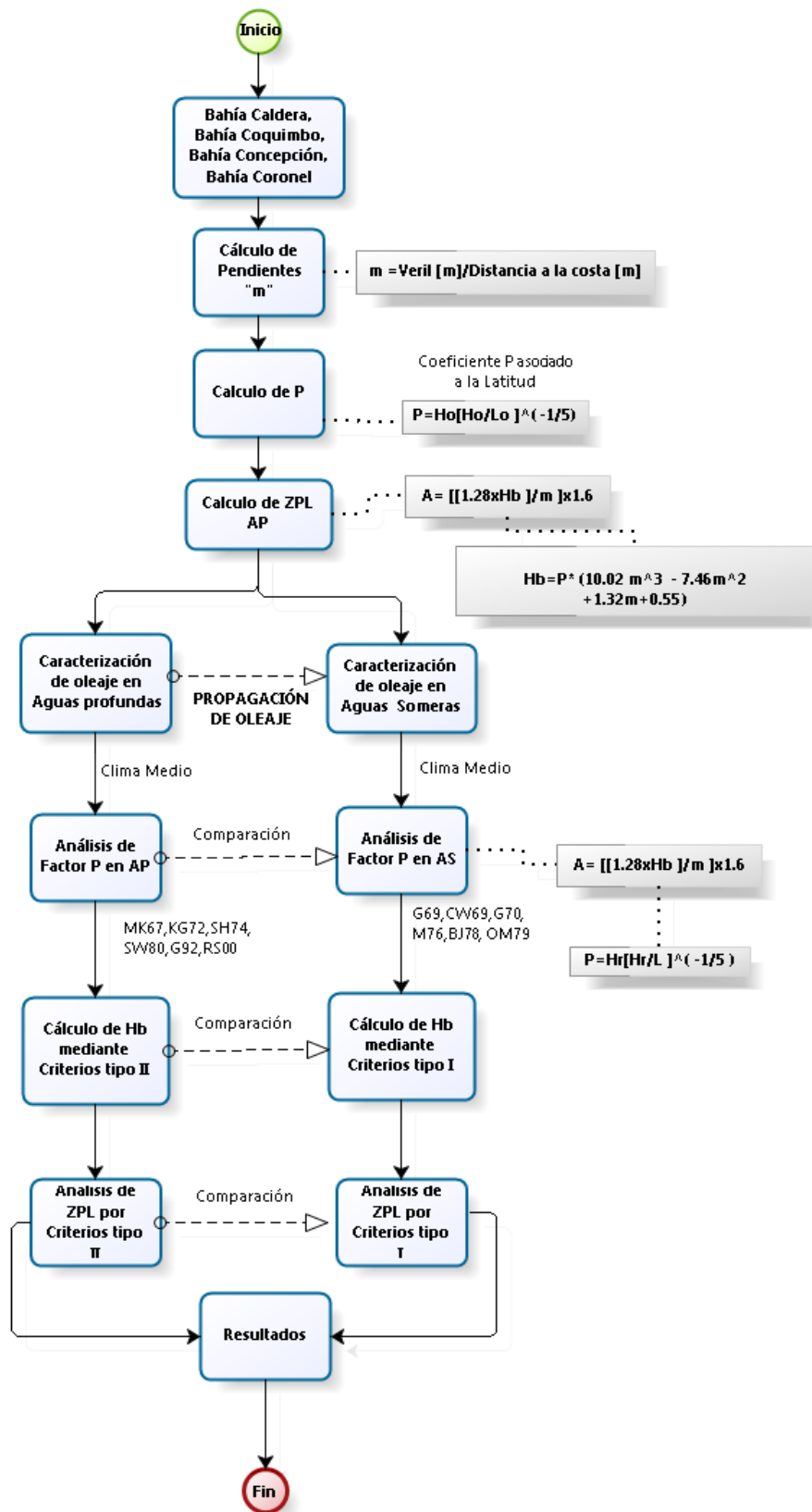


Figura 10 Diagrama de flujo metodológico
Fuente: Elaboración propia

5.1.1 METODOLOGÍA DE TRANSFERENCIA DE OLAJE

La metodología que se utilizó para la transferencia de oleaje o propagación de oleaje a la costa, fue la semi-purista con parámetros resumen, explicada por Nicolau **et al.** (2004).

Para determinar los coeficientes de transformación del oleaje (coeficientes de agitación y dirección, que son los que proporcionan los cambios de altura y dirección que sufre el oleaje al momento de propagarse), se elaboraron mallas o grillas matemáticas con la información batimétrica de las bahías en modelo numérico SWAN.

Cada bahía está compuesta con dos mallas, la primera es la malla gruesa que contiene la información batimétrica en un contexto general y la segunda es la malla fina que contiene la información batimétrica de detalle.

La resolución de las mallas en dirección horizontal (Δx) y vertical (Δy) es de 200 [m] para las gruesas y de 50 [m] para las mallas finas.

A continuación, se detalla las coordenadas de inicio y final de cada una de las mallas.

Tabla 8 Coordenadas UTM de mallas gruesas

Coordenada UTM		
	Coordenada de inicio	Coordenada final
Caldera	266200 E 6978000 N	327800 E 7035000 N
Coquimbo	230000 E 6630000 N	287000 E 6730000 N
Concepción	570700 E 5830800 N	713700 E 6009200 N
Coronel	570700 E 5830800 N	713700 E 6009200 N

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Coordenadas UTM de mallas finas

Coordenada UTM		
	Coordenada de inicio	Coordenada final
Caldera	312500 E 6999900 N	322300 E 7009850 N
Coquimbo	258800 E 6675600 N	281100 E 6702300 N
Concepción	653450 E 5924350 N	685100 E 5961550 N
Coronel	616550 E 5871450 N	670550 E 5917250 N

Fuente: Elaboración propia

Además, se configuró el modelo el modelo numérico SWAN con intervalos direccionales regulares cada 15° y con periodos de olas de 4 a 24 [s] con intervalos de 2 [s] y altura de ola unitaria, resultando de esto 143 simulaciones por cada malla analizada, es decir, 286 simulaciones por bahía, alcanzando un total de 1144 simulaciones en el total.

Una vez simulados los coeficientes de transformación, se reconstruyó cada espectro (tipo JONSWAP) con Y (factor de acentuamiento del *peak* espectral), nn (potencia del espectro), como se muestra a continuación.

Tabla 10 Parámetros para propagación Semi-purista

<u> Tp [s]</u>	<u> γ</u>	<u> nn</u>
4.0	3.3	4
6.0	3.3	4
8.0	3.3	4
10.0	3.3	4
12.0	4.0	10
14.0	5.0	16
16.0	6.0	20
18.0	7.0	26
20.0	8.0	30
22.0	9.0	36
24.0	10.0	40

Fuente: Elaboración propia.

6. MATERIALES

A continuación se detalla un listado de materiales utilizados para la elaboración de la presente.

- *Global Mapper*: Herramienta computacional empleada para el proceso de la rectificación de cartas náuticas electrónicas, limpieza y definición de veriles, puntos de sondas, línea de costa y discretización del dominio batimétrico y oceánico

- *Surfer*: Herramienta computacional empleado para optimizar los procesos de interpolación necesarios en la generación de archivos batimétricos de entrada para modelos numéricos.

- *IDL (Interactive data language)*: Herramienta computacional que mediante lenguaje de programación computacional de cuarta generación, completo y estructurado empleado para la creación de algoritmos utilizados con fines de lectura, estructura y resultados.

Este software se utilizó durante todo el análisis, con el objeto crear algoritmos computaciones de lectura y salida de datos, rutinas gráficas, análisis de series de tiempo, pre y post-proceso del modelaje numérico y resultados.

- *SWAN (Simulating WAves in Nearshore)*: Herramienta computacional perteneciente a la extensión de modelos de tercera generación de aguas profundas que incorpora fórmulas generación de oleaje, disipación y las interacciones onda-onda en cuádrupletas del modelo WAM (Komen *et al.*, 1989); En aguas someras, estos procesos son complementados con fórmulas de disipación, fricción con el fondo, interacciones onda-onda en triadas y rompimiento inducido por profundidad. SWAN, permite simular procesos de propagación a través del espacio geográfico, refracción debida a las variaciones espaciales del fondo y corrientes, difracción, asomeramiento debido a las variaciones espaciales del fondo y corrientes, bloque y reflexión debido a corrientes opuestas, transmisión a través de obstrucciones o reflexión contra obstáculos además de los procesos de generación y disipación como generación por viento, disipación por *whitecapping*, disipación inducida por profundidad, rompimiento, fricción con el fondo e interacciones onda-onda en aguas profundas y someras. Este modelo se utilizó para propagar oleaje hacia aguas someras en las cuatro bahías seleccionadas.

- Antecedentes de oleaje en aguas profundas (31 años de datos de parámetros de resumen de costa fuera (1980-2010), obtenidos del ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) con registros cada 3 horas del estado de mar para cuatro puntos de Chile. (Bahía Caldera, Bahía de Coquimbo, Bahía de Concepción y Bahía Coronel). Los parámetros a considerados son de altura significativa espectral (Hmo), periodo *peak* espectral (Tp) y dirección media incidente del oleaje (MWD).

- Cartas náuticas electrónicas obtenidas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), las cuales contienen: extensión de la carta náutica, número de carta asignada por el SHOA, escala, proyección empleada, dátum de referencia y edición que corresponde a la fecha de los sondeos utilizados.

Tabla 11 Detalle de cartas náuticas electrónicas

BAHÍA CALDERA				
CARTA N°	NOMBRE	CELDA	ESCALA	UPDATES
3000	Puerto Caldera a bahía Coquimbo	CL2AT030	500.000	0.005
3111	Puerto Caldera, Calderilla y Bahía Ingles	CL5A005	20.000	0.006
BAHÍA COQUIMBO				
CARTA N°	NOMBRE	CELDA	ESCALA	UPDATES
3000	Puerto Caldera a bahía Coquimbo	CL2AT030	500.000	0.005
4000	Bahía Coquimbo a bahía Valparaíso	CL2CO040	500.000	0.005
4111	Bahía Coquimbo y herradura de Guayac	CL5CO005	15.000	0.005
BAHÍA CONCEPCION				
CARTA N°	NOMBRE	CELDA	ESCALA	UPDATES
5000	Bahía Valparaíso a Golfo de Arauco	CL2VA050	500.000	
6110	Bahía Concepción y San Vicente	CL4BB010	50.000	0.006
BAHÍA CORONEL				
CARTA N°	NOMBRE	CELDA	ESCALA	UPDATES
5000	Bahía Valparaíso a Golfo de Arauco	CL2VA050	500.000	S/U
6000	Golfo de Arauco a Bahía Corral	CL2BB060	500	0.006
6120	Golfo de Arauco	CL3BB010	80.000	0.003
6121	Bahía Coronel	CL5BB025	10.000	0.001

Fuente: Elaboración propia.

- Material inédito de antecedentes históricos chilenos, del génesis de la fórmula de Zona de Protección Litoral y sus modificaciones.

7. RESULTADOS

7.1 CÁLCULO DE PARÁMETROS

La siguiente tabla, muestra las coordenadas pertenecientes a la ubicación de las bahías en donde se realizarán los experimentos de cálculos.

Tabla 12 Coordenadas UTM de ubicación de bahía en estudio

Bahía	Veril 10 [m]	Veril 15 [m]	Veril 20 [m]
Caldera	318481 E 7005615 N	318545 E 7005672 N	318692 E 7005799 N
Coquimbo	274542 E 6686423 N	274582 E 6686488 N	274618 E 6686548 N
Concepción	677945 E 5933797 N	677937 E 5934796 N	677932 E 5936357 N
Coronel	664224 E 5900120 N	663979 E 5899778 N	663230 E 5899014 N

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestran las ubicaciones de cada bahía, indicando que el veril de los 10 [m] corresponde a p1, el de los 15 [m] corresponde a p2 y el veril de los 20 [m] a p3.



Figura 11 Ubicación de veriles en Bahía Caldera
Fuente: Google Earth



Figura 12 Ubicación de veriles en Bahía Coquimbo
Fuente: Google Earth



Figura 13 Ubicación de veriles en Bahía Concepción
Fuente: Google Earth

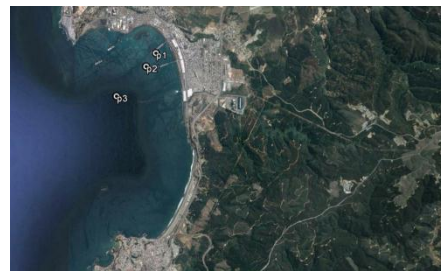


Figura 14 Ubicación de veriles en Bahía Coronel
Fuente: Google Earth

A continuación, se muestran las pendientes calculadas para las cuatro bahías.

Tabla 13 Pendiente y pendiente promedio de bahías

Pendientes bahías				
Nombre bahía	Veril [m]			Pendiente Promedio
	10	15	20	
Caldera	0.0520	0.0539	0.0423	0.0495
Coquimbo	0.1137	0.0781	0.0773	0.0897
Concepción	0.0070	0.0045	0.0025	0.0046
Coronel	0.0261	0.0135	0.0056	0.0149

Fuente: Elaboración propia

Dados los factores P entregados en función de las latitudes definidos en la norma se procedió a interpolar los valores de P para las bahías seleccionadas, como se muestra a continuación.

Tabla 14 Factor P asociado a latitud

Nombre bahía	Coordenada geográfica	Factor
	Latitud	P
Caldera	27°04'00"S	8,28
Coquimbo	29°95'00"S	9,06
Concepción	36°50'00"S	10,68
Coronel	37°01'00"S	10,74

Fuente: Elaboración propia

7.2 CALCULO DE ZPL AGUAS PROFUNDAS (NORMATIVA VIGENTE)

Con la información paramétrica, se procedió a calcular los anchos de ZPL con el método sugerido por DIRECTEMAR, como se muestra a continuación.

Tabla 15 Cálculo de ZPL [m]

Bahía	Hb [m]	A [m]
Caldera	3.87	160
Coquimbo	3.43	78
Concepción	5.81	2586
Coronel	5.68	780

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de comparar los cálculos de los anchos de ZPL, se elaboró un mapa de evolución latitudinal con 31 anchos de ZPL aprobados por la DIRECTEMAR entre los años 2002 y 2015, los cuales pertenecen a diferentes sectores cercanos a las bahías seleccionadas para la presente tesis (Caldera, Coquimbo, Coronel y Concepción)(Figura 16). Las barras horizontales en color negro representan los anchos de ZPL aprobados por DIRECTEMAR a lo largo del país hasta el año 2015 y en líneas verticales en color rojo, azul, rosa, verde y turquesa representan los anchos de ZPL con normativa vigente en función de las pendientes de playa.

A través del mapa, se observa que los valores de ZPL que adquieren las bahías de Caldera, Coquimbo y Coronel, resultan estar dentro de los rangos típicos, como señalan las líneas horizontales de color negro, sin embargo, la bahía Concepción al poseer una pendiente pequeña en el punto de análisis, el valor que adquiere el ancho de ZPL es significativo, esto es porque la fórmula no cubre pendientes menores que 0.1, por lo tanto, se sugiere aplicar otro tipo de criterios no cubiertos por la presente memoria.

Cabe mencionar la sensibilidad que posee el método para calcular anchos de ZPL, ante diferentes pendientes de playa, dado que mientras menos empinada sea la pendiente de la playa, más ancha será la ZPL.

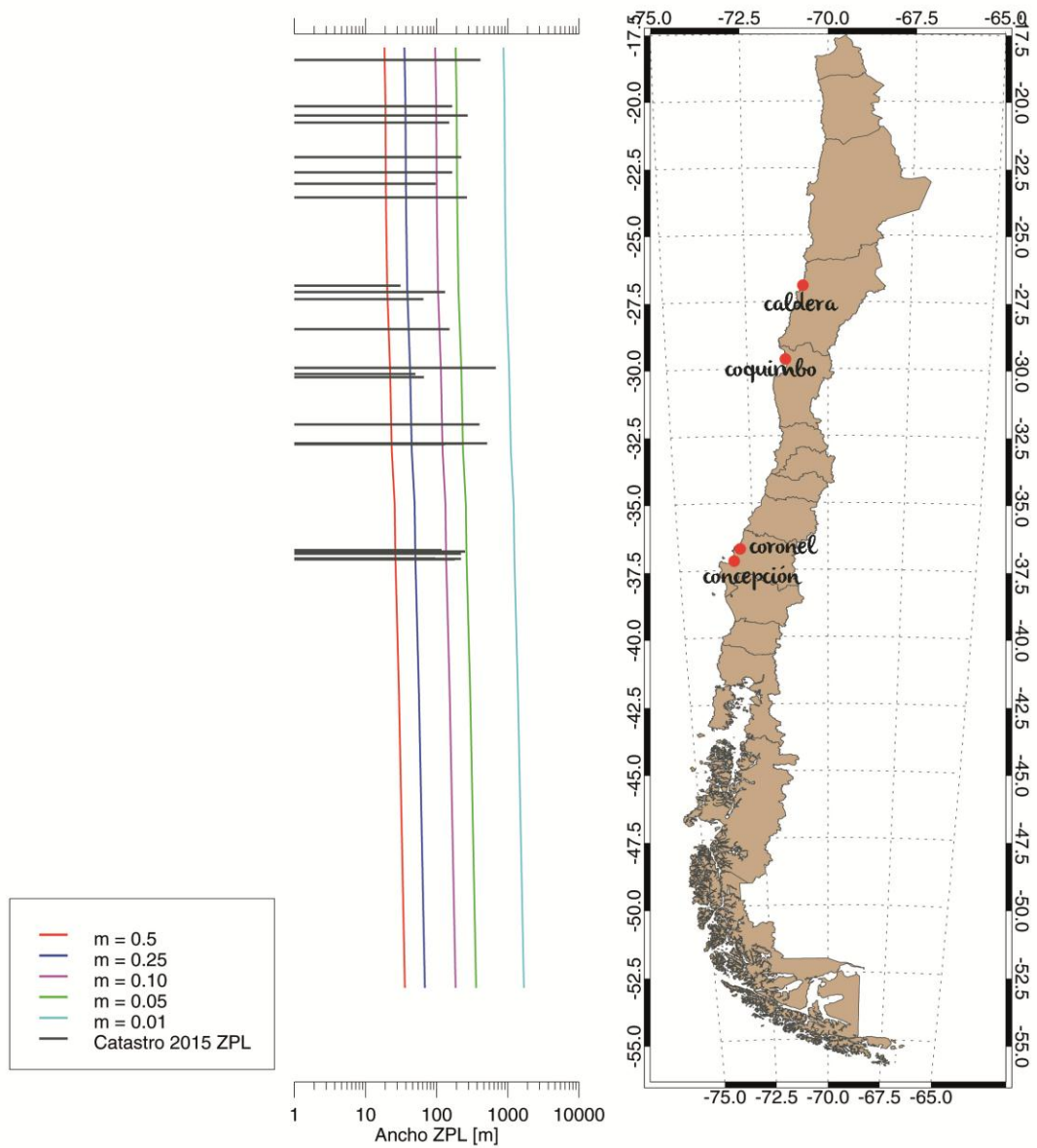


Figura 15 Mapa de evolución latitudinal de ancho de ZPL. Las barras de color negro corresponden a proposiciones aprobadas por DIRECTEMAR y en líneas de color estimación de ZPL en función de la normativa vigente
Fuente: Elaboración propia

7.3 ANALISIS EN AGUAS PROFUNDAS

7.3.1 CARACTERIZACIÓN DE OLEAJE EN AGUAS PROFUNDAS

Utilizando los 31 años de datos del modelo de ECMWF, se procedió a caracterizar el oleaje de las cuatro bahías en sus respectivas ubicaciones nodales o puntos de extracción de información en aguas profundas, como se detalla a continuación:

Tabla 16 Ubicación de nodos en aguas profundas

Nombre bahía	Coordenada geográfica		Coordenada UTM		Profundidad [m]
	Latitud	Longitud	Este	Norte	
Caldera	27°00'00"S	72°00'00"W	202273.91	7010024.03	4158.30
Coquimbo	30°00'00"S	72°00'00"W	210590.35	6677424.10	4604.40
Concepción	37°00'00"S	74°00'00"W	588977.32	5904660.31	1983.85
Coronel	37°00'00"S	74°00'00"W	588977.32	5904660.31	1983.85

Fuente: Elaboración propia.

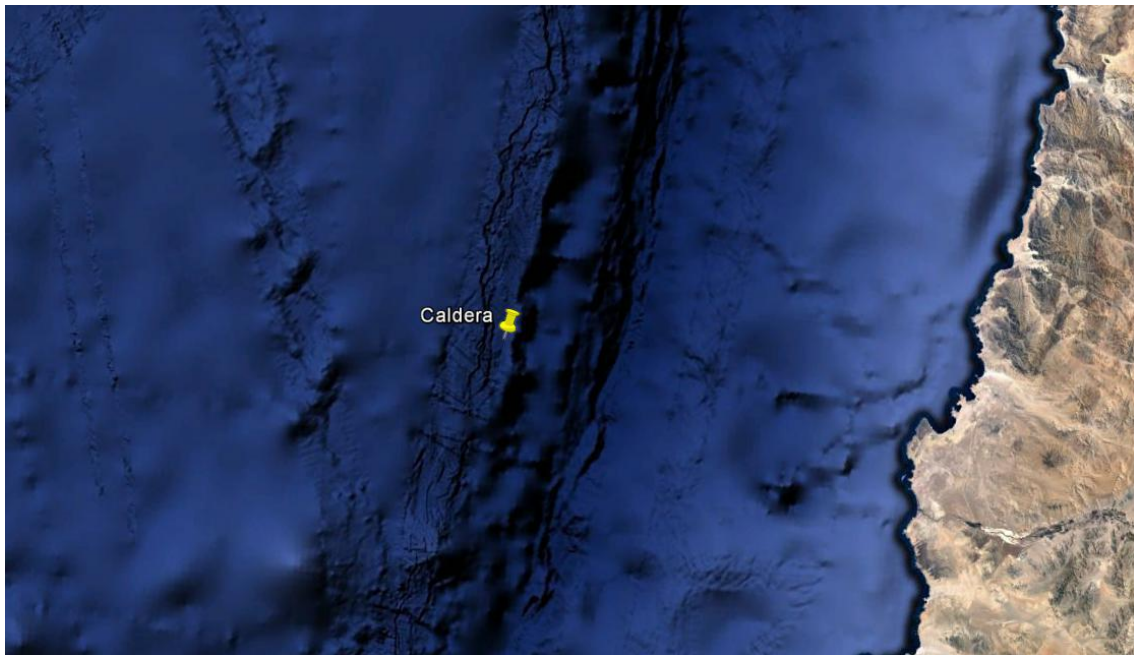


Figura 16 Nodo aguas profundas - Caldera

Fuente: Google Earth

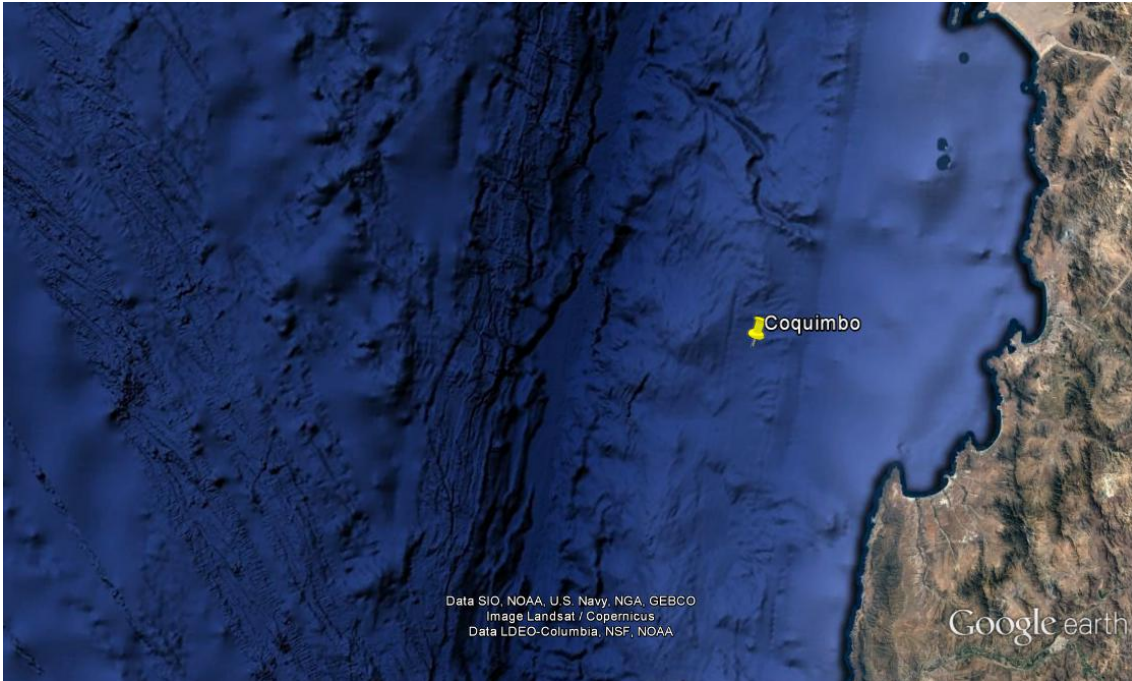


Figura 17 Nodo aguas profundas - Coquimbo
Fuente: Google Earth

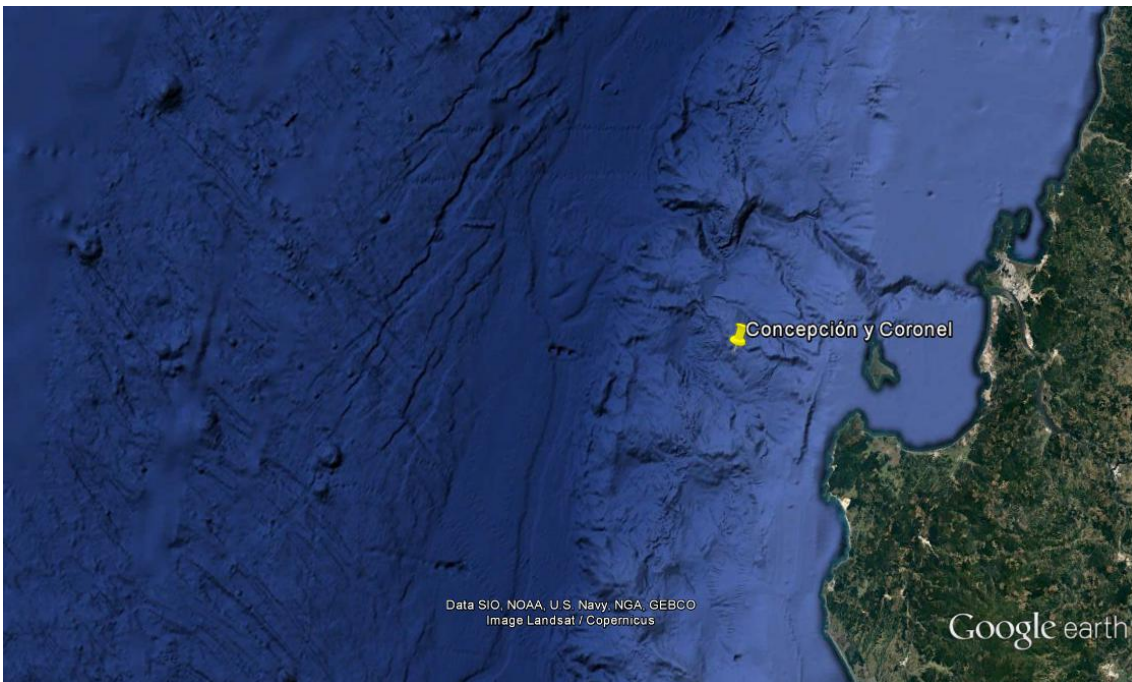


Figura 18 Nodo aguas profundas - Concepción y Coronel
Fuente: Google Earth

Para caracterizar el oleaje de cada nodo en aguas profundas se elaboraron tablas de incidencia bivariadas de altura significativa - dirección media, periodo peak - altura significativa, periodo peak - dirección media (ver de Tabla 49 a Tabla 57), histogramas correspondientes con la curva de frecuencias relativas y acumuladas (ver desde

Figura 128 a la Figura 133), además de las series de tiempo para cada parámetro, rosas de oleaje y cálculo de estadígrafos, como se describe a continuación.

- Caracterización de oleaje en aguas profundas para bahía Caldera:

El 96% de las alturas de olas significativas pertenecen a un rango de 1.00 y 2.50 [m] de altura.

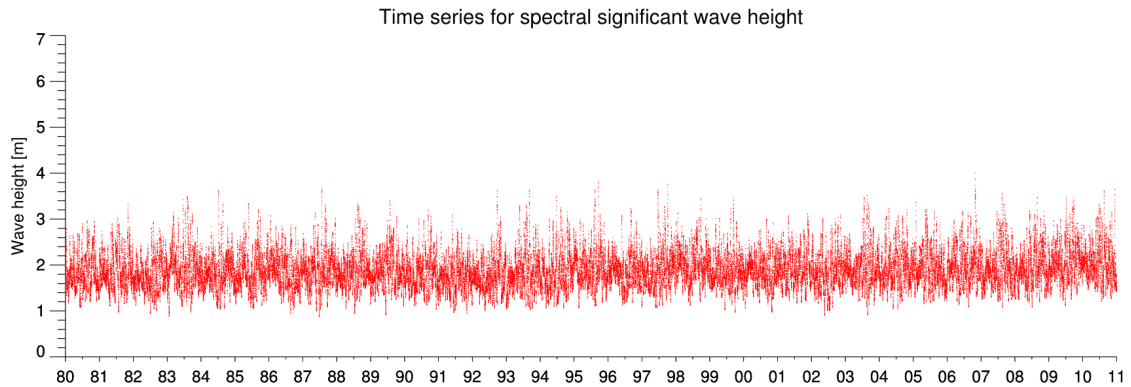


Figura 19 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.
Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del oleaje posee periodos de entre 10 y 14 [s] de tiempo.

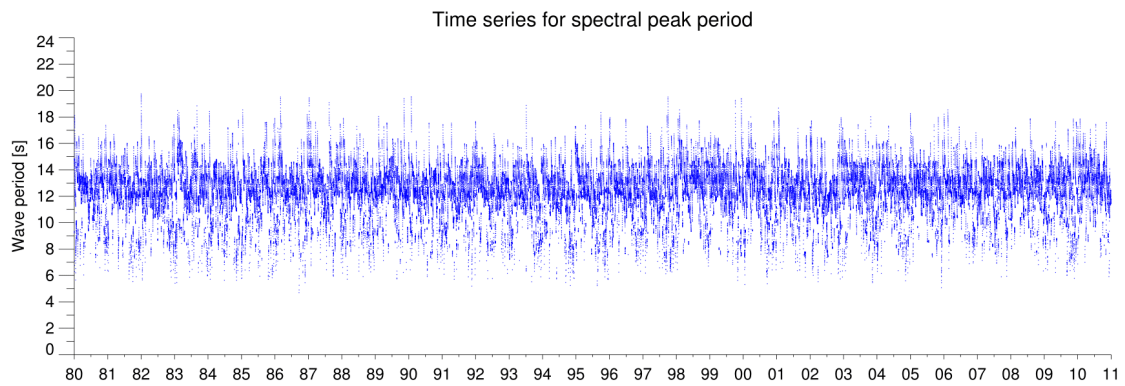


Figura 20 Serie de tiempo de periodo peak espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.
Fuente: Elaboración propia

Más del 92% del oleaje proviene de las bandas direccionales del SW y WSW.

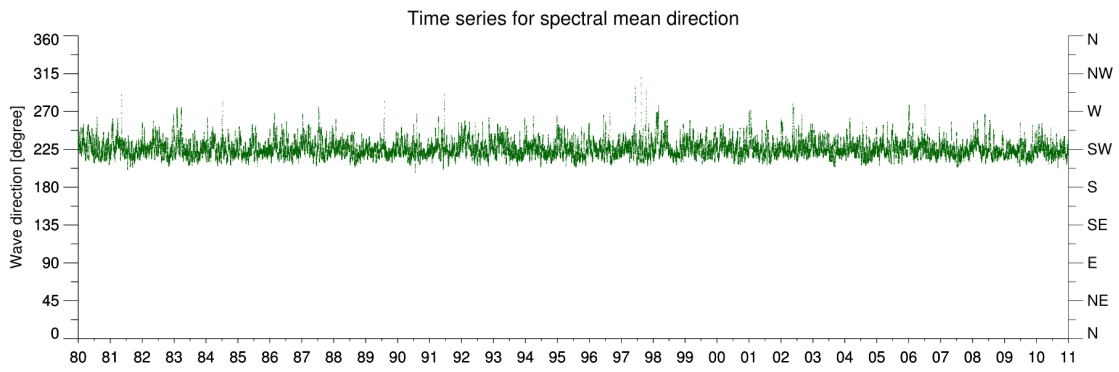


Figura 21 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

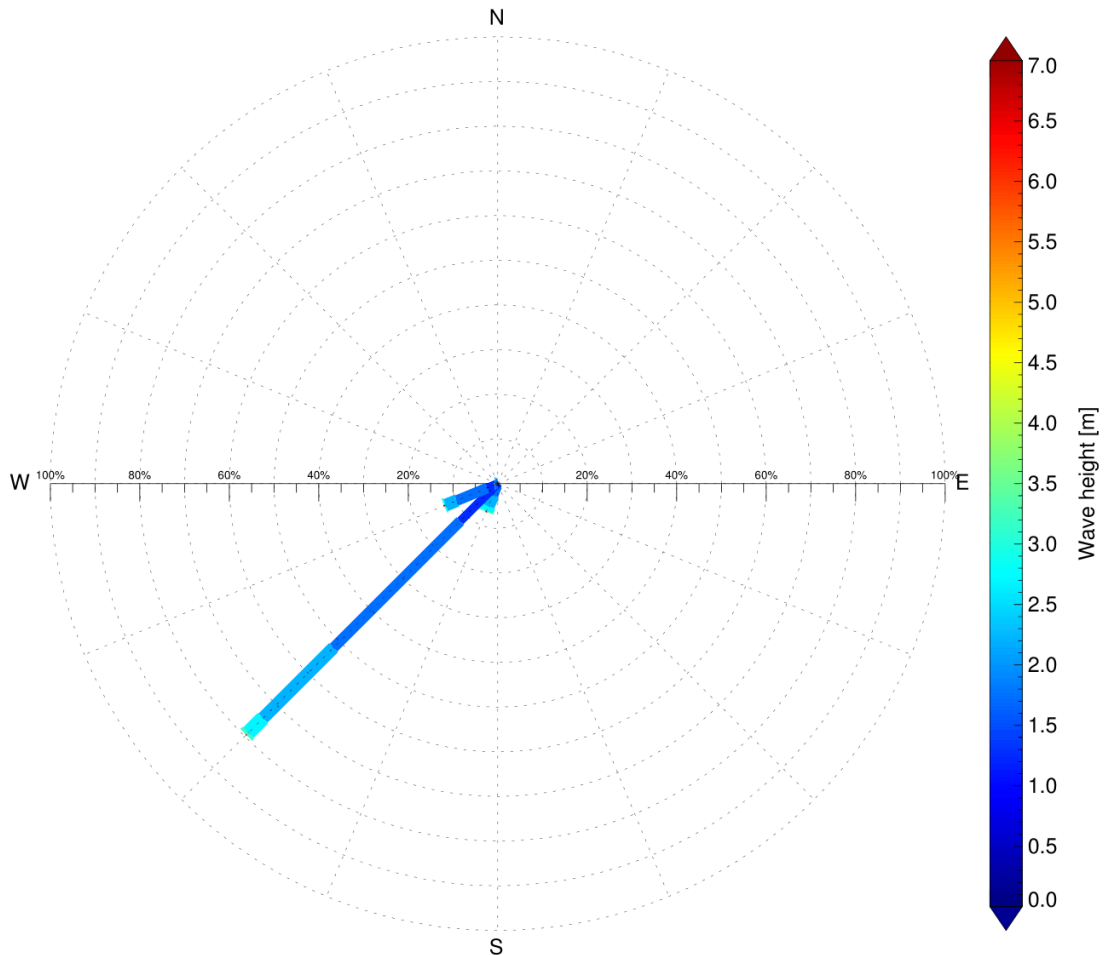


Figura 22 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral en nodo de aguas profundas de Caldera.
Fuente: Elaboración propia

Para complementar la caracterización de H_s , T_p y Mwd , a continuación se muestran sus estadígrafos, compuesto por el mínimo, el máximo, el promedio, la desviación estandar, sesgo y kurtosis.

Tabla 17 Estadígrafos para bahía Caldera

Estadígrafo	H_{mo} [m]	T_p [s]	Mwd [°]
Mínimo	0.88	4.70	197.53
Promedio	1.89	12.31	225.90
Desv. estandar	0.38	1.93	9.91
Máximo	4.01	19.75	310.45
Sesgo	0.64	-0.42	1.09
Kurtosis	0.71	0.52	2.29

Fuente: Elaboración propia

- Caracterización de oleaje en aguas profundas para bahía Coquimbo:

El 96% de las alturas de olas cubren un rango de 1.00 y 2.50 [m].

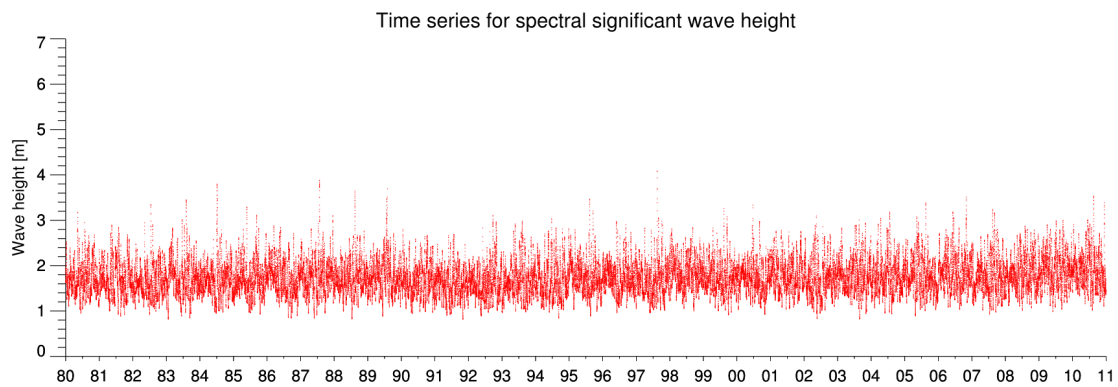


Figura 23 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del oleaje posee periodos de entre 10.00 y 14.00 [s], como se puede observar a continuación.

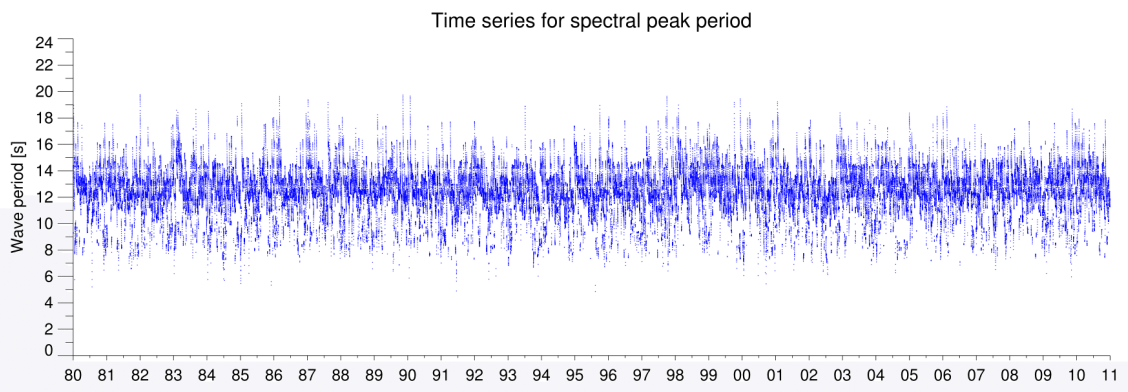


Figura 24 Serie de tiempo de periodo *peak* espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo

Fuente: Elaboración propia

Más del 94% del oleaje proviene de la banda direccional SW y WSW.

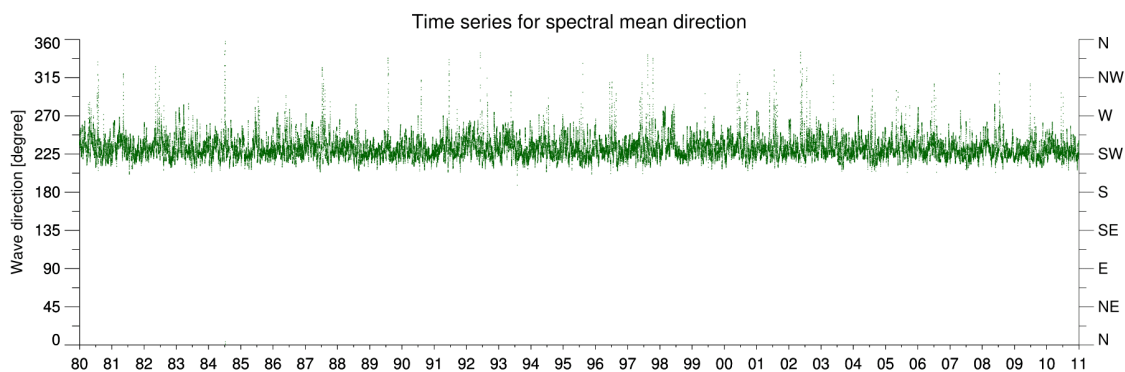


Figura 25 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

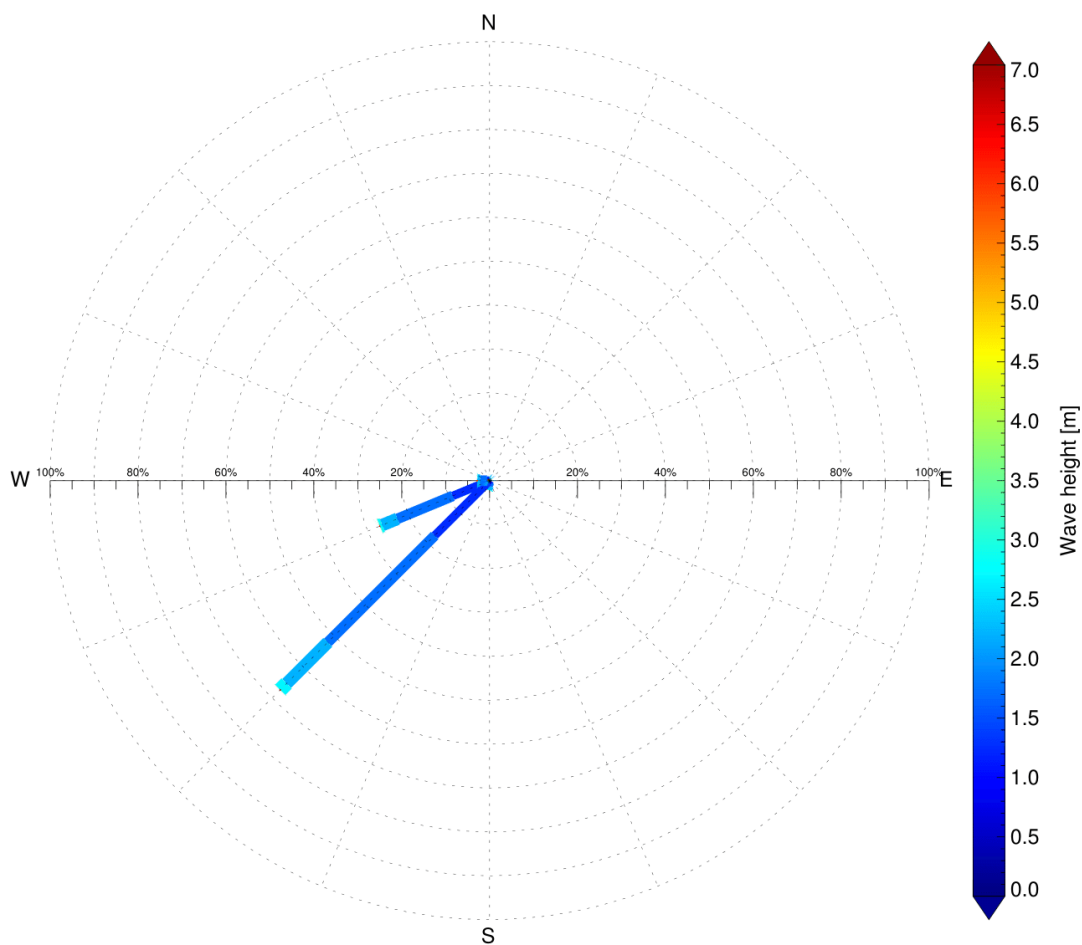


Figura 26 Rosa de oleaje de altura significativa espectral y dirección media espectral en nodo de aguas profundas de Coquimbo.

Para complementar la caracterización de Hs, Tp y Mwd, a continuación se muestran sus estadígrafos, compuesto por el mínimo, el máximo, el promedio, la desviación estandar, sesgo y kurtosis.

Tabla 18 Estadígrafos para bahía Coquimbo

Estadígrafo	Hmo [m]	Tp [s]	Mwd [°]
Mínimo	0.818	4.858	0.483
Promedio	1.735	12.392	232.291
Desv. estandar	0.369	1.828	12.733
Máximo	4.084	19.767	357.629
Sesgo	0.604	-0.212	1.422
Kurtosis	0.769	0.508	9.810

Fuente: Elaboración propia

- Caracterización de oleaje en aguas profundas para bahía Concepción y Coronel:

El 70% de las alturas de olas cubren un rango de 1.50 y 2.50 [m].

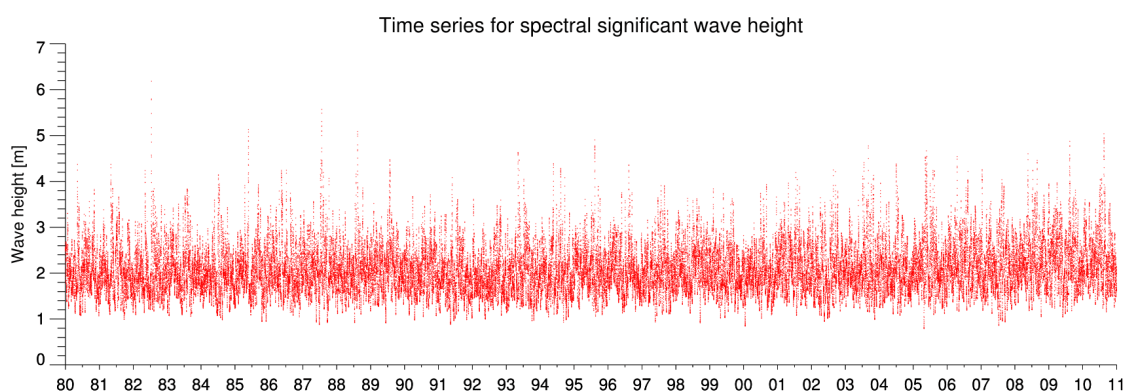


Figura 27 Serie de tiempo de altura significativa espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente
Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del oleaje posee periodos de entre 10.00 a 14.00 [s].

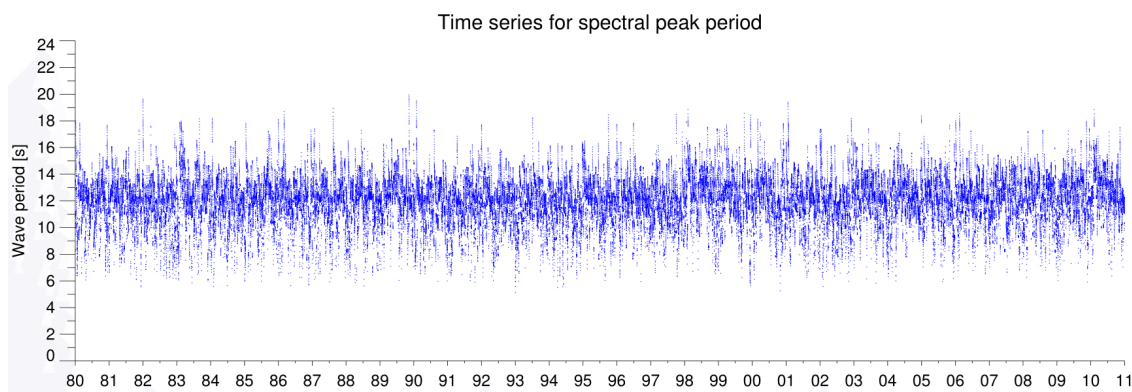


Figura 28 Serie de tiempo de periodo espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente
Fuente: Elaboración propia

Más del 76% del oleaje proviene de la banda direccional SW y WSW.

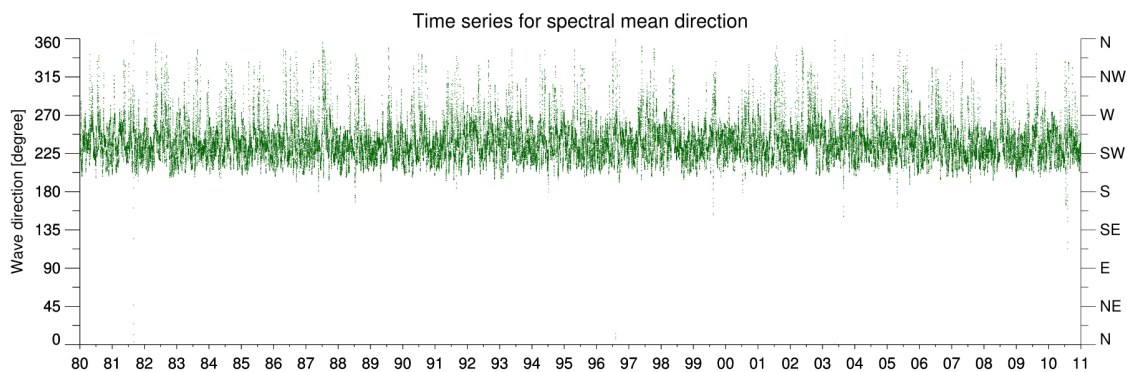


Figura 29 Serie de tiempo de dirección media espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

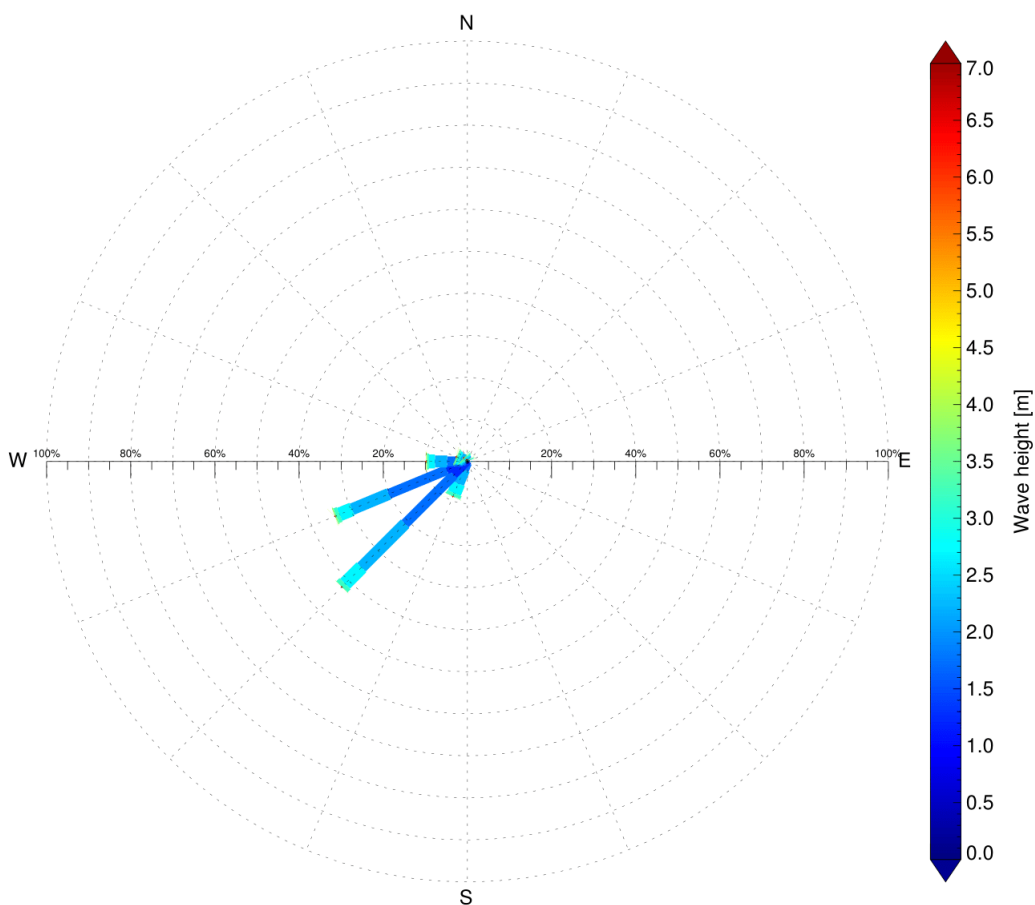


Figura 30 Rosa de oleaje de altura significativa espectral y dirección media espectral en nodo de aguas profundas de San Vicente.
Fuente: Elaboración propia

Para complementar la caracterización de Hs, Tp y Mwd, a continuación se muestran sus estadígrafos, compuesto por el mínimo, el máximo, el promedio, la desviación estandar, sesgo y kurtosis.

Tabla 19 Estadígrafos para bahía Concepción y Coronel

Estadígrafo	Hmo [m]	Tp [s]	Mwd [°]
Mínimo	0.79	5.13	0.59
Promedio	2.08	12.01	238.64
Desv. estandar	0.52	1.77	22.29
Máximo	6.18	19.94	358.73
Sesgo	0.86	-0.17	1.09
Kurtosis	1.46	0.59	3.42

Fuente: Elaboración propia

7.3.2 ANALISIS DE PROBABILIDAD DE OLEAJE EN ROTURA EN AGUAS PROFUNDAS

Como se ha descrito anteriormente la fórmula para calcular ZPL se basa en el oleaje rompiente, por lo que con el objetivo de predecir el oleaje que rompe en aguas profundas y la influencia que genera en la distribución estadística de las alturas, se procedió a calcular la probabilidad de rotura de todos los estados de mar, mediante tres criterios de probabilidad de rotura.

Stokes (1847, 1880), Dean (1968) y Ochi & Tsai (1983), cuya fórmula común es:

$$H \geq \alpha g T^2$$

Para el cálculo de la probabilidad de rotura, se procedió a elaborar un algoritmo iterativo cuyo objetivo fue leer los datos obtenidos del ECWMF, posteriormente calcular de probabilidad de rotura mediante las fórmulas dadas por cada criterio y finalmente reproducir una salida gráfica de resultado con el fin de analizar los estados de mar rompen a esa profundidad para eliminarlos y continuar con los procesos de cálculo con datos de olas no rotas. Dado que son estas las que importan en el presente estudio. Por el contrario, cada vez que un estado de mar no cambie sus características, es decir, no alcance a romper a esa profundidad, el algoritmo se ocupará de definirlo como "NAN" en la tabla de salida gráfica como se muestra a continuación.

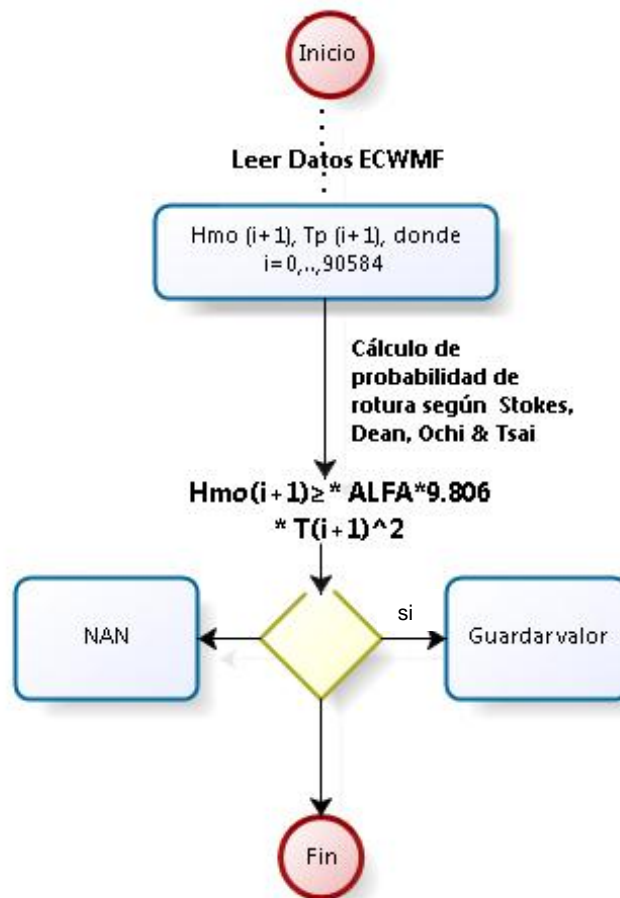


Figura 31 Diagrama de flujo de algoritmo utilizado en selección de estados de mar según criterios de rotura Stokes, Dean, Ochi & Tsai

Considerando que el valor de “ALFA” o “ α ” para el criterio de Stokes (1847, 1880) igual a 0.027, para el criterio de Dean (1968) de 0.033 y para el criterio de de Ochi & Tsai (1983), igual a α 0.020. Se observó en las tablas de resultados que la probabilidad que el oleaje rompa en aguas profundas en las cuatro bahías estudiadas según los criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai es nula, es decir que al comparar los resultados de antes y después del calculo de probabilidad no se observan cambios en la estadística de oleaje, manteniendose la misma caracterización de oleaje en aguas profundas inicial, por lo tanto, la data se mantiene impoluta y se puede asegurar con certeza que la distribución de alturas de olas no posee filtración por rompimiento como se muestran en las siguientes tablas bivariadas de alturas y periodos para Caldera, Coquimbo y San Vicente respectivamente.

La primera tabla corresponde a los datos puros de aguas profundidad del ECWMF para bahía Caldera y las siguientes tablas corresponden a la aplicación de los tres criterios en estudio en la bahía.

Tabla 20 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai - nodo de aguas profundas – Caldera.

ECWMF	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.47	1.30	6.10	5.88	0.90	0.14	0.02	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.09	1.19	5.05	12.27	24.58	6.13	0.82	0.09	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.63	3.13	4.58	13.30	5.45	0.67	0.04	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.57	0.85	2.60	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.11	0.28	0.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.01	46.68	14.53	1.88	0.15	0.00	0.00	100.00
Stokes	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.47	1.30	6.10	5.88	0.90	0.14	0.02	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.09	1.19	5.05	12.27	24.58	6.13	0.82	0.09	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.63	3.13	4.58	13.30	5.45	0.67	0.04	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.57	0.85	2.60	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.11	0.28	0.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.01	46.68	14.53	1.88	0.15	0.00	0.00	100.00
Dean	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.47	1.30	6.10	5.88	0.90	0.14	0.02	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.09	1.19	5.05	12.27	24.58	6.13	0.82	0.09	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.63	3.13	4.58	13.30	5.45	0.67	0.04	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.57	0.85	2.60	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.11	0.28	0.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.01	46.68	14.53	1.88	0.15	0.00	0.00	100.00
Ochi & Tsai	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.47	1.30	6.10	5.88	0.90	0.14	0.02	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.09	1.19	5.05	12.27	24.58	6.13	0.82	0.09	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.63	3.13	4.58	13.30	5.45	0.67	0.04	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.57	0.85	2.60	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.11	0.28	0.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.01	46.68	14.53	1.88	0.15	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai - nodo de aguas profundas - Coquimbo.

ECWMF	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.71	2.22	10.09	11.33	2.19	0.34	0.05	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.40	5.19	11.42	25.39	6.83	1.15	0.13	0.00	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.09	1.87	2.93	8.93	4.22	0.55	0.01	0.00	0.00	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	1.26	0.97	0.15	0.00	0.00	0.00	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.28	9.47	25.28	47.23	14.33	2.20	0.19	0.00	0.00	100.00
Stokes													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.71	2.22	10.09	11.33	2.19	0.34	0.05	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.40	5.19	11.42	25.39	6.83	1.15	0.13	0.00	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.09	1.87	2.93	8.93	4.22	0.55	0.01	0.00	0.00	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	1.26	0.97	0.15	0.00	0.00	0.00	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.28	9.47	25.28	47.23	14.33	2.20	0.19	0.00	0.00	100.00
Dean													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.71	2.22	10.09	11.33	2.19	0.34	0.05	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.40	5.19	11.42	25.39	6.83	1.15	0.13	0.00	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.09	1.87	2.93	8.93	4.22	0.55	0.01	0.00	0.00	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	1.26	0.97	0.15	0.00	0.00	0.00	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.28	9.47	25.28	47.23	14.33	2.20	0.19	0.00	0.00	100.00
Ochi & Tsai													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.71	2.22	10.09	11.33	2.19	0.34	0.05	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.40	5.19	11.42	25.39	6.83	1.15	0.13	0.00	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.09	1.87	2.93	8.93	4.22	0.55	0.01	0.00	0.00	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	1.26	0.97	0.15	0.00	0.00	0.00	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.28	9.47	25.28	47.23	14.33	2.20	0.19	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Resultados de tablas de datos puros del ECWMF y tablas de post proceso de aplicación de criterios de Stokes, Dean y Ochi & Tsai nodo de aguas profundas - San Vicente.

ECWMF	0.0- 2.0	2.0- 4.0	4.0- 6.0	6.0- 8.0	8.0- 10.0	10.0- 12.0	12.0- 14.0	14.0- 16.0	16.0- 18.0	18.0- 20.0	20.0- 22.0	22.0- 24.0	Total
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.14	1.41	5.07	3.75	0.69	0.10	0.02	0.00	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.04	0.55	3.36	14.81	15.31	2.97	0.57	0.06	0.00	0.00	37.67
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.81	3.3	9.47	14.88	3.14	0.43	0.02	0.00	0.00	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.75	3.17	6.41	1.77	0.14	0.00	0.00	0.00	13.62
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.11	0.6	0.81	1.48	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	3.87
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.24	0.36	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	1.01
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.71	33.80	42.41	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00
Stokes													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.14	1.41	5.07	3.75	0.69	0.1	0.02	0.00	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.04	0.55	3.36	14.81	15.31	2.97	0.57	0.06	0.00	0.00	37.67
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.81	3.3	9.47	14.88	3.14	0.43	0.02	0.00	0.00	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.75	3.17	6.41	1.77	0.14	0.00	0.00	0.00	13.62
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.11	0.6	0.81	1.48	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	3.87
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.24	0.36	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	1.01
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.71	33.80	42.41	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00
Dean													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.14	1.41	5.07	3.75	0.69	0.10	0.02	0.00	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.04	0.55	3.36	14.81	15.31	2.97	0.57	0.06	0.00	0.00	37.67
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.81	3.3	9.47	14.88	3.14	0.43	0.02	0.00	0.00	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.75	3.17	6.41	1.77	0.14	0.00	0.00	0.00	13.62
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.11	0.60	0.81	1.48	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	3.87
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.24	0.36	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	1.01
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.71	33.80	42.41	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00
Ochi & Tsai													
Rango Hmo.													
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.14	1.41	5.07	3.75	0.69	0.1	0.02	0.00	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.04	0.55	3.36	14.81	15.31	2.97	0.57	0.06	0.00	0.00	37.67
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.81	3.3	9.47	14.88	3.14	0.43	0.02	0.00	0.00	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.75	3.17	6.41	1.77	0.14	0.00	0.00	0.00	13.62
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.11	0.6	0.81	1.48	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	3.87
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.24	0.36	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	1.01
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.71	33.80	42.41	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 ANALISIS DE FACTOR "P" EN AGUAS PROFUNDAS.

De acuerdo a lo propuesto por la DGTM Y MM, se define el factor P a la siguiente expresión:

$$P=H_o * \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-1/5}$$

Donde, Ho es la altura de olas en aguas profundas y Lo es la longitud de ola en aguas profundas, la cual se puede estimar mediante la teoría lineal del oleaje como:

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$$

De ésta manera se procedió a calcular todos los valores de los factores P asociados a cada estado de mar en cada nodo de aguas profundas. Con ello se construyeron las series de tiempo y graficos de comparación de curvas de frecuencias relativa y acumulada.

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el nodo de aguas profundas de bahía Caldera del orden de entre 3.30 y 6.10 [m], aproximadamente.

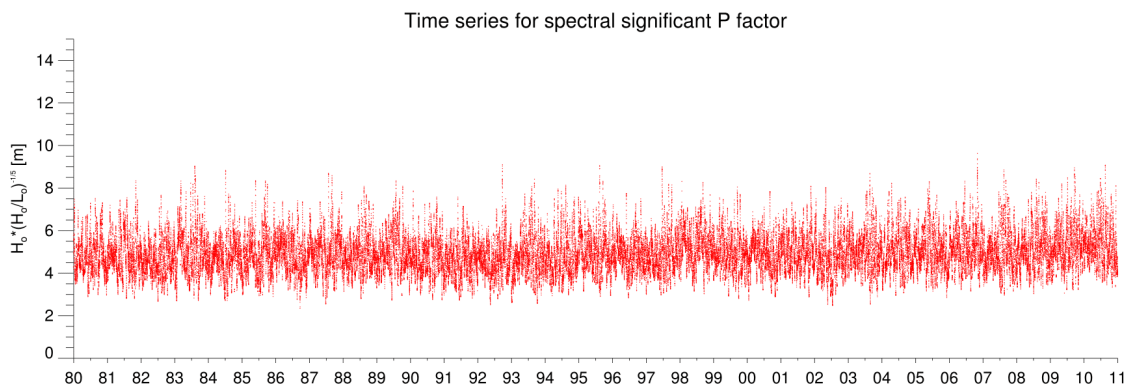


Figura 32 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía Caldera
Fuente: Elaboración propia

Los valores que adquiere el factor P, se ajustan a una distribución Gamma, con sesgo que tiende a cero, donde el 10% de los valores de P alcanza los 3.70 [m], el 20% de los valores de P alcanza los 4.00 [m], 50% de los valores de P alcanza los 4.80 [m], el 70% de los valores de P alcanza los 5.20 [m], el 90% de los valores de P alcanza los 6.00 [m] y el 99% de los valores de P alcanza los 7.30 [m]

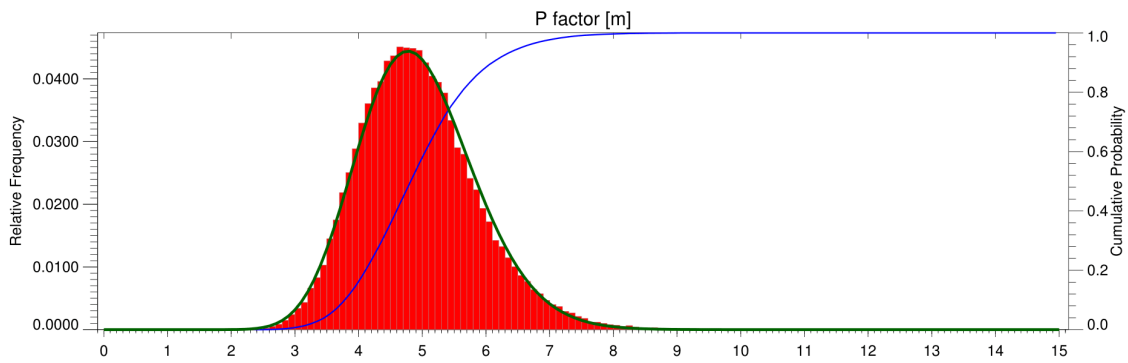


Figura 33 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía Caldera
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el nodo de aguas profundas de bahía Coquimbo es del orden de los 3.40 y 6.20 [m], aproximadamente.

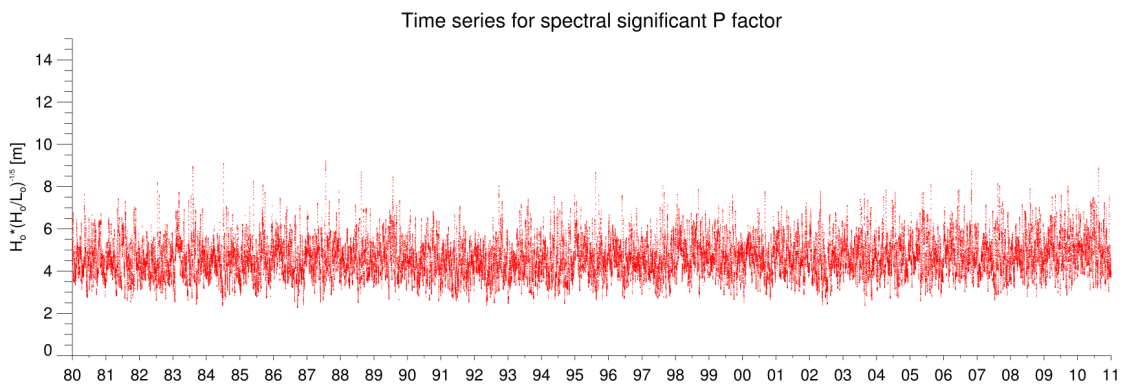


Figura 34 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

Los valores que adquiere el factor P, se ajustan a una distribución Gamma, con sesgo que tiende a cero, donde el 10% de los valores de P alcanza los 3.60 [m], el 20% de los valores de P alcanza los 3.90 [m], 50% de los valores de P alcanza los 4.60 [m], el 70% de los valores de P alcanza los 5.10 [m], el 90% de los valores de P alcanza los 5.90 [m] y el 99% de los valores de P alcanza los 7.40 [m]

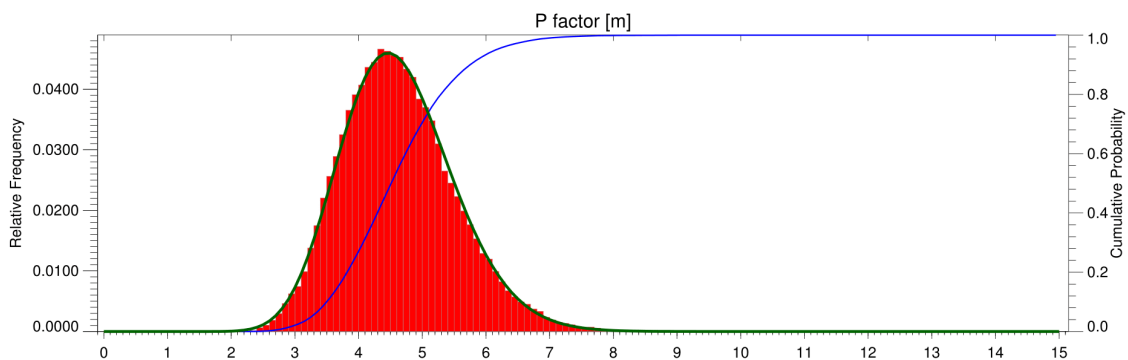


Figura 35 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el nodo de aguas profundas de bahía San Vicente es del orden de los 3.50 y 7.00 [m], aproximadamente.

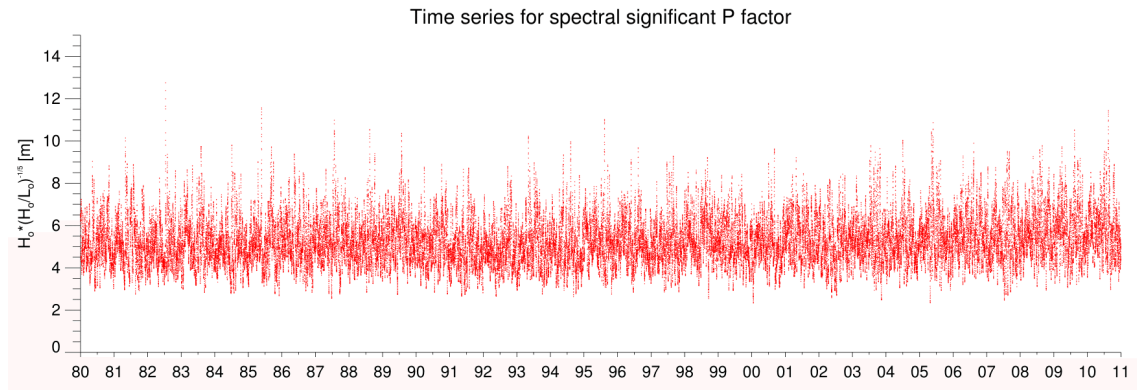


Figura 36 Serie de tiempo de factor P en nodo de aguas profundas en bahía San Vicente
Fuente: Elaboración propia

Los valores que adquiere el factor P, se ajustan a una distribución Gamma, cuyo sesgo positivo, donde el 10% de los valores de P alcanza los 3.90 [m], el 20% de los valores de P alcanza los 4.20 [m], 50% de los valores de P alcanza los 5.20 [m], el 70% de los valores de P alcanza los 5.80 [m], el 90% de los valores de P alcanza los 6.80 [m] y el 99% de los valores de P alcanza los 8.50 [m]

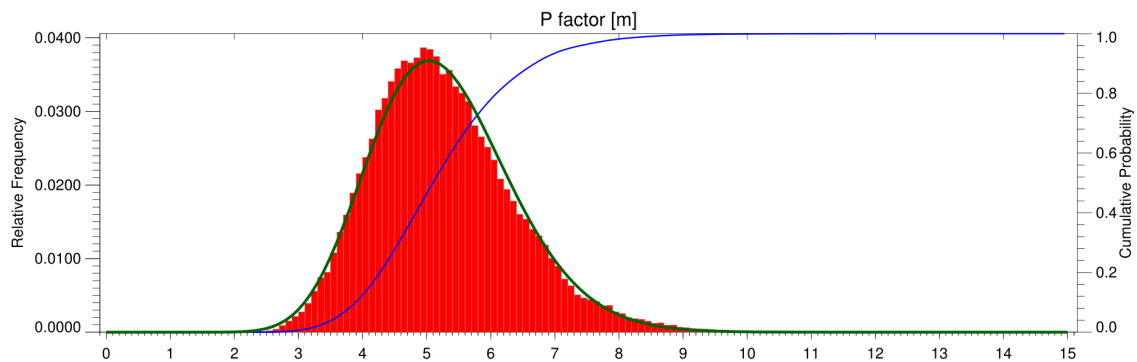


Figura 37 Frecuencia relativa y acumulada del factor P en nodo de aguas profundas en bahía San Vicente
Fuente: Elaboración propia

Como se ha demostrado, los valores que adquiere los factores P en los nodos de interés de aguas profundas, es de aproximadamente 3.50 [m] – 6.50 [m].

Los valores revelan que existe un aumento latitudinal con incremento hacia el sur, tal como lo evidencia los valores fijados por la DGTM Y MM.

Como se ha mencionado anteriormente la distribución de frecuencias relativas del factor P, se caracterizan por una distribución Gamma, independiente de la latitud en que se encuentre. La distribución Gamma, dada por la función.

$$f(x) = \frac{1}{b^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/b}$$

Cuyos parámetros de ajuste α , b son:

Tabla 23 Parámetros de ajuste, distribución Gamma

Bahía	α	b
Caldera	29.4496	0.1678
Coquimbo	27.6188	0.1676
San Vicente	22.8344	0.2304

Fuente: Elaboración propia

Al comparar numericamente todos los valores del factor P asociados a todos los estados de mar en aguas profundas, con los valores del factor P fijados por la DGTM Y MM DIRECTEMAR en función de la latitud, se observa lo siguiente:

Tabla 24 Excedencias

	Caldera	Coquimbo	San Vicente
Número de eventos	176	6	27
Probabilidad excedencia	0.0019	0.0001	0.0003
Porcentaje de excedencia	0.1943%	0.0066%	0.0298%

Fuente: Elaboración propia

El número de eventos que sobrepasan el valor de P asociados a la latitud, en los 31 años de datos para bahía Caldera es de 176, bahía Coquimbo es de 6 y para San vicente es 27, lo que implica que la probabilidad de que el factor P calculado con los estados de mar supere el valor del factor P asociado a la latitud, es de 17 horas al año, 1 hora al año y 3 horas al año, respectivamente.

Con lo que se puede concluir que la probabilidad de ser excedido es casi nula.

7.3.4 ANALISIS OLEAJE EN ROTURA MEDIANTE DE SERIES DE TIEMPO Y FRECUENCIAS EN AGUAS PROFUNDAS MEDIANTE CRITERIOS TIPO II.

Para comenzar con el análisis de oleaje en rotura, se procedió a calcular todas las alturas de ola rompiente de los 31 años de datos de parámetros de resumen para cada nodo de cada playa mediante el uso de los criterios tipo II.

El análisis se realiza desde tres puntos de vista, el primero se refiere a las variables que dependen de cada criterio tipo II, el segundo a la relevancia que posee H_m en los criterios y el tercero es para identificar el H_b sugerido por DIRECTEMAR.

Los resultados serán comentados por cada bahía, luego se resumen todos mediante una tabla de resultados y finalmente se refuerza este capítulo con análisis estadístico de distribuciones de frecuencias relativas y acumuladas, en donde se cuantifican estadísticamente las excedencias caso a caso.

Para comenzar con el análisis de dependencia de variables para cada criterio tipo II, se expone la Tabla 25. En la cuarta columna se muestra la dependencia de variables que posee cada criterio. Se observa que las variables de mayor relevancia en los estudios de oleaje rompiente son las características propias del cada ola, es decir H , T y características litorales como la profundidad y pendiente de la playa.

Tabla 25 Criterios de rotura tipo II

Año	Autor Criterio y Nomenclatura	Fórmula	Variables dependientes
1967	Le Méhauté & Koh (MK67)	$\frac{H_b}{d_b} = \frac{0.56}{\left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{1/5}}$	f(H,T, db)
1972	Komar & Gaughan (KG72)	$H_b = K g^{1/5} (T H_o^2)^{2/5}$	f(H,T)
1974	Sunamura & Horikawa (SH74)	$\frac{H_b}{d_b} = m^{0.2} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.25}$	f(H,T, m)
1980	Simgamsetti & Wind (SW80)	$H_b = 0.575 H_o m^{0.031} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.254}$	f(H,T, m)
1992	Gourlay (G92)	$H_b = 0.478 H_o \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.28}$	f(H,T)

2000 Rattanapitikon
& Shibayama
(RS00)

$$H_b = H_o \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-\frac{1}{5}} * (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55)$$

f(H,T, m)

Fuente: Elaboración Propia

Dado que las características de las olas son inherentes a las formulas y como se ha mencionado, las ZPL se realizan cercanas a la costa y por tanto, las características litorales son importantes en el oleaje rompiente. A fin de evaluar la incidencia de las variables litorales, se comenta la importancia de la profundidad "db" en cada criterio en función de las series de tiempo que se muestran a continuación del párrafo. Además, con el fin de comparar las alturas de olas rompientes H_b , en la parte superior el gráfico se muestra a través de líneas rectas horizontales el valor de altura de ola rompiente H_b , considerando la metodología que sugiere DIRECTEMAR para cada veril de profundidad.

Los gráficos de serie de tiempo de H_b realizados en cada veril de profundidad para cada criterio tienen la siguiente estructura: El veril de los 10 [m] se representa por la serie de tiempo en color gris, para el veril de los 15 [m] en color azul y para el veril de los 20 [m] en color verde.

Para el criterio tipo II de MK67, se observa que las cuatro bahías en estudio, tienen una clara sensibilidad frente a los cambios de profundidad, ya que es posible observar con claridad nitidez cada series correspondiente a cada veril de profundidad. El Hb sugerido por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m] que en comparacion con los Hb modales calculado con el criterio de MK67 existen diferencias minimas y máximas de de 2.0 [m] y 5.0 [m] respectivamente.

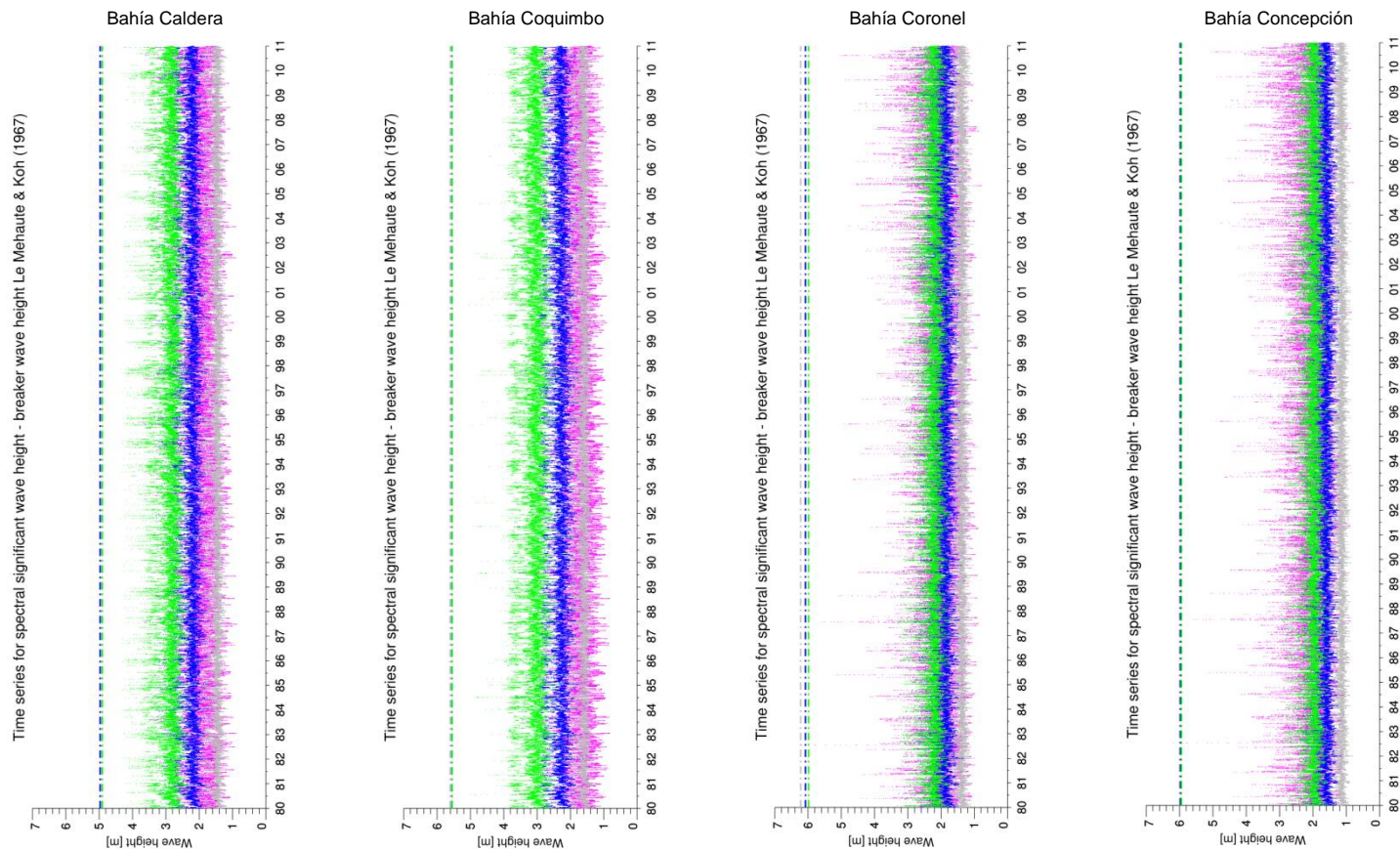


Figura 38 Comparación de frecuencias H_{mo} y H_b de Le Méhauté & Koh (1967).
Fuente: Elaboración Propia

Por el contrario el criterio de KG72, en las cuatro bahías se muestra con una muy baja sensibilidad frente a los cambios de profundidad, dado que es posible observar que las series se superponen entre si, no permitiendo observar ver las diferencias existentes entre cada veril de profundidad. El Hb sugerido por DIRECTEMAR para las bahías varia entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparacion con los Hb modales calculado con el criterio y se observa que existen diferencias minimas de 2.0 [m] y diferencias máximas de 3.0 [m].

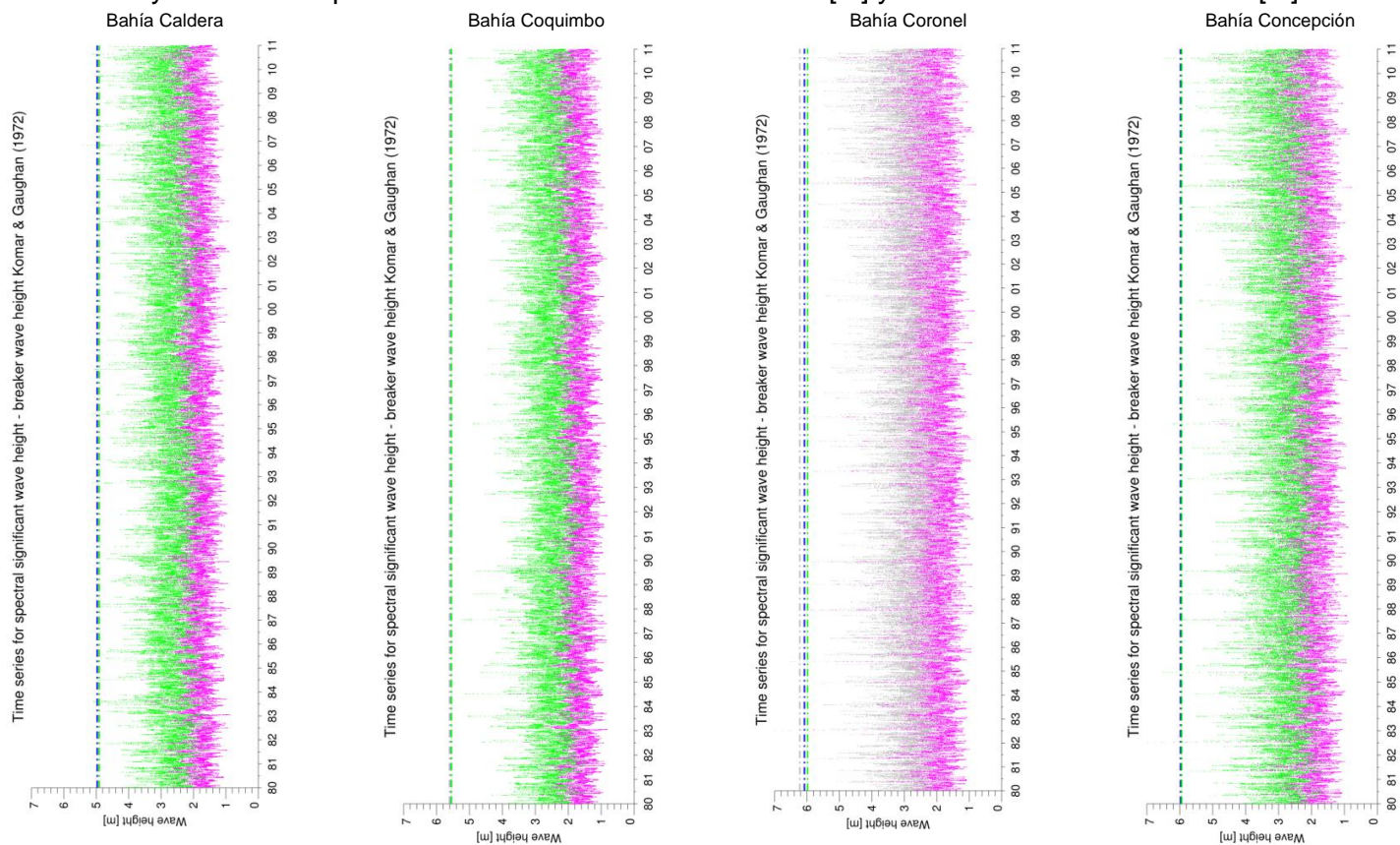


Figura 39 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Komar & Gaughan (1972).
Fuente: Elaboración Propia

Para SH74, las bahías Caldera, Concepción y Coronel se observan con baja sensibilidad frente a los cambios de profundidad, ya que hay muy pocas variaciones entre las series de tiempo de Hb. Coquimbo se observa con una muy baja sensibilidad superponiéndose sus series, no permitiendo observar las diferencias existentes entre cada veril de profundidad. El Hb recomendado por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparación con los Hb modales calculado con el criterio se observan que las diferencias mínimas son de 2.0 [m] y diferencias máximas de 4.0 [m].

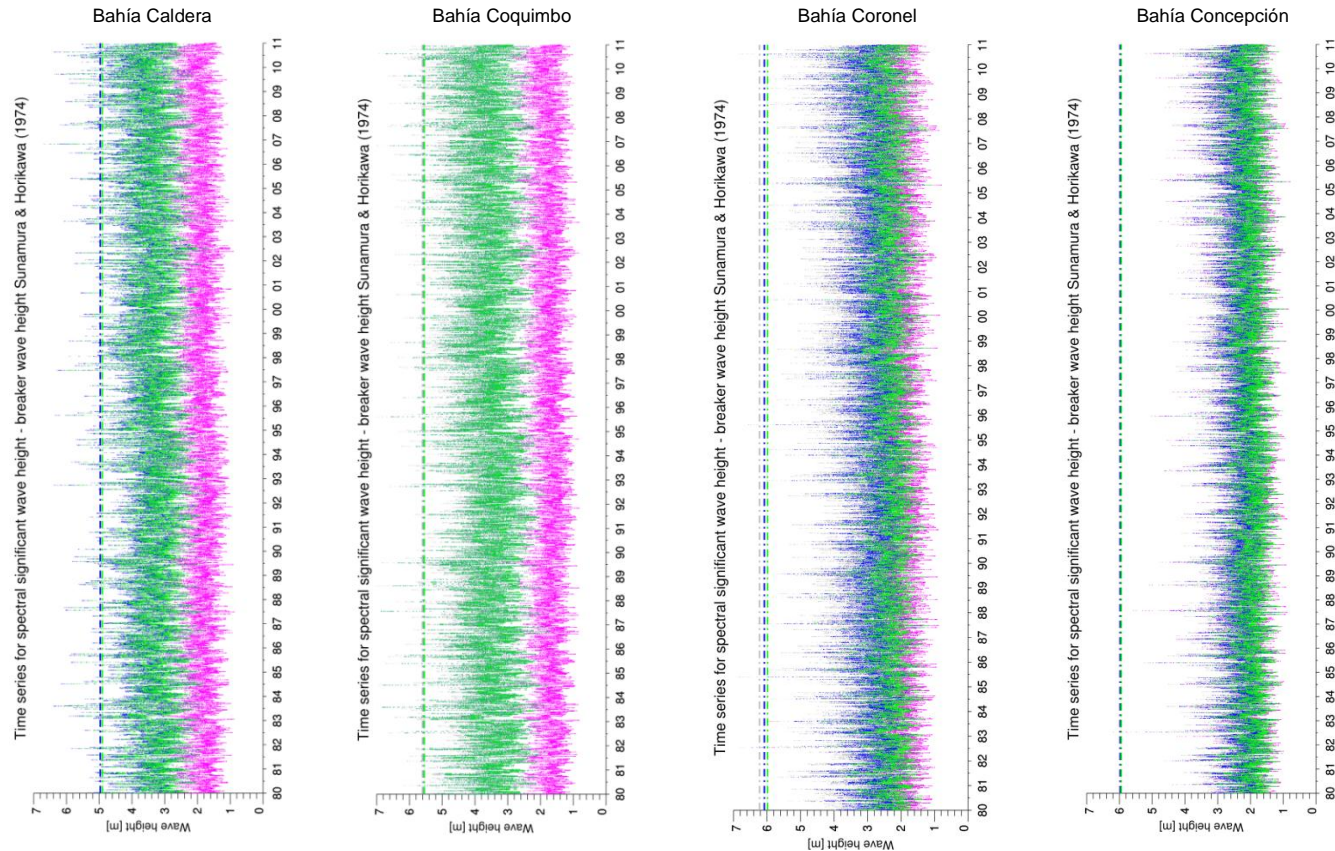


Figura 40 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Sunamura & Horikawa (1974)
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio tipo II de SH80, en las bahías Caldera y Coronel se observa con una baja sensibilidad frente a los cambios de profundidad, pues hay muy pocas variaciones entre las series de tiempo de Hb, Las bahías de Coquimbo y Concepción se observan con una muy baja dependencia con respecto a la profundidad, superponiéndose sus series, no permitiendo observar las diferencias existentes entre cada veril. El Hb sugerido por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparación con los Hb modales calculado con el criterio y se observa que existen diferencias mínimas de 2.0 [m] y diferencias máximas de 3.5 [m].

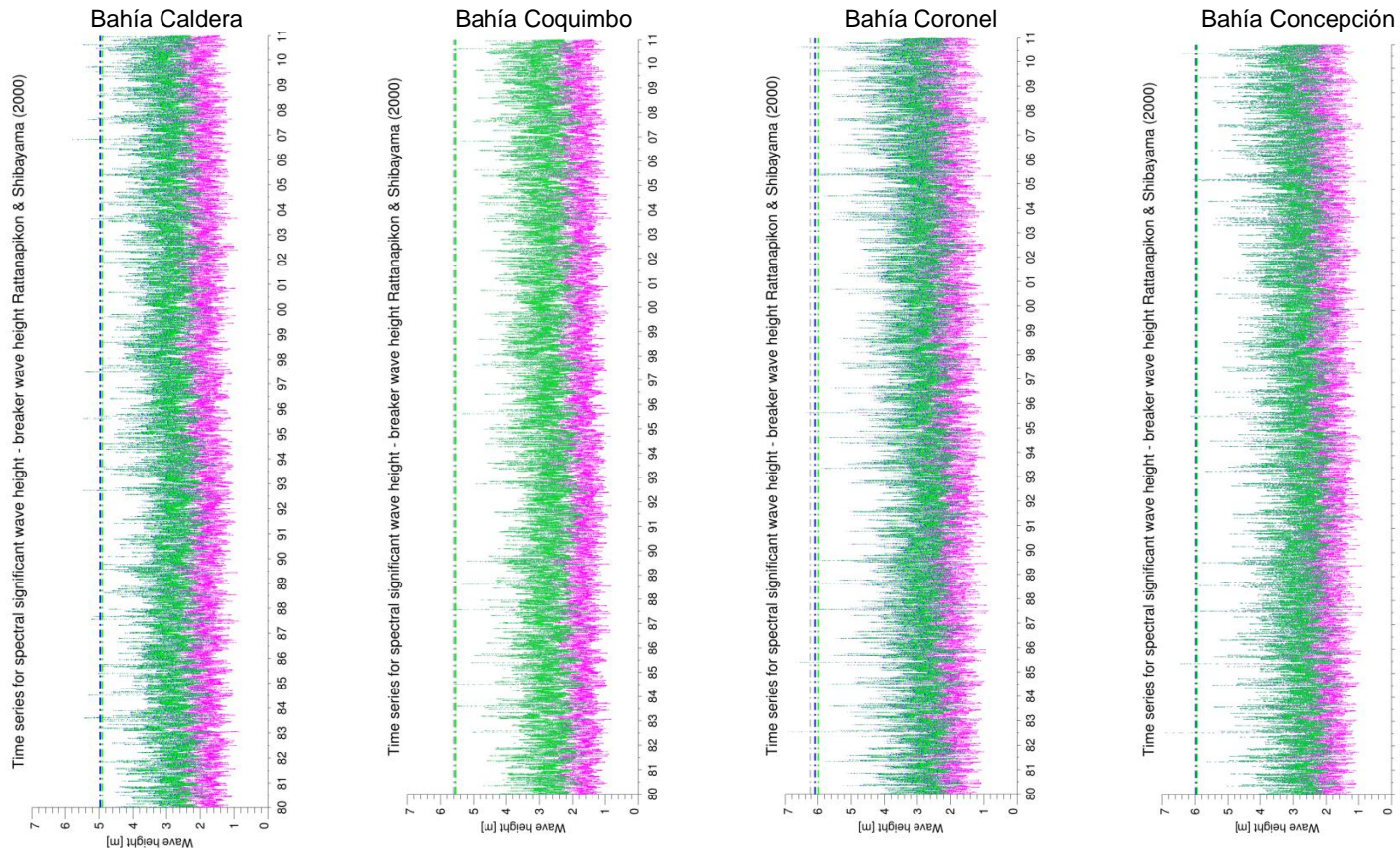


Figura 41 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Rattanapikon & Shibayama (2000).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de G92, en las cuatro bahías se observa que las series poseen una muy baja sensibilidad ante los veriles de profundidad, mostrando que las series se montan unas encima de otras, no permitiendo observar las diferencias existentes entre cada veril. El Hb recomendado por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m] que en comparación con los Hb modales calculado con el criterio, se observa que existen diferencias mínimas de 3.0 [m] y diferencias máximas de 5.0 [m]

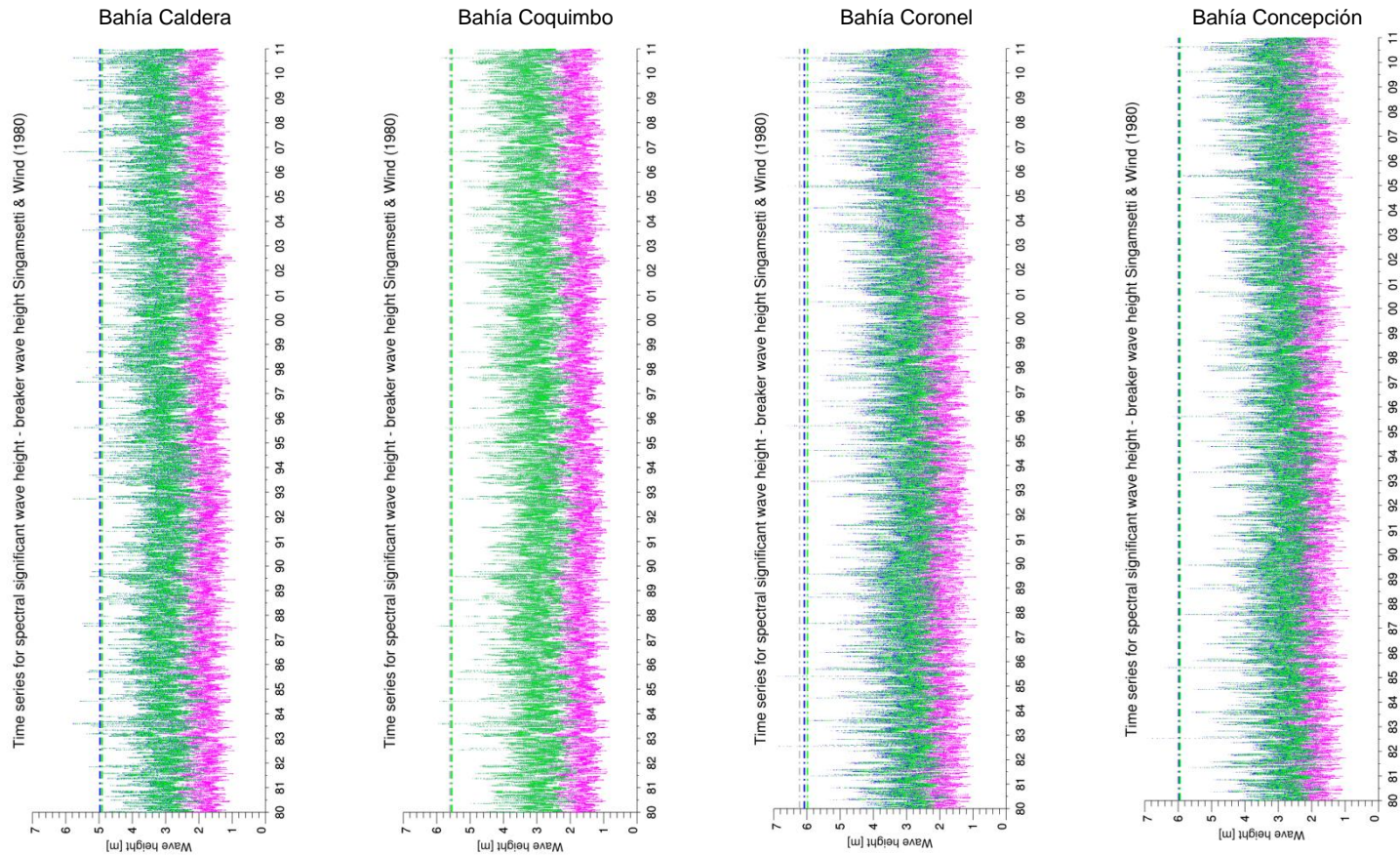


Figura 42 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Singamsetii & Wind (1960).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de RS00, se observa que en la bahía de Caldera poseen una baja sensibilidad ante los veriles de profundidad, es decir, que se ven pocas variaciones entre las series de Hb. Las bahías de Coquimbo, Coronel y Concepción poseen una muy baja sensibilidad ante los veriles de profundidad, pues las series se superponen, no permitiendo observar las diferencias existentes entre cada veril. El Hb recomendado por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m] que en comparación con los Hb modales calculado con el criterio, se observa que existen diferencias mínimas y máximas de 2.5 [m] y 3.5 [m] respectivamente.

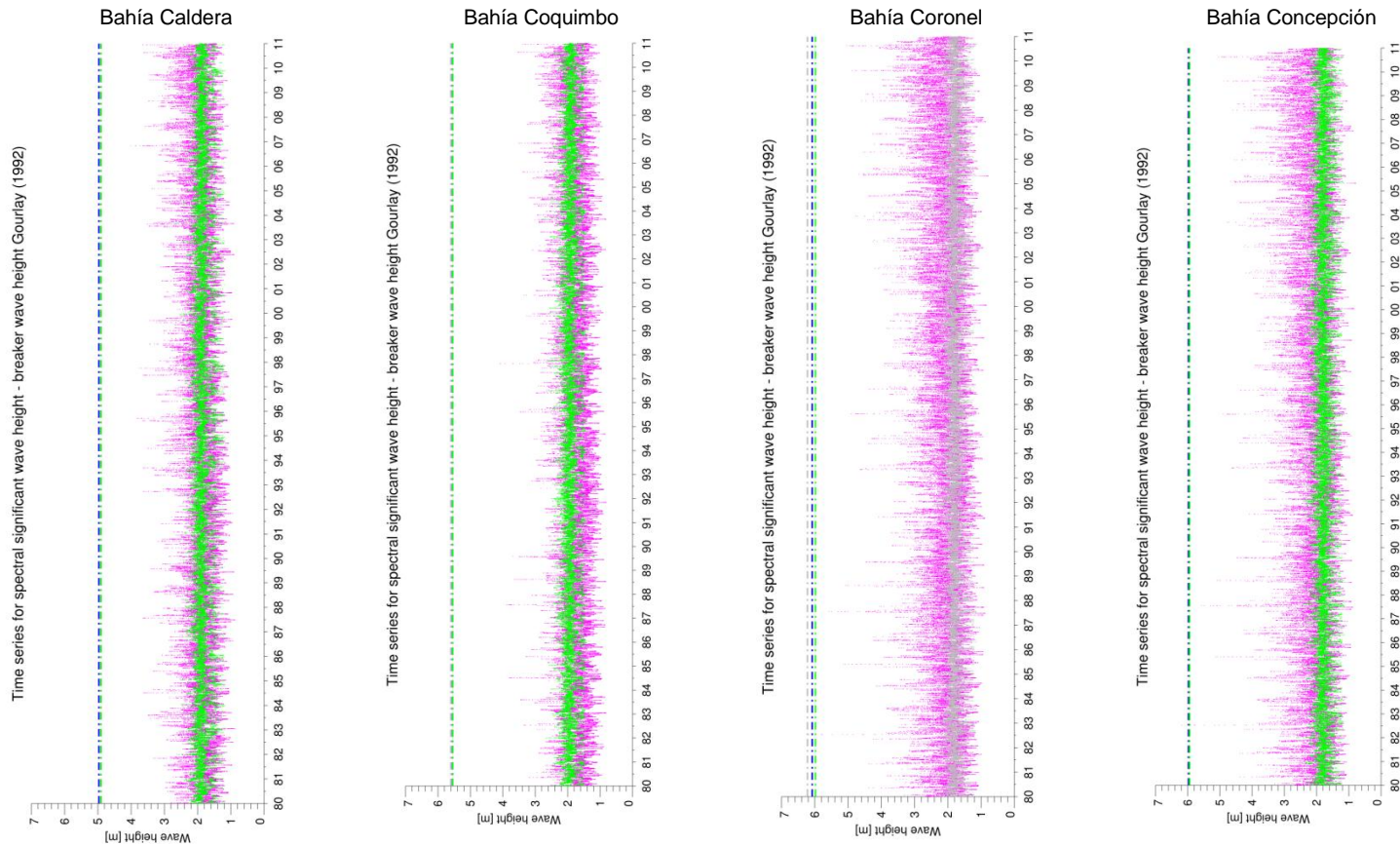


Figura 43 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Gourlay (1992).
Fuente: Elaboración Propia

Para resumir lo anterior, se elaboró la siguiente tabla de resumen, en donde la primera columna muestra el nombre de la bahía, la segunda columna muestra el criterio asociado, la tercera muestra el valor de Hb calculado con método recomendado por DIRECTEMAR y en la cuarta columna se muestra las diferencias que tienen los Hb de cada criterio en relación al Hb DIRECTEMAR.

Tabla 26 Tabla de resumen

Nombre Bahía	Nombre figura	Hb sugerido por DIRECTEMAR	Diferencia promedio de Hmo y Hb sugerido por DIRECTEMAR
Caldera	MK67	5.0 [m]	2.0 - 3.5 [m]
	KG72		2.5 [m]
	SH74		2.0 [m]
	SW80		2.0 [m]
	G92		3.0 [m]
	RS00		2.5 [m]
Coquimbo	MK67	5.5 [m]	2.0 - 4.0 [m]
	KG72		3.0 [m]
	SH74		3.0 [m]
	SW80		2.5 [m]
	G92		3.5 [m]
	RS00		3.0 [m]
Concepción	MK67	6.0 [m]	4.0 - 5.0 [m]
	KG72		3.0 [m]
	SH74		4.0 [m]
	SW80		3.5 [m]
	G92		4.0 [m]
	RS00		3.5 [m]
Coronel	MK67	6.0 [m]	4.0 - 5.0 [m]
	KG72		3.0 [m]
	SH74		4.0 [m]
	SW80		3.0 [m]
	G92		4.5 [m]
	RS00		3.0 [m]

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo observar en los gráficos anteriores, existe poca sensibilidad en la mayoría de los criterios tipo II, ante las variables litorales, como la pendiente o la profundidad, esto se evidenció con la superposición de series de cada veril con la serie perteneciente a Hmo, concluyendo que este tipo de criterios dependen en su totalidad de aguas profundas lo que pudiese ser poco representativo para un estudio de ZPL. Con excepción del criterio de MK67, en donde se pudo observar claramente dependencia del criterio frente a los cambios de profundidad en las cuatro bahías estudiadas.

También se detecta que los valores promedios de Hb calculados para cada criterio difieren bastante en relación al Hb sugerido por DIRECTEMAR, lo que tentativamente podría significar que existe sobredimensión de los cálculos provocados por la naturaleza *offshore* de los criterios tipo II.

A continuación, se muestran las distribuciones de frecuencias relativas y acumuladas para todos los criterios tipo II, antes mencionados. Dichas distribuciones fueron graficadas con el fin de analizar los estratos de H_b . Se construyeron gráficos comparativos de frecuencia relativa y absoluta que relacionan todas las alturas de olas espectrales significativas en aguas profundas (H_{mo}) pertenecientes a cada estado de mar en los 31 años de datos de parámetros de resumen comparadas con todas las alturas de olas rompientes (H_b) de cada playa en los veriles 10, 15 y 20 [m] para cada criterio tipo II. Para diferenciar las curvas, se utilizó la siguiente nomenclatura gráfica:

Tabla 27 Nomenclatura para gráficos

— · · · —	H_b (z = 10.0)
— — —	H_b (z = 15.0)
————	H_b (z = 20.0)
—	H_{mo}
—	H_b (z = 10.0)
—	H_b (z = 15.0)
—	H_b (z = 20.0)

Fuente: Elaboración propia

A la derecha de los gráficos se muestran a través de líneas rectas verticales el valor de altura de ola considerando la metodología sugerida por la DIRECTEMAR para cada veril de profundidad.

Del mismo modo que en los gráficos de series de tiempo, en los gráficos de distribuciones de frecuencias, se observan las condiciones de dependencia o independencia litoral mediante la superposición de las curvas o la separación de ellas, otro factor que se puede observar en los gráficos, es la cercanía que poseen las distribuciones de H_b con respecto a la cercanía que poseen con los valores sugeridos por DIRECTEMAR y las medidas de forma que posee cada distribución de frecuencia absoluta.

De forma general se observa que en todos los gráficos la medidas de forma de H_{mo} es platicurtica y la concentración de datos en la región central es asimétrica positiva, indicando que la distribución posee una prolongación hacia los valores atípicos más altos, por tanto, la media aritmética tome valores mayores que la moda y la mediana.

El criterio de MK67, se observa que las distribuciones de frecuencia relativa de Hb para la bahía de Caldera, Coquimbo poseen una curtosis leptocurtica bimodal positiva y la bahía de Concepción, Coronel poseen una curtosis leptocurtica unimodal positiva. En los cuatro casos la distribución posee una prolongación hacia los valores atípicos más altos. Las distribuciones que representan los Hb de en menor profundidad poseen una medida de forma más puntiaguda que las distribuciones de mayor profundidad. En todos los gráficos es posible observar que el valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR está lejano a la mayor parte de los datos.

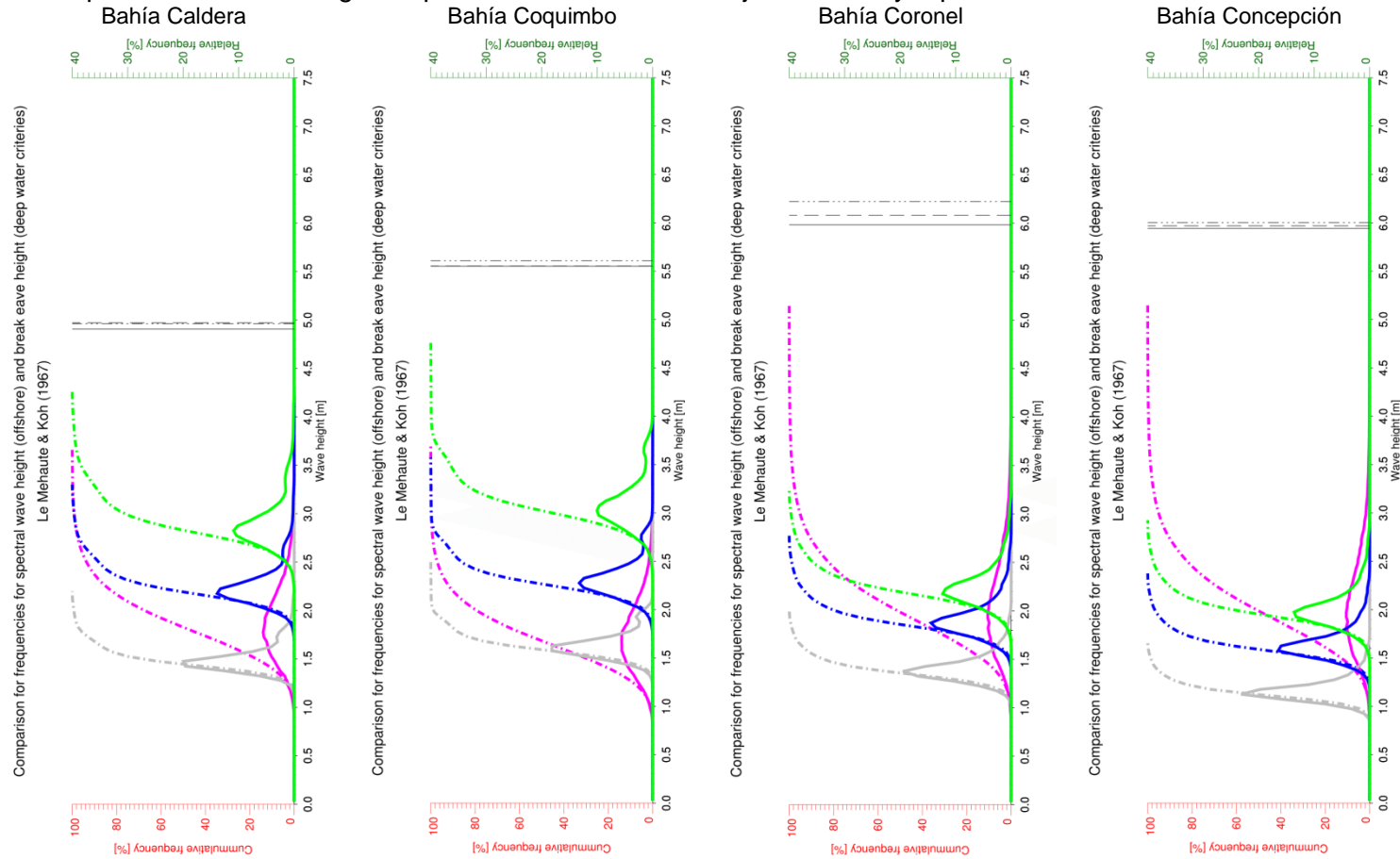


Figura 44 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Le Méhauté & Koh (1967).
Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al criterio de KG72, se observa que las distribuciones de frecuencia relativa de Hb de las cuatro bahías en los tres veriles, son platicurtics simétricos, es decir, la distribuciones tienen una amplia gama de valores, concentrando las mayores frecuencias justo en la zona central de la curva, por lo tanto, los valores de la moda, la mediana y el promedio son similares. En estos gráficos también es posible observar la distancia existente entre el valor de Hb sugerido por DIRECTERMAR y los valores de Hb inherente al criterio

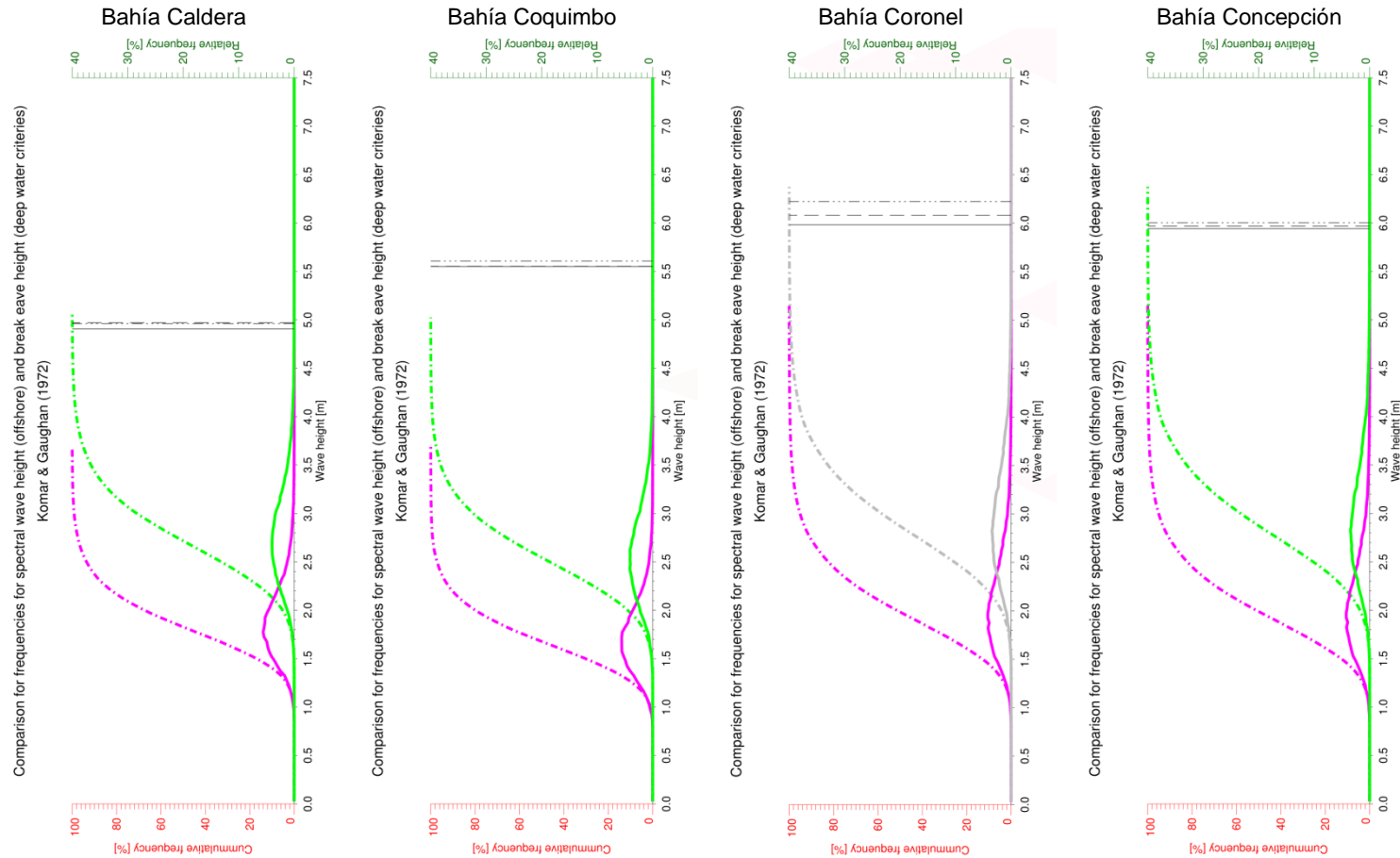


Figura 45 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Komar & Gaughan (1972).
Fuente: Elaboración Propia

En los siguientes gráficos se enseña que las distribuciones de frecuencias relativas de Hb del criterio de SH74, poseen medidas de forma platicurticas simétrica, lo que indica que los valores concentran en la zona central las mayores frecuencias y reparten de forma equitativa hacia los valores menores y mayores de esta, sin embargo la moda, la media y el valor promedio son similares y proporcionan simetría a la curva. Además se observa nuevamente la distancia entre Hb de cada criterio y el recomendado por DIRECTEMAR.

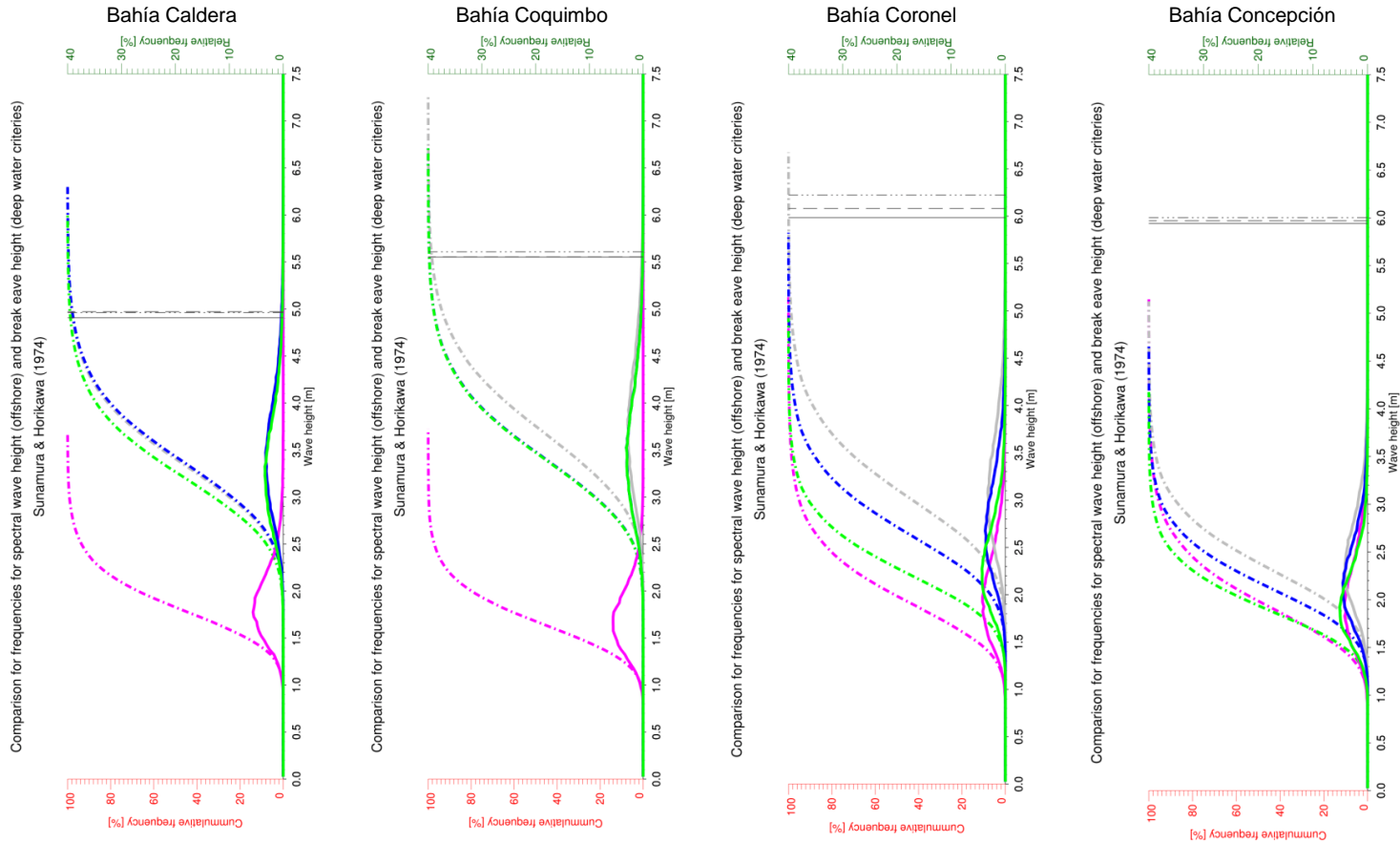


Figura 46 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Sunamura & Horikawa (1974)
Fuente: Elaboración propia

Al igual que el criterio anterior, el criterio de SW80 presenta distribuciones platicurticas simétricas en los cuatro criterios

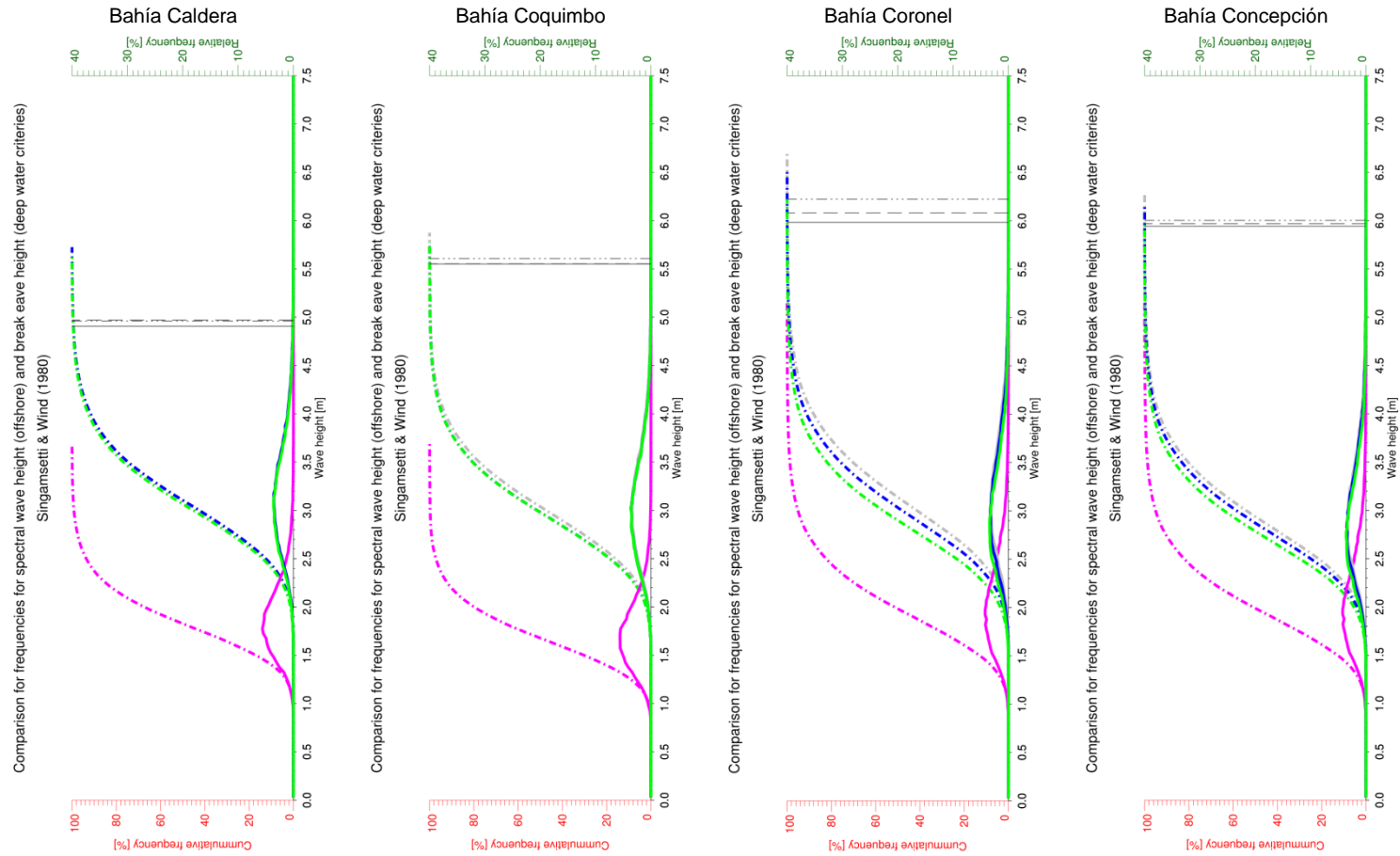


Figura 47 Comparación de frecuencias H_{m0} y H_b de Singamsetti & Wind (1980).
Fuente: Elaboración Propia

El criterio de G92, se observa que las distribuciones de Hb para la bahía de Caldera, Coquimbo son leptocurticas bimodal con una prolongación hacia los valores atípicos más bajos, por tanto, sus modas son mayores que la mediana y la media. La bahía de Concepción y Coronel, poseen distribuciones leptocurticas unimodal con prolongación hacia los valores atípicos más bajos.

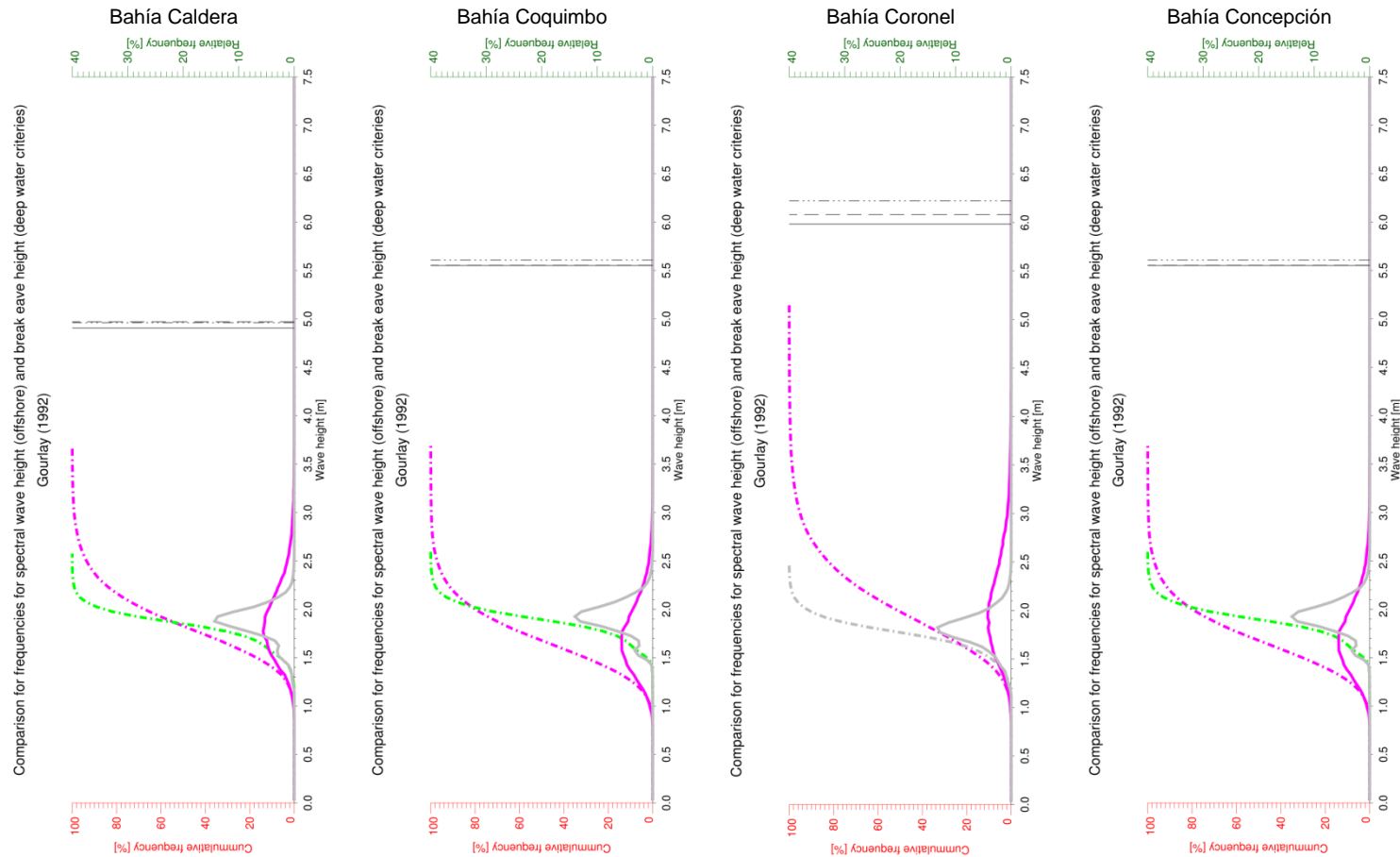


Figura 48 Comparación de frecuencias Hmo y Hb de Gourlay (1992).
Fuente: Elaboración Propia

El criterio de RS00 presenta distribuciones platicúrticas simétricas y en los cuatro criterios. En las curvas de frecuencia acumulada es posible observar que parte de los valores más altos de la distribución alcanzan al valor sugerido por DIRECTEMAR.

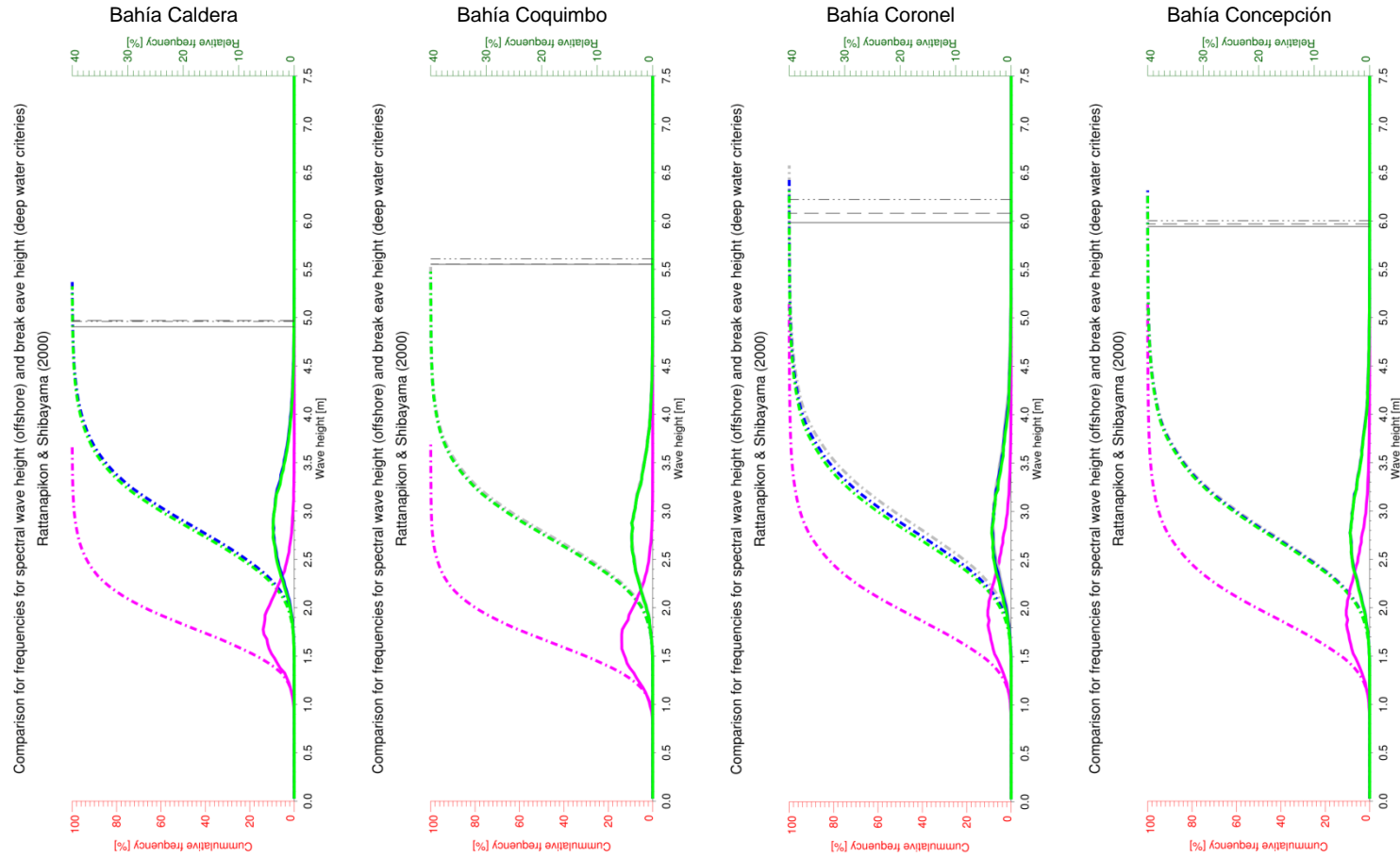


Figura 49 Comparación de frecuencias H_m y H_b de Rattanapikorn & Shibayama (2000).
Fuente: Elaboración Propia

En los gráficos anteriores se puede observar cómo se concentran los valores de Hb de los criterios, en las curvas de frecuencias relativas y acumuladas para cada una de las bahías en cada veril de profundidad, mostrando que la moda y la media geométrica se mantiene lejana al valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR en todos los gráficos, incluso para el criterio de RS00. Por tanto, con la finalidad de tener mayor claridad sobre los eventos que sobrepasan el valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR, se realizó un algoritmo que permitiese contar aquellos Hb de cada criterio que sobrepasen al valor sugerido por DIRECTEMAR, de la siguiente forma.

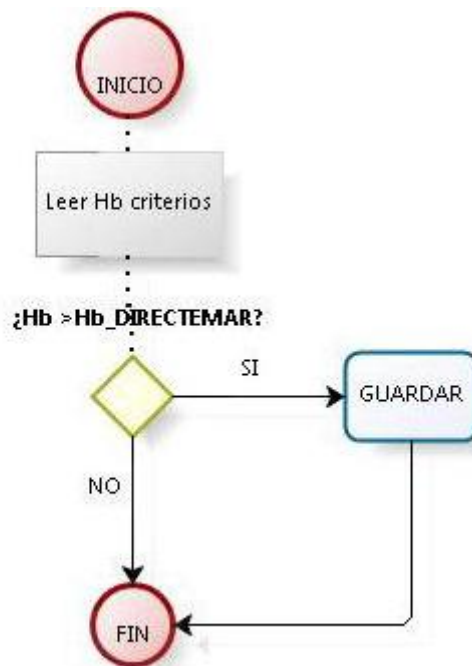


Figura 50 Diagrama de flujo de algoritmo de sobrepaso
Fuente: Elaboración propia

Los resultados se tabularon en tres secciones. La primera sección enseña la cantidad de eventos que son mayores a Hb sugerido por DIRECTEMAR, la segunda sección enseña el porcentaje de excedencia que representa dicha cantidad de eventos y la tercera sección se muestra el número de horas al año que representa.

Tabla 28 Excedencia de eventos - Caldera

Cantidad de eventos						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0	40	1967	175	502	0
15.0 [m]	0	38	2128	175	500	0
20.0 [m]	0	52	1295	175	507	0
Porcentaje de excedencia						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	0.04	2.17	0.19	0.55	0.00
15.0 [m]	0.00	0.04	2.35	0.19	0.55	0.00
20.0 [m]	0.00	0.06	1.43	0.19	0.56	0.00
Número de horas por año						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	3.87	190.22	16.92	48.55	0.00
15.0 [m]	0.00	3.67	205.79	16.92	48.35	0.00
20.0 [m]	0.00	5.03	125.23	16.92	49.03	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Excedencia de eventos - Concepción

Cantidad de eventos						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0	28	0	27	26	0
15.0 [m]	0	29	0	27	21	0
20.0 [m]	0	33	0	27	12	0
Porcentaje de excedencia						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00
15.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00
20.0 [m]	0.00	0.04	0.00	0.03	0.01	0.00
Número de horas por año						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	2.71	0.00	2.61	2.51	0.00
15.0 [m]	0.00	2.80	0.00	2.61	2.03	0.00
20.0 [m]	0.00	3.19	0.00	2.61	1.16	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Excedencia de eventos - Coquimbo

Cantidad de eventos						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0	0	1425	6	48	0
15.0 [m]	0	0	532	6	41	0
20.0 [m]	0	0	521	6	41	0
Porcentaje de excedencia						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	0.00	1.57	0.01	0.05	0.00
15.0 [m]	0.00	0.00	0.59	0.01	0.05	0.00
20.0 [m]	0.00	0.00	0.58	0.01	0.05	0.00
Número de horas por año						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	0.00	137.81	0.58	4.64	0.00
15.0 [m]	0.00	0.00	51.45	0.58	3.96	0.00
20.0 [m]	0.00	0.00	50.38	0.58	3.96	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Excedencia de eventos - Coronel

Cantidad de eventos						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0	15	36	27	40	0
15.0 [m]	0	27	3	27	33	0
20.0 [m]	0	29	0	27	24	0
Porcentaje de excedencia						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	0.02	0.04	0.03	0.04	0.00
15.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.03	0.04	0.00
20.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00
Número de horas por año						
Profundidad	MK67	KG72	SH74	RS00	SW80	G92
10.0 [m]	0.00	1.45	3.48	2.61	3.87	0.00
15.0 [m]	0.00	2.61	0.29	2.61	3.19	0.00
20.0 [m]	0.00	2.80	0.00	2.61	2.32	0.00

Fuente: Elaboración propia

Como es posible observar, los eventos que superan el Hb sugerida por la DIRECTEMAR son escasos, incluso para RS00 con un máximo de 16.92 [horas al año] de excedencia, es decir, el factor P sugerido por la DIRECTEMAR es sobrepasado en menos de 1 día al año.

En relación a los demás criterios, el poseedor de mayor excedencia es el criterio de SH74. Pues a los 15 [m] de profundidad los eventos que superan el Hb sugerida por la DIRECTEMAR son 2128, es decir 206 [horas al año], que en comparación a la envergadura de la estadística utilizada y la finalidad de la ZPL, sigue siendo un valor exiguo.

Bajo estas circunstancias se podría pensar que el factor de seguridad utilizado para formular el factor P sugerido por la DIRECTEMAR está basado en eventos de oleaje extremos cuyos periodos de retorno pertenecen a ventanas de espacios prolongados.

Además, al observar la fórmula para calcular Hb propuesta por la DIRECTEMAR, se evidencia la nula existencia de parámetros en aguas someras, por lo que ésta metodología utiliza toda la energía de aguas profundas para calcular un ancho de protección que obedece a la zona litoral.

Para observar si los resultados están sobrestimados a continuación se evalúa el mismo método, pero con Hb correspondientes a aguas someras y se incluye el criterio tipo II de RS00, dado que es el recomendado por DIRECTEMAR.

7.3.5 ANALISIS COMPARATIVO ZPL MEDIANTE DE CRITERIOS TIPO II

A continuación, se muestran gráficos comparativos del cálculo de anchos de ZPL para todas las bahías en los tres puntos de análisis con cada uno de los criterios tipo II antes mencionados, incluyendo el criterio de Rattanapitikon & Shibayama (2000) sugerido por la DIRECTEMAR.

Las barras de color rojo indican los anchos de ZPL, calculadas con la Hb máxima que se puede alcanzar con cada criterio en los 31 años de datos y en color azul el ancho de ZPL calculado con el Hb promedio calculado en los 31 años de datos.

La línea segmentada superior horizontal muestra el ancho de ZPL, que se puede alcanzar utilizando el método sugerido por la DIRECTEMAR, es decir, utilizando el factor P latitudinal.

En el siguiente gráfico comparativo, se observa que para la bahía de Caldera la mayoría de los criterios calculados con Hb máxima, en los tres puntos de análisis, supera el valor del ancho de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR; por el contrario los criterios de MK67 y G92, se ubican más abajo, por lo que se podría pensar que son menos conservadores o bien el resto de los criterios subestiman el valor que debe adquirir el ancho de ZPL, pues le dan más importancia al valor que adquiere Hb calculado con parámetros de aguas profundas que a los cambios de profundidad; por el contrario los criterios de MK67 muestran una evidente sensibilidad a los cambios de profundidad al igual que el criterio de SH74, pero con menos intensidad. El criterio de G92 no responde a cambios de profundidad, dado que su función matemática responde sólo a los cambios de Ho y T.

Además, se observa que los anchos de ZPL medidos con Hb promedio son comparablemente menores con el ancho medido con Hb máximo.

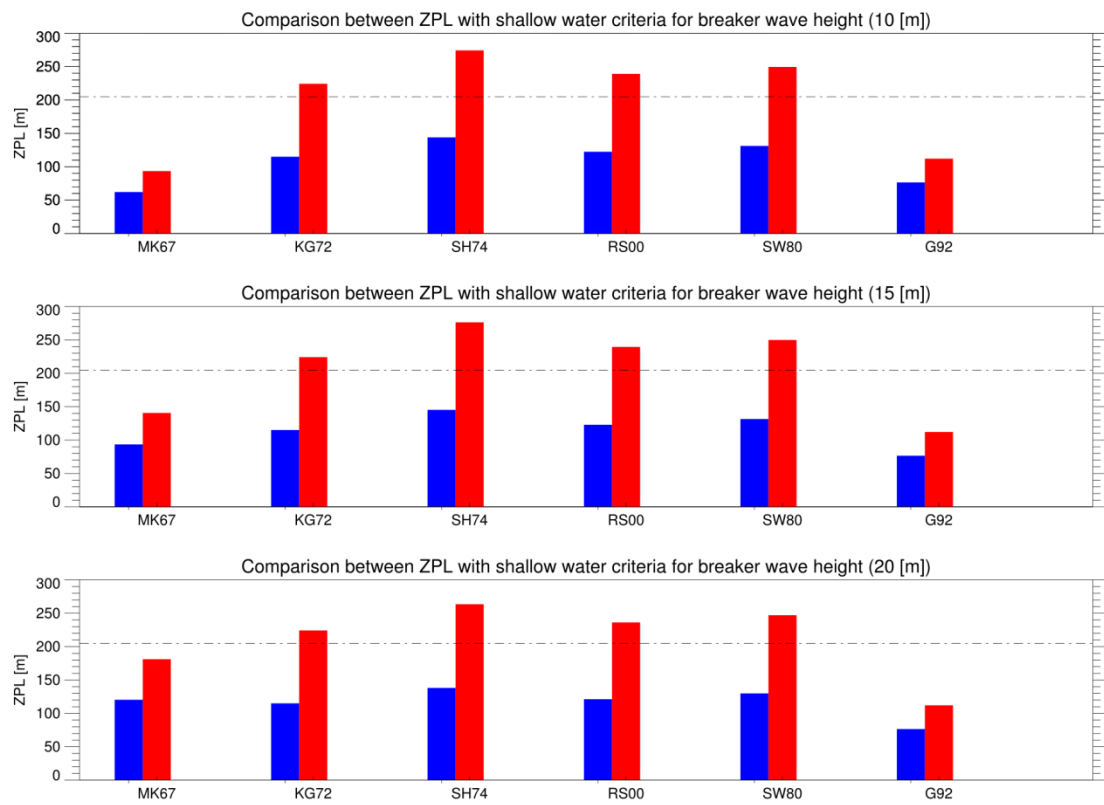


Figura 51 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Caldera
Fuente: Elaboración propia

Para En el siguiente grafico comparativo, se observa que para la bahía de Coquimbo se observa el mismo comportamiento que en el caso de la bahía Caldera.

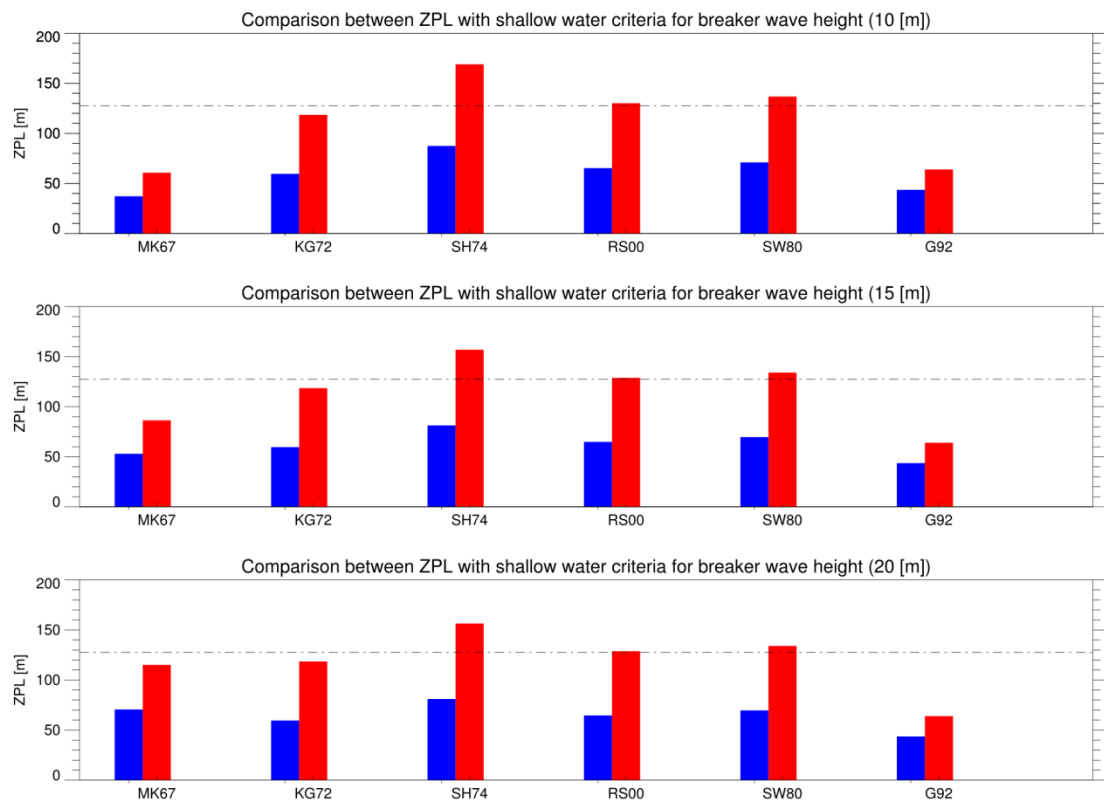


Figura 52 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

En la bahía de Concepción, se vuelven a repetir los mismos patrones al igual que en los casos anteriores.

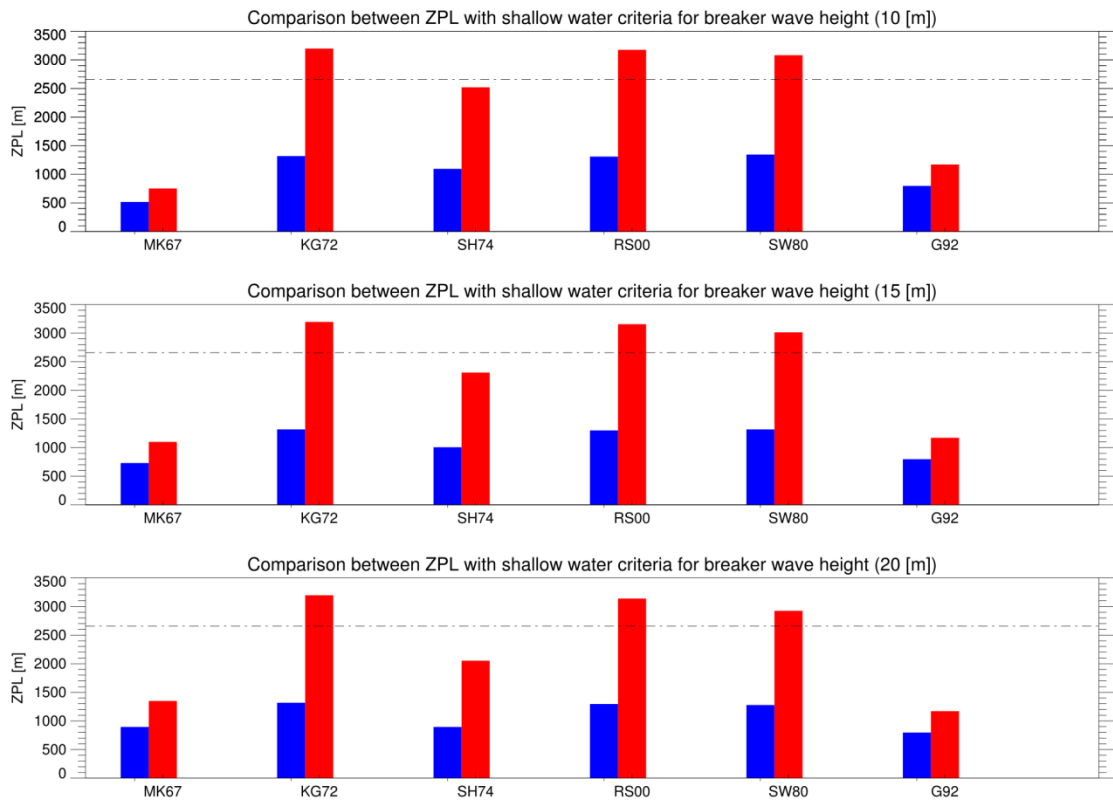


Figura 53 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Concepción
Fuente: Elaboración propia

Se observa que para la bahía de Coronel, se repiten las condiciones anteriores, es decir que la mayoría de los criterios calculados con H_b máxima, en los puntos de análisis, sobresalear al valor de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR; por el contrario los criterios de MK67, G92, se ubican más abajo, por lo que se podría pensar que son menos conservadores o bien el resto de los criterios subestiman el valor que debe adquirir el ancho de ZPL, pues le dan más importancia al valor que adquiere H_b calculado con los parámetros de aguas profundas que a los cambios de profundidad; por el contrario los criterios de MK67 y SH74 muestran una evidente sensibilidad a los cambios de profundidad. El criterio de Gourlay no responde a cambios de profundidad, dado que su función matemática responde sólo a los cambios de H_o y T . Además se observa que los anchos de ZPL, medidos con H_b promedio son comparablemente menores con el ancho medido con H_b máximo.

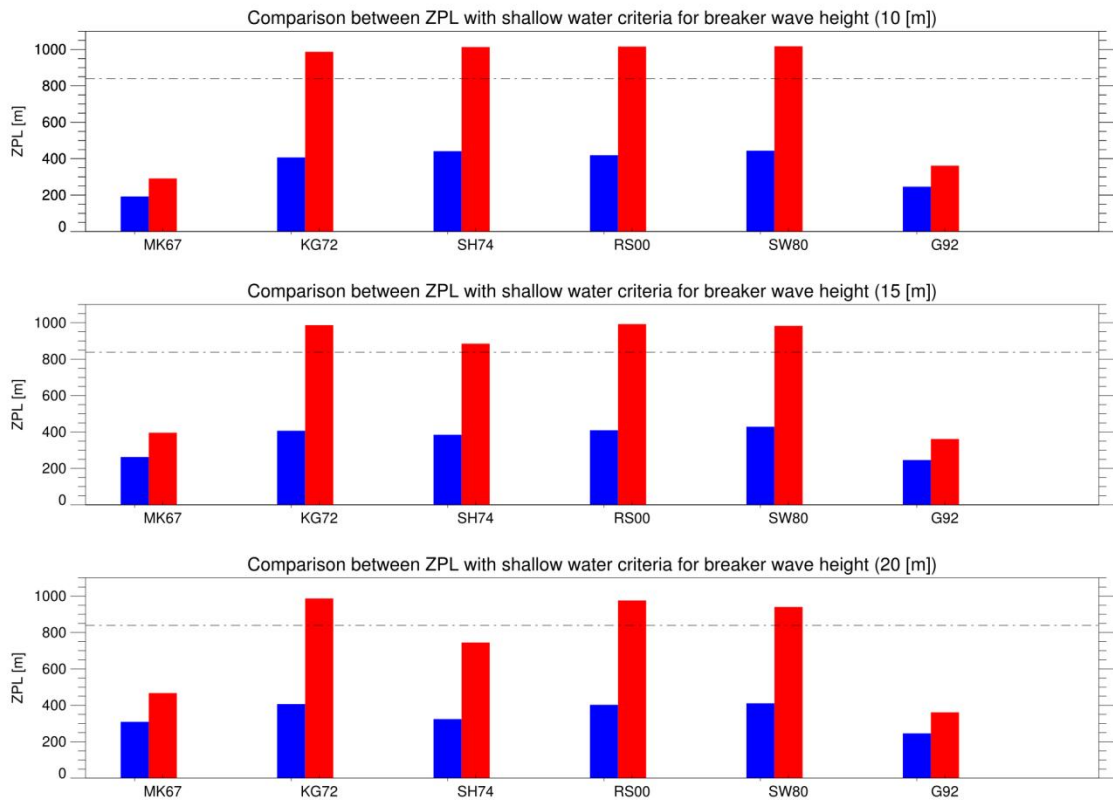


Figura 54 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coronel
Fuente: Elaboración propia

7.4 ANALISIS EN AGUAS SOMERAS

7.4.1 CARACTERIZACIÓN DE OLAJE EN AGUAS SOMERAS

Para comenzar el análisis de aguas someras, se construyeron grillas matemáticas con la información batimétrica de cada bahía. Para cada bahía se elaboraron grillas gruesas (contexto general) y finas (detalle del lugar de estudio) A continuación se detalla las coordenadas de inicio y fin de cada grilla, junto con la resolución.

Las grillas de batimetrías de cada playa, fueron ingresadas como datos de entrada en el modelo numérico SWAN con el fin de obtener los coeficientes de agitación que proporcionan los cambios de altura y dirección al momento de propagarse a la costa. El método de propagación utilizado es el semipurista detallado por Nicolau (2004).

El modelo de propagación de oleaje fue configurado con intervalos direccionales regulares cada 15° , con periodos de 4 a 24 [s] con intervalos de 2 [s], resultando de esto 143 simulaciones por cada malla de cada bahía, es decir, 286 simulaciones por bahía, alcanzando un total de 1144 simulaciones en el total de las bahía.

El oleaje fue propagado a tres puntos de extracción de información de oleaje (p1, p2 y p3), pertenecientes a los veriles de 10, 15, y 20 metros de profundidad de cada bahía, como se muestra a continuación. Dichos puntos fueron seleccionados en función del entorno marítimo industrial de cada bahía, pues son estos sectores típicos donde se podría llegar a descargar agua contaminada.



Figura 55 Detalle de puntos de extracción en bahía Caldera.
Fuente: Google Earth

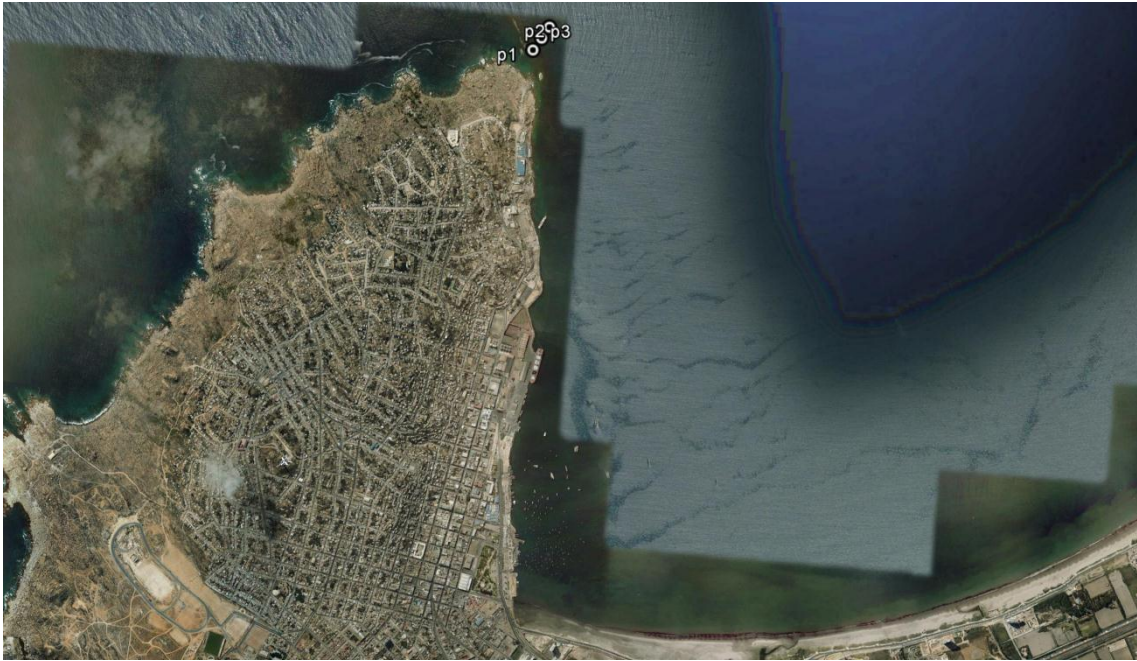


Figura 56 Detalle de puntos de extracción en bahía Coquimbo.
Fuente: Google Earth



Figura 57 Detalle de puntos de extracción en bahía Concepción.
Fuente: Google Earth



Figura 58 Detalle de puntos de extracción en bahía Coronel.
Fuente: Google Earth

Las coordenadas Este y Norte, de cada punto de extracción de información de oleaje se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 32 Coordenadas UTM de puntos de extracción de información de oleaje.

Bahía	Coordenada UTM		Profundidad [m]
	Este	Norte	
Caldera			
p1	318481	7005615	10
p2	318545	7005672	15
p3	318692	7005799	20
Coquimbo			
p1	274542	6686423	10
p2	274582	6686488	15
p3	274618	6686548	20
Concepción			
p1	677945	5933797	10
p2	677937	5934796	15
p3	677932	5936357	20
Coronel			
p1	664224	5900120	10
p2	663979	5899778	15
p3	663230	5899014	20

Fuente: Elaboración propia

Al igual que la caracterización del oleaje en aguas profundas, se elaboraron para cada punto de cada bahía, tablas de incidencia bivariadas de altura significativa - dirección media, periodo *peak* - altura significativa, periodo *peak* - dirección media (ver desde Tabla 58 a la Tabla 93) histogramas correspondientes con la curva de frecuencias relativas y acumuladas (ver desde la Figura 134 a la Figura 145), además de las series de tiempo para cada parámetro y rosas de oleaje, como se describe a continuación.

- Caracterización de oleaje para bahía Caldera:

En los tres puntos, casi el 100% del oleaje posee alturas de olas son menores o iguales a 0.50 [m].

La altura mínima es de 0.10 [m] para los tres puntos, las máximas altura de ola son de 1.44, 1.30 y 1.64 para los puntos p1, p2 y p3, y las alturas promedios de 0.07, 0.06, 0.07

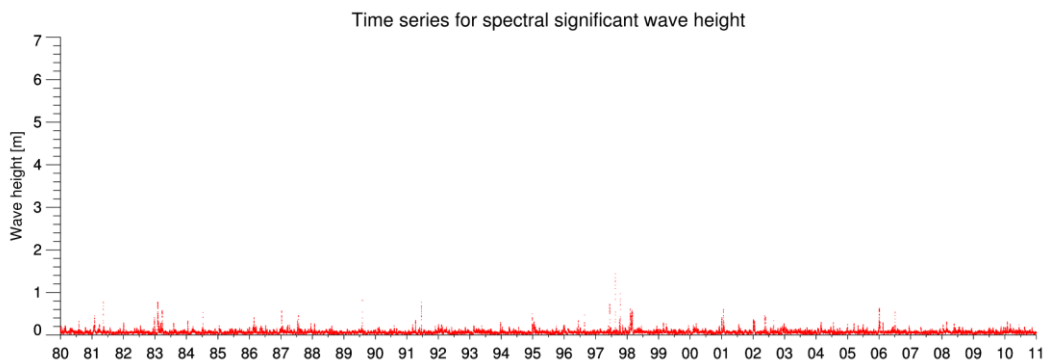


Figura 59 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

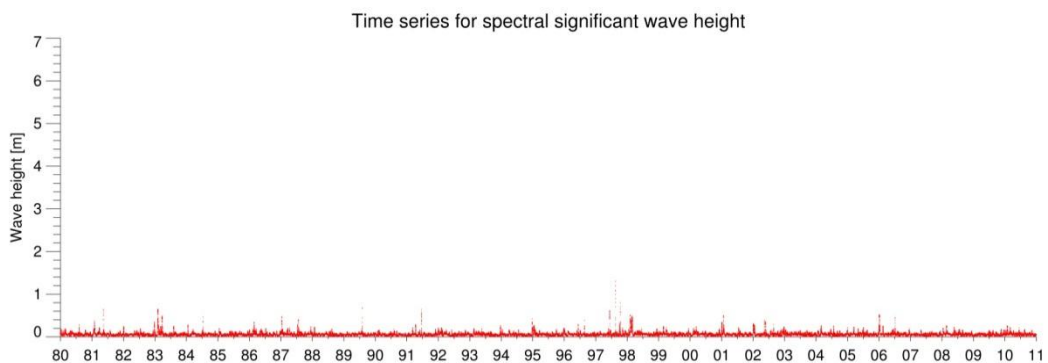


Figura 60 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

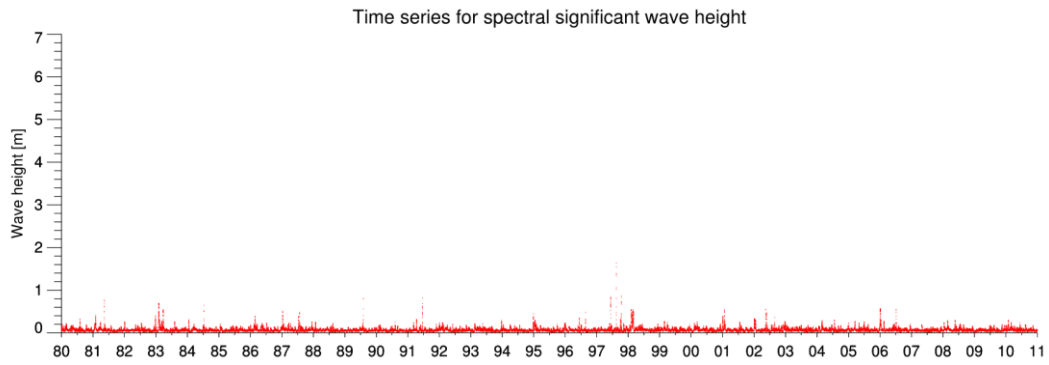


Figura 61 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera - Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

En los tres puntos, más del 95% del oleaje posee periodos de olas de entre 8 y 16 [s]. Los periodos mínimos son de 4.7 [s] y los periodos máximos son de 19.75 [s].

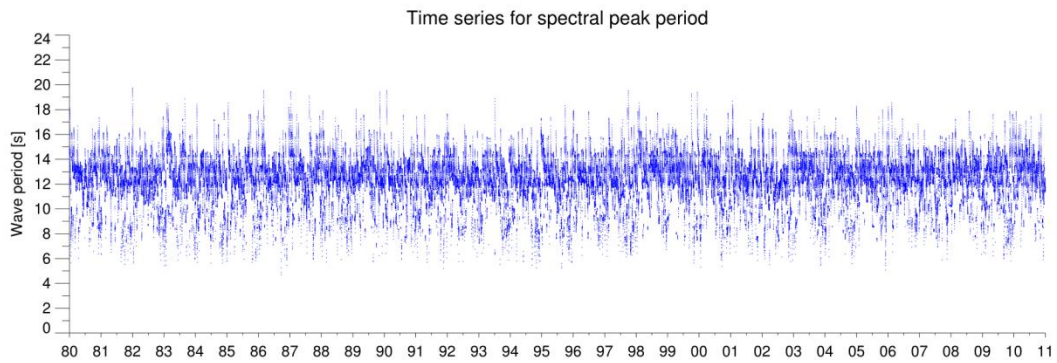


Figura 62 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

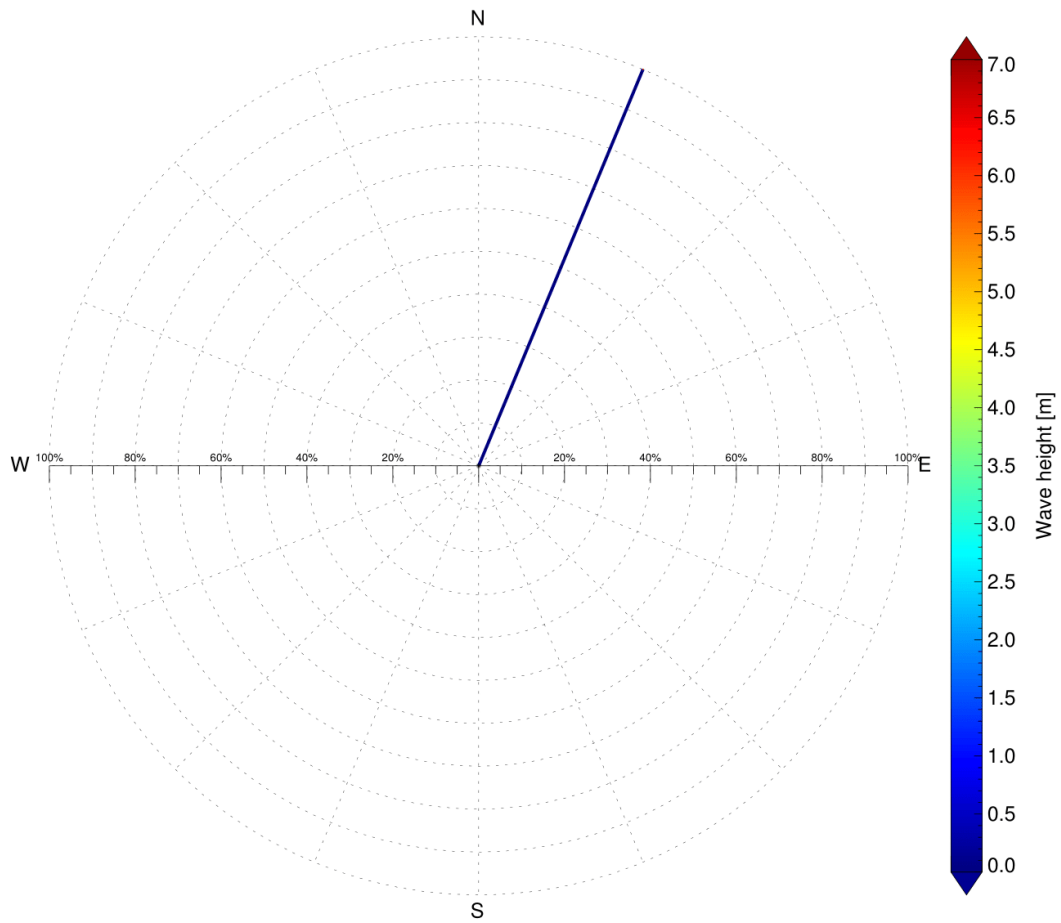


Figura 63 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

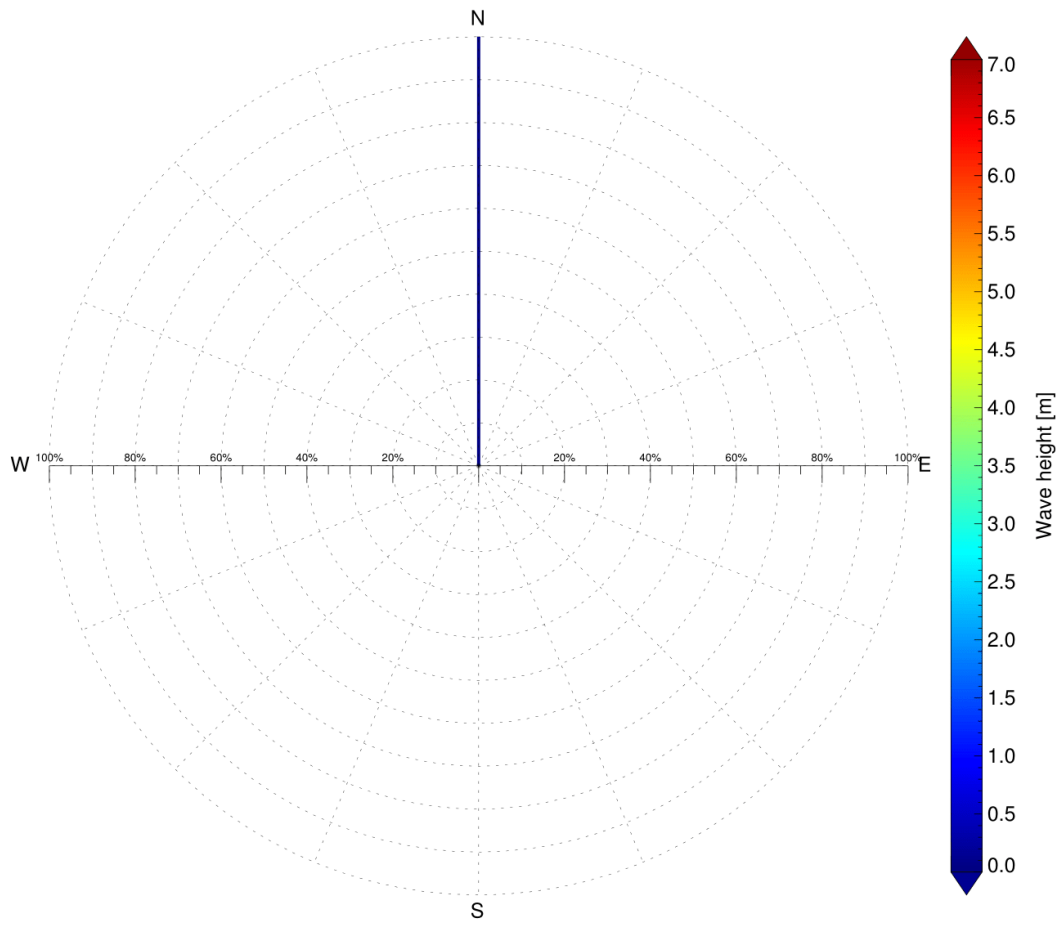


Figura 64 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

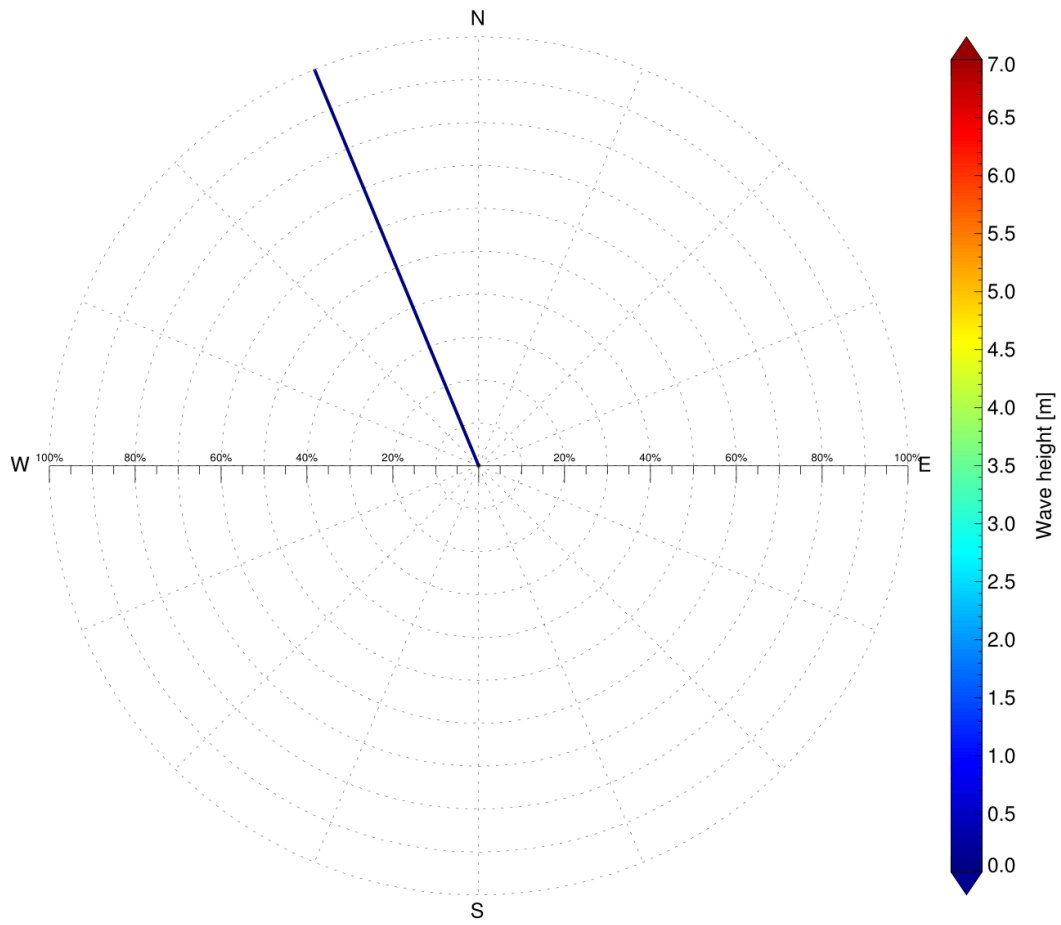


Figura 65 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

- Caracterización de oleaje para bahía Coquimbo:

En los tres puntos, más del 90% del oleaje posee alturas menores o iguales 1.00 [m].

Para los tres puntos la altura de ola mínima es de 0.03 [m], 3.3, 3.1 y la altura de ola máxima es de 3.0 [m]. Como altura de ola promedio se tiene 0.69, 0.63, 0.60 [m].

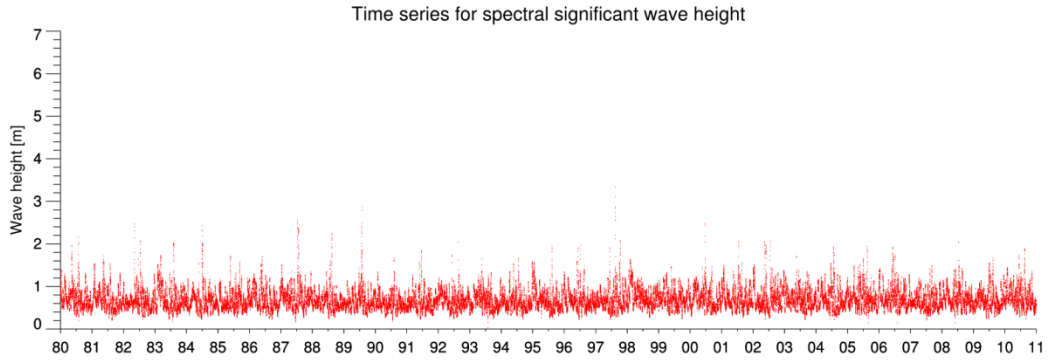


Figura 66 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo
-Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

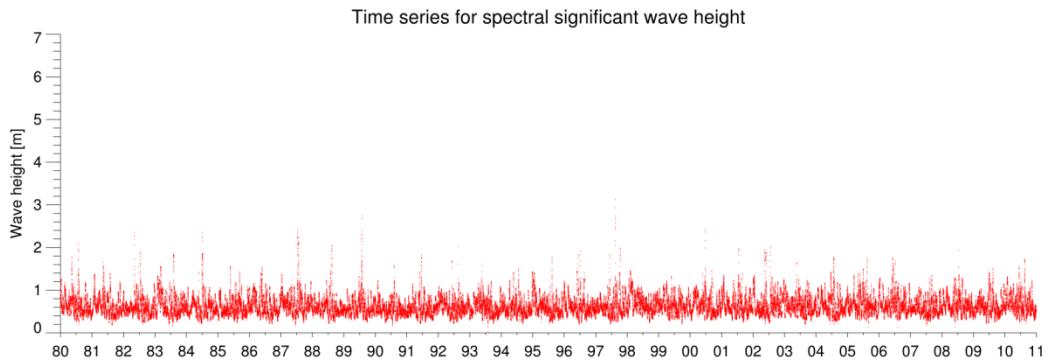


Figura 67 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo
-Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

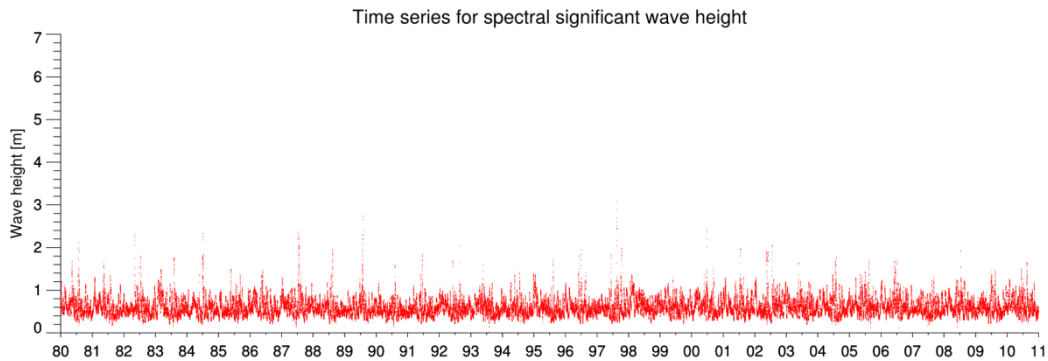


Figura 68 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo
-Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

En los tres puntos, más del 96% del oleaje posee periodos de entre 8.00 y 16.00 [s], siendo el mínimo periodo de 4.8 [s], el máximo periodo de 19.8 [s] y el promedio de 12.4 [m] para los tres puntos.

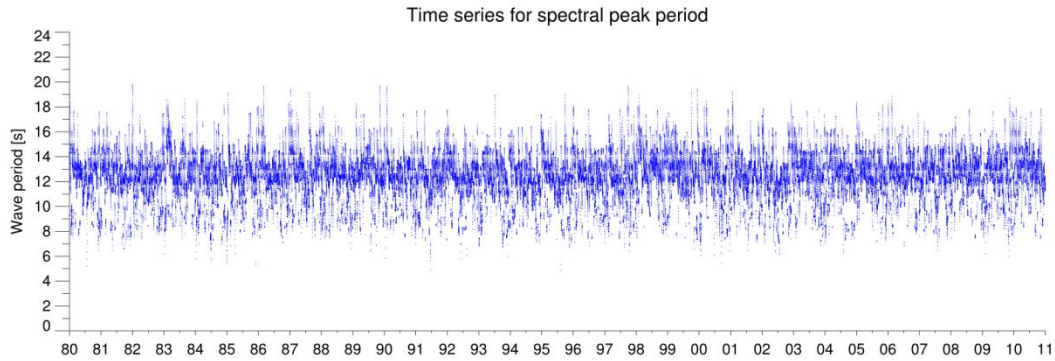


Figura 69 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

El 100% del oleaje presente en el punto 1, pertenece a la banda direccional del NW y NNW y casi el 100% del oleaje del punto 2 y 3 pertenecen a la bandas direccionales del WNW y NW, como se muestra en las siguientes rosas de oleaje.

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

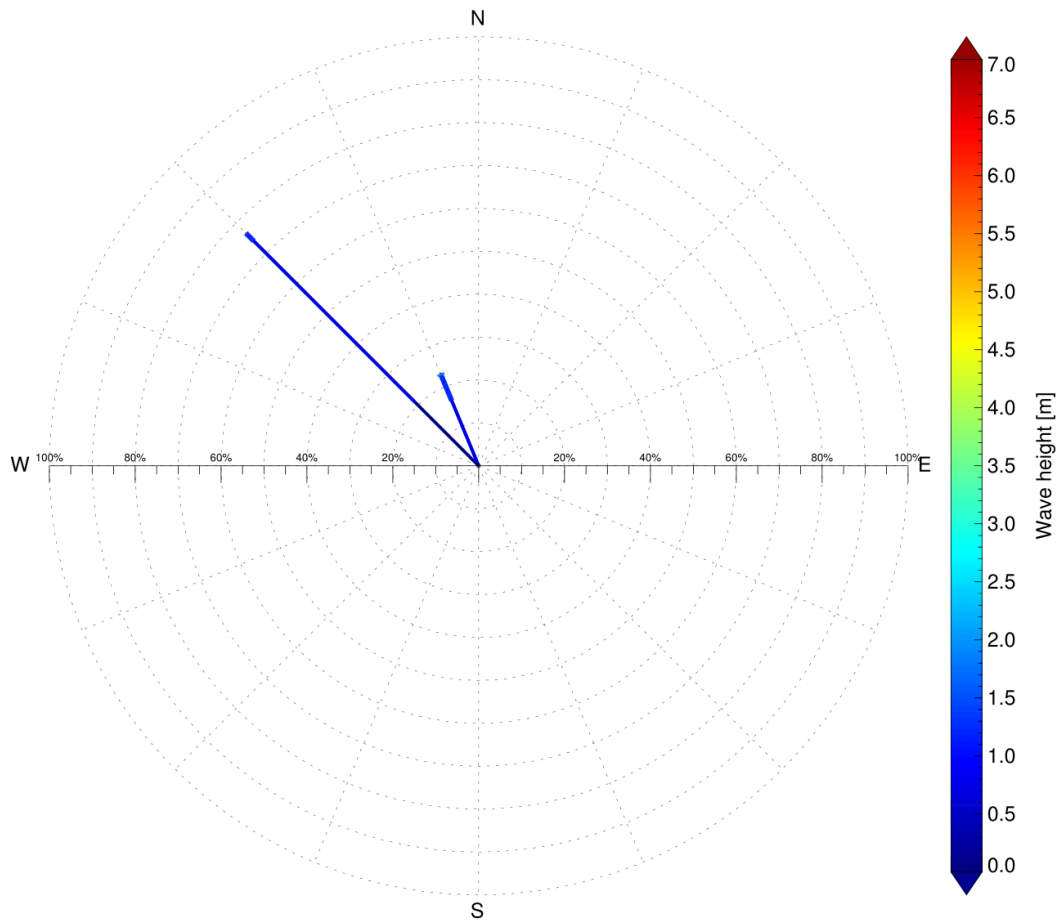


Figura 70 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

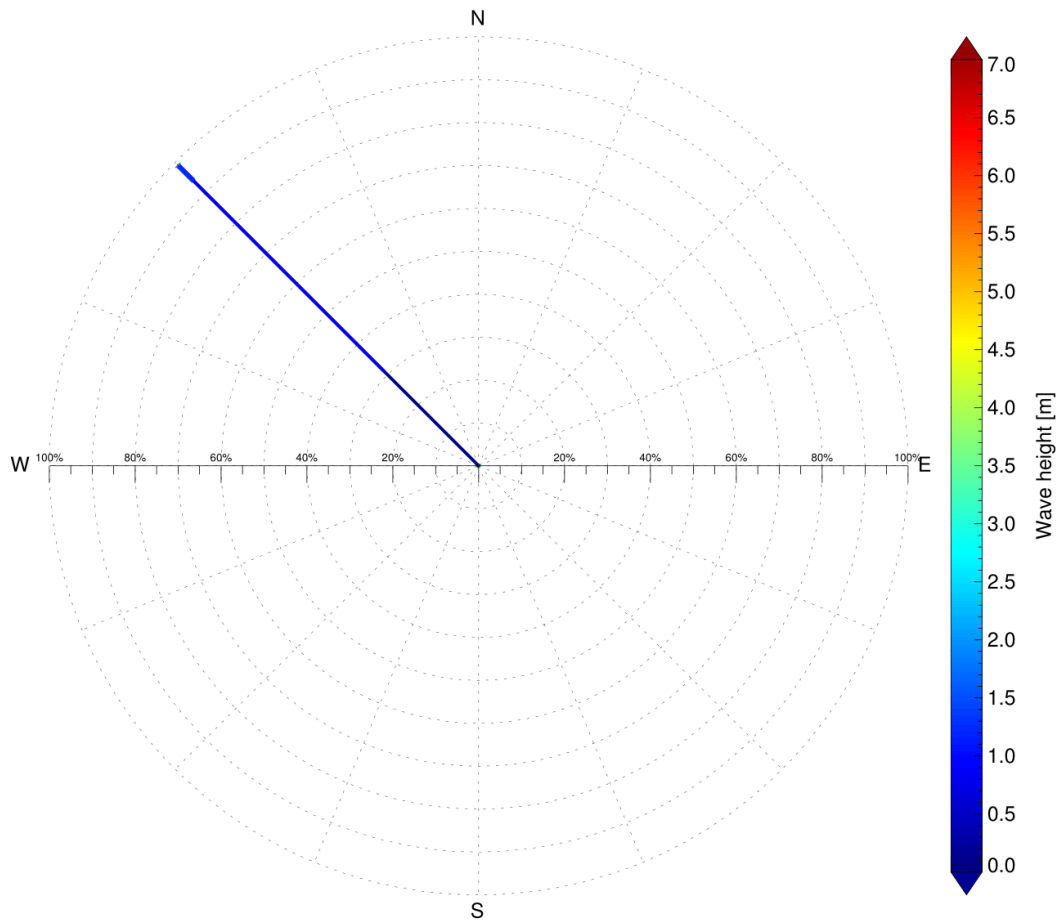


Figura 71 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

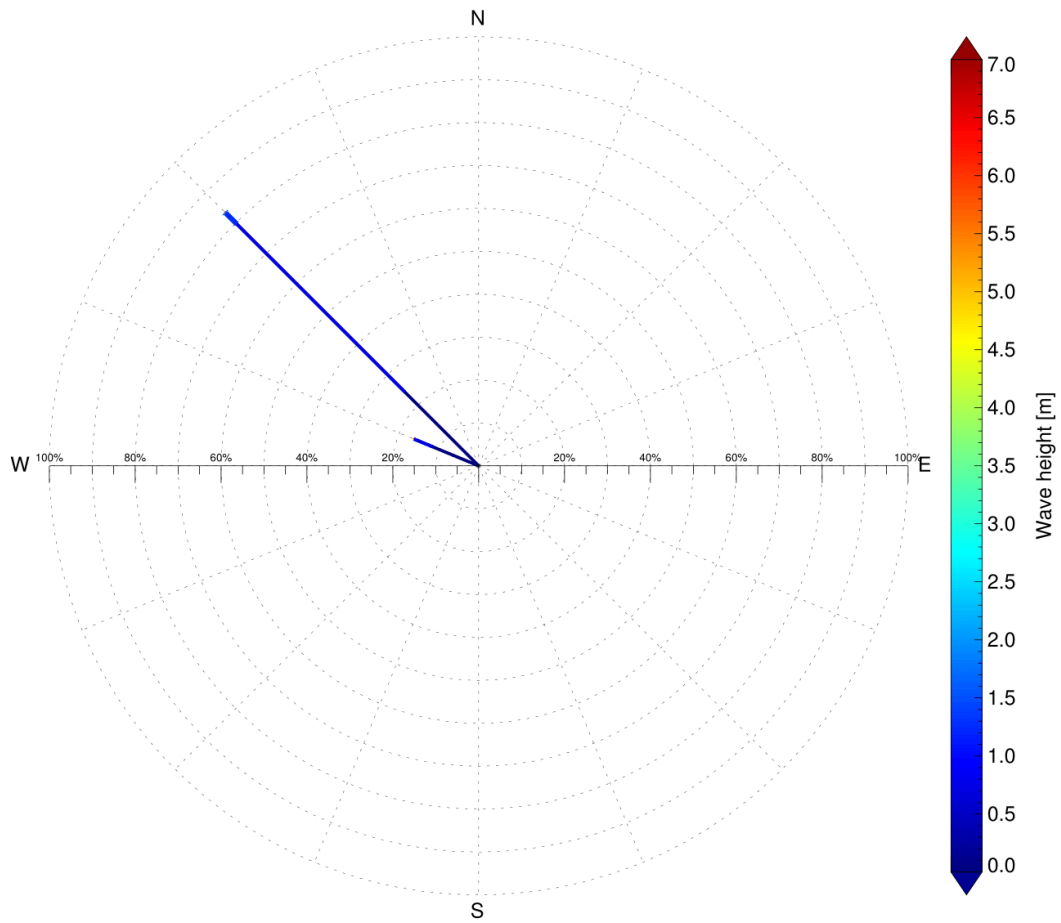


Figura 72 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

- Caracterización de oleaje para bahía Concepción:

En los tres puntos casi el 99% del oleaje posee alturas de olas menores o iguales a 0.50 [m], con máximos alturas de 1.52, 1.47, 1.71 [m] y mínimas de 0.0001[m] en los tres puntos.

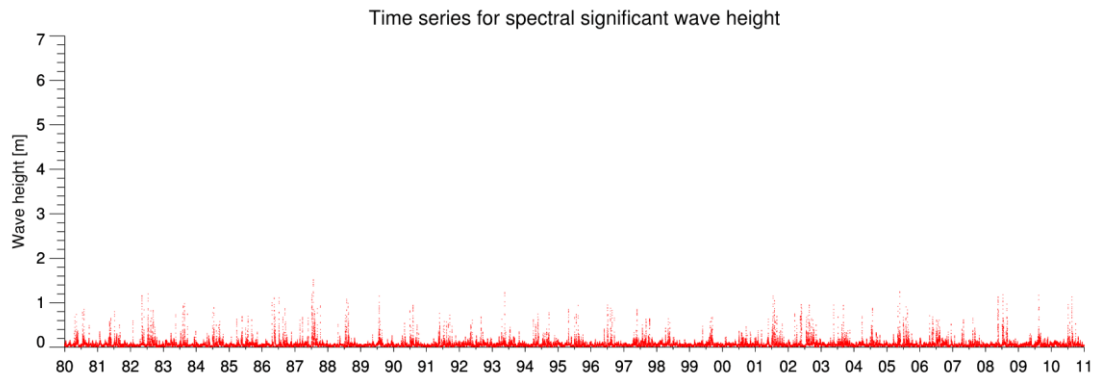


Figura 73 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

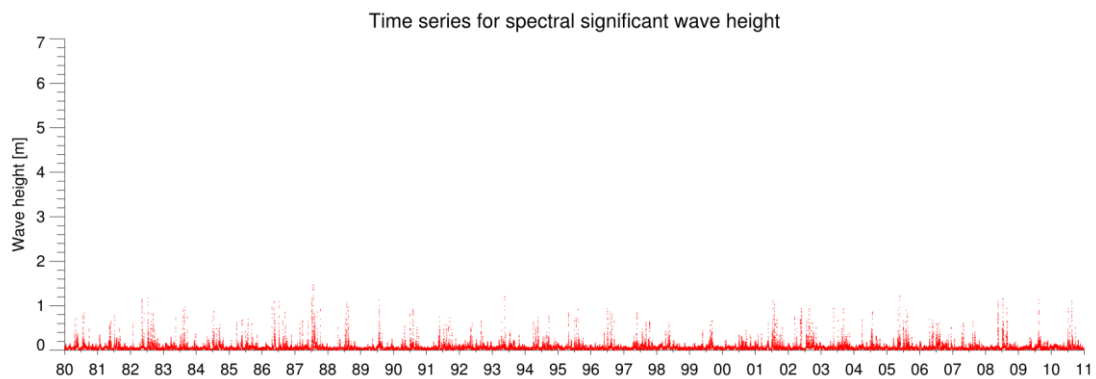


Figura 74 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

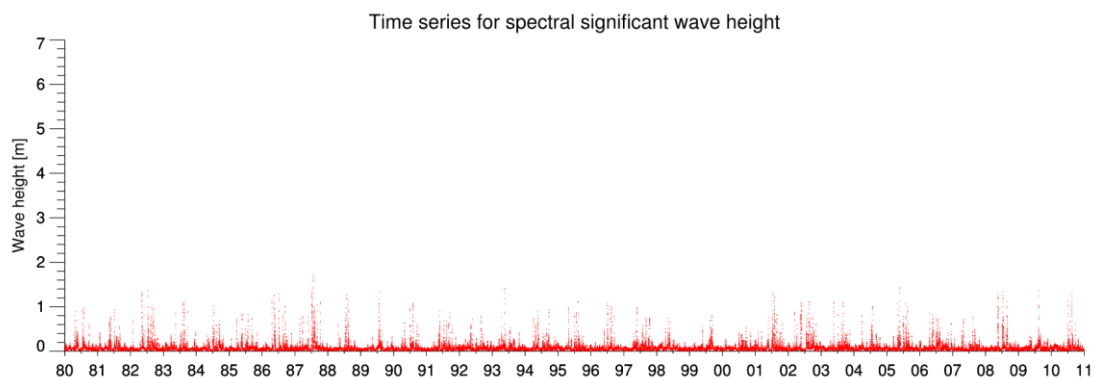


Figura 75 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

En los tres puntos, más del 96% del oleaje posee periodos de olas de entre 8 y 16 [s], alcanza periodos mínimos de 5.13 y máximos de 19.94 [s] para los tres puntos.

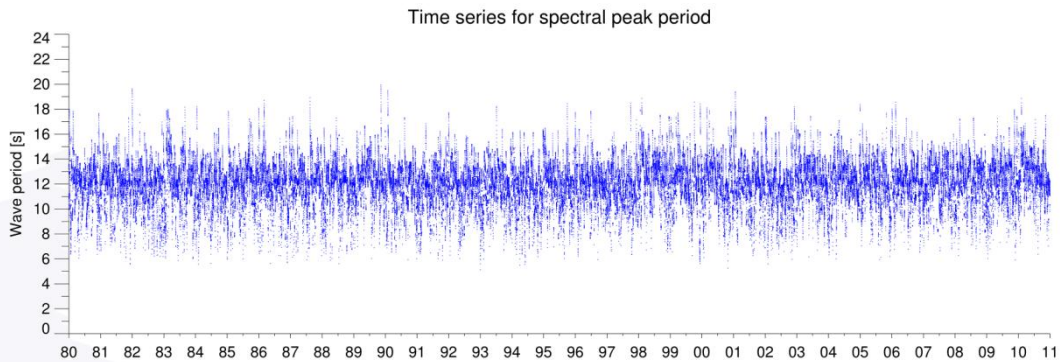


Figura 76 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción
Fuente: Elaboración propia

En el punto 1, el 100% del oleaje pertenece de las bandas direccionales del NNW y N, como se muestra a continuación. En el punto 2 el 90% del oleaje sigue perteneciendo a la dirección NNW. En el punto 3 el oleaje pertenece por completo a la dirección NNW, como se muestra en las siguientes rosas de oleaje.

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

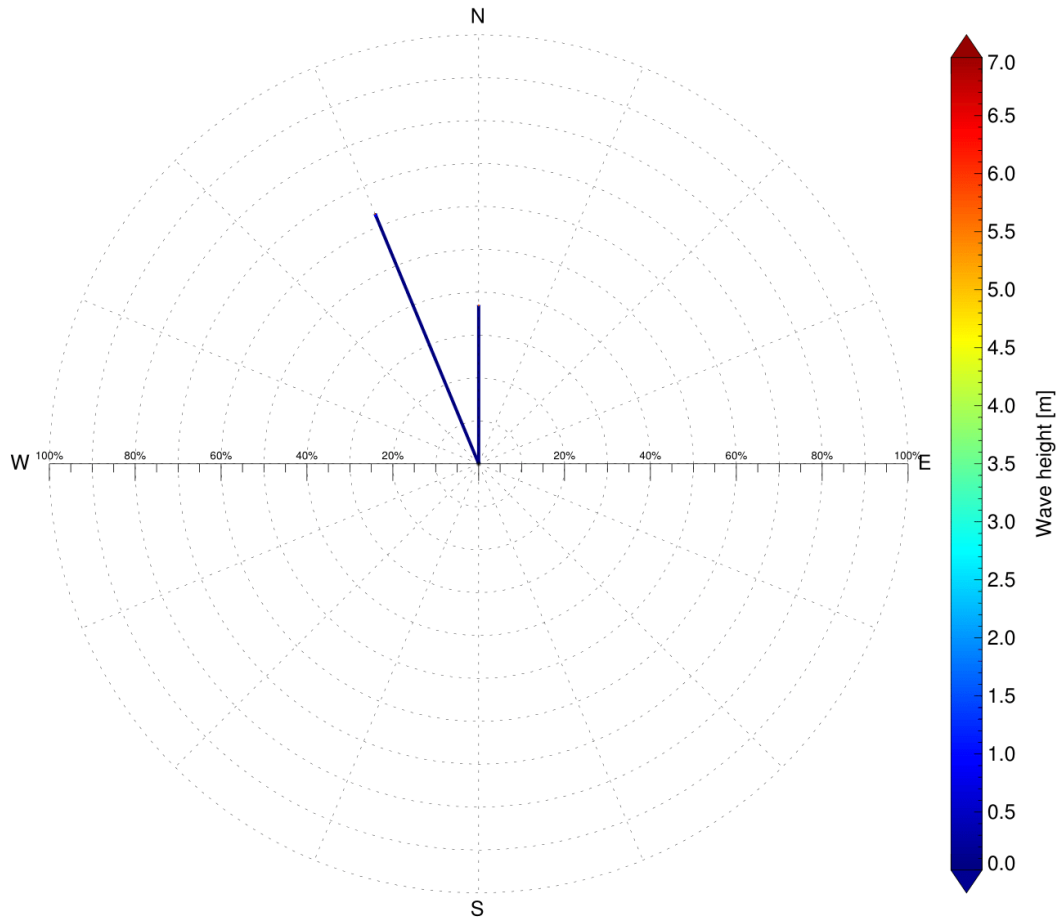


Figura 77 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

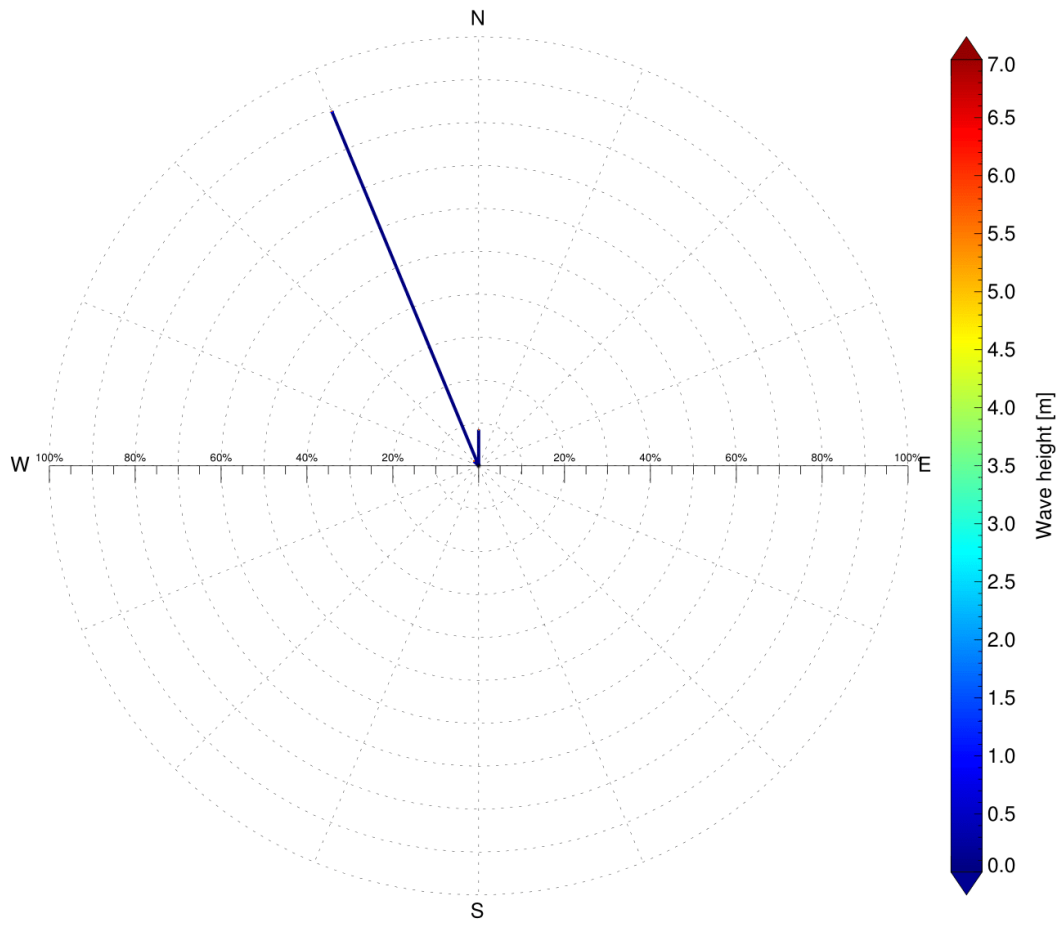


Figura 78 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]
Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

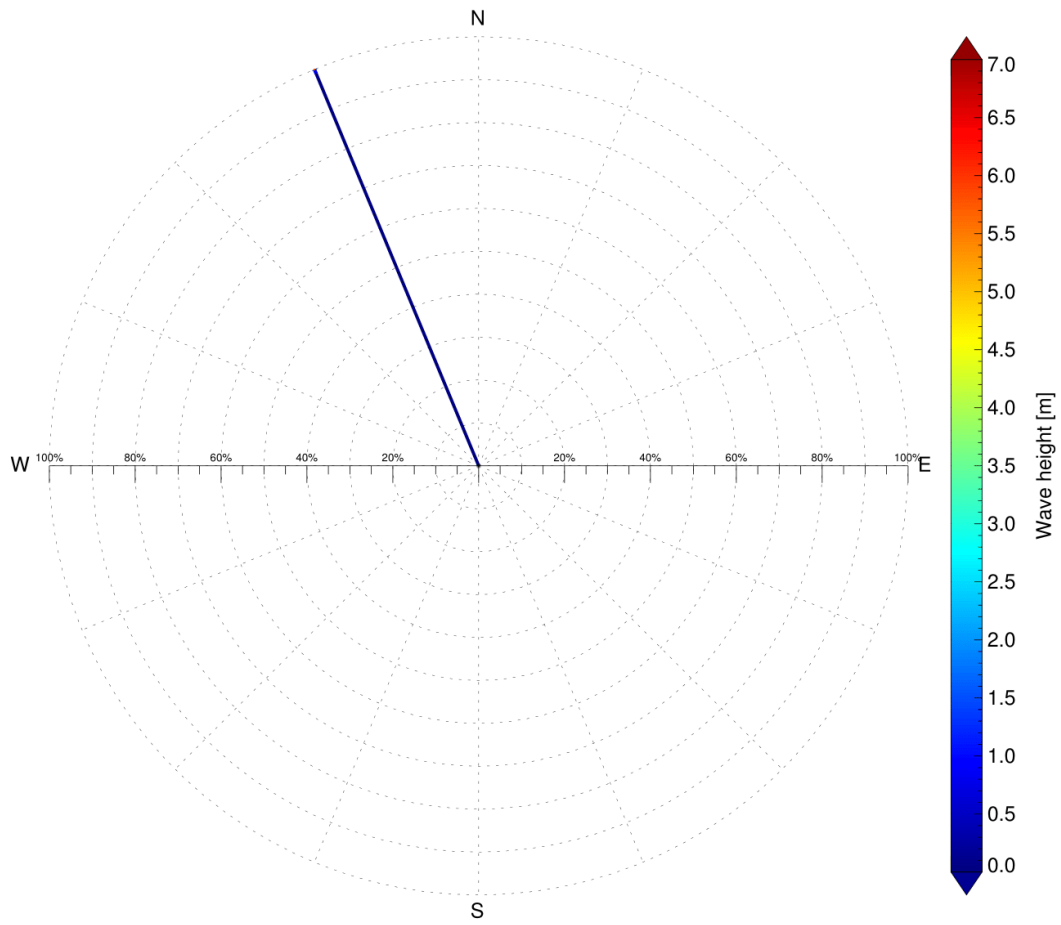


Figura 79 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

- Caracterización de oleaje para bahía Coronel:

En los tres puntos, el 98% del oleaje posee alturas de olas menores o iguales a 1.00 [m]. Con alturas mínimas de 0.01, 0.03, 0.01[m] y máximas de 2.41, 2.45, 2.64 [m] para los tres puntos respectivamente.

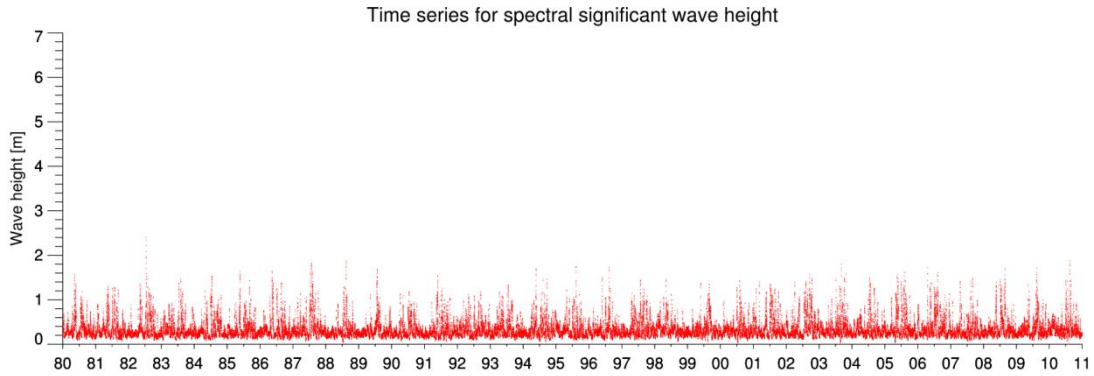


Figura 80 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

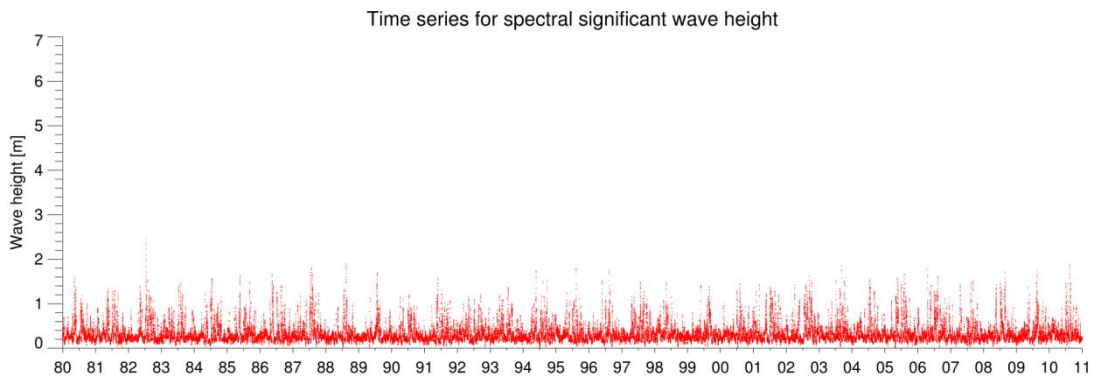


Figura 81 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

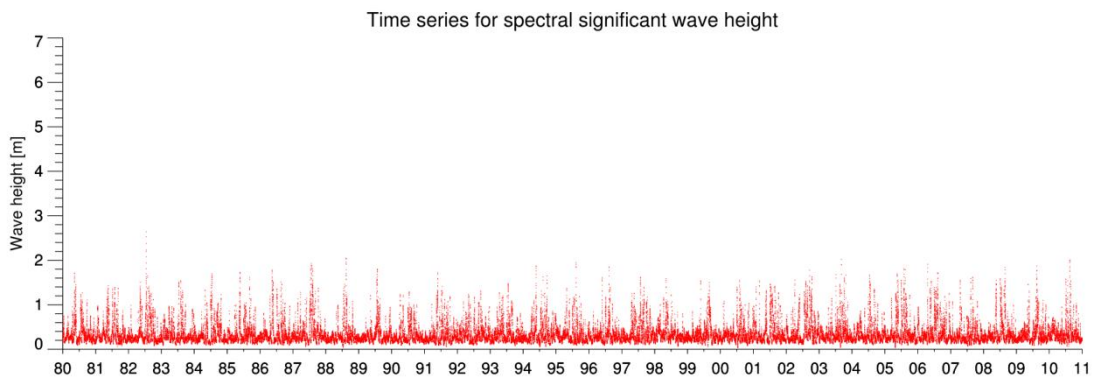


Figura 82 Serie de tiempo de altura significativa espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 96% del oleaje posee periodos de entre 8 y 16 [s], con periodos mínimos de 5.13 [s] y periodos máximos de 19.94 [m] para los tres puntos.

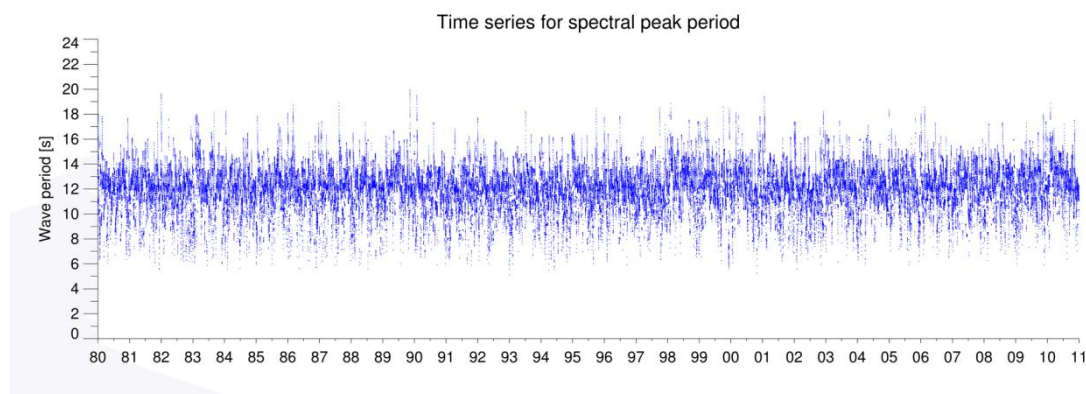


Figura 83 Serie de tiempo de periodo peak espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel
Fuente: Elaboración propia

En el punto 1 y 2, el 100% del oleaje pertenece de la banda direccional del SW y el 89% oleaje pertenece a la misma dirección como se muestra en las siguientes rosas de oleaje.

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

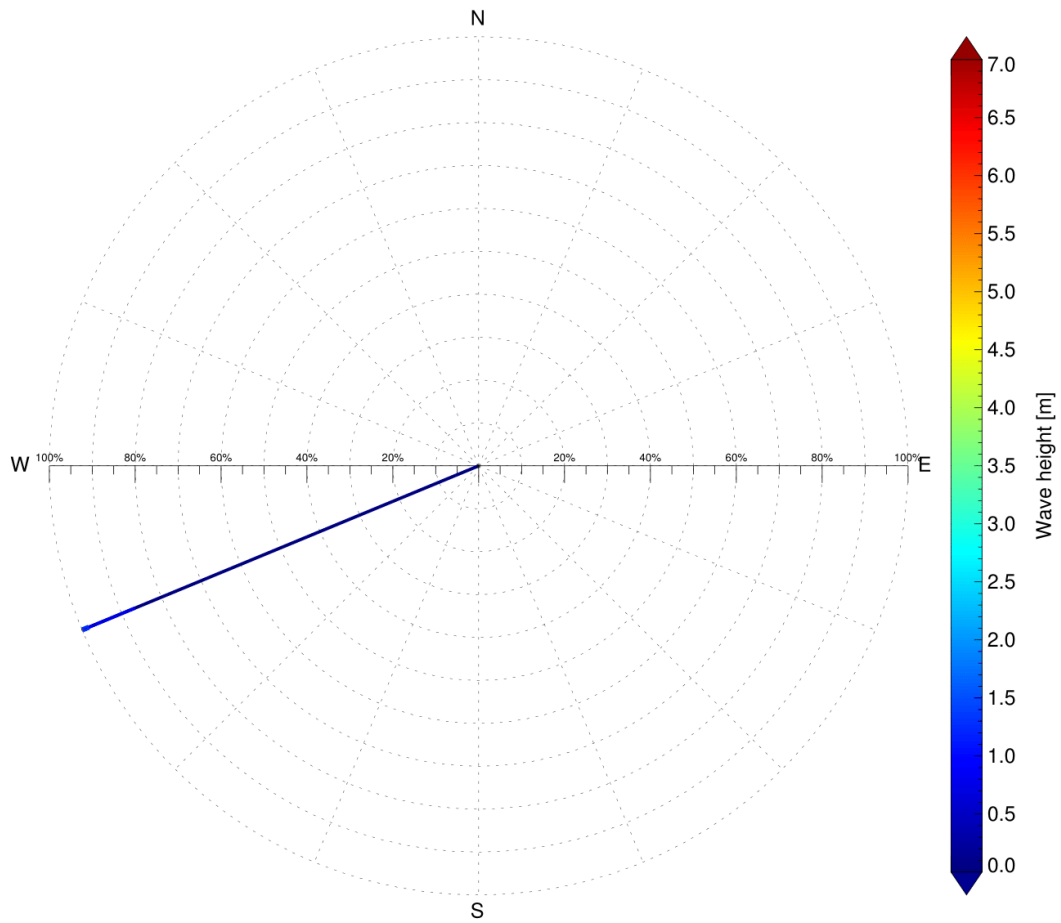


Figura 84 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

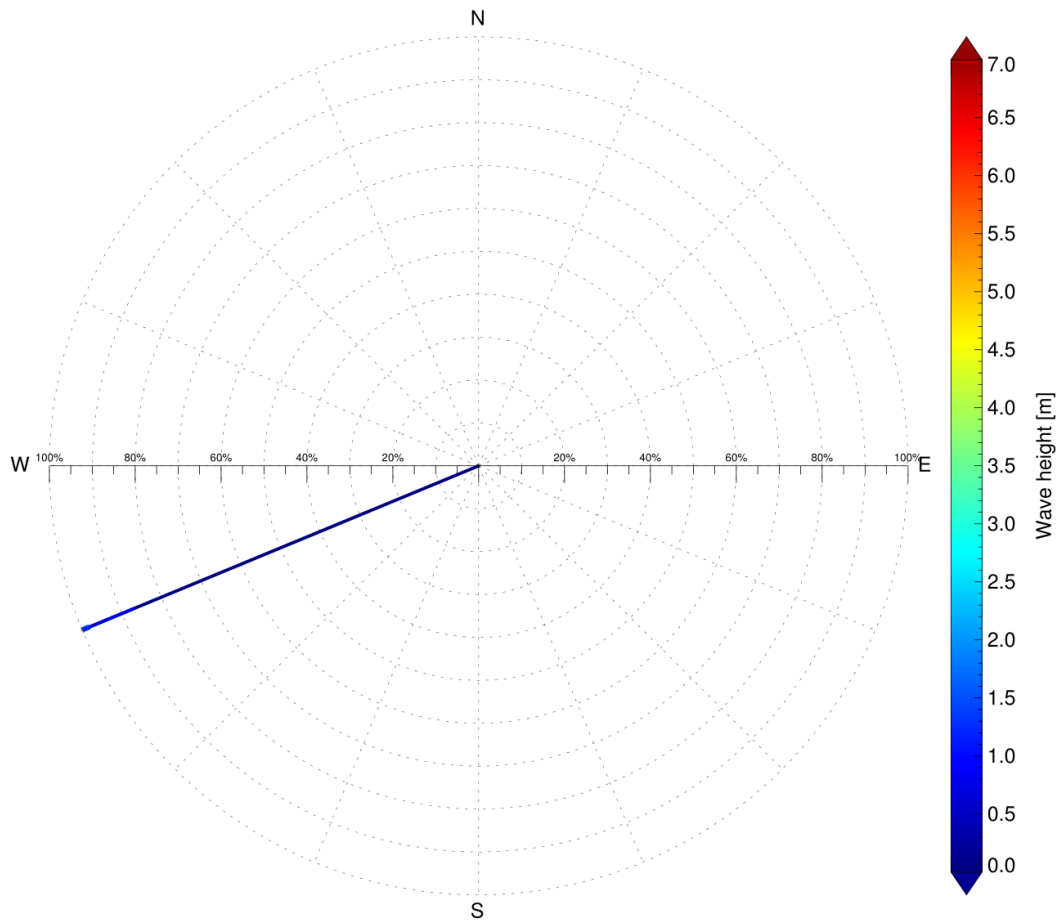


Figura 85 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

Wave rose: Significant wave height H_{m0} [m] - Mean wave direction, MWD [degree]

Source: ECWMF (01/01/1980 - 01/01/2010)

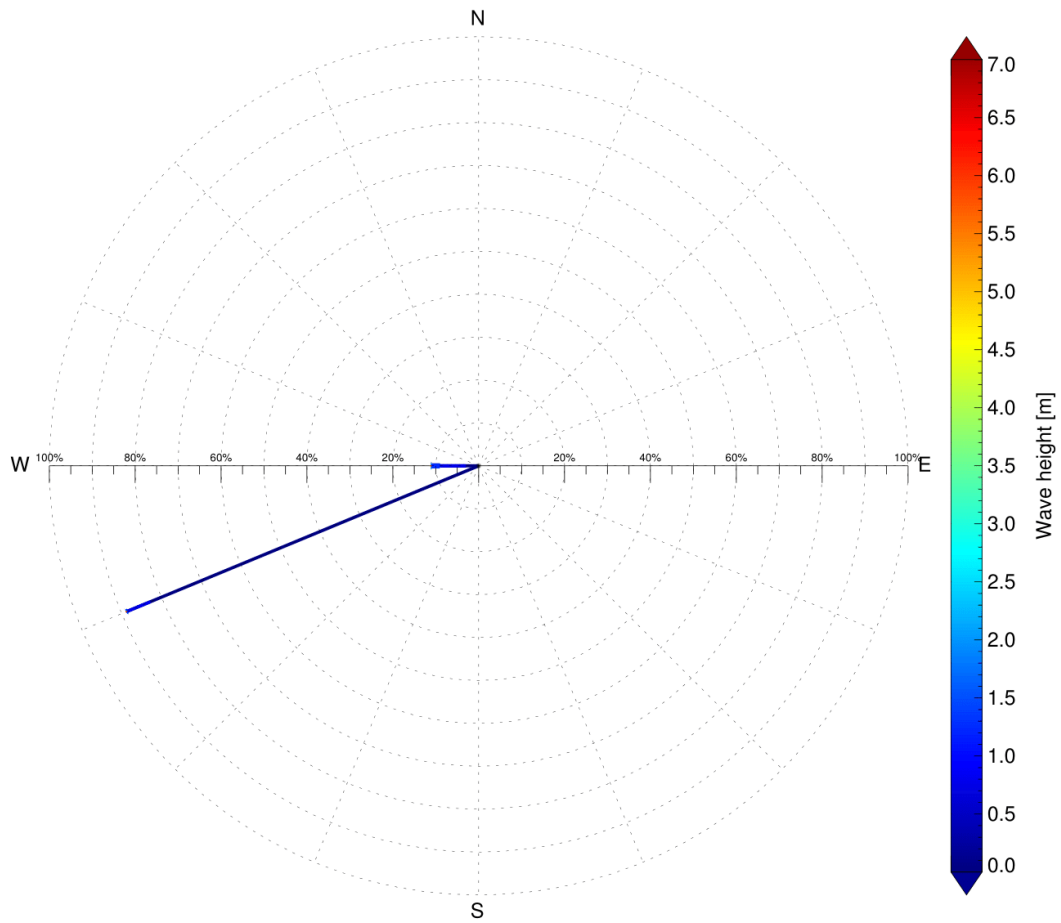


Figura 86 Rosa de oleaje de dirección media espectral y altura de ola espectral - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE FACTOR "P" EN AGUAS SOMERAS.

Como se mencionó anteriormente el factor P está compuesto por parámetros de aguas profundas siendo que la ZPL obedece a fenómenos pertenecientes a aguas someras, por lo que a continuación se evalúa el mismo método cálculo del factor P, pero se reemplazan los parámetros de aguas profundas por someras. Es decir el H_0 es modificado por altura refractada al punto p1, p2 y p3 en aguas someras.

De ésta manera se procedió a calcular todos los valores de los factores P asociados a cada estado de mar propagado a cada punto. Con ello se construyeron las series de tiempo y graficos de comparación de frecuencias relativa y acumulada.

En los siguientes gráficos de serie de tiempo se puede observar como se concentran los valores que adquiere el factor P en los 31 años de datos de parametros de resumen propagados a cada punto de aguas someras perteneciente al veriles de los 10 [m], 15 [m] y 20 [m] de profundidad en bahía Caldera.

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p1 de aguas someras de bahía Caldera del orden de entre 0.10 y 0.60 [m] aproximadamente.

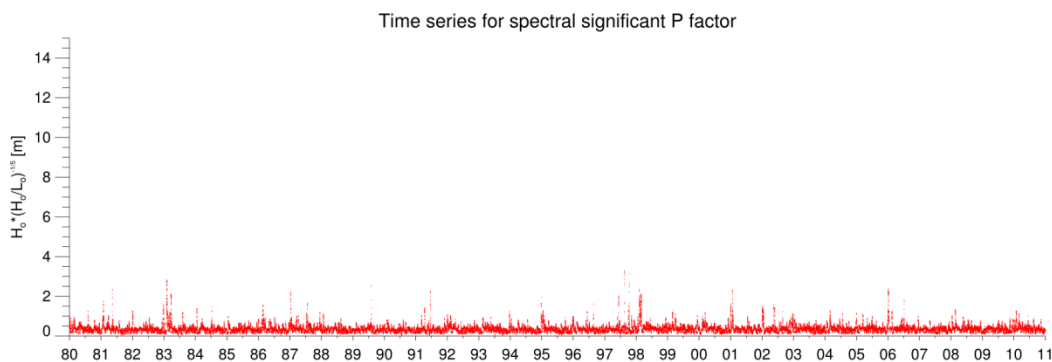


Figura 87 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.2 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.3 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.4 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.5 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 1.00 [m]

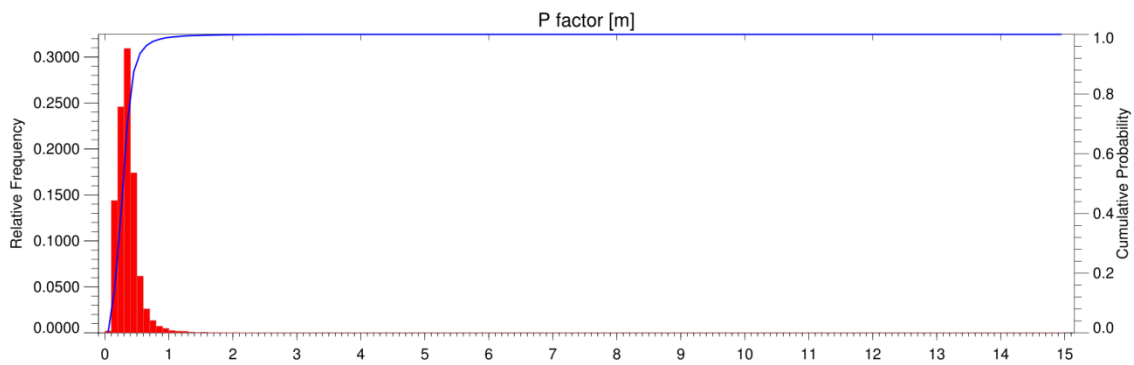


Figura 88 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p2 de aguas someras de bahía Caldera del orden de entre 0.10 y 0.60 [m] aproximadamente.

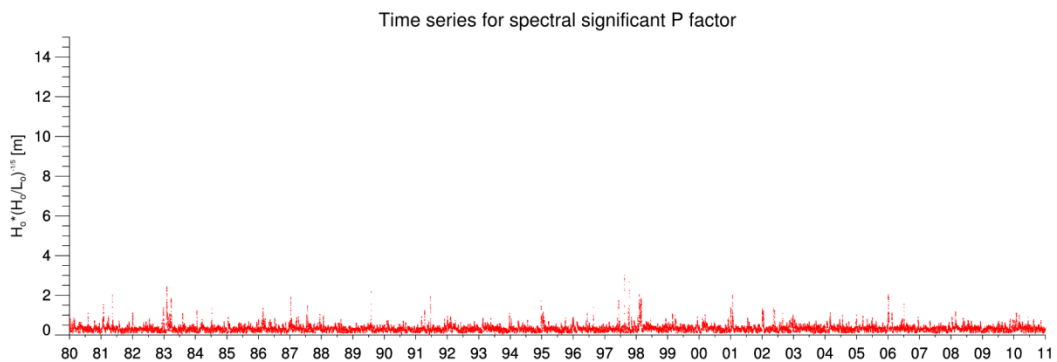


Figura 89 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.2 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.3 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.4 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.5 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 1.00 [m]

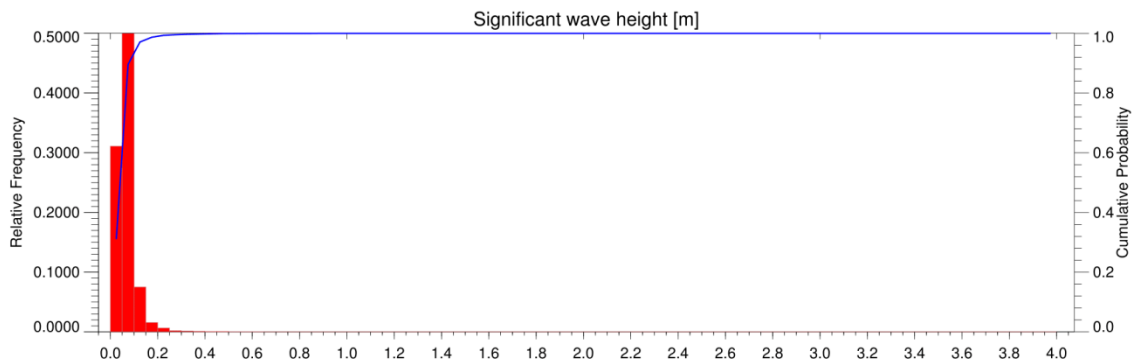


Figura 90 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p3 de aguas someras de bahía Caldera del orden de entre 0.10 y 0.60 [m] aproximadamente.

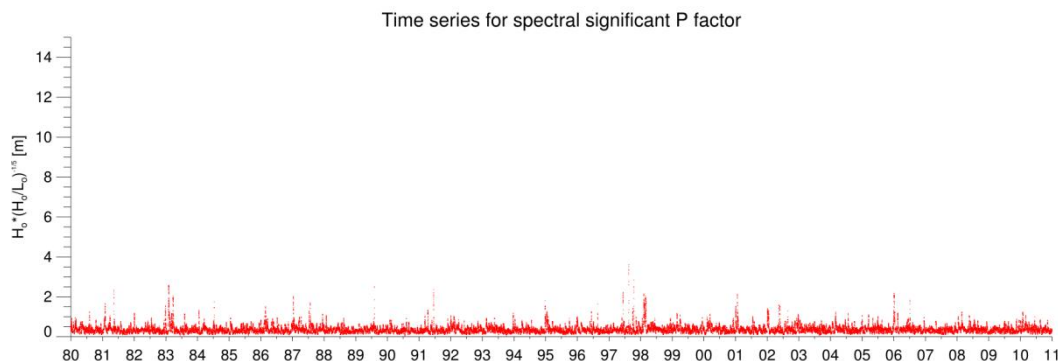


Figura 91 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.2 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.3 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.4 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.5 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 1.00 [m]

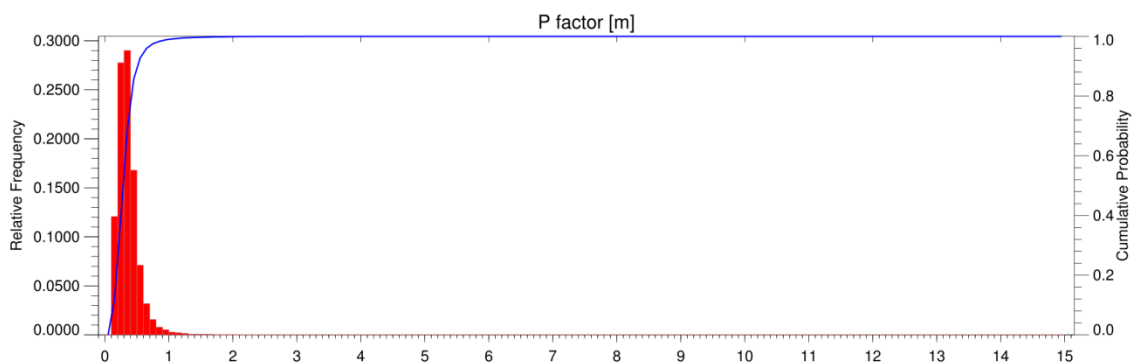


Figura 92 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Caldera -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p1 de aguas someras de bahía Coquimbo del orden de entre 1.10 y 3.50 [m] aproximadamente.

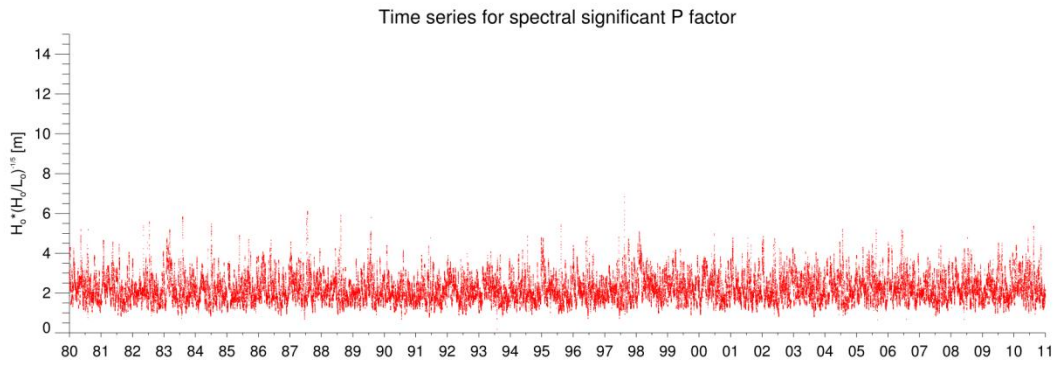


Figura 93 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 1.60 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 2.10 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 2.40 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 3.1 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 4.20 [m]

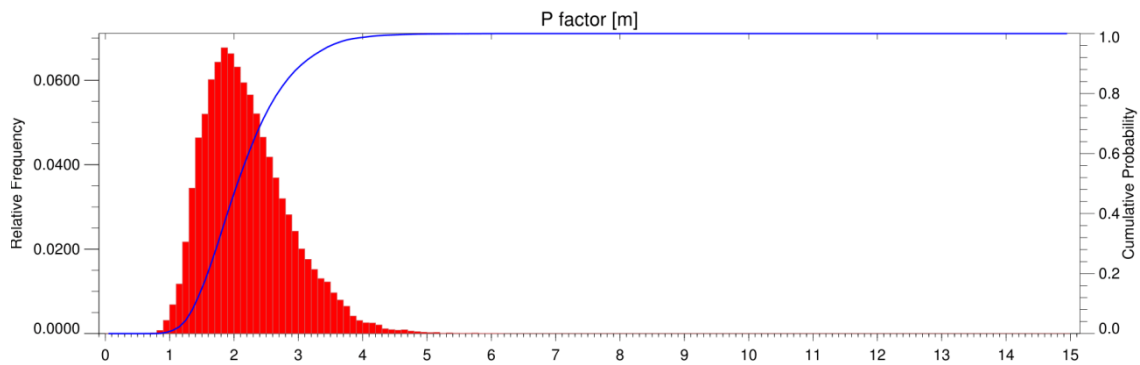


Figura 94 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p2 de aguas someras de bahía Coquimbo del orden de entre 1.10 y 3.50 [m] aproximadamente.

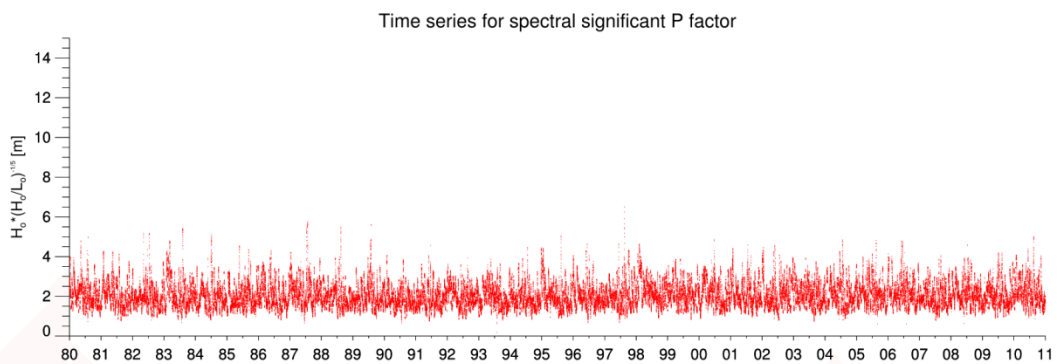


Figura 95 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 1.50 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 1.90 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 2.30 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 2.90 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.90 [m]

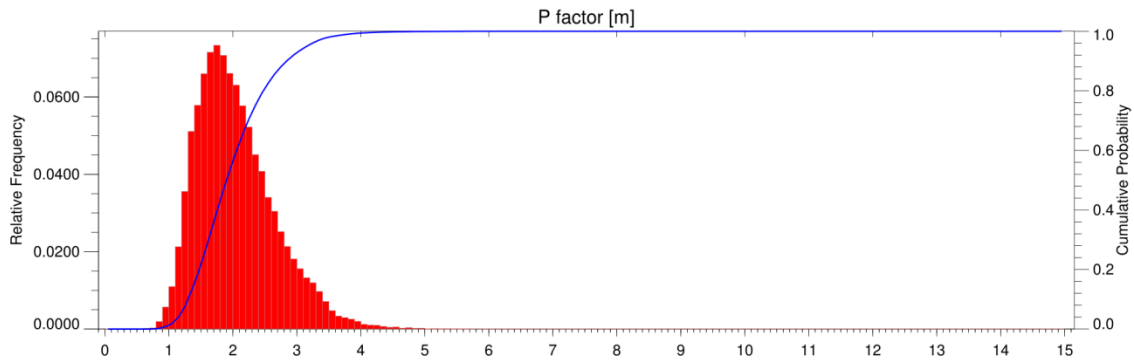


Figura 96 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p3 de aguas someras de bahía Coquimbo del orden de entre 1.10 y 3.30 [m] aproximadamente.

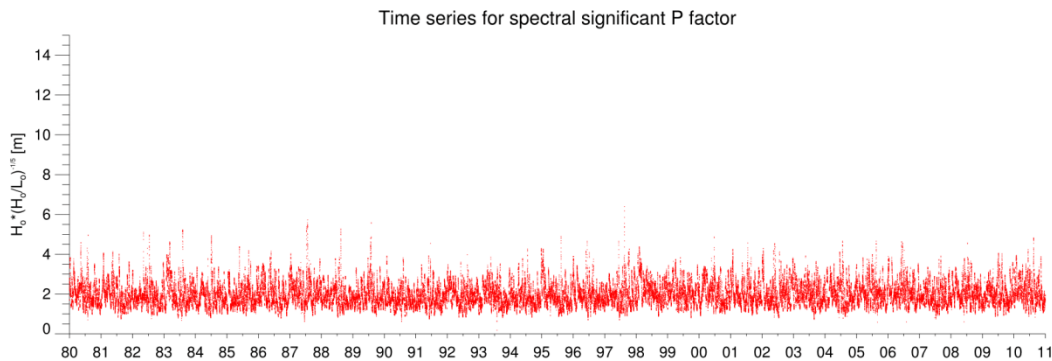


Figura 97 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 1.50 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 1.90 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 2.20 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 2.90 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.80 [m]

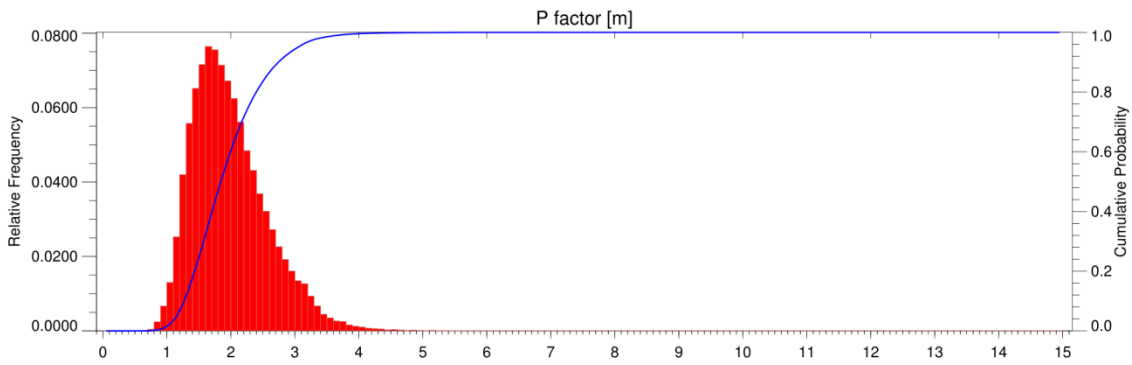


Figura 98 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coquimbo - Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p1 de aguas someras de bahía Concepción del orden de entre 0.00 y 0.70 [m] aproximadamente.

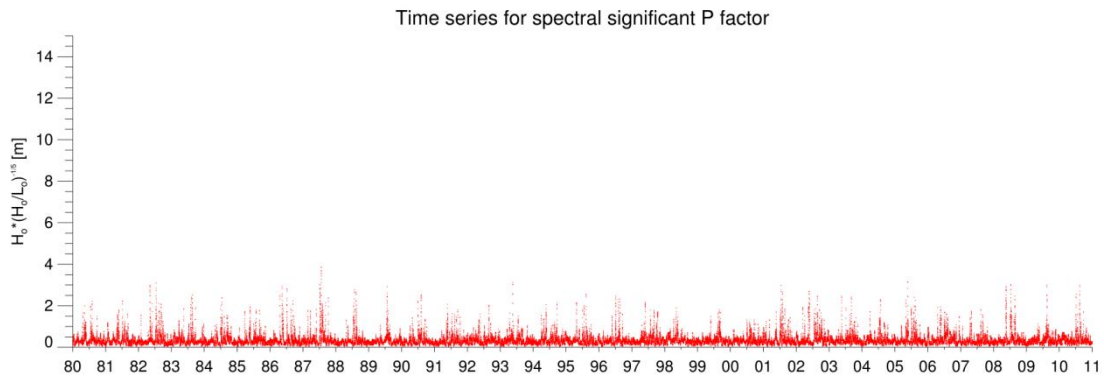


Figura 99 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.10 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.20 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.30 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.50 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 4.10 [m]

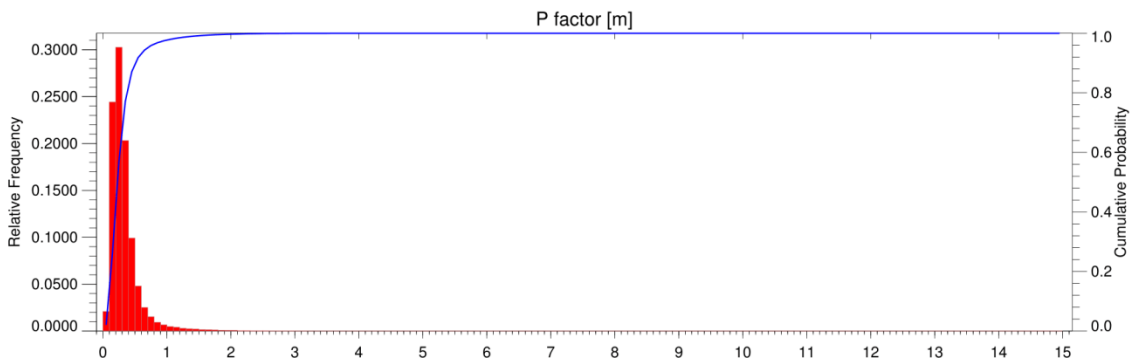


Figura 100 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -

Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p2 de aguas someras de bahía Concepción del orden de entre 0.00 y 0.70 [m] aproximadamente.

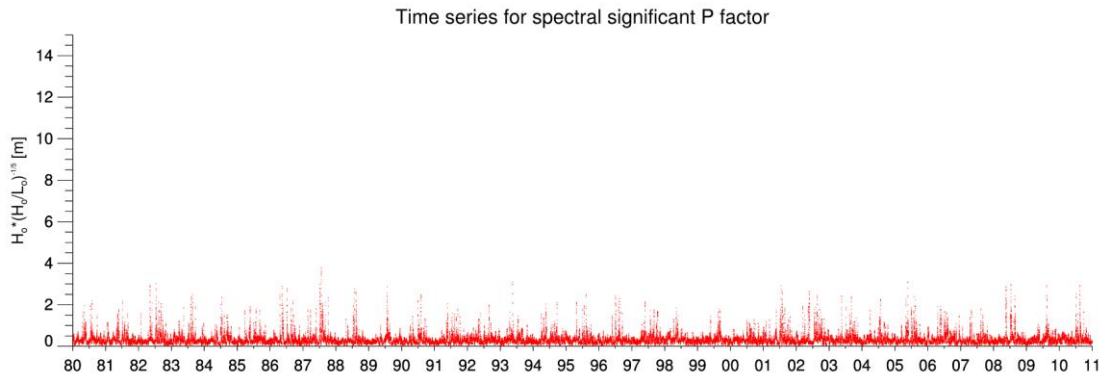


Figura 101 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.10 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.30 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.350 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.50 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.90 [m]

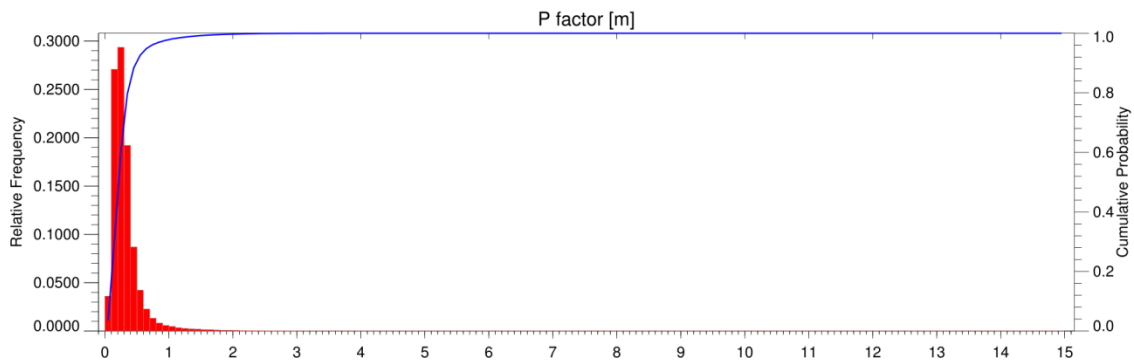


Figura 102 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción - Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p3 de aguas someras de bahía Concepción del orden de entre 0.00 y 0.70 [m] aproximadamente.

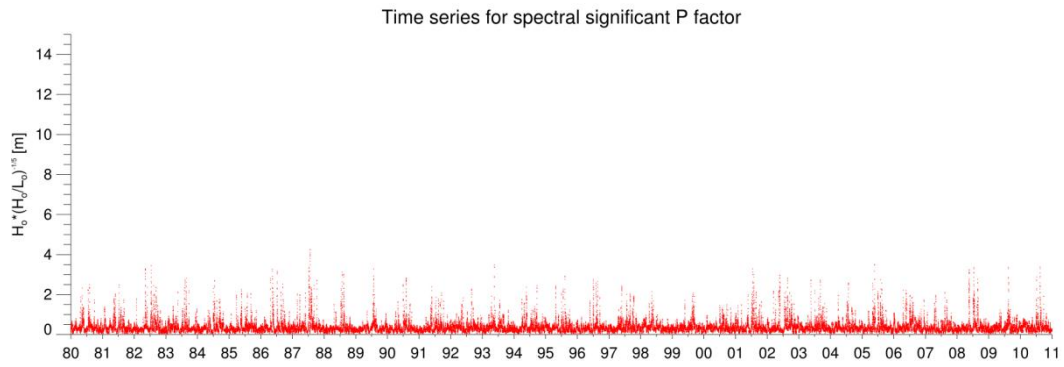


Figura 103 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.10 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 0.30 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 0.350 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 0.50 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.80 [m]

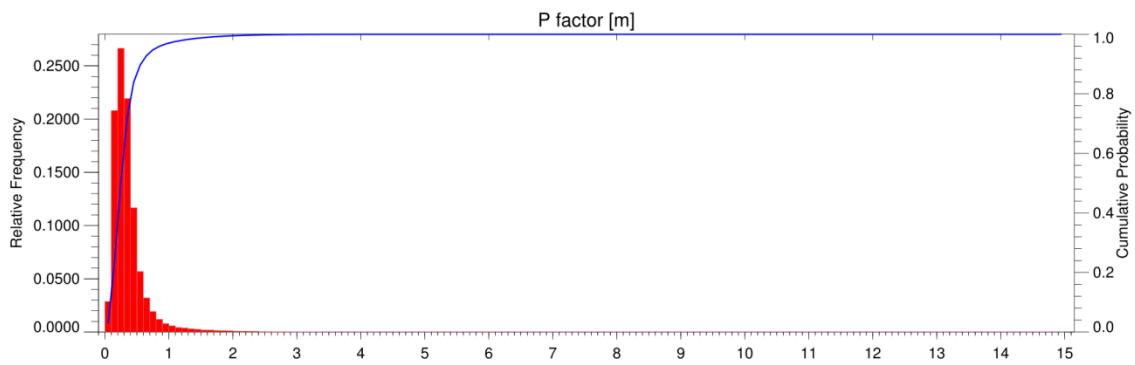


Figura 104 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Concepción - Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p1 de aguas someras de bahía Coronel del orden de entre 0.50 y 2.20 [m] aproximadamente.

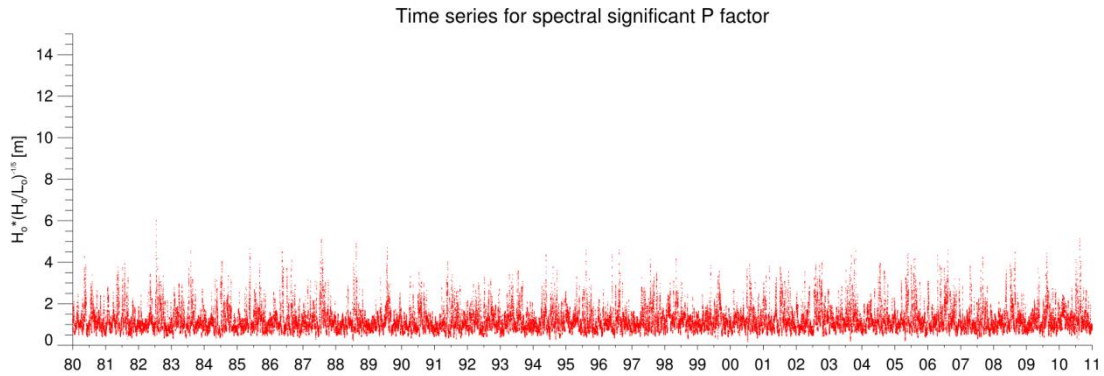


Figura 105 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.80 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 1.00 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 1.30 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 2.00 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.20 [m]

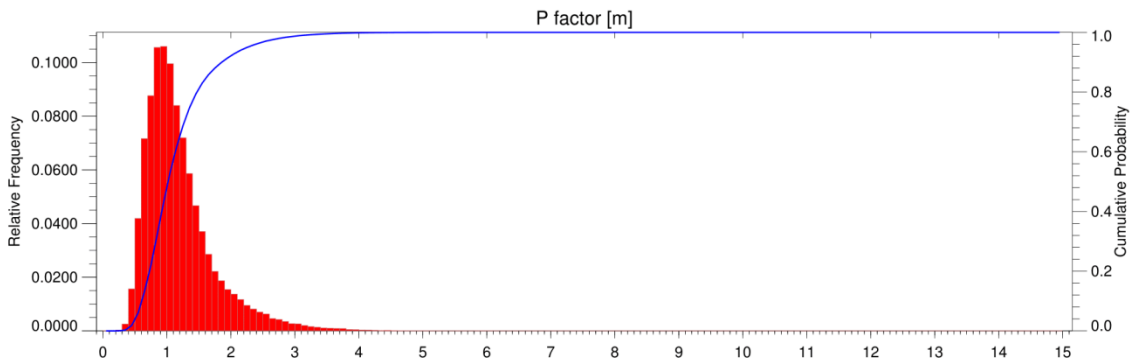


Figura 106 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 10 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p2 de aguas someras de bahía Coronel del orden de entre 0.50 y 2.20 [m] aproximadamente.

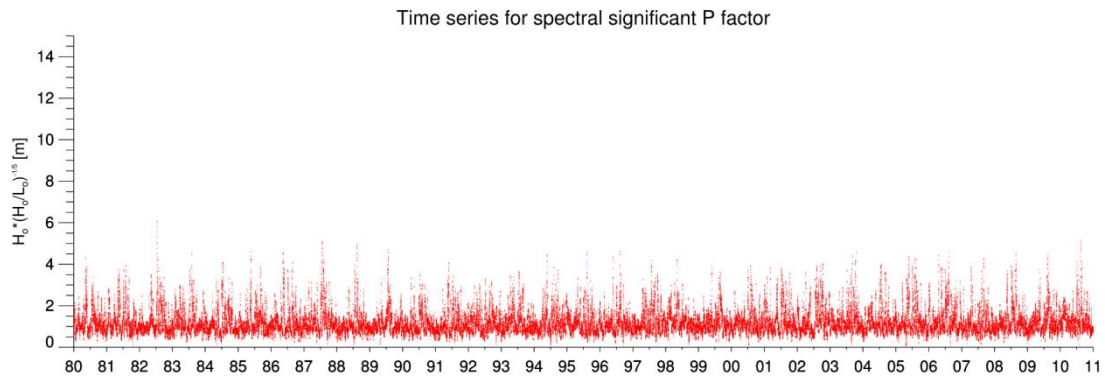


Figura 107 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.80 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 1.00 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 1.30 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 2.00 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.30 [m]

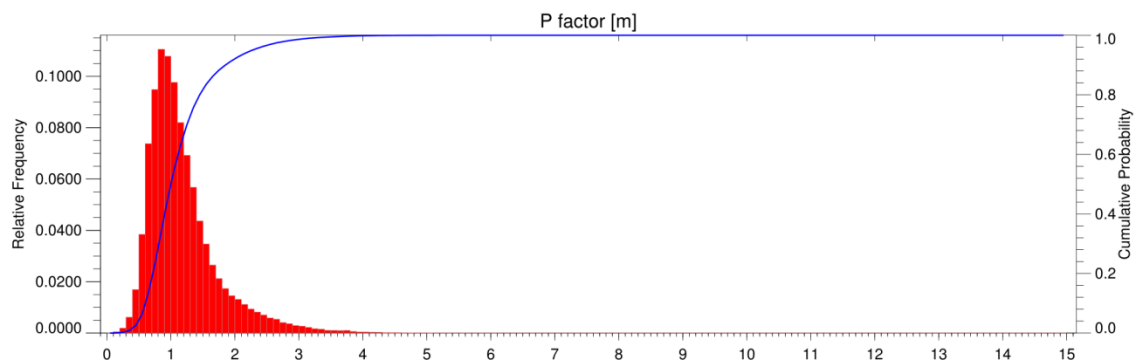


Figura 108 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 15 [m]
Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico de serie de tiempo, se observa que el factor P adquiere valores en el punto p1 de aguas someras de bahía Coronel del orden de entre 0.50 y 2.20 [m] aproximadamente.

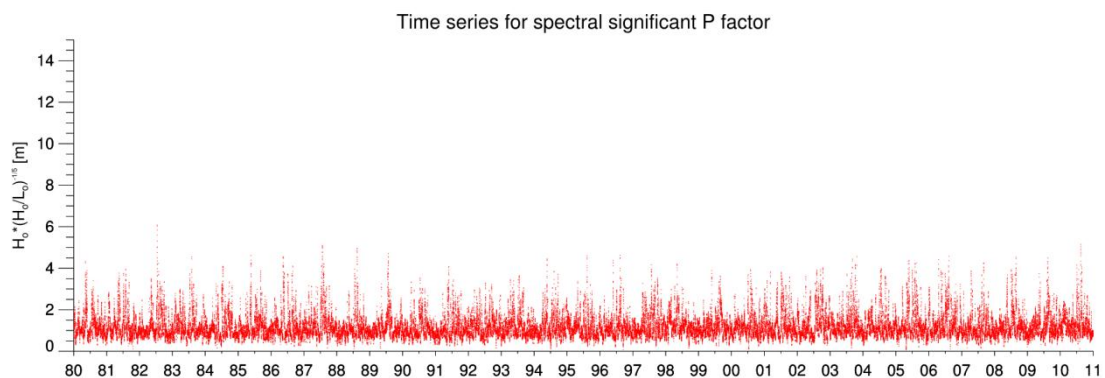


Figura 109 Serie de tiempo de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel -Veril 20 [m]
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los valores de P son menores o iguales a 0.80 [m], entre el 20% y 50% son menores o iguales a 1.00 [m], entre el 50% y el 70% son del orden de los 1.30 [m], entre el 70 % y el 90% los valores no superan los 2.00 [m] y el 99% de los valores acumulados alcanzan alturas menores o iguales de 3.50 [m]

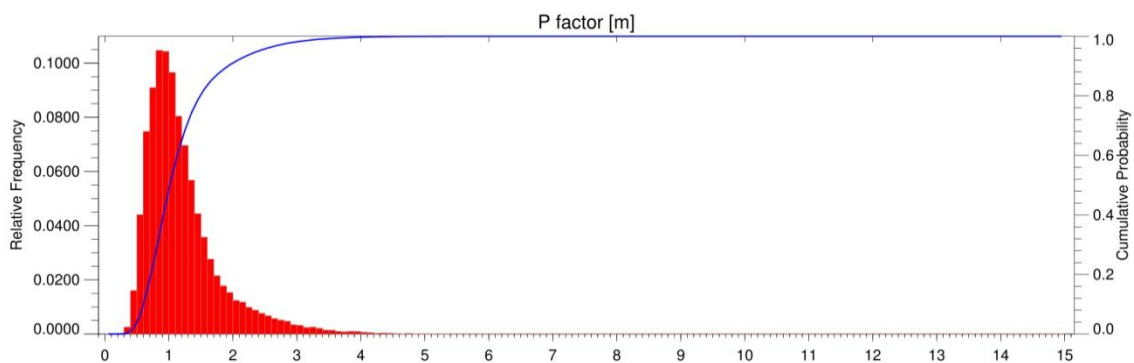


Figura 110 Frecuencia relativa y acumulada de factor P - Condición Aguas Someras – Bahía Coronel - Veril 20 [m]

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo observar de los graficos anteriores, los valores que adquiere las series del factor P calculado mediante aguas someras en comparación a las series del factor P calculado mediante parametros de aguas profundas son significativamente menores.

Finalmente los resultados se exponen en la siguiente tabla de resumen.

Tabla 33 tabla de resumen factor P – Aguas Someras

Factor "P" en unidad de [m]

		B.Caldera	B.Coquimbo	B.Concepción	B.Coronel
	P1	0.10-0.60	1.10-3.50	0.00-0.70	0.50-2.20
	P2	0.10-0.60	1.10-3.50	0.00-0.70	0.50-2.20
	P3	0.10-0.60	1.10-3.30	0.00-0.70	0.50-2.20
P1	20%	≤ 0.2	≤ 1.6	≤ 0.10	≤ 0.80
	20% - 50%	≤ 0.3	≤ 2.1	≤ 0.20	≤ 1.00
	50% - 70%	≤ 0.4	≤ 2.4	≤ 0.30	≤ 1.30
	70% - 90%	≤ 0.5	≤ 3.1	≤ 0.50	≤ 2.00
	99%	≤ 1.0	≤ 4.2	≤ 4.10	≤ 3.20
P2	20%	≤ 0.2	≤ 1.50	≤ 0.10	≤ 0.80
	20% - 50%	≤ 0.3	≤ 1.90	≤ 0.30	≤ 1.00
	50% - 70%	≤ 0.4	≤ 2.30	≤ 0.35	≤ 1.30
	70% - 90%	≤ 0.5	≤ 2.90	≤ 0.50	≤ 2.00
	99%	≤ 1.0	≤ 3.90	≤ 3.90	≤ 3.30
P3	20%	≤ 0.2	≤ 1.50	≤ 0.10	≤ 0.80
	20% - 50%	≤ 0.3	≤ 1.90	≤ 0.30	≤ 1.00
	50% - 70%	≤ 0.4	≤ 2.20	≤ 0.35	≤ 1.30
	70% - 90%	≤ 0.5	≤ 2.90	≤ 0.50	≤ 2.00
	99%	≤ 1.0	≤ 3.80	≤ 3.80	≤ 3.50

Fuente: Elaboración propia

7.4.2 ANALISIS OLEAJE EN ROTURA MEDIANTE SERIES DE TIEMPO Y FRECUENCIAS EN AGUAS PROFUNDAS MEDIANTE CRITERIOS TIPO I.

Como se mencionó anteriormente la propagación de oleaje se realizó hasta los puntos p1, p2 y p3 pertenecientes a los veriles de los 10, 15 y 20 metros de cada bahía, y que a fin de aplicar los criterios tipo I, se evaluó si los estados de mar propagado a los puntos efectivamente pertenecen a la definición de aguas someras, mediante el la Teoría Lineal del Oleaje "TLO", donde se clasifica la ondas en profundidades indefinidas, medias o someras según la relación profundidad "d" - longitud de onda "L", definida como profundidad relativa (d/L) como:

$d/L > 0,5$ Profundidades indefinidas

$0,05 < d/L < 0,5$ Profundidades intermedias

$d/L < 0,05$ Profundidades reducidas

De esta manera hallar todos los estados de mar que se encuentran en aguas someras con el fin de continuar con el mismo análisis realizado con los criterios de rotura, pero esta vez en aguas someras. Por tanto, para aquellos estados de mar que aún no pertenecían a aguas someras, fueron propagados hasta la profundidad que les permitiera definirse como un estado de mar de profundidades reducidas o aguas someras.

Posteriormente, se procedió a calcular todas las alturas de ola rompiente para cada veril de cada bahía mediante el uso de los criterios tipo I, resumidos en la siguiente tabla, donde en la cuarta columna se expone la dependencia de variables que posee cada fórmula.

Tabla 34 Criterios tipo I

Año	Autor Criterio y Nomenclatura	Fórmula	Variables dependientes
1969	Galvin (G69)	$\frac{H_b}{d_b} = \beta_b$	f(db,m)
	Para,	$\beta_b = 1.09$ para $m \geq 0.07$ y $\beta_b = (1.40 - 6.85m)^{-1}$ para $m < 0.07$	
1969	Collins & Weir (CW69)	$\frac{H_b}{d_b} = \beta_b$	f(db,m)
	Para,	$\beta_b = 1.28$ para $m \geq 0.1$ y $\beta_b = 0.72 + 5.6m$ para $m < 0.1$	
1970	Goda (G70)	$\frac{H_b}{d_b} = \frac{B}{1 + A \frac{d_b}{gT^2}}$	f(db,T, m)
	Para,	$A = 43.75(1 - e^{-19m})$; $B = \frac{1.56}{(1 + e^{-19m})}$	
1976	Madsen (M76)	$\frac{H_b}{d_b} = \beta_b$	f(db,m)
	Para,	$\beta_b = 1.18$ para $m \geq 0.1$ y $\beta_b = 0.72 + 4.6m$ para $m < 0.1$	
1978	Battjes & Janssen (BJ78)	$\frac{H_b}{L_b} = \frac{v_1}{2\pi} \tanh \left[\frac{v_2 2\pi d_b}{v_1 L_b} \right]$	f(db,T)
	Para,	$v_1 = 0.88$ y $v_2 = 0.83$	
1979	Ostendorf & Madsen (OM79)	$\frac{H_b}{L_b} = 0.14 \tanh \left[(0.8 + 5m) 2\pi \frac{d_b}{L_b} \right]$, $m < 0.1$	f(db,m,T)
		$\frac{H_b}{L_b} = 0.14 \tanh \left[(1.3) 2\pi \frac{d_b}{L_b} \right]$, $m > 0.1$	
2000	Rattanapitikon & Shibayama (RS00)	$H_b = H_o \left[\frac{H_o}{L_o} \right]^{-\frac{1}{5}} * (10.02m^3 - 7.46m^2 + 1.32m + 0.55)$	f(H,T, m)

Considerando el mismo formato de las gráficas de series de tiempo realizados con los criterios tipo II, a continuación, se exponen gráficos que relacionan las de series de tiempo de todas las alturas de olas espectrales significativas en aguas profundas (Hmo), pertenecientes a cada estado de mar de los 31 años de datos de parámetros de resumen comparadas con los valores de todas las alturas de olas rompientes (Hb) de cada bahías en los puntos p1, p2 y p3, pertenecientes a los veriles 10, 15 y 20 [m], calculadas para cada criterio tipo I y se procede a realizar el mismo análisis realizado en el acápite anterior, es decir, primero se observa la dependencia de variables litorales, luego la relevancia que posee Hmo en cada criterios y se identifica el Hb sugerido por DIRECTEMAR

Los resultados serán comentados por cada bahía, luego se resumen todos mediante una tabla de resultados y finalmente se refuerza este capítulo con análisis estadístico de distribuciones de frecuencias relativas y acumuladas, en donde se cuantifican estadísticamente las excedencias caso a caso.

En la parte superior el gráfico muestra a través de líneas rectas horizontales el valor de altura de ola rompiente considerando la metodología sugerida por la DIRECTEMAR para cada veril de profundidad. Se presenta en color magenta la serie de tiempo referida al Hmo en aguas profundas y en color gris, azul y verde a las Hb de cada criterio en los puntos p1, p2 y p3, pertenecientes a los veriles de los 10, 15 y 20 [m] respectivamente.

Para el criterio de BJ78, en las cuatro bahías se observa que las series poseen una muy baja sensibilidad ante los veriles de profundidad, dado que las series de Hb se superponen y los valores de Hb son iguales en los tres veriles. El Hb sugerido por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparación con los Hb modales calculado con el criterio y se observa que existen diferencias mínimas de 3.5 [m] y diferencias máximas de 4.5 [m].

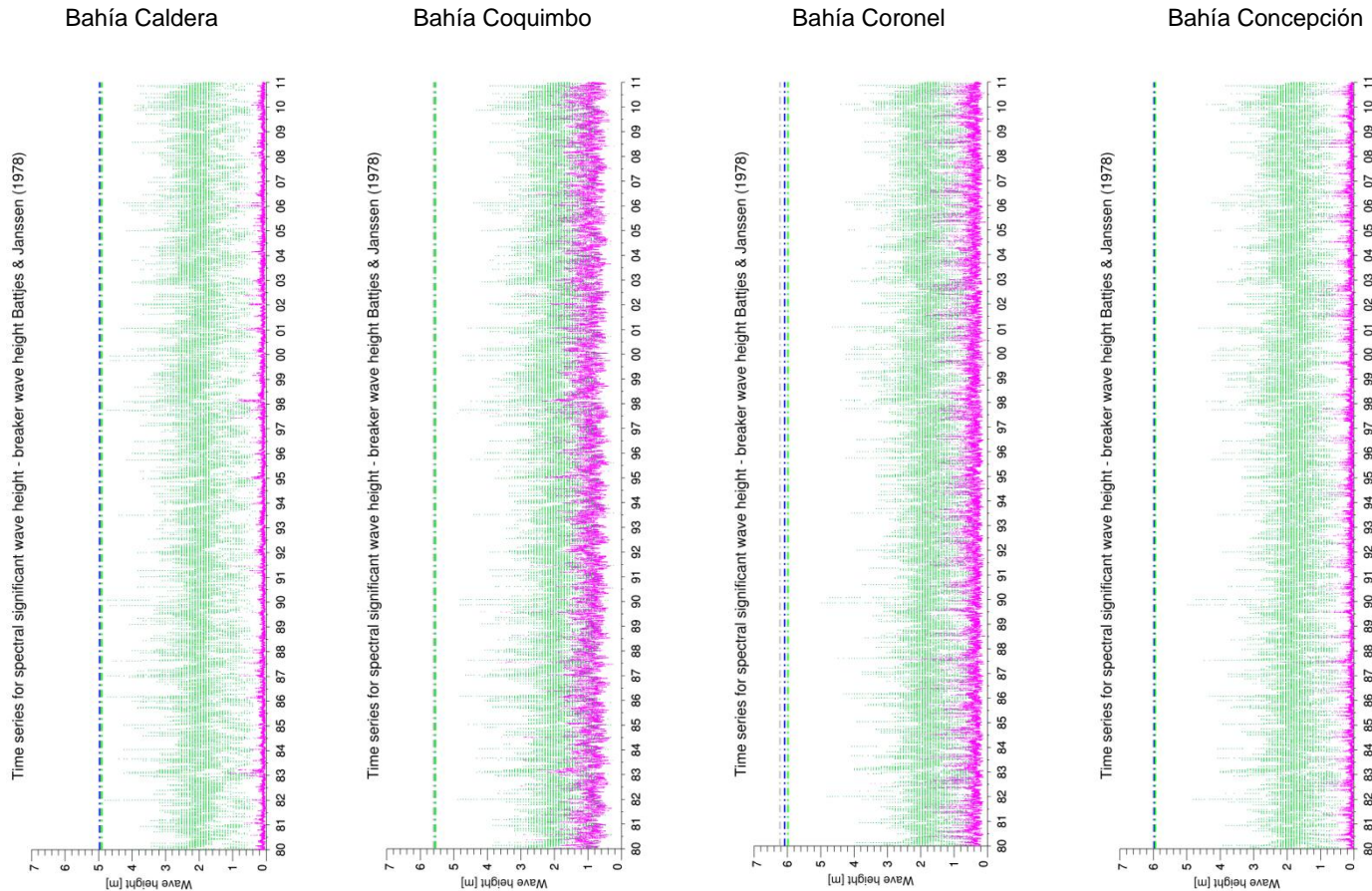


Figura 111 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Battjes & Janssen (1978).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de CW69, en las bahías de Caldera, Concepción y Coronel, se observa que las series poseen una muy baja sensibilidad ante los veriles de profundidad, dado que las series de Hb se superponen. La bahía de Coquimbo, se muestra con una sensibilidad baja, dado que las series poseen algunos valores distintos entre si. El Hb recomendado por DIRECTEMAR para las bahías varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m] que en comparación con los Hb modales calculado con el presente criterio y se observa que existen diferencias mínimas de 3.0 [m] y diferencias máximas de 3.5 [m].

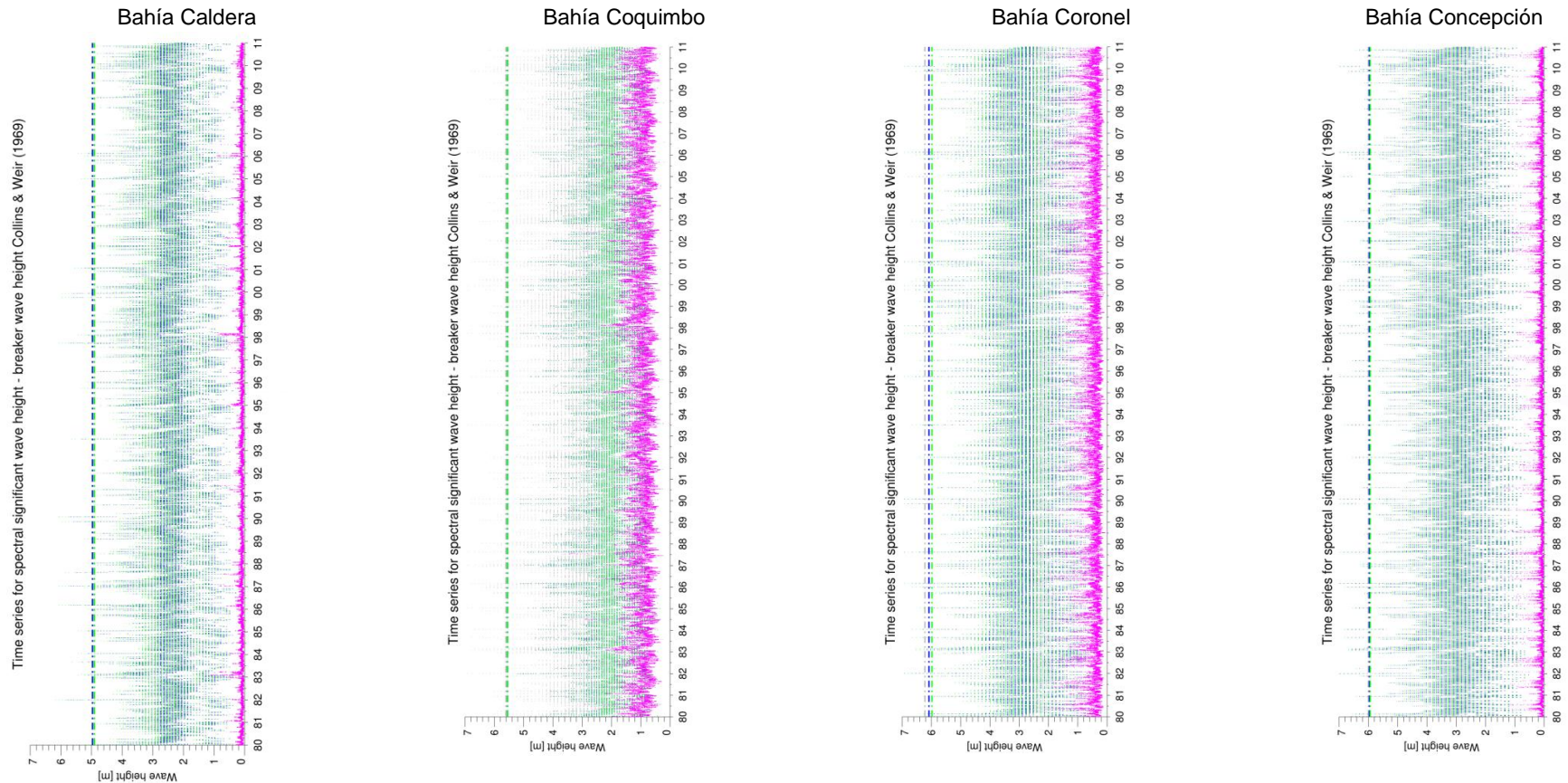


Figura 112 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Collins & Weir (1969).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de G69, en las cuatro bahías se observa que las series poseen una escasa sensibilidad ante los veriles de profundidad pues los valores de Hb son prácticamente iguales en los tres veriles, probocando una superposición entre las series. El Hb sugerido por DIRECTEMAR varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparación con los Hb modales calculado con el criterio y se observa que existen diferencias mínimas de 3.0 [m] y diferencias máximas de 4.5 [m].

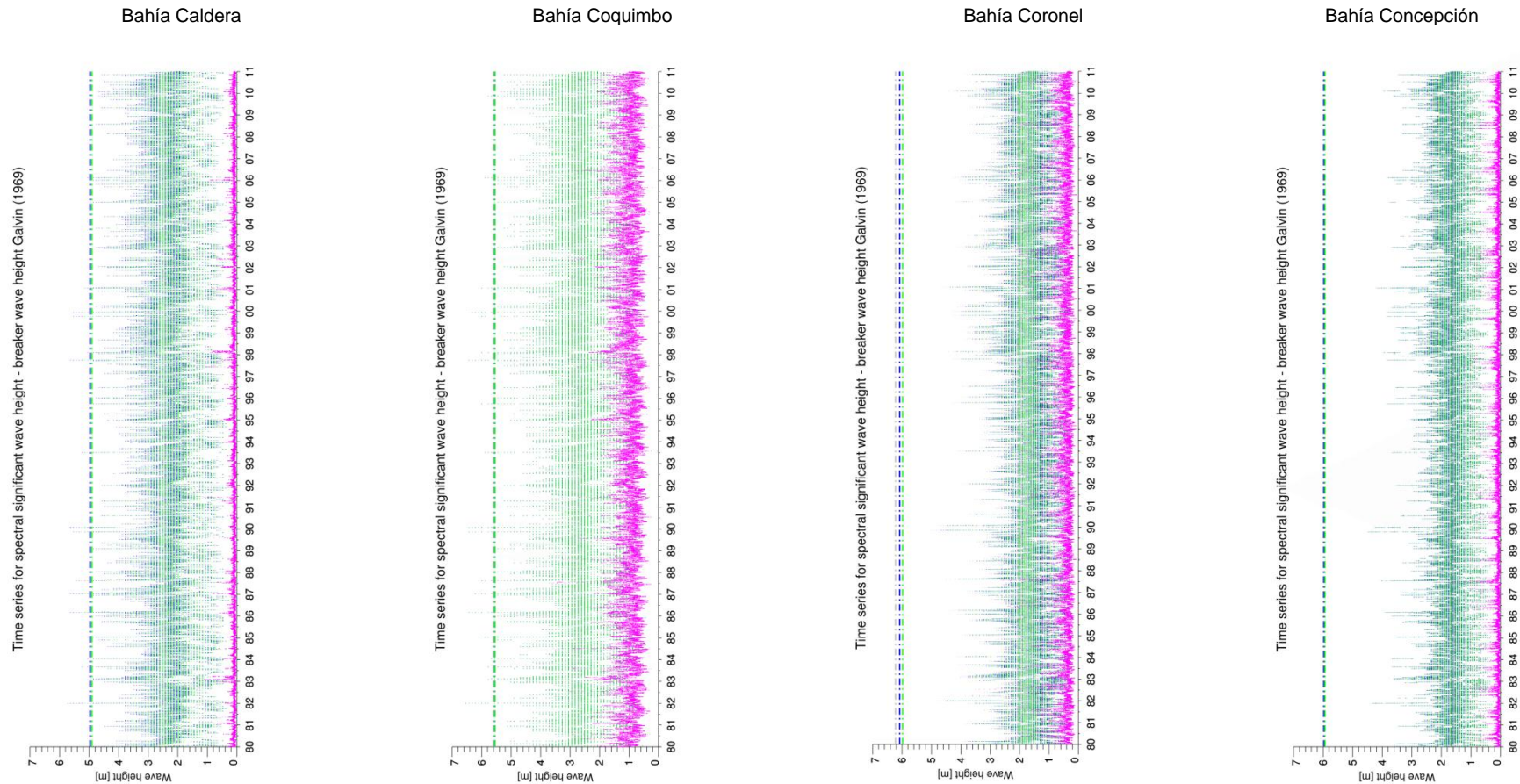


Figura 113 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Galvin (1969).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de G70, se dan las mismas condiciones que en el caso del anterior criterio de G69.

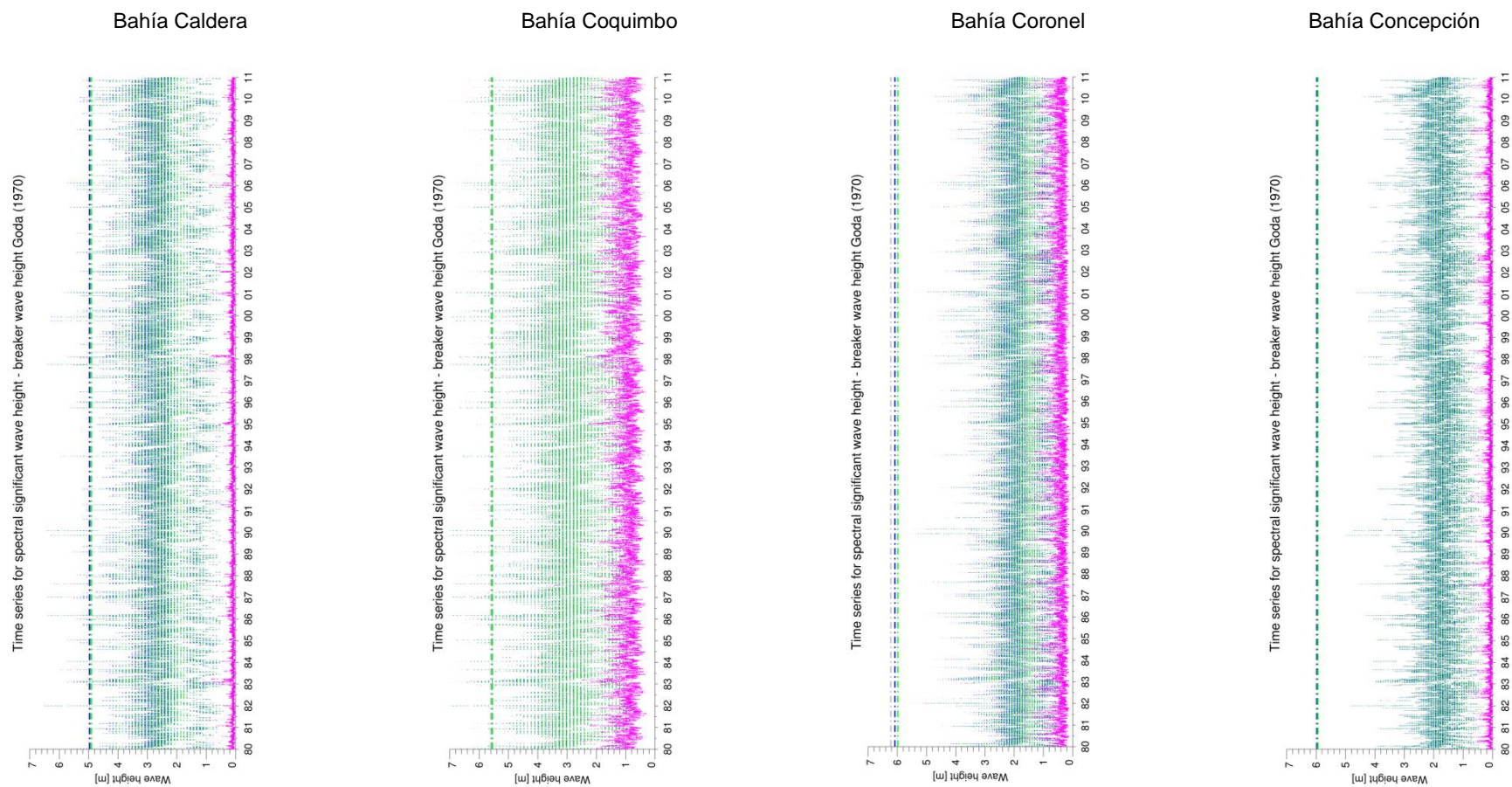


Figura 114 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Goda (1970).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de M76, se dan las mismas condiciones que en el caso del criterio de CW69, con diferencia en los Hb modales del criterio y el Hb recomendado por DIRECTEMAR es de mínimo 3.0 [m] y máximo 4.5 [m].

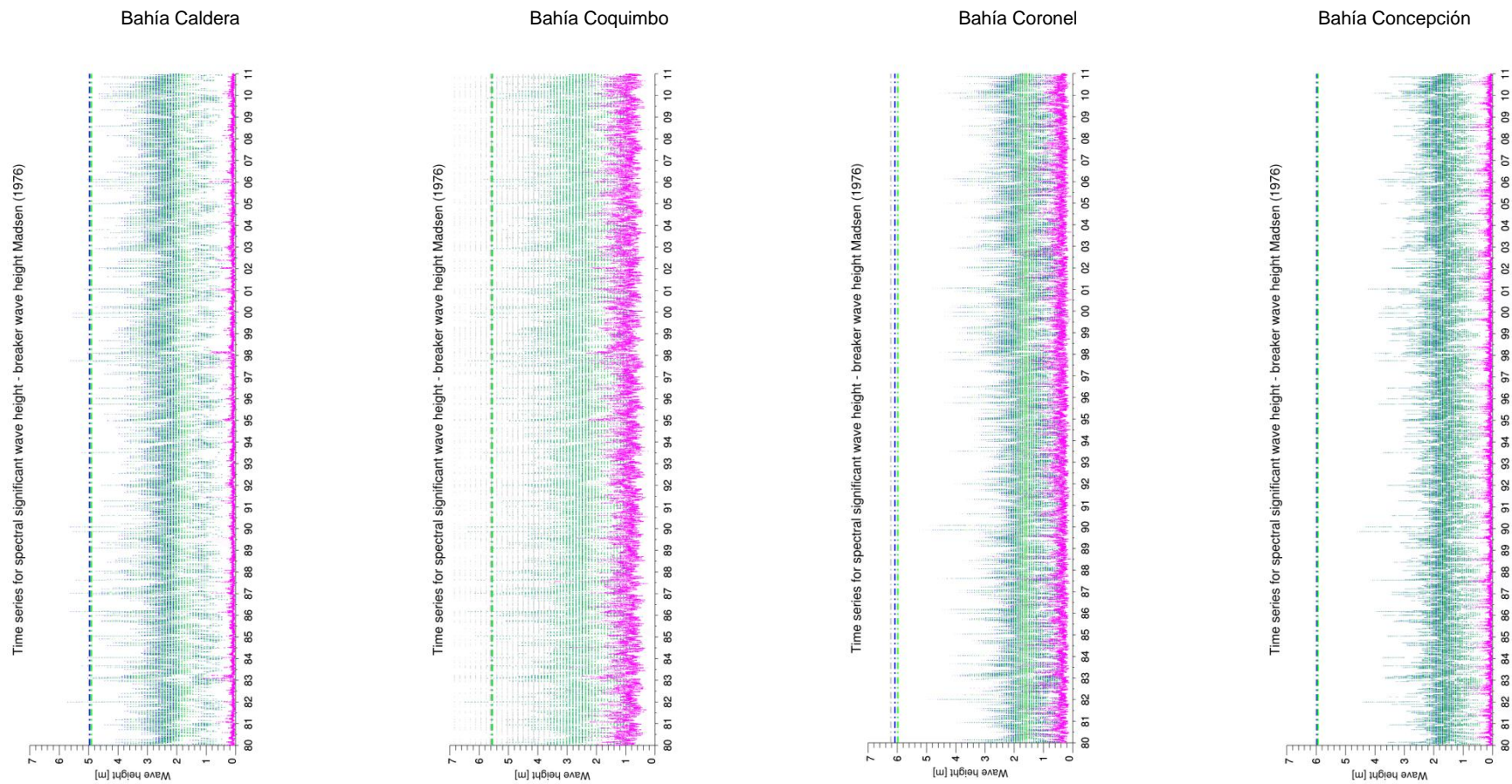


Figura 115 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Madsen (1976).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de OM79, también se observa con muy baja sensibilidad frente a las profundidades. Y el Hb sugerido por DIRECTEMAR varía entre 5.0 [m] y 6.0 [m]. En comparación con los Hb modales calculado con el criterio y se observa que existen diferencias mínimas de 3.0 [m] y diferencias máximas de 5.5 [m].

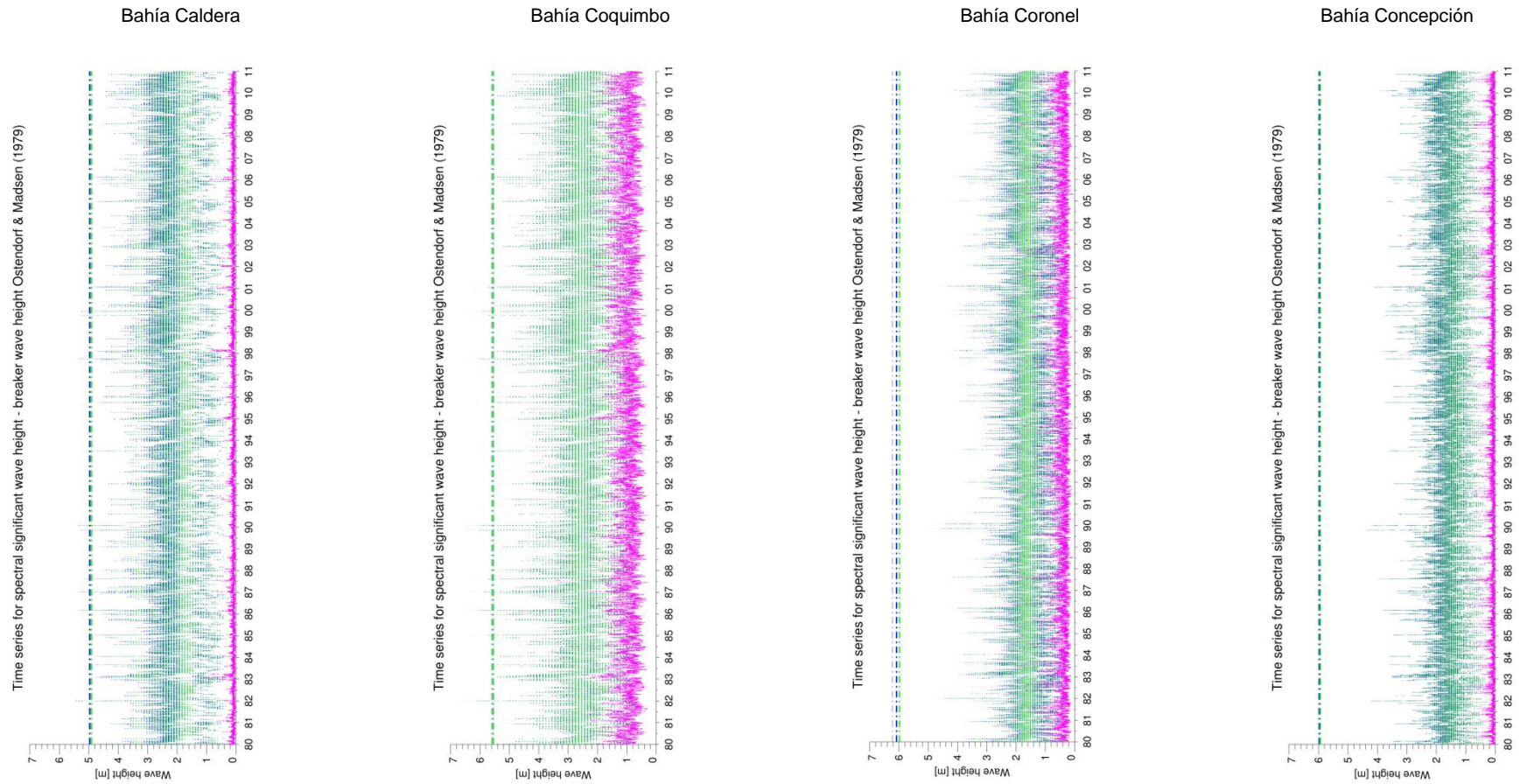


Figura 116 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Ostendorf & Madsen (1979).
Fuente: Elaboración Propia

Para el criterio de RS00, presenta las mismas condiciones que el criterio de OM79, pero en este caso, se observan diferencias mínimas de 4.0 [m] y diferencias máximas de 5.5 [m]. Claramente es posible notar que las series se asemejan a la serie de Hmo, dado que el criterio de RS00, forma parte de los criterios tipo II, por tanto, el comportamiento de las series es inherente a su naturaleza offshore.

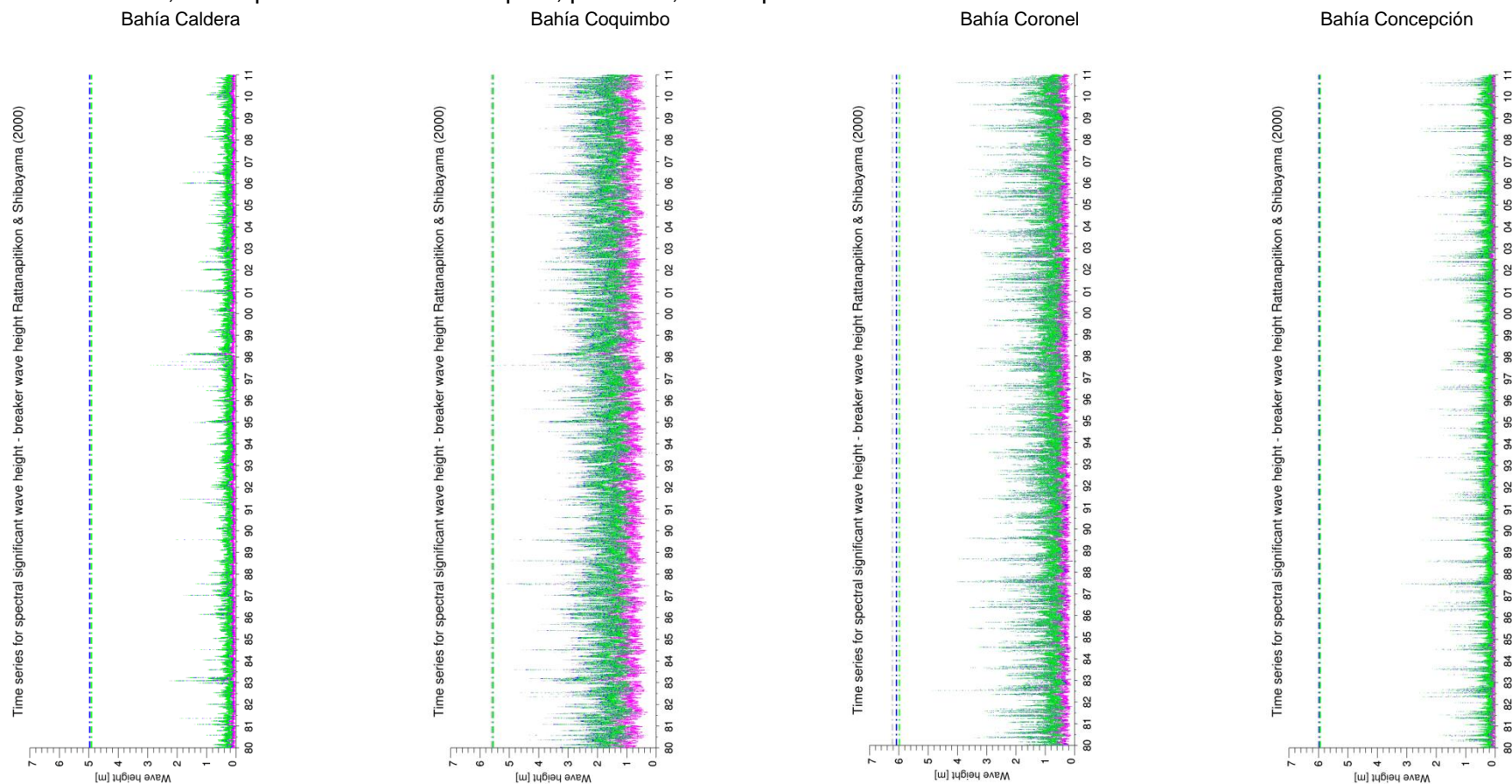


Figura 117 Serie de tiempo de Hmo - Hb de Rattanapitikon & Shibayama (2000).
Fuente: Elaboración Propia

En resumen, se muestra la siguiente tabla, donde la primera columna muestra el nombre de la bahía, la segunda columna muestra el criterio asociado, la tercera muestra el valor de Hb calculado con método recomendado por DIRECTEMAR y en la cuarta columna se muestra las diferencias que tienen los Hb de cada criterio en relación al Hb DIRECTEMAR.

Tabla 35 Tabla de resumen

Nombre Bahía	Nombre figura	Hb sugerido por DIRECTEMAR	Diferencia promedio de Hmo y Hb sugerido por DIRECTEMAR
Caldera	BJ78	5.0 [m]	3.5 [m]
	CW69		3.5 [m]
	G69		3.0 [m]
	G70		2.5 [m]
	M76		3.0 [m]
	OM79		3.0 [m]
	RS00		4.0 [m]
Coquimbo	BJ78	5.5 [m]	4.5 [m]
	CW69		3.0 [m]
	G69		4.5 [m]
	G70		4.5 [m]
	M76		4.5 [m]
	OM79		4.5 [m]
	RS00		5.5 [m]
Concepción	BJ78	6.0 [m]	4.5 [m]
	CW69		3.0 [m]
	G69		4.5 [m]
	G70		4.5 [m]
	M76		4.5 [m]
	OM79		5.5 [m]
	RS00		5.5 [m]
Coronel	BJ78	6.0 [m]	4.5 [m]
	CW69		3.0 [m]
	G69		4.5 [m]
	G70		4.0 [m]
	M76		4.5 [m]
	OM79		5.5 [m]
	RS00		5.5 [m]

Fuente: Elaboración propia

Como se pudo observar en los gráficos anteriores, existe poca sensibilidad de los criterios ante la profundidad y la pendiente, ya que las curvas de las series se superponen. Es posible que esto sea provocado por la cercanía entre veriles. Además, se comprueba que existe una mayor desvinculación entre las series de los criterios y la serie perteneciente a Hmo.

Con el fin de comparar, en ésta sección fue incluido el criterio tipo II RS00, el cual es el recomendado por DIRECTEMAR, una vez que el oleaje ha sido propagado. Con respecto a dicho criterio se confirma que a pesar de utilizar estados de mar propagados, sus series de tiempo se observan dependientes de los valores de Hmo, reafirmando su naturaleza *offshore*.

Las series de tiempo de los criterios tipo I en comparación con los criterios tipo II, se observan que los valores de Hb calculados para cada criterio se acercan con mayor frecuencia al valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR.

Además, es posible notar que todos los criterios se encuentran retirados en al menos 3 [m] de altura de ola en relación al factor P latitudinal.

Con el fin de analizar los estratos de Hb, se construyeron gráficos comparativos de frecuencia relativa y acumulada que relacionan todas las alturas de olas espectrales significativas en aguas profundas (Hmo) pertenecientes a cada estado de mar en los 31 años de datos de parámetros de resumen comparadas con todas las alturas de olas rompientes (Hb) de cada playa en los veriles 10, 15 y 20 [m] para cada criterio tipo I.

Para diferenciar las curvas, se utilizó la siguiente nomenclatura gráfica:

Tabla 36 Nomenclatura de gráficos

— · · · —	H _b (z = 10.0)
— — —	H _b (z = 15.0)
————	H _b (z = 20.0)
—	Hmo
—	H _b (z = 10.0)
—	H _b (z = 15.0)
—	H _b (z = 20.0)

Fuente: Elaboración propia

A la derecha de los gráficos se muestran a través de líneas rectas verticales el valor de altura de ola considerando la metodología sugerida por la DIRECTEMAR para punto perteneciente a cada veril de profundidad.

Del mismo modo que en los gráficos de series de tiempo, en los gráficos de distribuciones de frecuencias, se observan las condiciones de dependencia o independencia litoral mediante la superposición de las curvas o la separación de ellas, otro factor que se puede observar en los gráficos, es la cercanía que poseen las distribuciones de Hb con respecto a la cercanía que poseen con los valores sugeridos por DIRECTEMAR y las medidas de forma que posee cada distribución de frecuencia absoluta.

En los criterios de BJ78, CW69, CW, G69, G70 y M76 muestran que las distribuciones de frecuencia relativa de Hb para la cuatro bahías y en los tres veriles de profundidad poseen medidas de forma platicurtica simétrica concentrando sus valores de mayor frecuencia en la zona central de la curva, señalando que la moda, media y mediana tienen valores similares. Es posible notar que los valores de Hb de los criterios se acercan mucho más en comparación con los criterios tipo II, al valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR.

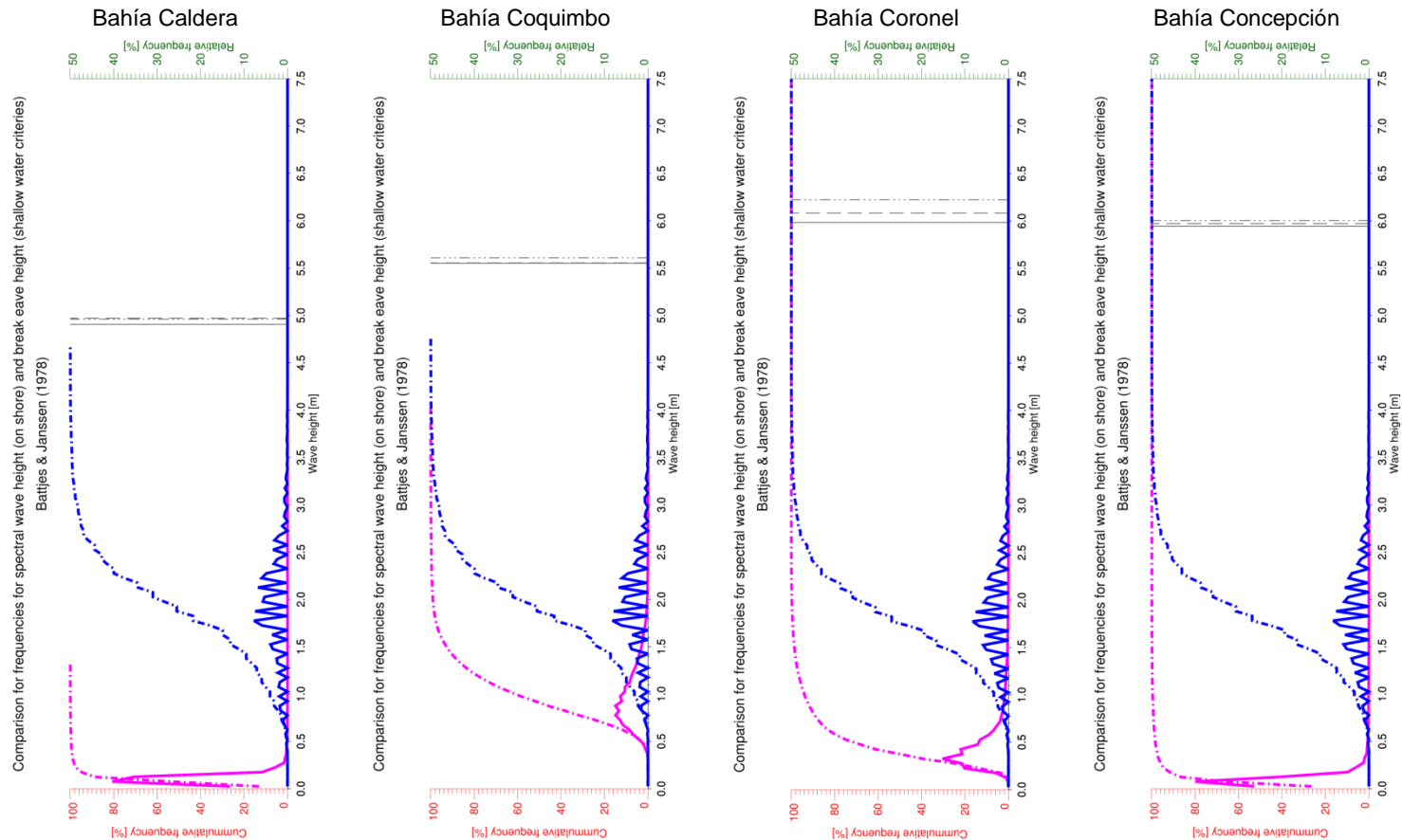


Figura 118 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Battjes & Janssen (1978)
Fuente: Elaboración Propia

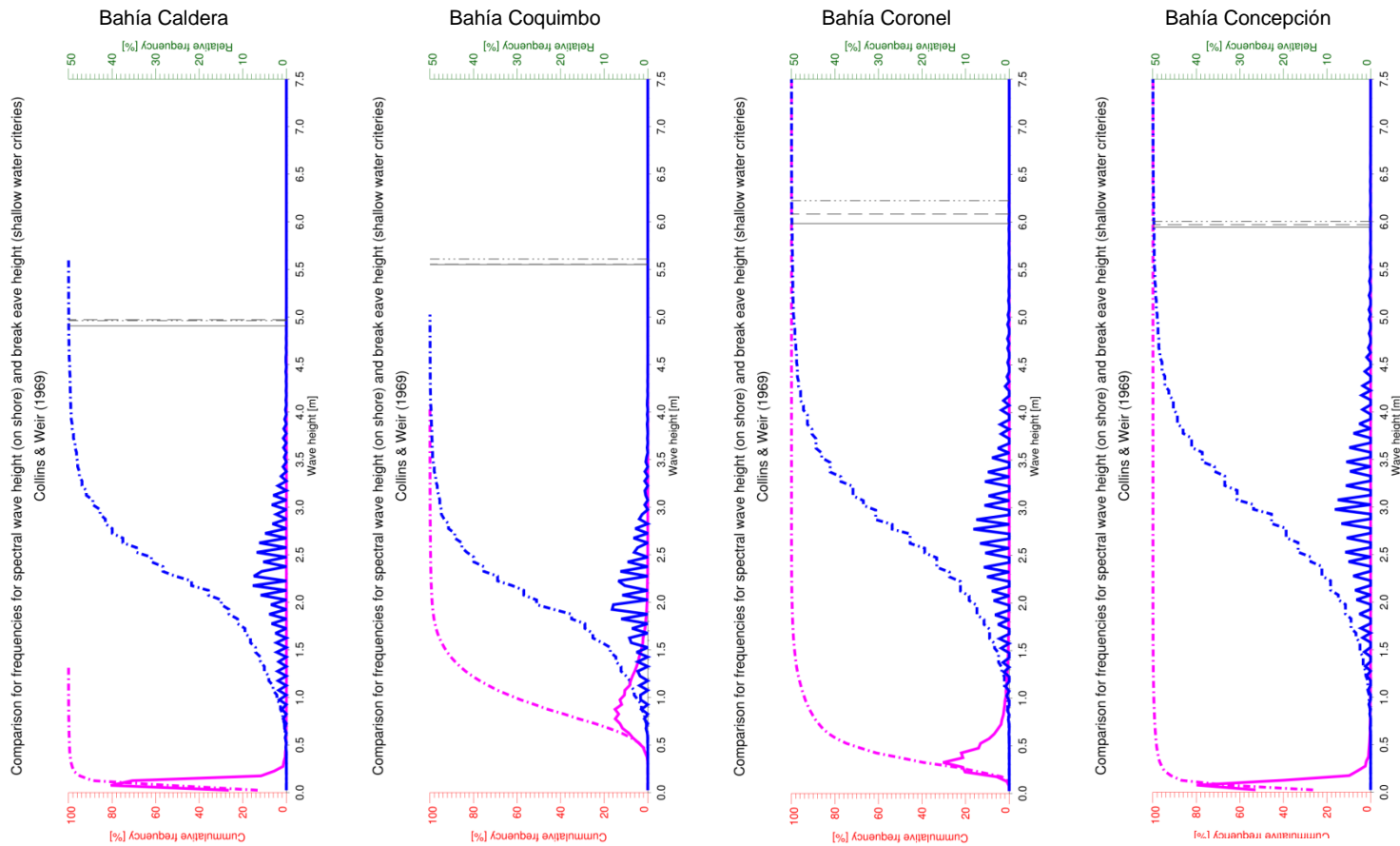


Figura 119 Comparación de frecuencias de Hm - Hb de Collins & Weir (1969).
Fuente: Elaboración Propia

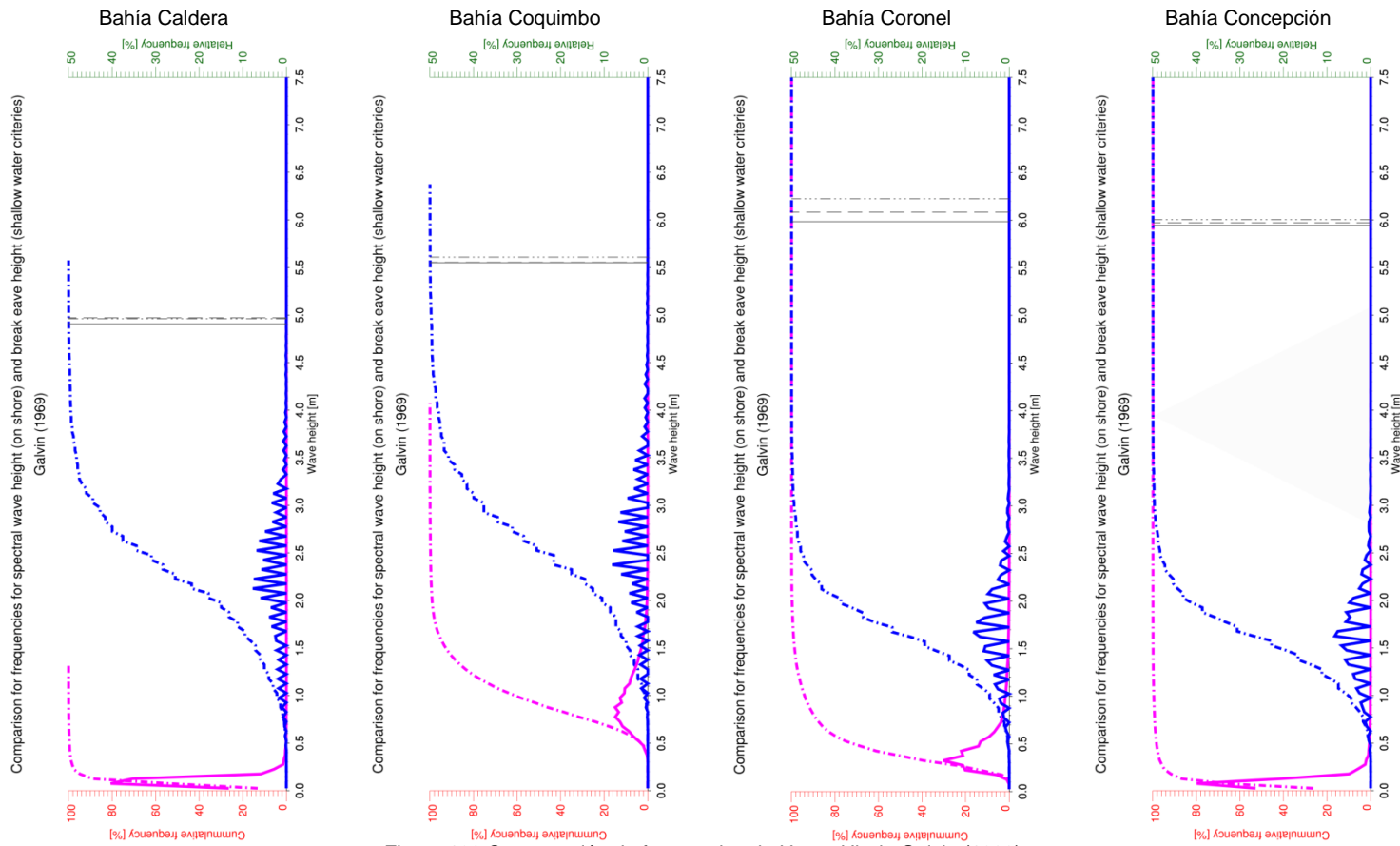


Figura 120 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Galvin (1969).
Fuente: Elaboración Propia

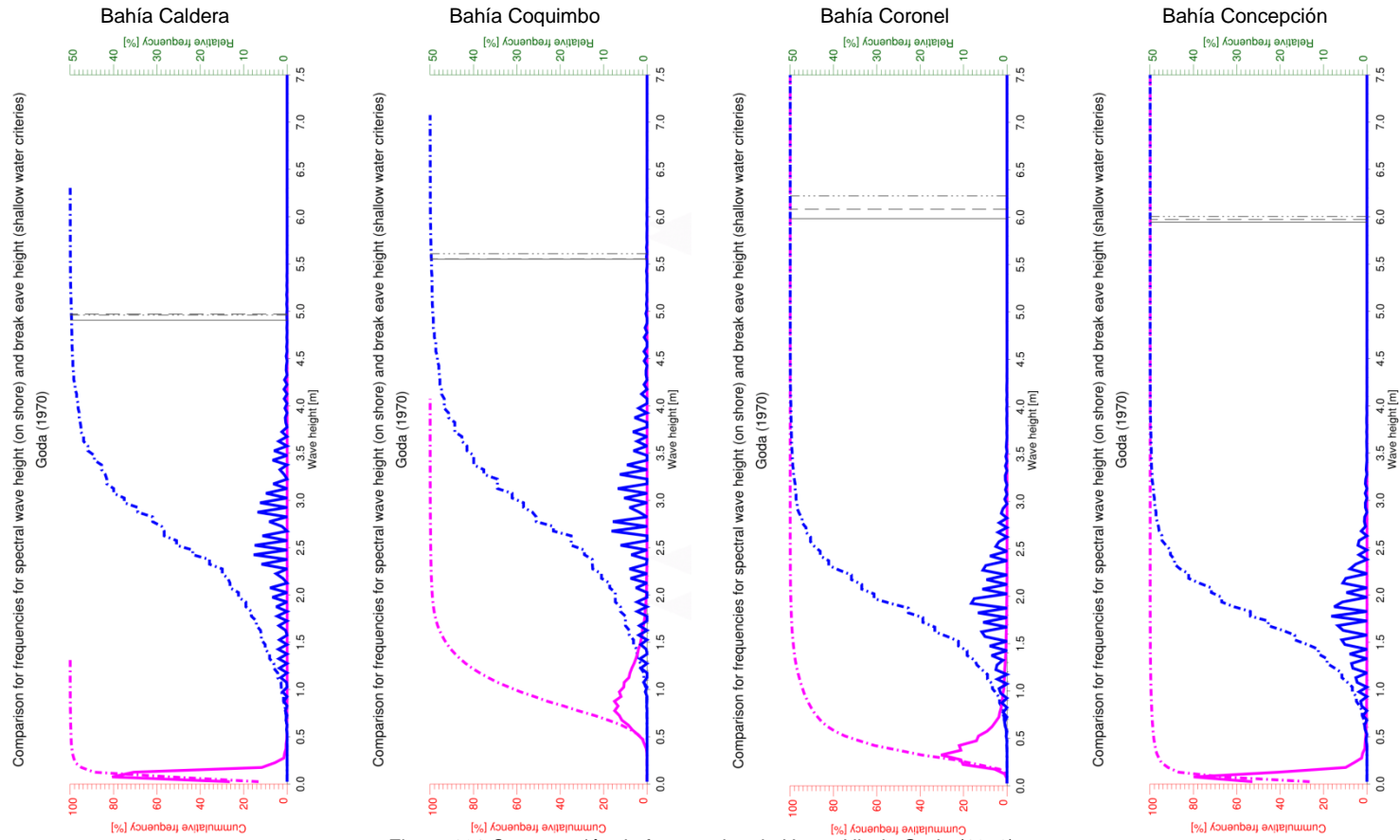


Figura 121 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Goda (1970).
Fuente: Elaboración Propia

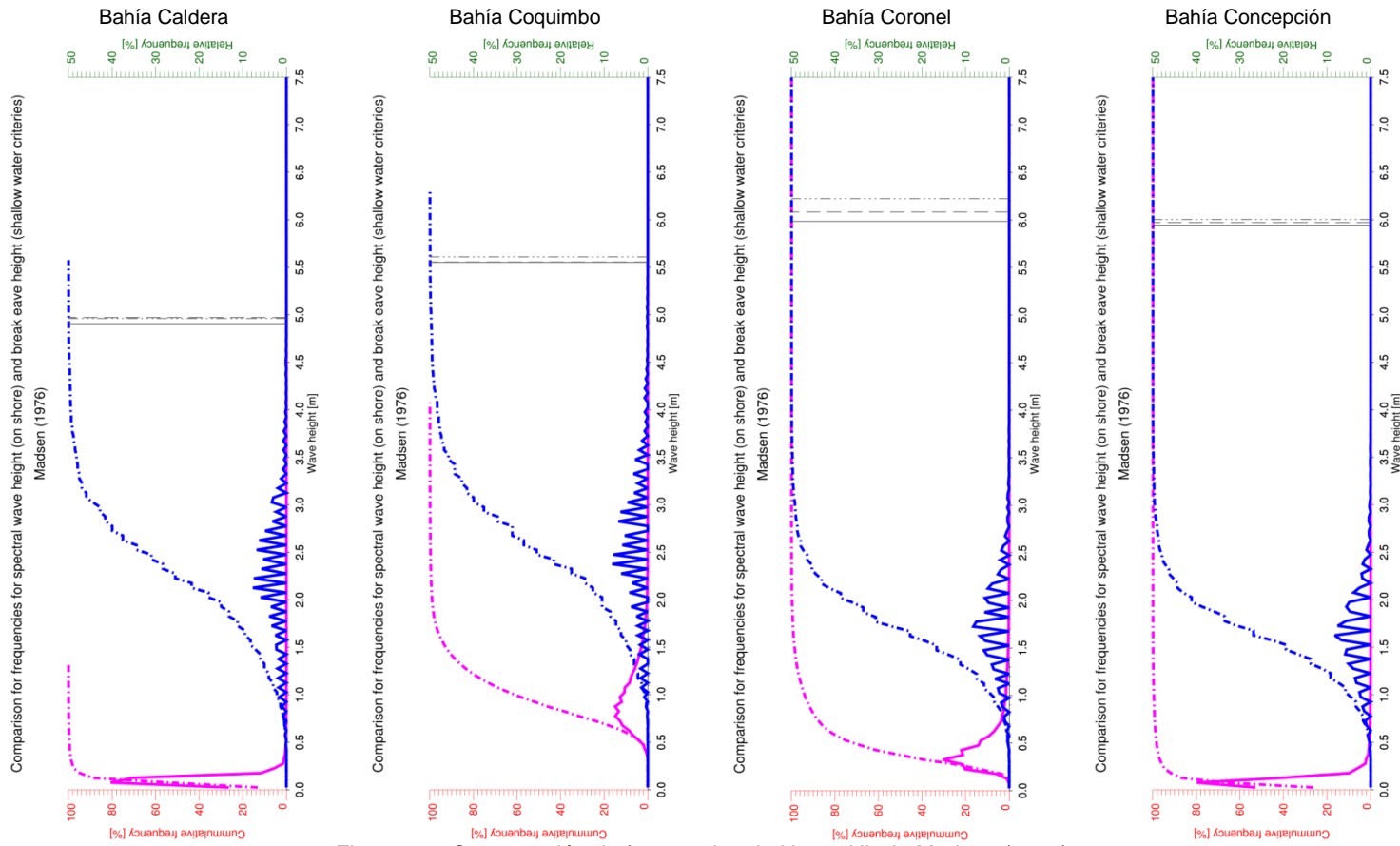


Figura 122 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Madsen (1976).
Fuente: Elaboración Propia

A diferencia de los criterios anteriores, es posible ver que el criterio recomendado por la DIRECTEMAR, tiene medidas de forma de acuerdo a la distribución de Hmo, mostrando una suerte de memoria offshore. Las cuatro bahías estudiadas, tienen sus distribución de frecuencias relativas con medidas de forma diferente. Bahía Caldera presenta una distribución leptocurtica asimétrica positiva, bahía Coquimbo se observa platocurtica positiva, bahía Coronel posee medida de forma mesocurtica y bahía Concepción leptocurtica bimodal positiva. Todas las medias geométricas inclinan sus valores a los valores atípicos mayores, indicando que esta es mayor que la moda y la mediana. Raudamente es posible observar que las frecuencias Hb del criterio de RS00, están muy lejanas al valor sugerido por DIRECTEMAR, en las cuatro bahías y en los tres veriles de profundidad.

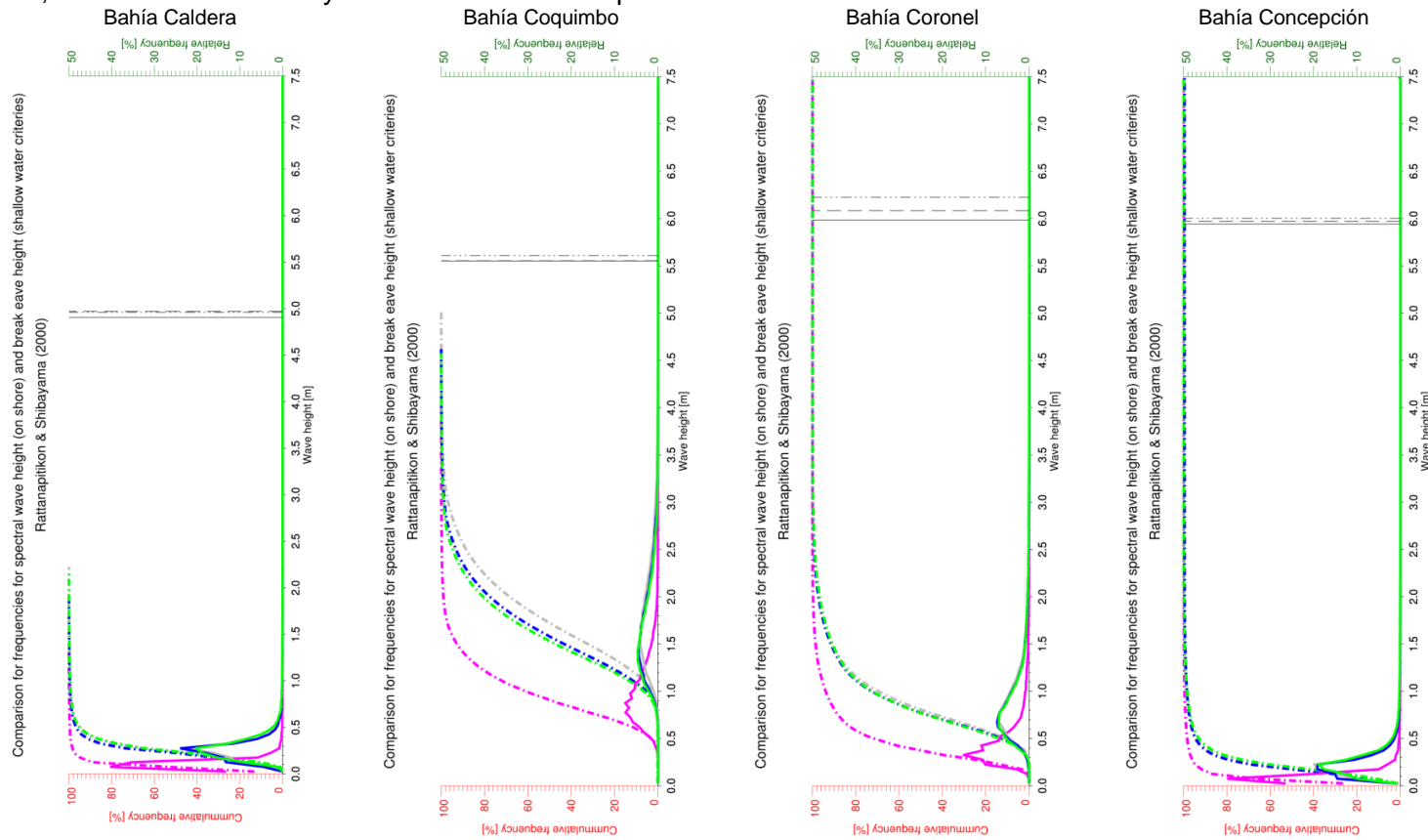


Figura 123 Comparación de frecuencias de Hmo - Hb de Rattanapitikon & Shibayamma (2000). Fuente: Elaboración Propia

En los gráficos anteriores se mostró como concentran los valores de frecuencias acumulada y relativa de Hb en la región de las distribuciones. En donde se pudo observar que de todos los criterios tipo I e incluso el criterio tipo II de RS00. De los gráficos se destaca la distancia existente entre Hb criterios y Hb sugerido por DIRECTEMAR. Por lo que igual que en acápite anterior se utilizó el algoritmo que permite contar aquellos Hb de cada criterio que sobrepasen al valor sugerido por DIRECTEMAR (Figura 50)

Los resultados se tabularon en tres secciones. La primera sección enseña la cantidad de eventos que son mayores a Hb sugerido por DIRECTEMAR, la segunda sección enseña el porcentaje de excedencia que representa dicha cantidad de eventos y la tercera sección se muestra el número de horas al año que representa.

A continuación, se detalla la cantidad de eventos que exceden el valor de Hb sugerido por DIRECTEMAR, junto con el porcentaje que representa y la cantidad de horas al año que son sobrepasados.

Tabla 37 Excedencia de eventos – Caldera

Cantidad de eventos							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0	89	69	489	69	42	0
15.0 [m]	0	89	69	489	69	42	0
20.0 [m]	0	377	42	260	49	23	0
Porcentaje de excedencia							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	0.10	0.08	0.54	0.08	0.05	0.00
15.0 [m]	0.00	0.10	0.08	0.54	0.08	0.05	0.00
20.0 [m]	0.00	0.42	0.05	0.29	0.05	0.03	0.00
Número de horas por año							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	8.61	6.67	47.29	6.67	4.06	0.00
15.0 [m]	0.00	8.61	6.67	47.29	6.67	4.06	0.00
20.0 [m]	0.00	36.46	4.06	25.14	4.74	2.22	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Excedencia de eventos – Coquimbo

Cantidad de eventos							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0	814	91	914	102	117	1
15.0 [m]	0	0	117	600	91	53	0
20.0 [m]	0	0	117	468	91	53	0
Porcentaje de excedencia							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	0.90	0.10	1.01	0.11	0.13	0.00
15.0 [m]	0.00	0.00	0.13	0.66	0.10	0.06	0.00
20.0 [m]	0.00	0.00	0.13	0.52	0.10	0.06	0.00
Número de horas por año							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	78.72	8.80	88.39	9.86	11.31	0.10
15.0 [m]	0.00	0.00	11.31	58.02	8.80	5.13	0.00
20.0 [m]	0.00	0.00	11.31	45.26	8.80	5.13	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Excedencia de eventos – Concepción

Cantidad de eventos							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0	354	0	0	0	0	0
15.0 [m]	0	430	0	0	0	0	0
20.0 [m]	0	484	0	0	0	0	0
Porcentaje de excedencia							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0 [m]	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de horas por año							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0 [m]	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0 [m]	0.00	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Excedencia de eventos – Coronel

Cantidad de eventos							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0	30	0	0	0	0	0
15.0 [m]	0	133	0	0	0	0	0
20.0 [m]	0	430	0	0	0	0	0
Porcentaje de excedencia							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0 [m]	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0 [m]	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Número de horas por año							
Profundidad	BJ78	CW69	G69	G70	M76	OM79	RS00
10.0 [m]	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0 [m]	0.00	12.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0 [m]	0.00	41.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los eventos que superan el Hb sugerida por la DIRECTEMAR son escasos, incluso para el criterio de RS00 con un máximo de 1 evento al año que se excede, es decir, el factor P sugerido por la DIRECTEMAR es sobrepasado en 0.10 horas al año.

El máximo sobre paso está dado por el criterio de CW69, con 430 eventos, es decir, 41.58 horas al año, menos de 2 días en el año.

7.4.3 ANALISIS COMPARATIVO ZPL MEDIANTE DE CRITERIOS TIPO I

A continuación, se muestran gráficos comparativos del cálculo de anchos de ZPL calculados con oleaje refractado a las bahías en estudio. El cálculo se realizó con cada uno de los criterios tipo I antes mencionados, incluyendo el criterio de RS00 sugerido por la DIRECTEMAR.

Las barras de color rojo indican los anchos de ZPL, calculadas con la Hb máxima que se puede alcanzar cada criterio en los 31 años de datos y en color azul el ancho de ZPL calculado con el Hb promedio calculado en los 31 años de datos.

La línea segmentada superior horizontal muestra el ancho de ZPL, que se puede alcanzar utilizando el método sugerido por la DIRECTEMAR, es decir, utilizando el factor "P" latitudinal.

En los siguientes gráficos, es posible notar que para la bahía de Caldera gran parte de los criterios calculados con la máxima Hb, en los tres puntos de análisis, supera o se encuentran cercanos al valor del ancho de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR; por el contrario el criterios de RS00 se ubica más abajo, reduciendo el valor del ancho de ZPL en casi 100 [m] en comparación con el ancho calculado con parámetros de olas de aguas profundas. Todos los criterios se muestran una evidente sensibilidad a los cambios de pendiente a excepción de criterio de BJ78, que solo depende de la profundidad y el periodo.

Además se observa que los anchos de ZPL, medidos con Hb promedio son comparablemente menores en más de un 60% con el ancho medido con Hb máximo.

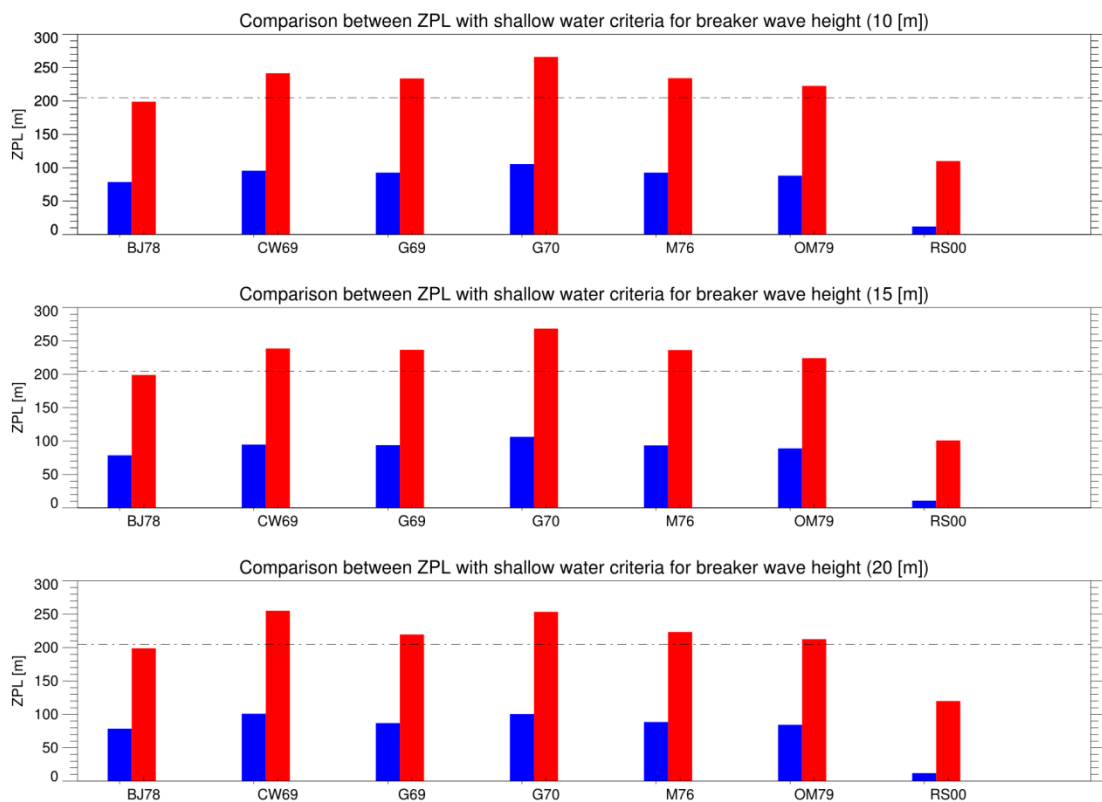


Figura 124 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Caldera
Fuente: Elaboración propia

En los siguientes gráficos comparativo, se observa que para la bahía de Coquimbo la mayoría de los criterios calculados con Hb máxima, en los tres puntos de análisis, supera o se encuentran cercanos al valor del ancho de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR.

El criterio de Rattanapitikon & ShibayamaRS00, reduce el valor del ancho de ZPL en función de la profundidad, entre 8 a 13 [m] metros de diferencia en comparación con el ancho calculado con parámetros de olas de aguas profundas.

Todos los criterios se muestran una evidente sensibilidad a los cambios de pendiente a excepción de criterio de Battjes & JanssenBJ78, que solo depende de la profundidad y el periodo.

Además se observa que los anchos de ZPL, medidos con Hb promedio son comparablemente menores en más de un 60% con el ancho medido con Hb máximo.

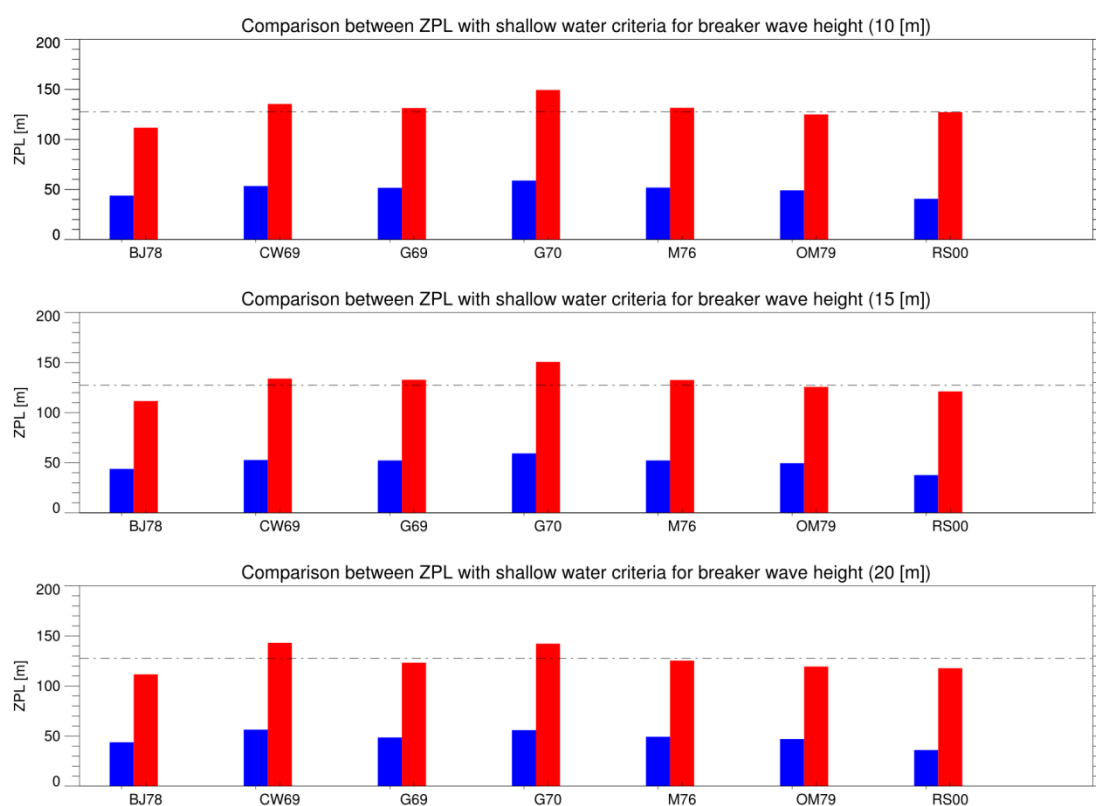


Figura 125 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coquimbo
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la fórmula para calcular ZPL, no es apta para pendiente menores a 0.01, se analiza el comportamiento del criterio de RS00 al ser calculado con oleaje refractado.

En los siguientes gráficos comparativo, se observa que para la bahía de Concepción la mayoría de los criterios calculados con Hb máxima, en los tres puntos de análisis, supera o se encuentran cercanos al valor del ancho de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR; por el contrario el criterios de RS00, se ubica más abajo, reduciendo el valor del ancho de ZPL en más de 1800 [m] en comparación con el ancho calculado con parámetros de olas de aguas profundas.

Al igual que en casos anteriores, todos los criterios se muestran una evidente sensibilidad a los cambios de pendiente a excepción de criterio de BJ78, que solo depende de la profundidad y el periodo.

Además se observa que los anchos de ZPL, medidos con Hb promedio son comparablemente menores en más de un 60% con el ancho medido con Hb máximo.

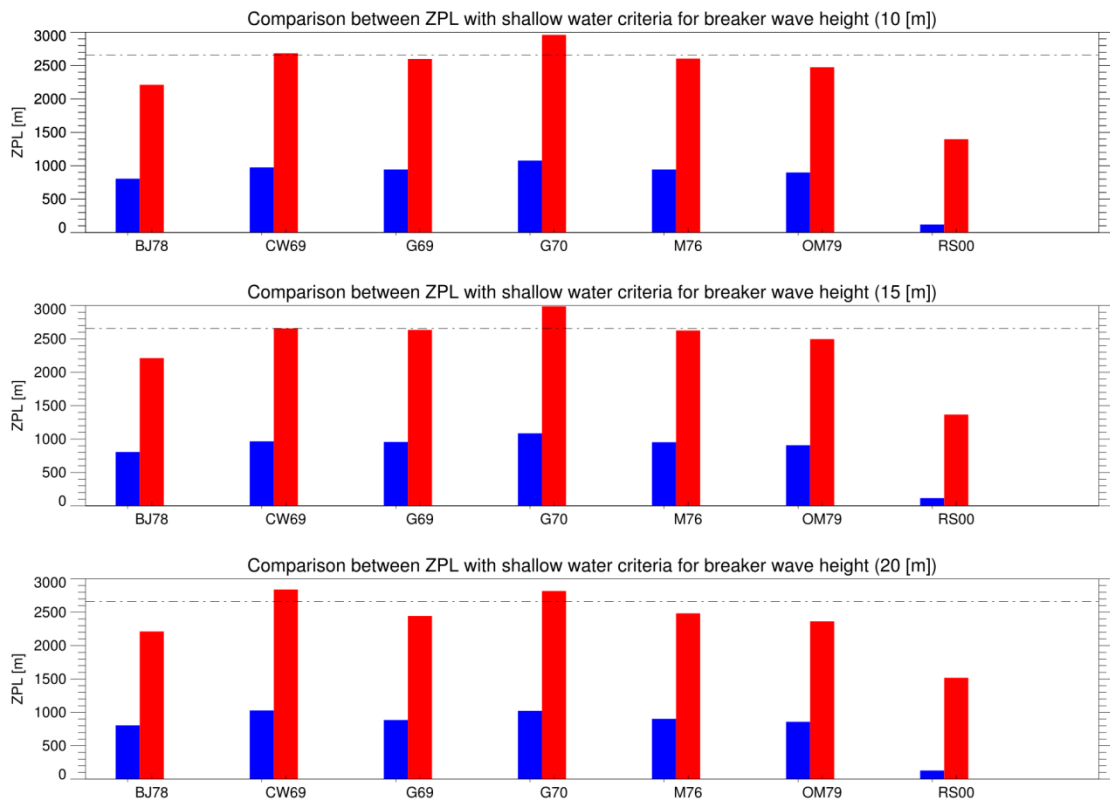


Figura 126 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Concepción
Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, para la bahía de Coronel la mayoría de los criterios calculados con Hb máxima, en los puntos de análisis, también, superan o se encuentran cercanos al valor del ancho de la ZPL medido con el método DIRECTEMAR. El criterio de RS00, se ubica más abajo, reduciendo el valor del ancho de ZPL en más de 150 [m] en comparación con el ancho calculado con parámetros de olas de aguas profundas. Nuevamente, es posible observar la sensibilidad a los cambios de pendiente a excepción de criterio de BJ78. Además se observa que los anchos de ZPL, medidos con Hb promedio son comparativamente menores en más de un 60% con el ancho medido con Hb máximo.

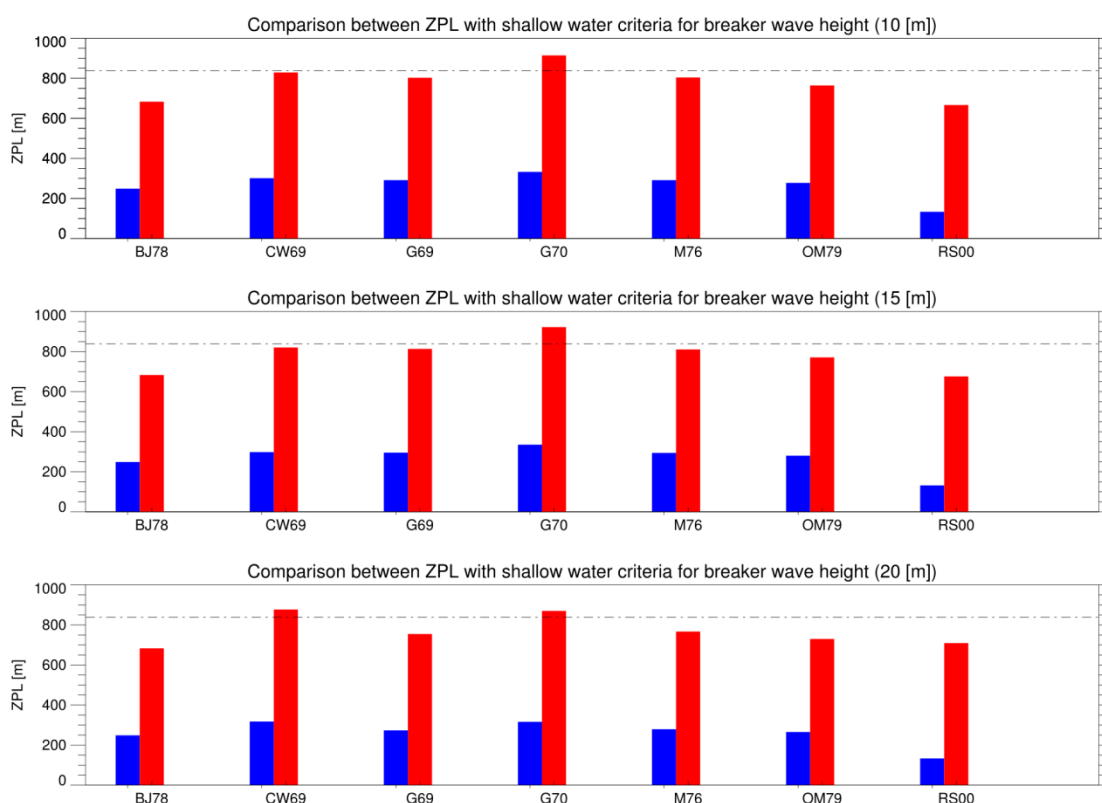


Figura 127 Comparación de anchos de ZPL, con criterios tipo II – Bahía Coronel
Fuente: Elaboración propia

De forma general se observa que:

La mayoría de los criterios de rotura tipo I, alcanzan el umbral calculado con el método DIRECTEMAR, debido a que el análisis se realizó con las máximas alturas de olas rompientes de los 31 años de datos, sin embargo, los valores que alcanzan los anchos de ZPL calculados con las alturas de ola rompiente promedio se observan comparativamente menores en más de un 60%.

8. DISCUSION

Como se aclara en la presente memoria, factor de "P" sobrestima resultados de los anchos de ZPL. Por otro lado, la fórmula utilizada en el génesis de la ZPL, contiene un factor de seguridad que eventualmente podría entregar una suerte de flexibilidad a la fórmula que permitiese manejar los anchos de ZPL en función de cada caso en que se requiera implementar el estudio. En otras palabras; ajustar la formula mediante dicho factor en función de las condiciones del medio marino en donde se requiera realizar el estudio podría ser una solución.

Para ello se deben considerar los factores físicos del medio como por ejemplo la capacidad de dilución, la exposición hacia el oleaje reinante, el tipo del contaminante, tiempo de vertimiento y vida útil del proyecto a realizar, de esta manera en condiciones adversas la dispersión y dilución con el fin de que sean amplificadas con la ayuda del factor de seguridad; en caso contrario mantener la expresión vigente, utilizando siempre las condiciones de oleaje propagadas al punto de interés, es decir, al punto de vertimiento del RIL.

Del análisis del D.S N° 90, sería oportuno considerar por separado las concentraciones de contaminante dentro de la ZPL y fuera de ella, es decir, calificar según grado de toxicidad, tal como define en normativas internacionales, donde se categorizan los efectos de contaminación crítica y aguda, además de incorporar factores relacionados con latencia y persistencia del fenómeno en el tiempo y espacio, especialmente cuando se trata de sustancias altamente nocivas como son los metales pesados, cuyas condiciones de resguardo deben ser estrictas.

Otro punto relevante en la corrección del factor de seguridad son las condiciones iniciales del cuerpo receptor en estudio. Como las condiciones de saturación, es decir, antes de comenzar a calcular la ZPL, analizar primeramente si el lugar en estudio posee lugares de conservación como áreas de manejo, zonas de contacto directo humano (zonas de baño), zonas prístinas o de alta diversidad ecológica, entre otras. Estas características si bien deben ser incorporadas en la estimación del factor de seguridad del cálculo de la zona de protección litoral (en los casos más críticos), pueden ser eventualmente complejas de sintetizar de forma precisa, objetiva y resumida en una misma expresión; pero a juicio del autor se podría considerar un factor relacionado con la dilución inicial que incluya la distancia a la cual se alcance un valor de contaminación crítica e irreversible, siempre considerando el escenario más crítico.

Además del ancho de la franja que proyecta la ZPL, debiera considerarse la estimación del largo de la ZPL, con el fin de relacionar el factor con las condiciones hidrodinámicas así como las propias características físico-químicas del contaminante.

Es importante considerar siempre el escenario ambientalmente más desfavorable, pero dentro de eventos realizables o cuantificables, es decir, evaluar previamente la

existencia de eventos de calma, baja capacidad de dilución o eventos hidrodinámicos de baja intensidad, pero conjugados con la vida útil de los proyectos y sus respectivas fases de cierre. Esto debido a que la normativa vigente considera eventos de alta intensidad de oleaje debido a su baja probabilidad, tal como se observó en el análisis de frecuencia del factor "P", los cuales hacen deducir que estas condiciones son asociadas a una alta dispersión y turbulencia, las que tenderían a una estimación incorrecta del cálculo de la ZPL.

Finalmente, comentar que la ZPL debiera considerar la información de oleaje propagada al punto de interés y no oleaje de aguas profundas como se hace en la actualidad, pues esta metodología no representa el entorno real en donde el contaminante es vertido en forma programada o accidental. Muy por el contrario el punto de interés o el punto en donde se verterá el contaminante se sitúa en profundidades menores en donde la hidrodinámica es diferente y por lo tanto, mencionar que el oleaje de aguas someras responde claramente a las condiciones propias de la propagación de oleaje y por ende las corrientes litorales responde a estas mismas condiciones son intuitivamente parte del génesis de la fórmula de la ZPL y pertenecen al objetivo de la misma.

9. CONCLUSIONES

1.- Como se pudo observar, la génesis de la ZPL es netamente ecológico, cuya arquitectura matemática considera como punto de partida las corrientes litorales y las alturas de olas rompientes y la pendiente que está relacionada con el fondo marino, sin embargo, el factor P pasa a ser la constante de mayor influencia de la fórmula, generando resultados de ZPL mayores debidos a las variables que conforman dicho coeficiente.

Las variables que conforman el factor P, obedecen a fenómenos que se generan en aguas profundas, es decir, oleaje descrito por la teoría lineal, el cual no ha experimentado aún pérdidas de energías relacionadas con la refracción, por lo que se está atribuyendo el cuidado medio ambiental costero a fenómenos lineales que se dan en aguas profundas.

Dicho de otro modo, el factor P, invalida la importancia que posee el oleaje en rotura perteneciente a la zona litoral, independiente de la latitud.

2.- Del análisis del factor P en aguas profundas, se ha demostrado el aumento latitudinal con incremento hacia el sur, tal como lo evidencia los valores fijados por la DIRECTEMAR.

Además, se pudo comparar que los valores que adquiere las series del factor P calculado mediante aguas someras en comparación a las series del factor P calculado mediante parametros de aguas profundas son significativamente menores. Esto se debe a que cuando el oleaje de aguas profundas viaja hacia aguas someras las pérdidas de energía asociadas a los fenómenos causados por la batimetría, provocan que el oleaje rompa con mayor frecuencia que en aguas profundas disipando la energía contenida y la longitud de onda se acorte.

3.- Del análisis de series de tiempo y frecuencias en aguas profundas mediante criterios tipo II, se extrae que el criterio de Lé mehauté & Koh (1967), es el mejor de los criterios tipo II que se han evaluado en la presente memoria. Este criterio demuestra una evidente sensibilidad ante los parámetros litorales.

Además, de este análisis se pudo observar que los eventos que superan el P sugerida por la DIRECTEMAR son escasos tanto para el análisis de aguas profundas como el de aguas someras, incluso para el criterio de Rattanipitikon & Shibayama (2000), con una excedencia máxima de 17 [horas al año], es decir, es sobrepasado en menos de 1 día al año en aguas profundas y para aguas someras es los resultados de excedencia del factor P tienden a cero, por lo que no hay eventos que lo sobrepasen, evidenciando la falta de conexión entre el criterio y el oleaje en rotura del litoral.

Dado los anteriores resultados se intuye que éste factor P está asociado a eventos de oleaje extremo y si así fuese, realizar un análisis comparativo de la vida útil de un proyecto de vertido marino en comparación con el periodo de retorno de la ola rompiente que sobrepasa el umbral definido por DIRECTEMAR, sería interesante.

En relación a los demás criterios, se puede decir que sus excedencias son poco significativas considerando una estadística de oleaje de 31 años.

4.- Del análisis comparativo ZPL mediante de criterios tipo I y II, se observa que las máximas alturas de olas rompientes de los 31 años de datos, de los criterios de rotura tipo I y II, alcanzan en su mayoría el umbral definido por el método DIRECTEMAR, sin embargo, los valores de los anchos de ZPL calculados con las alturas de ola rompiente promedio, se observan comparativamente menores. Por lo que se sugiere que el umbral definido por la DIRECTEMAR sea reevaluado, mediante un criterio

estadístico de excedencia de Hb, tomando en cuenta que la extensión del *hindcasting* utilizado sea de al menos 20 años de datos.

A fin de conservar el espíritu de la norma, el criterio de excedencia puede estar acompañado de un estudio de dilución del contaminante en el medio receptor o bien con la finalidad de hacerlo más sencillo y práctico para el usuario, utilizar una excedencia universal conocida como por ejemplo la ocupada para calcular la profundidad de cierre de las partículas de sedimento evaluada por Hallermeier (1981), y que sin lugar a dudas es menos estricta que el factor P.

5.- Adicionalmente, no se debe olvidar que la fórmula inicial de cálculo de la ZPL estructurada por Aquambiente Ltda., ya consideraba un factor de seguridad de 1.6 definido por Paul D. Komar en el año 1973, como el valor que asegura la que el 90% de corrientes litorales se encuentran dentro del área.

Dicha sobredimensión en los resultados del ancho de ZPL, más que ser un factor de protección del entorno costero resulta ser un factor de castigo a la inversión inicial de empresas que utilizan en sus labores el vertido marino. Ya que la vida útil de un proyecto no se condice con el sobrepaso de una ola en rotura cada cierta cantidad de años.

Finalmente, haciendo referencia a la historia de la ZPL es posible mencionar que encontrar un valor común para toda la costa de Chile es imposible, debido a que todas las configuraciones batimétricas costeras y caracterizaciones de oleaje en aguas someras, obedecen a fenómenos naturales difíciles de representar de forma universal mediante una ecuación. Sin embargo, mediante las bondades de la estadística se puede obtener un buen ajuste de la realidad y que permitan establecer medidas de resguardo medioambientales razonables.

El método de cálculo de ZPL, propuesto por Aquambiente Ltda., es una forma práctica para los usuarios que deseen calcular anchos de ZPL.

10. LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA

- Se observa que es prudente realizar éste mismo trabajo, pero con datos de olas espectrales, con el fin de sensibilizar resultados.
- Establecer comparaciones con metodologías internacionales y nacionales.
- Establecer comparaciones entre ZPL y su relación con corrientes litorales por cada estado de mar.
- Recopilación de antecedentes de coordenadas de ZPL de proyectos aprobados por la DIRECTEMAR a fin de recalcular y comparar con metodología propuesta en la presente memoria.
- Realizar análisis de sensibilidad de la pendiente a lo largo de una bahía en el cálculo de la ZPL, realizando tantos cortes transversales como sea posible.
- Analizar la excedencia que posee el factor P en proyectos reales y compararlos con la vida útil de éstos, a fin de demostrar las veces que el oleaje extremo sobrepasa el umbral definido por dicho factor y analizar si es consistente.
- Realizar análisis latitudinal con playas de similar pendiente, para ver la acción de los criterios tipo II

11. GLOSARIO

11.1 LISTADO DE ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

Aguas continentales superficiales: Para efectos de esta norma, son las aguas terrestres superficiales, es decir aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas, incluidas las aguas superficiales insulares. Son aguas corrientes las que escurren por cauces naturales y artificiales. Son aguas detenidas las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales, tales como lagos, lagunas, pantanos, ciénagas, estanques o embalses y estuarios. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Aguas de contacto: Aguas provenientes de escorrentías superficiales y/o subterráneas de origen natural, que no siendo utilizadas en un proceso, actividad o servicio, entran en contacto con éstos o con las materias primas, insumos o residuos de los mismos. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Caudal disponible para dilución: Es la cantidad de agua presente en el punto de descarga del cuerpo de agua receptor, que la Dirección General de Aguas, de acuerdo al procedimiento determinado en la minuta técnica correspondiente, establecerá como valor mensual y en volumen por unidad de tiempo. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Caudal medio mensual del efluente descargado: Es la suma de los volúmenes de residuos líquidos descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Carga contaminante media diaria: Es el cociente entre la masa o volumen de un contaminante presente en un residuo líquido y el número de días en que se generó dicho residuo, durante el mes del año con máxima producción del establecimiento. Se expresa en unidades de masa por unidades de tiempo para los contaminantes establecidos en la tabla de Fuente Emisora "carga contaminante". (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Contenido natural del cuerpo de agua receptor: Es el valor característico o concentración de un contaminante presente en el cuerpo de agua receptor, que corresponde a la situación original, sin intervención antrópica del cuerpo de agua, más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Cuerpo de agua receptor: Es el curso de agua, de escurrimiento continuo o discontinuo, o volumen de agua, de origen natural o artificial, marino o continental superficial, que recibe la descarga de residuos líquidos. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Cuerpo de agua lacustre: Cuerpo de agua dulce o salada, de origen natural más o menos extenso, sin conexión directa al mar, cuyas aguas provienen desde los ríos o escurrimientos de agua superficiales y/o afloramientos de agua de origen freáticos. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Cuerpo fluvial afluente de cuerpo de agua lacustre: Cuerpos de aguas fluviales (sus tributarios), que drenan la cuenca del cuerpo de agua lacustre y se encuentran aguas arriba del mismo hasta la línea divisora de aguas. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Contenido de captación: Es la concentración media del contaminante presente en la captación de agua de la fuente emisora, siempre y cuando dicha captación se realice en el mismo cuerpo de agua donde se produzca la descarga. Dicho contenido será informado por la Dirección General del Territorio Marítimo y de marina mercante según sea el caso, debiendo cumplir con las condiciones para la extracción de muestras, volúmenes de muestra y metodologías de análisis, establecidos en la presente norma. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, **op.cit**)

Contenido natural: Es la concentración de un contaminante en el cuerpo receptor, que corresponde a la situación original sin intervención antrópica del cuerpo de agua más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Corresponderá a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según sea el caso, determinar el contenido natural del cuerpo receptor. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, **op.cit**)

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días y a 20°C de temperatura.

DGA: Dirección General de Aguas.

DIRECTERMAR Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.

DIRINMAR: Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático.

Dilución inicial: corresponde a la drástica caída en la concentración de un parámetro de una descarga submarina, al momento en que se produce el ascenso de un chorro

desde el fondo hasta la superficie (o hasta donde ascienda de acuerdo a su densidad). (Aquambiente, Ltda, 2000)

Descarga de residuos líquidos: son aquellas aguas que se producen como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora y que no tienen ningún valor intermedio para ese proceso, actividad o servicio. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales). (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

Eutroficación: Es el aumento de la productividad biológica.

Emisario submarino: Es toda forma de ducto destinado a descargar, en forma submarina o subacuática, a cuerpos de aguas marinas costeras, hasta las 12 millas náuticas, materias, energía o sustancias en estado acuoso, resultantes de un proceso industrial o sanitario. (DGTM Y MM, 2013)

Fuente emisora: Es el establecimiento que, como resultado de su proceso, actividad o servicio, descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, con una carga contaminantes media diaria o valor característico superior, o en su caso fuera de rango, para uno o más parámetros indicados en las tablas. (DS 90/2000)

Fuentes existentes: Son aquellas fuentes emisoras que a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto, no se encuentren vertiendo sus residuos líquidos. (DS 90, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, **op.cit**)

Fuentes nuevas: Son aquellas fuentes emisoras que a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto, no se encuentren vertiendo sus residuos líquidos. (DS 90, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, **op.cit**)

Fuente emisora: es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados, en Tabla 41. (DS 90, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2000)

La masa o volumen de un contaminante: Es la suma de las masas o volúmenes diarios descargados durante dicho mes. La masa se determina mediante el producto del volumen de las descargas por su concentración. (DS 90, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, **op.cit**)

La masa o volumen de un contaminante corresponde a la suma de las masas diarias presentes en el residuo líquido durante dicho mes. La masa se determina mediante el producto o volumen del residuo líquido por su concentración. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

MINSEGPRES: Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

NCH: Norma Chilena.

OIRS: Oficina de Informaciones Reclamos y Sugerencias.

PMEIA: Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental

RIL: Residuo líquido industrial.

Residuos líquidos, aguas residuales o efluentes: Son aquellas aguas que se descargan desde una fuente emisora, a un cuerpo receptor. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, **op.cit**)

Sólidos sedimentables y suspendidos totales: Son aquellos que se adecuan a la definición contenida en la NCh 410. Of96. No se consideran en estos conceptos aquellos sólidos que son vertidos mediante la utilización de aguas, como forma de transporte de residuos sólidos, en un lugar de disposición legalmente autorizado. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, **op.cit**)

SEGPRES: Secretaria General de la Presidencia de Chile.

SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios.

SHOA: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

SMB: Método para estimar el oleaje de una localidad.

Tasa de dilución del efluente vertido: Es la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. (DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia, **op.cit**)

Tasa de dilución del afluente descargado (d): Es la razón entre el caudal disponible para dilución y el caudal medio mensual del efluente descargado durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. La tasa de dilución será entonces la siguiente:

$$d = \frac{\text{caudal disponible para dilución}}{\text{Caudal medio mensual del efluente descargado}}$$

Valor característico: Son valores de parámetros obtenidos durante el periodo del mes/año con máxima producción del establecimiento. Se expresa en valor absoluto para los contaminantes de la tabla Fuente Emisora "Valor Característico". (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).

No se incluye en esta definición los cuerpos de agua artificiales que no contengan, almacenen o traten relaves y/o aguas lluvias o desechos líquidos provenientes de un proceso industrial o minero. (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de

contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, **op. cit**).
TLO: Teoría Lineal del Oleaje.

Z.P.L.: Zona de Protección Litoral

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, E. O. (2007). Deltas y estuarios de Colombia. Cali de Colombia: Santiago Montes Veira.
- Andes A.G. (Octubre de 2008). Analisis propuesta modificación, "norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, Decreto Supremo N°90/2000. Santiago, Chile.
- APOOCH, A. p. (2008). Consolidado de observaciones y sugerencias del subcmité 'Descargas al mar', *Borrados de modificación del D.S.90/2000*. Coquimbo.
- Aquambiente Ltda, . (1997). *Fundamentación técnica para la zona de protección litoral*. técnico.
- Aquambiente, Ltda. (2000). Bases técnicas sobre requerimientos ambientales para determinación de la ZPL y descargas mediante emisarios submarinos. Valparaíso.
- Balsillie, J. H. (2000). *Shore-Breaking Wave Height Transformation*. Florida: Florida Geological Survey.
- Biblioteca Nacional de Chile. Inicios de la industria en Chile (1860-1930). Memoria Chilena. (7 de 3 de 2016). www.memoriachilena.cl. Obtenido de www.memoriachilena.cl: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-647.html#presentacion>
- Chiang, J. (1988). *Contaminación del mar y el futuro de la pesca en Chile*. Valparaíso.
- CONAMA. (2008). www.sinia.cl. Recuperado el 06 de 05 de 2016, de www.sinia.cl: http://www.sinia.cl/1292/articles-28830_recurso_3.pdf
- Departamento de estudios ambientales, i. d. (julio de 1997). Proposición de una metodología para estimar anchos de onas de protección litoral y cargas permisibles. Talcahuano.
- DGTM Y MM. (6 de 6 de 2003). Ordinario N°12600/284 VRS. Valparaíso, Chile.
- DGTM Y MM, C. (22 de 01 de 2013). Resolución 12600/679. Valparaíso, Chile.
- Díez, P. F. (s.f.). *Energía de las Olas*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- DS 90, Ministerio Secretaria General de la Presidencia. (30 de mayo de 2000). Decreto Supremo 90/2000. Santiago, Chile.

- Edward J. Tarbuck & Frederick K. Lutgens. (2005). *Ciencias de la Tierra* (8º ed.). (M. Martín-Romo, Ed.) Pearson Educación S. A.
- Emilia Guisado Pintado, G. M. (2010). Los modelos de propagación de oleaje, simulación morfodinámica y las Tig. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- ESSBIO S.A. (2002). Emisarios submarinos: 10 años de vigilancia ambiental. Concepción, Chile.
- ESSBIO S.A. (10 de 2005). Efectos ecológicos de una descarga submarina. Concepción, Chile.
- Expediente actualizado de Sistema de Nacional de Información Ambiental de Chile. (2017). <http://sinia.mma.gob.cl>. Recuperado el 17 de 03 de 2017, de <http://sinia.mma.gob.cl/recursos-hidricos/>
- Hugo B Fisher, E. J. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Londres: Academic Press.
- J Fariña, P. O. (8 de 03 de 2008). Ecosistemas marinos. En CONAMA, Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos (segunda ed., pág. 97). Chile.
- J.C Torres, S. C. (2008). Conservación de la Biodiversidad. En Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos (pág. 418).
- Julio Neuling, H. (2001). Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a descarga de riles a aguas marinas continentales y superficiales. Valparaíso, Chile.
- Massel, S. R. (1996). *Ocean Surface Waves: Their Physics and Prediction* (Vol. 11). EEUU: World Scientific Publishing Co. Pte Ltd.
- Ministerio del Medio Ambiente, Chile. (3 de 10 de 2013). Acuerdo N°13/2013. Santiago, Chile.
- Ministerio del medio ambiente, g. d. (2010). Ley N° 19.300 Sobre bases generales del medio ambiente (Modificada por la ley N° 20.417). Santiago, Chile: División jurídica del ministerio del medio ambiente.
- Monzón, M. d., & Gárate, & J. (2000). Descripción, medida y análisis de oleaje. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Programa de dictación de normas primarias y secundarias de CONAMA. (1996). programa de dictación de normas primarias y secundarias de calidad ambiental y de emisión para 1996. *programa de dictación de normas primarias y secundarias de calidad ambiental y de emisión para 1996. Chile.*
- Rattanapitikon, & Shibayama, &. (2000). Verification and modification of breaker height formulas. En *Coastal engineering journal* (Vol. 42, págs. 309-406). Japón: World scientific publishing company and Japán society of civil engineers.

- Rattanapitikon, & Vivattanasirisak, &. (2002). Comparirion of breaker height formulas using large-scale wave tanks. *Songklanakarín J. Sci. Technol.*
- Rattanipitikon, & Shibayama, &. (2000). *Coastal Engineering Journal* (Vol. II). Japán: World Scientific Publishing Company and Japan Society of Civil Engineers.
- Rodríguez, A. A. (2004). Geografía general (II ed.). Guadalajara, México: Apolo S.A.
- Sierra, & Presti, &. (1998). Estudio comparativularo de criterios de rotura de oleaje regular. En J. y. Presti, Estudio comparativularo de criterios de rotura de oleaje regular (Vol. 5, págs. 23,24,25,26).
- Sinia. (1997). Proposición de una metodología para estimar anchos de zonas de proteccìon litoral y cargas permisibles.
- Sociedad de formento fabril Chile. (1920). Breves noticias de sus industrias. Santiago de Chile: Universo.
- Superintendencia de Servicios sanitarios, SISS. (2007). Estudio y Propuestas de Mejoramiento de la Normativa Ambiental Relativa al Control de RILES. Santiago, Chile.
- Universidad de Cantabria, M. d. (2000). Documento de referencia (Vol. I). España.
- Urra, P. R. (2008). Analisis de impacto de nuevas propuestas de DIRECTEMAR para modificar los parametros del D.S. 90: Ancho de ZPL, CLRL,DBO Y Coliforme Fecal: Informe Ejecutivo.

13. ANEXO

13.1 Norma de emisión

Tabla 41 Valores característico de establecimiento emisor.

Contaminante	Valor Característico	Carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día)*
PH **	6-8	---
Temperatura **	20°C	---
Sólidos Suspendidos Totales	220 mg/L	3520 g/d
Sólidos Sedimentables **	6 ml/L 1h	---
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Hidrocarburos fijos	10 mg/L	160 g/d
Hidrocarburos totales	11 mg/L	176 g/d
DBO5	250 mg O ₂ / L	4000 g/d
Aluminio	1 mg/L	16 g/d
Arsénico	0.05 mg/L	0.8 g/d
Boro	0.75 mg/L	12.8 g/d
Cadmio	0.01 mg/L	0.16 g/d
Cianuro	0.20 mg/L	3.2 g/d
Cloruros	400 mg/L	6400 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Total	0.1 mg/L	1.6 g/d
Cromo Hexavalente	0.05 mg/L	0.8 g/d
Estaño	0.5 mg/L	8 g/d
Fluoruro	1.5 mg/L	24 g/d
Fósforo Total	10 mg/L	160 g/d
Hierro	1.0 mg/L	16 g/d
Manganeso	0.3 mg/L	4.8 g/d
Mercurio	0.001 mg/L	0.02 g/d
Molibdeno	0.07 mg/L	1.12 g/d
Níquel	0.1 mg/L	1.6 g/d
Nitrógeno total kjeldahl	50 mg/L	800 g/d
Nitrito más Nitrato (lagos)	15 mg/L	240 g/d
Pentaclorofenol	0.009 mg/L	0.144 g/d
Plomo	0.2 mg/L	3.2 g/d
Selenio	0.01 mg/L	0.16 g/d
Sulfato	300 mg/L	4800 g/d
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Tetracloroetano	0.04 mg/L	0.64 g/d
Tolueno	0.7 mg/L	11,2 g/
Triclorometano	0.2 mg/L	3.2 g/d
Xileno	0.5 mg/L	8 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/
Indice de Fenol	0.05 mg/L	0.8 g/d
Poder espumógeno **	5 mm	5 mm
SAAM	10 mg/L	160 g/d
Coliformes Fecales o	107 NMP/100 ml	1.6x10 ¹² coli/d

* Se consideró una dotación de agua potable de 200 [L/hab/día] y un coeficiente de recuperación de 0.8.

** Expresados en valor absolutos y no en terminos de carga.

Fuente: D:S. N°90/2000

Tabla 42: Tabla número 1 del D.S. N°90/2000, de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Limite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20.00
Aluminio	mg/L	Al	5.00
Arsénico	mg/L	As	0.50
Boro	mg/L	Br	0.75
Cadmio	mg/L	Cd	0.01
Cianuro	mg/L	CN-	0.20
Cloruros	mg/L	Cl-	400.00
Cobre total	mg/L	Cu	1.00
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000.00
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0.5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.05
DBO5	mgO2/L	DBO5	35.00*
Fósforo	mg/L	P	10.00
Fluoruro	mg/L	F-	1.5
Hidrocarburos fijos	mg/L	HF	10.00
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	5.00
Manganeso	mg/L	Mn	0.30
Mercurio	mg/L	Hg	0.00
Molibdeno	mg/L	Mo	1.00
Níquel	mg/L	Ni	0.20
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50.00
Pentaclorofenol	mg/L	C6OHC15	0.01
PH	Unidad	pH	6.0 - 8.5
Plomo	mg/L	Pb	0.05
Poder Espumógeno	mm	PE	7.00
Selenio	mg/L	Se	0.01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80*
Sulfatos	mg/L	SO42-	1000.00
Sulfuros	mg/L	S2-	1.00
Temperatura	°C	T°	35.00
Tetracloroetano	mg/L	C2C14	0.04
Tolueno	mg/L	C6H5CH3	0.70
Triclorometano	mg/L	CHC13	0.20
Xileno	mg/L	C6H4C2H6	0.50
Zinc	mg/L	Zn	3.00

Fuente: D:S 90/2000

Tabla 43: Tabla número 2 del D.S90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Limite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	50.00
Aluminio	mg/L	Al	10.00
Arsénico	mg/L	As	1.00
Boro	mg/L	Br	3.00
Cadmio	mg/L	Cd	0.30
Cianuro	mg/L	CN-	1.00
Cloruros	mg/L	Cl-	2000.00
Cobre total	mg/L	Cu	3.00
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000.00
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	1.00
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.20
DBO5	mgO2/L	DBO5	300.00
Fósforo	mg/L	P	5.00
Fluoruro	mg/L	F-	15.00
Hidrocarburos fijos	mg/L	HF	50.00
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10.00
Manganeso	mg/L	Mn	3.00
Mercurio	mg/L	Hg	0.01
Molibdeno	mg/L	Mo	2.50
Níquel	mg/L	Ni	3.00
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	75.00
Pentaclorofenol	mg/L	C6OHC15	0.01
PH	Unidad	pH	6.0 - 8.5
Plomo	mg/L	Pb	5.00
Poder Espumógeno	mm	PE	7.00
Selenio	mg/L	Se	0.01
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SS	300.00
Sulfatos	mg/L	SO42-	2000.00
Sulfuros	mg/L	S2-	10.00
Temperatura	°C	T°	40.00
Tetracloroetano	mg/L	C2C14	0.40
Tolueno	mg/L	C6H5CH3	7.00
Triclorometano	mg/L	CHC13	0.50
Xileno	mg/L	C6H4C2H6	5.00
Zinc	mg/L	Zn	20.00

Fuente: D:S 90/2000

Tabla 44: Tabla número 3 del D.S. N°90/2000 de límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Limite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20.00
Aluminio	mg/L	Al	1.00
Arsénico	mg/L	As	0.10
Cadmio	mg/L	Cd	0.02
Cianuro	mg/L	CN-	0.50
Cobre total	mg/L	Cu	0.10
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000.00-70.00*
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0.50
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr6+	0.20
DBO5	mgO2/L	DBO5	35.00
Estaño	mg/L	Sn	0.50
Fluoruro	mg/L	F-	1.00
Fósforo	mg/L	P	2.00
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	5.00
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	2.00
Manganeso	mg/L	Mn	0.50
Mercurio	mg/L	Hg	0.005
Molibdeno	mg/L	Mo	0.07
Níquel	mg/L	Ni	0.50
Nitrógeno Total **	mg/L	NKT	10.00
PH	Unidad	pH	6.00 - 8.50
Plomo	mg/L	Pb	0.20
SAAM	mg/L	SAAM	10.00
Selenio	mg/L	Se	0.01
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S SED	5.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80.00
Sulfatos	mg/L	SO42-	1000.00
Sulfuros	mg/L	S2-	1.00
Temperatura	°C	T°	30.00
Zinc	mg/L	Zn	5.00

Fuente: D:S. N° 90/2000

Tabla 45 Fuente Emisora "Valor Característico"

Contaminante	Unidad	Valor Característico
pH	-	6-8
Poder espumógeno	mm	5
Sólidos Sedimentables*	ml/L 1 h	6
Temperatura	°C	20
Coliformes Fecales	CF/100 ml	1×10^7

* No se consideran en este concepto aquellos sólidos que son veridos mediante la utilización de aguas, como forma de transporte de residuos sólidos, en un lugar de disposición legalmente autorizado.

Fuente: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

Tabla 46 Fuente Emisora "Carga Contaminante"

Contaminante	Unidad	Carga contaminante media diaria (equiv. Aguas servidas 100 Hab/día)*
Aceites y Grasas	g/d	960
Aluminio	g/d	16
Arsénico	g/d	0,8
Boro	g/d	12,8
Cadmio	g/d	0,16
Cianuro	g/d	3,2
Cloruros	g/d	6400
Cobre	g/d	16
Cromo Total	g/d	1,6
Cromo Hexavalente	g/d	0,8
DBO5 **	g/d	4000
Estaño	g/d	8
Flotuto	g/d	24
Fósforo Total	g/d	160
Hierro	g/d	16
Hidrocarburos Fijos	g/d	160
Hidrocarburos Totales	g/d	176
Hidrocarburos Volátiles	g/d	16
Índice de Fenol	g/d	0,8
Manganeso	g/d	4,8
Mercurio	g/d	0,02
Molibdeno	g/d	1,12
Níquel	g/d	1,6
Nitrógeno Kjeldahl	g/d	800
Nitrógeno Total***	g/d	240
Pentaclorofenol	g/d	0,144
Plomo	g/d	3,2
SAAM	g/d	160
Índice de Fenol	g/d	0,16
Sólidos Suspendedos Totales*****	g/d	3520
Sulfato	g/d	4800
Sulfuro	g/d	48
Tetracloroetano	g/d	0,64
Tolueno	g/d	11,2
Triclorometano	g/d	3,2
Xileno	g/d	8
Zinc	g/d	16
Trihalometanos****	g/d	3,2
Cloro Libre Residual	g/d	8
* Se considera una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0.8		
** DBO5 total		
*** Nitrógeno total=NTK +Nitritos +Nitratos		
**** Trihalometanos= Triclorometano+tribromometano+dibromoclorometano+bromodiciorometano		
***** No se consideran en este concepto aquellos sólidos que son vertidos mediante la utilización de aguas, como forma de transporte de residuos sólidos, en un lugar de disposición legalmente autorizado.		

Fuente: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

Según (Artículo 5º de Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales), para efectos de evaluar la condición de la fuente emisora se considerará lo siguiente:

f.1 La caracterización de los residuos líquidos de una fuente emisora debe realizarse antes de someterlos a cualquier sistema de tratamiento y en momentos de máxima producción.

f.2 La caracterización de los residuos líquidos se deben realizar según los métodos de análisis establecidos en el artículo 53 del presente decreto, tabla N°9, Métodos de Análisis.

f.3 Deberán sumarse todas las cargas contaminantes de cada uno de los parámetros en toda la corriente de residuos líquido que genera un establecimiento, incluidas sus aguas servidas que sean parte integrante del proceso. Para el caso de los parámetros con valor característico, deberán medirse en todas las corrientes de residuos líquidos y calificaran como fuente emisora si al menos 1 de ellos excede los límites establecidos.

f.4 Deberán someterse a calificación de Fuente Emisora los artefactos navales, inscritos o no en los registros de la autoridad marítima, que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo de recursos hidrobiológicos, cuya metodología de caracterización será determinada por la autoridad competente.

f.5 De los parámetros indicados en las tablas de Fuente Emisora, sólo se seleccionarán aquellos regulados en la tabla de descarga correspondiente, los cuales deben ser analizados en su totalidad, aplicando los criterios establecidos en las tablas de fuente emisora.

f.6 Aquellos establecimientos que generen residuos líquidos con un volumen inferior a 5 m³/d y sólo excedan los valores de temperatura, Sólidos sedimentables, poder espumógeno y/o coliformes fecales de la tabla "Valor Característico", no se considerarán Fuente Emisora.

f.7 No se considerarán excedidos en unidad de carga de contaminante, aquellos parámetros cuyas mediciones en la caracterización de Fuente Emisora se reporten como menos al límite de detección en unidades de concentración.

f.8 Los establecimientos que emitan una carga contaminante media diaria igual o inferior a los señalado en la tabla de Fuente Emisora, no se consideraran fuentes emisoras para los efectos del presente decreto y no quedan sujetos a la misma, en tanto se mantengan dichas condiciones.

f.9 Para el caso de las Fuentes Emisoras que utilizan cloro o bromo en sus procesos, antes o durante el tratamiento de sus residuos líquidos, la calificación de Fuente Emisora para el caso exclusivo del cloro libre residual y los trihalometanos, deberá realizarse posterior a la incorporación de estos componentes.

f.10 Los establecimientos que se sometan a calificación de Fuente Emisora, deberán entregar toda información relativa a la descarga de residuos líquidos que la autoridad competente determine conforme a la normativa vigente sobre la materia.

Tabla 47 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, dentro del ancho de la zona de protección litoral.

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	mg/L	A Y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0.2
Cadmio	mg/L	Cd	0.02
Cianuro	mg/L	CN	0.5
Cobre	mg/L	Cu	1
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000 ó 70*
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	0.5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁵⁺	0.2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2.5
DBO5 total	mg O2/L	DBO ₅	60
Estaño	mg/L	Sn	0.5
Floruto	mg/L	F-	1.5
Fósforo Total	mg/L	P	5
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	10
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HCV	1
Hierro disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	2
Mercurio	mg/L	Hg	0.005
Molibdeno	mg/L	Mo	0.1
Niquel	mg/L	Ni	2
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	NKT	50
PH	Unidad	pH	6.0-9.0
Plomo	mg/L	Pb	0.2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0.01
Sólidos Sedimentables	m1/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SS	100
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Zinc	mg/L	Zn	5
Temperatura	°C	T°	30
Cloro Libre Residual	mg/L	CLR	1
Trihalometanos***	mg/L	THMs	0.1

*En áreas aptas para la acuicultura, áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos y los espacios costeros marinos de pueblos originarios declarados como tales, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml de coliformes o termotolerantes. *** Trihalometanos= Triclorometanos + tribromometano+dibromoclorometano+bromodiorometano

Fuente: (DGT M Y MM, 2013)

Tabla 48 Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, fuera del ancho de la zona de protección litoral.

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite máximo permisible
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SST	300
Aceites y Grasas	mg/L	A Y G	150
Sólidos Sedimentables	m1/1/h	S SED	20
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Cadmio	mg/L	Cd	0.5
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	1
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁵⁺	0.5
Cromo Total	mg/L	Cr Total	10
Estaño	mg/L	Sn	1
Floruro	mg/L	F-	6
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	20
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HC	2
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Molibdeno	mg/L	Mo	0.5
Níquel	mg/L	Ni	4
PH	Unidad	pH	5.5-9.0
Plomo	mg/L	Pb	1
SAAM	mg/L	SAAM	15
Selenio	mg/L	Se	0.03
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	5
Zinc	mg/L	Zn	5
Cloro Libre Residual	mg/L	CLR	2
Trihalometanos***	mg/L	THMs	0.2

*** Trihalometanos= Triclorometanos + tribromometano+dibromoclorometano+bromodiciorometano

Fuente: (DGTM Y MM, 2013)

13.2 Caracterización de oleaje en aguas profundas

Tabla 49 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	11.74	2.52	0.05	0.00	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	40.06	7.39	0.40	0.03	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	22.31	2.63	0.25	0.01	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	4.63	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.61	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	79.51	12.94	0.70	0.04	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Tp' - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.47	1.30	6.10	5.88	0.90	0.14	0.02	0.00	0.00	14.81
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.09	1.19	5.05	12.27	24.58	6.13	0.82	0.09	0.00	0.00	50.23
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.63	3.13	4.58	13.30	5.45	0.67	0.04	0.00	0.00	27.82
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.57	0.85	2.60	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	6.06
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.11	0.28	0.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.88
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.01	46.68	14.53	1.88	0.15	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
6.0 - 8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46
8.0 - 10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.94	7.96	0.20	0.05	0.02	0.00	0.00	10.17
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	19.13	2.60	0.13	0.01	0.00	0.00	24.01
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	39.04	5.70	0.10	0.01	0.00	0.00	46.68
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	10.33	3.58	0.28	0.00	0.00	0.00	14.53
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.80	0.13	0.00	0.00	0.00	1.88
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.15
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	79.51	12.94	0.70	0.04	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo-Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.26	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	17.20	8.84	0.58	0.00	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	34.40	13.60	1.56	0.12	0.01	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	13.25	3.75	0.59	0.15	0.07	0.01	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	2.02	0.52	0.08	0.06	0.06	0.03	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	67.43	27.08	2.85	0.34	0.15	0.05	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo-Tp' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.21	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.74
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.71	2.22	10.09	11.33	2.19	0.34	0.05	0.00	0.00	26.93
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.40	5.19	11.42	25.39	6.83	1.15	0.13	0.00	0.00	50.52
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.09	1.87	2.93	8.93	4.22	0.55	0.01	0.00	0.00	18.61
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	1.26	0.97	0.15	0.00	0.00	0.00	2.92
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.28	9.47	25.28	47.23	14.33	2.20	0.19	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Tabla de incidencia bivariada 'Tp-Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas.

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
6.0 - 8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.01	0.03	0.01	0.03	0.06	0.03	1.28
8.0 - 10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	7.69	0.65	0.29	0.10	0.05	0.01	9.47
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	17.11	6.53	0.81	0.13	0.03	0.00	25.28
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	32.74	13.13	0.73	0.05	0.01	0.00	47.23
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	8.07	5.47	0.69	0.02	0.00	0.00	14.33
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	1.15	0.29	0.00	0.00	0.00	2.20
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.19
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	67.43	27.08	2.85	0.34	0.15	0.05	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Mwd' - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.32	4.46	5.18	1.11	0.08	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	1.79	16.40	14.92	3.69	0.67	0.12	0.02	37.67
2.00 - 2.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3.55	14.68	9.49	2.91	0.99	0.34	0.08	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48	5.47	3.18	1.38	0.60	0.37	0.12	13.62
3.00 - 3.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	1.04	0.86	0.47	0.34	0.26	0.12	3.87
3.50 - 4.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.27	0.18	0.15	0.12	0.07	1.01
4.00 - 4.50	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	9.05	42.24	34.09	9.86	2.91	1.26	0.46	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.14	1.41	5.07	3.75	0.69	0.10	0.02	0.00	0.00	11.17
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.04	0.55	3.36	14.81	15.31	2.97	0.57	0.06	0.00	0.00	37.67
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.01	0.81	3.30	9.47	14.88	3.14	0.43	0.02	0.00	0.00	32.06
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.75	3.17	6.41	1.77	0.14	0.00	0.00	0.00	13.62
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.11	0.60	0.81	1.48	0.80	0.07	0.00	0.00	0.00	3.87
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19	0.24	0.36	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	1.01
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.71	33.80	42.41	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.93	0.32	0.04	0.09	0.18	0.27	0.17	2.02
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	3.16	2.61	1.68	1.29	1.00	0.66	0.25	10.71
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	3.03	13.34	12.00	3.93	1.16	0.27	0.04	33.80
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	21.19	15.91	3.06	0.45	0.04	0.00	42.41
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	4.41	3.72	1.17	0.10	0.01	0.00	9.59
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.30	0.02	0.00	0.00	1.32
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.10
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	9.05	42.24	34.09	9.86	2.91	1.26	0.46	100.00

Fuente: Elaboración propia.

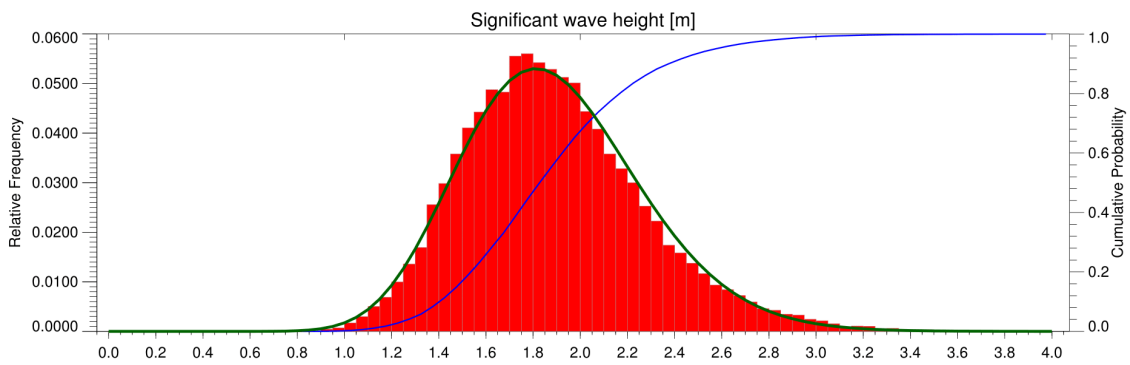


Figura 128 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.
Fuente: Elaboración propia.

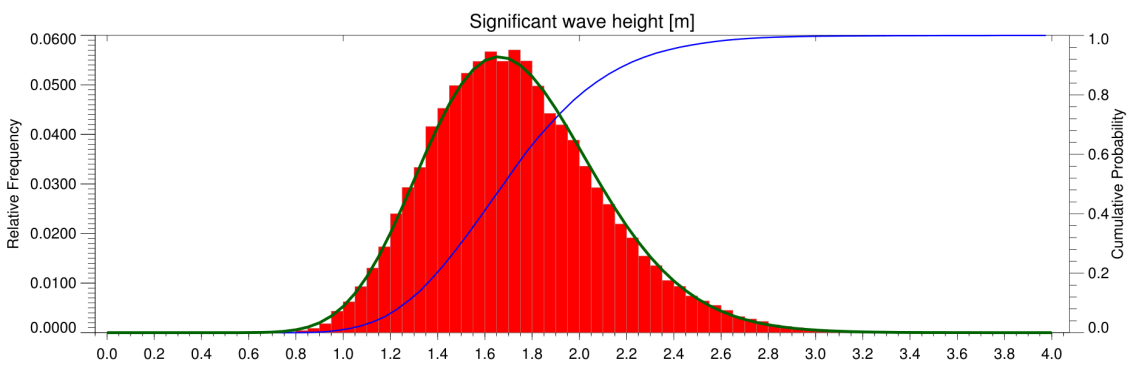


Figura 129 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas
Fuente: Elaboración propia.

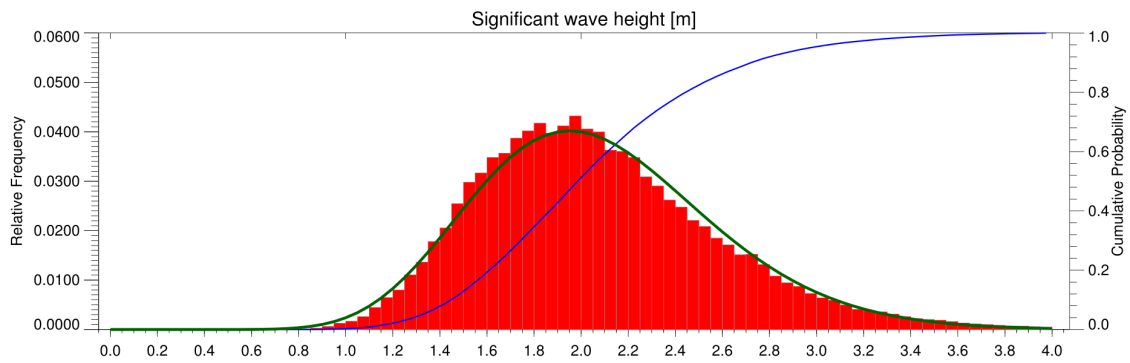


Figura 130 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.
Fuente: Elaboración propia.

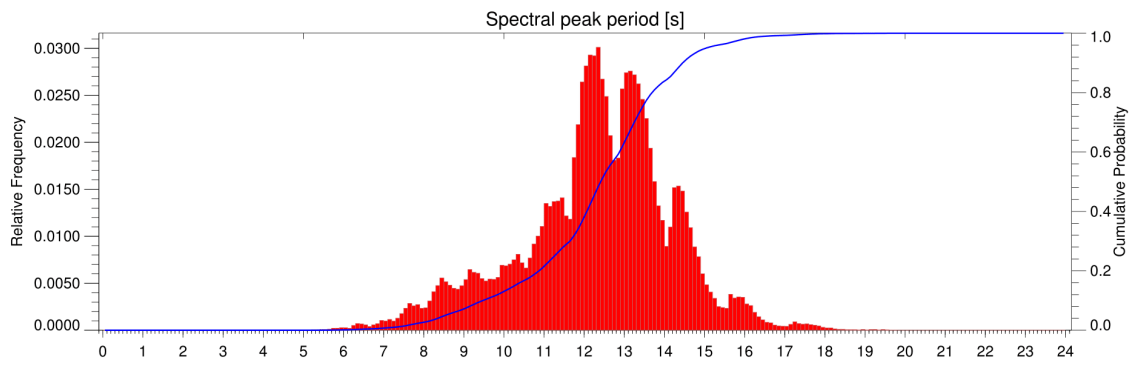


Figura 131 Frecuencia relativa y acumulada 'Tp' - Bahía Caldera - Condición Aguas Profundas.
Fuente: Elaboración propia.

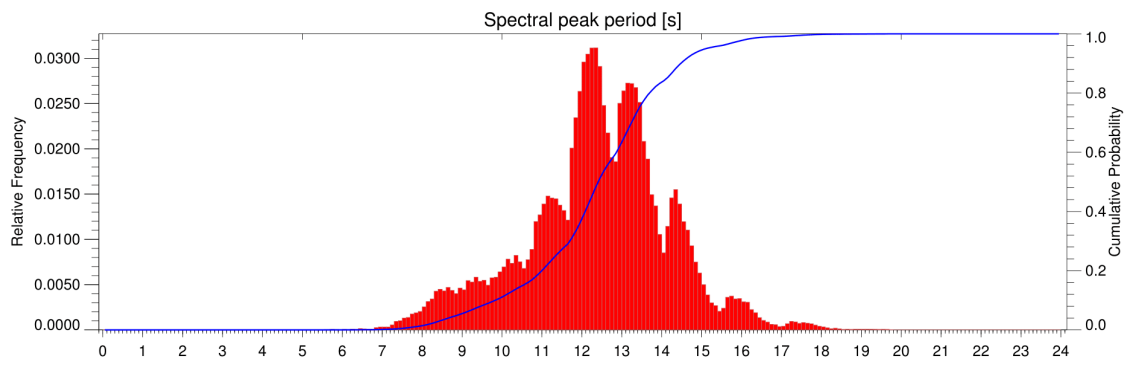


Figura 132 Frecuencia relativa y acumulada 'Tp' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Profundas
Fuente: Elaboración propia.

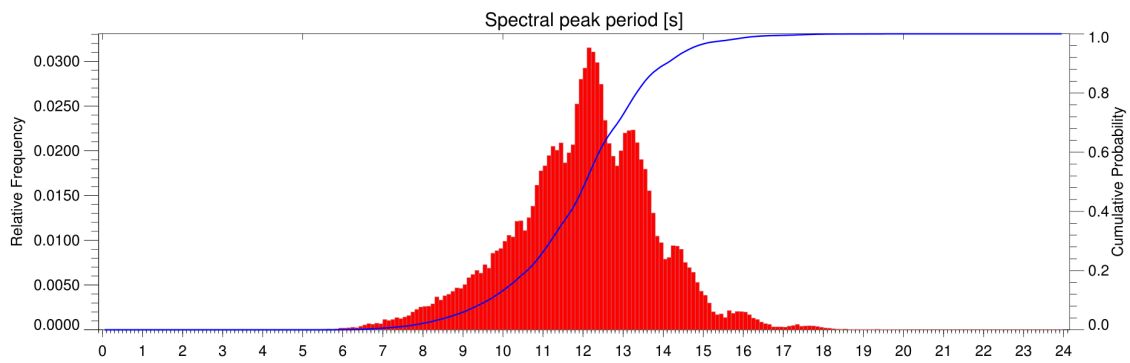


Figura 133 Frecuencia relativa y acumulada 'Tp' - Bahía San Vicente - Condición Aguas Profundas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 10 [m].

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.97	0.86	21.83
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.08	15.58	68.66
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	6.28	8.87
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.49	0.54
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.70	23.30	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 15 [m].

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	31.13	0.00	31.72
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	62.74	0.02	62.87
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.02	5.02
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.07	0.32
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	99.16	0.15	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras-veril 20 [m].

Rango Hmo.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.47	24.40	0.00	35.87
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.91	55.23	0.00	60.15
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.65	0.00	3.65
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.02	0.28
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.38	83.58	0.04	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.08	46.61	14.47	1.80	0.13	0.00	0.00	99.83
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.05	0.06	0.01	0.00	0.00	0.17
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.47	10.19	24.09	46.62	14.51	1.87	0.15	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.11	2.46	10.18	24.08	46.61	14.51	1.84	0.14	0.00	0.00	99.93
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.47	10.19	24.09	46.62	14.51	1.87	0.15	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.11	2.46	10.17	24.07	46.61	14.48	1.82	0.14	0.00	0.00	99.85
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	0.14
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.11	2.47	10.19	24.09	46.62	14.51	1.87	0.15	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.01	1.02	4.52	8.45	7.28	0.55	0.01	0.00	0.00	0.00	21.83
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.15	4.78	15.93	36.82	9.93	0.97	0.07	0.00	0.00	68.66
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.02	0.13	0.92	2.88	3.69	1.12	0.11	0.00	0.00	8.87
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.04	0.06	0.16	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.54
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.29	9.49	25.37	47.17	14.30	2.18	0.19	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.01	1.08	5.97	11.86	11.78	0.98	0.03	0.00	0.00	0.00	31.72
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.09	3.34	12.83	33.75	11.36	1.38	0.13	0.00	0.00	62.87
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.02	0.11	0.64	1.52	1.92	0.75	0.06	0.00	0.00	5.02
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04	0.04	0.10	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.32
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.29	9.49	25.37	47.17	14.30	2.18	0.19	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.01	1.08	4.52	8.45	7.28	0.55	0.01	0.00	0.00	0.00	21.83
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.09	4.78	15.93	36.82	9.93	0.97	0.07	0.00	0.00	68.66
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.01	0.02	0.13	0.92	2.88	3.69	1.12	0.11	0.00	0.00	8.87
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.04	0.06	0.16	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.54
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.02	1.29	9.49	25.37	47.17	14.30	2.18	0.19	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.04	1.75	10.24	33.76	42.35	9.59	1.32	0.10	0.00	0.00	99.15
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.01	0.26	0.41	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.01	10.72	33.86	42.35	9.57	1.31	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.03	1.73	10.21	33.57	42.35	9.55	1.32	0.10	0.00	0.00	98.87
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.01	0.25	0.42	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	1.98	10.67	33.65	42.36	9.54	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.03	1.67	10.09	33.71	42.31	9.56	1.32	0.10	0.00	0.00	98.79
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.01	0.33	0.51	0.15	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.73	33.87	42.34	9.56	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.04	1.47	8.09	29.57	38.30	7.98	1.06	0.08	0.00	0.00	86.61
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.00	0.53	2.22	3.52	3.62	1.50	0.25	0.02	0.00	0.00	11.66
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	0.73	0.38	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	1.61
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.73	33.87	42.35	9.57	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.04	1.38	8.05	29.59	38.50	8.09	1.09	0.08	0.00	0.00	86.81
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.01	0.62	2.18	3.45	3.41	1.40	0.22	0.02	0.00	0.00	11.31
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.02	0.48	0.77	0.38	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	1.73
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.73	33.87	42.35	9.57	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81 Tabla de incidencia bivariada 'Hmo -Tp' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Hmo.	0.0-2.0	2.0-4.0	4.0-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-16.0	16.0-18.0	18.0-20.0	20.0-22.0	22.0-24.0	Total
0.00 - 0.50	0.00	0.00	0.04	1.36	7.91	29.25	38.14	7.96	1.07	0.08	0.00	0.00	85.81
0.50 - 1.00	0.00	0.00	0.01	0.60	2.05	3.55	3.68	1.51	0.24	0.02	0.00	0.00	11.66
1.00 - 1.50	0.00	0.00	0.00	0.05	0.72	0.92	0.43	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	2.23
1.50 - 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.14	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
2.00 - 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2.50 - 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 - 3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50 - 4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00 - 4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50 - 5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00 - 5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50 - 6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00 - 6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.50 - 7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.05	2.02	10.73	33.87	42.35	9.57	1.32	0.10	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
6.0 - 8.0	0.01	2.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47
8.0 - 10.0	0.00	10.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.19
10.0 - 12.0	0.00	24.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.09
12.0 - 14.0	0.00	46.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.62
14.0 - 16.0	0.00	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.51
16.0 - 18.0	0.00	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87
18.0 - 20.0	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.01	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
6.0 - 8.0	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47
8.0 - 10.0	10.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.19
10.0 - 12.0	24.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.09
12.0 - 14.0	46.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.62
14.0 - 16.0	14.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.51
16.0 - 18.0	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87
18.0 - 20.0	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Caldera - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46	2.47
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.19	10.19
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.09	24.09
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.62	46.62
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.51	14.51
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	1.87
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	99.99	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	0.10	1.29
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.38	0.10	9.49
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.42	0.95	25.37
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.12	10.05	47.17
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	9.76	14.30
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.15	2.18
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.70	23.30	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 15 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.80	0.06	1.29
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	9.19	0.04	9.49
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.36	0.00	25.37
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.16	0.01	47.17
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	0.00	14.30
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0.02	2.18
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.01	0.19
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	99.16	0.15	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coquimbo - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.10	0.02	1.29
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.61	0.86	0.02	9.49
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.54	18.83	0.00	25.37
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	47.11	0.00	47.17
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	0.00	14.30
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	2.18
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.19
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.38	83.58	0.04	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 10 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
6.0 - 8.0	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	2.02
8.0 - 10.0	2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.87	10.73
10.0 - 12.0	10.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	33.87
12.0 - 14.0	17.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.64	42.35
14.0 - 16.0	4.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21	9.57
16.0 - 18.0	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.32
18.0 - 20.0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	36.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.04	100.00

Fuente: Elaboración propia.

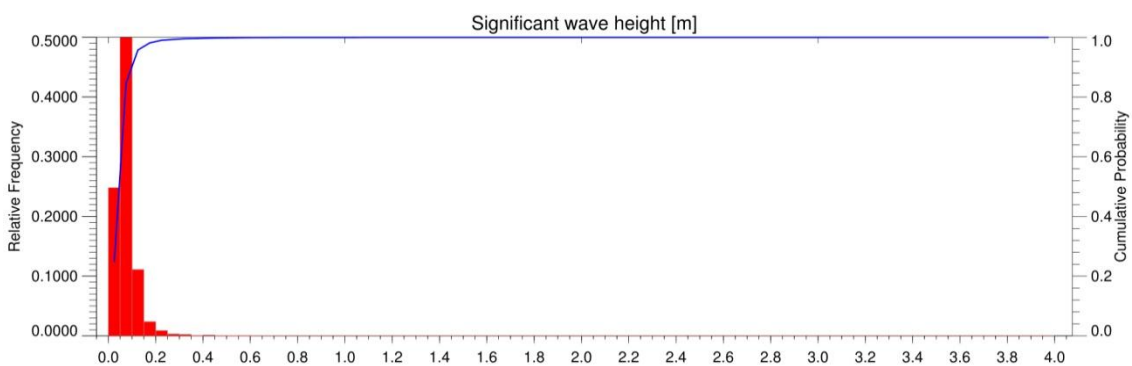
Tabla 89 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Concepción - Condición Someras – Veril 15 [m].

Tabla 93 Tabla de incidencia bivariada 'Tp - Mwd' - Bahía Coronel - Condición Someras – Veril 20 [m].

Rango Tp.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total
0.0 - 2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0 - 4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0 - 6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05
6.0 - 8.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.75	0.00	0.00	0.00	2.02
8.0 - 10.0	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	3.22	0.00	0.00	0.00	10.73
10.0 - 12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.94	3.93	0.00	0.00	0.00	33.87
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.10	2.24	0.00	0.00	0.00	42.35
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.75	0.82	0.00	0.00	0.00	9.57
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.15	0.00	0.00	0.00	1.32
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10
20.0 - 22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.0 - 24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totales:	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.85	11.15	0.00	0.00	0.00	100.00

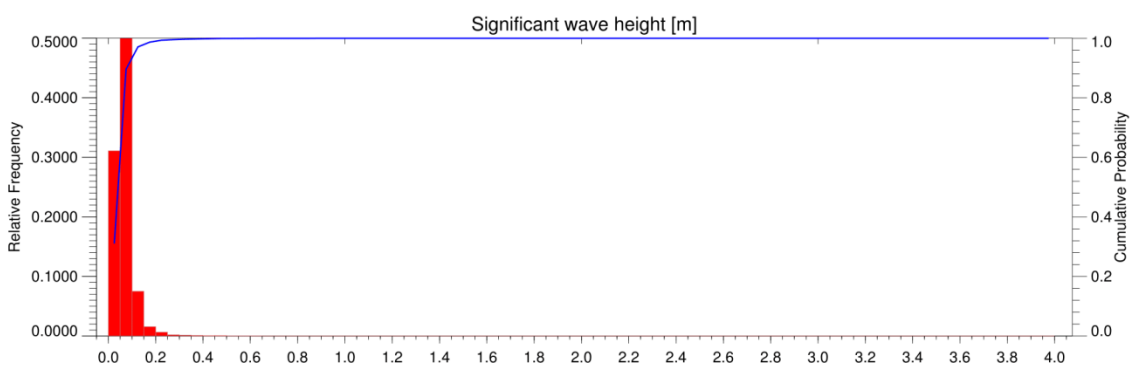
Fuente: Elaboración propia.

Figura 134 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m]



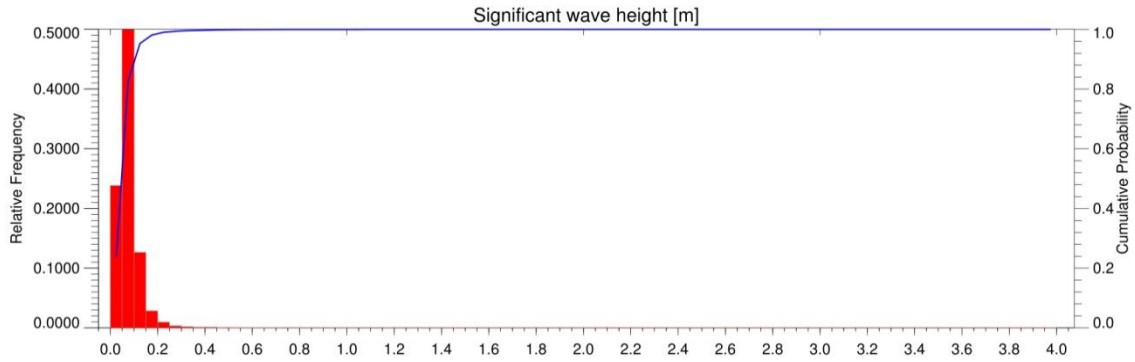
Fuente: Elaboración propia.

Figura 135 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].



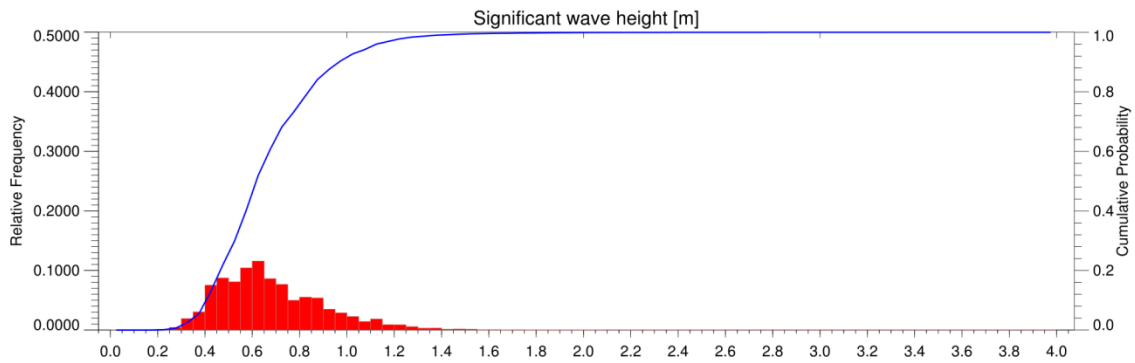
Fuente: Elaboración propia.

Figura 136 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Caldera - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].



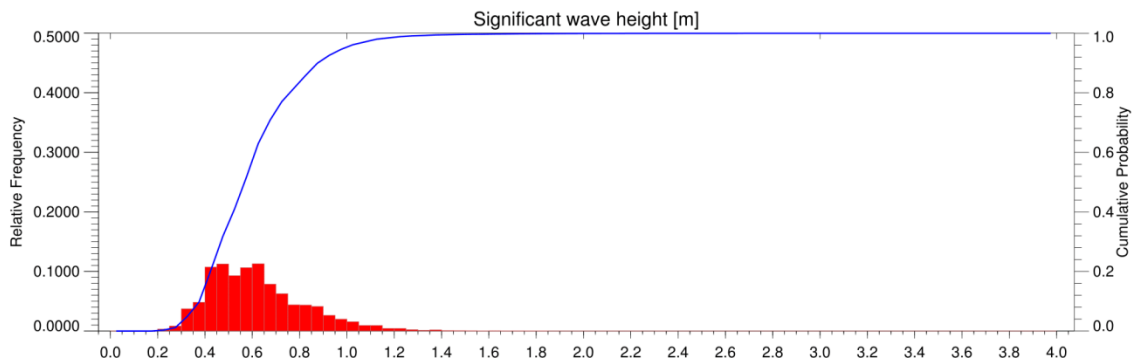
Fuente: Elaboración propia.

Figura 137 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].



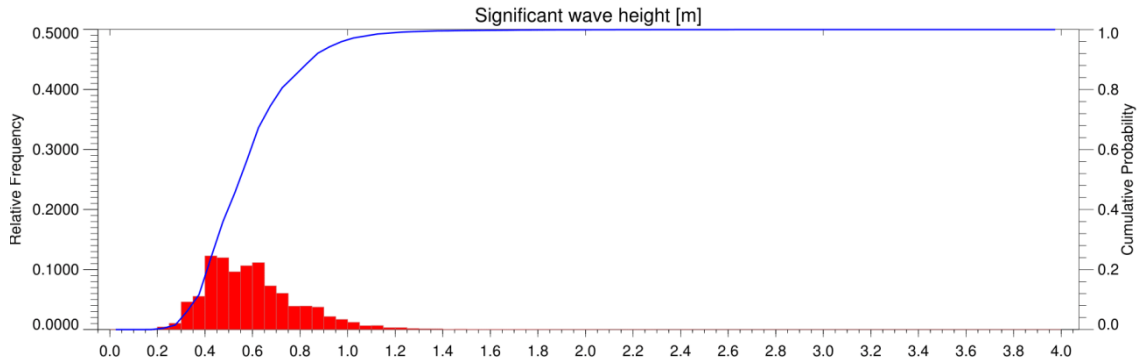
Fuente: Elaboración propia.

Figura 138 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].



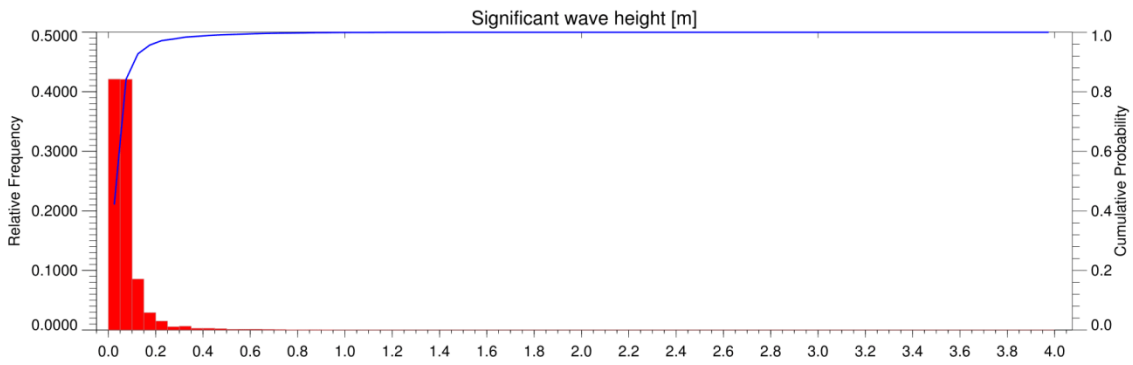
Fuente: Elaboración propia.

Figura 139 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coquimbo - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].



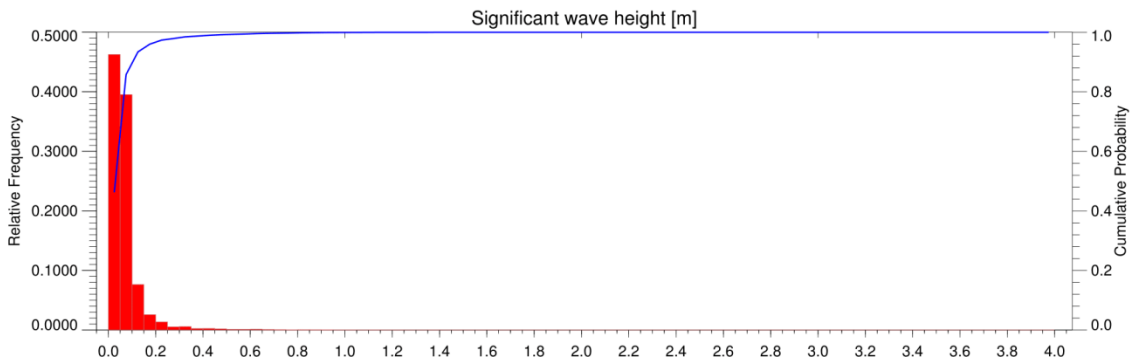
Fuente: Elaboración propia.

Figura 140 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].



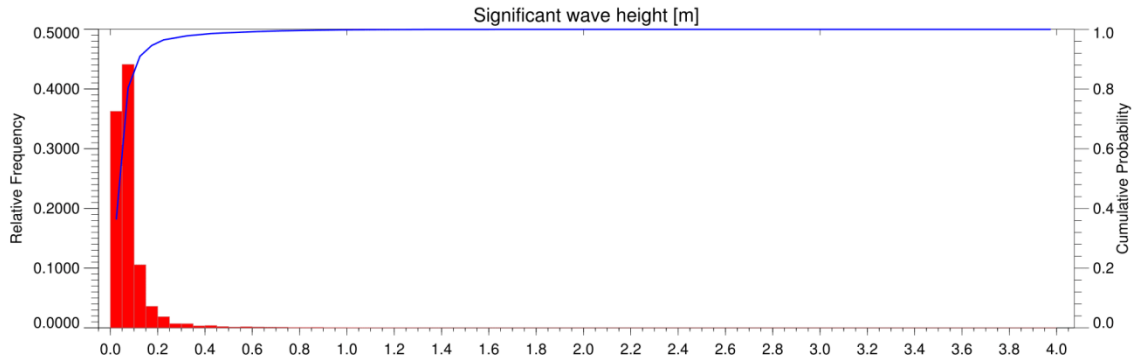
Fuente: Elaboración propia.

Figura 141 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].



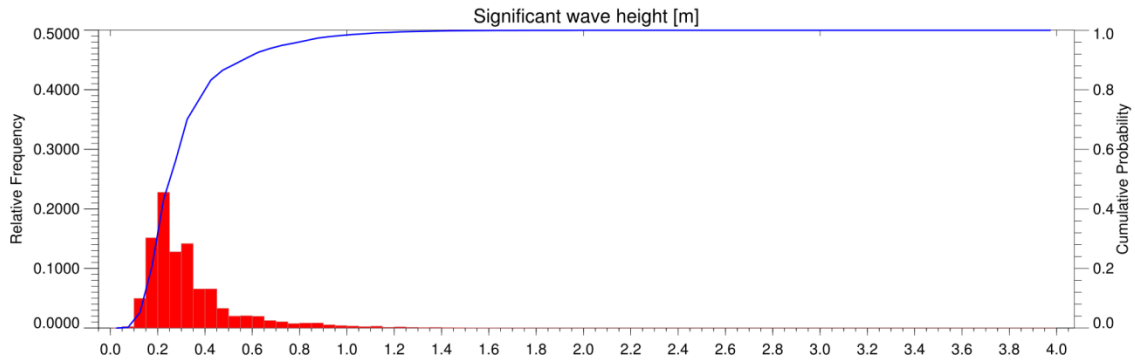
Fuente: Elaboración propia.

Figura 142 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Concepción - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].



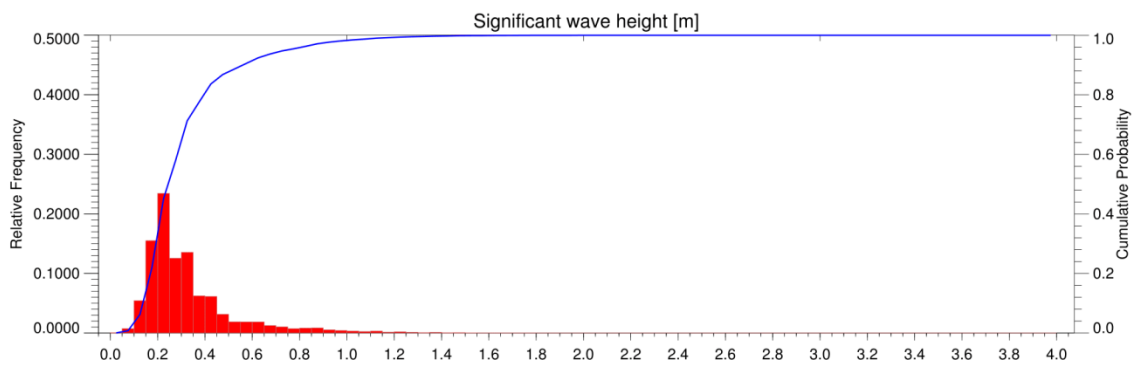
Fuente: Elaboración propia.

Figura 143 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 10 [m].



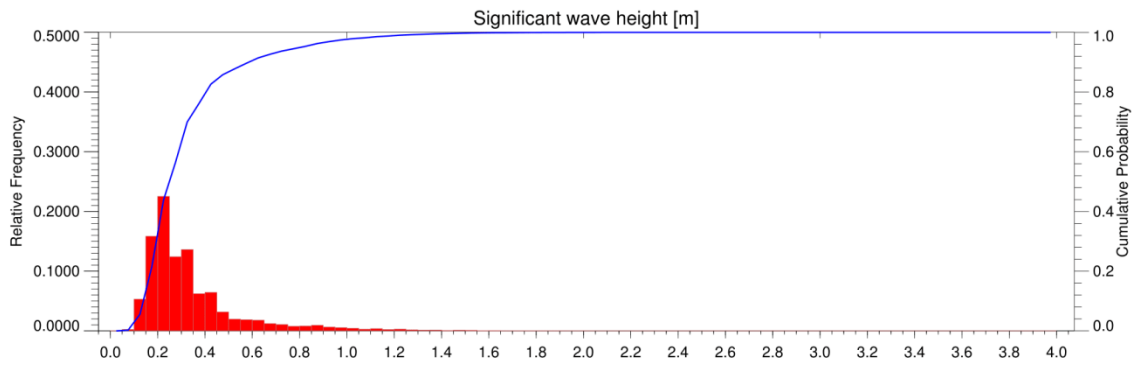
Fuente: Elaboración propia.

Figura 144 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 15 [m].



Fuente: Elaboración propia.

Figura 145 Frecuencia relativa y acumulada 'Hmo' - Bahía Coronel - Condición Aguas Someras – Veril 20 [m].



Fuente: Elaboración propia.