

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE ARRIBO, TÉRMINO Y DURACIÓN DE LOS AVISOS OFICIALES DE MAREJADAS EN LAS COSTAS DE CHILE

Autor: Alex Lara Yergues

Profesora Guía: Catalina Aguirre Galaz

ENERO 2023

“ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE ARRIBO, TÉRMINO Y DURACIÓN DE LOS AVISOS OFICIALES DE MAREJADAS EN LAS COSTAS DE CHILE”

Alex Mauricio Lara Yergues

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

PATRICIO WINCKLER

MAURICIO REYES

SERGIO BIDART

AGRADECIMIENTOS

Llegar al final de este camino ha sido reflejo de mucho sacrificio y esfuerzo, pero no solo mío, sino de todos quienes me rodean, siendo este título parte de cada uno de ellos, por lo que mis agradecimientos van para....

En primer lugar, a Dios por darme una segunda oportunidad, por ayudarme y rodearme de personas maravillosas. A todos mis profesores, que con su paciencia, motivación y apoyo, sembraron el conocimiento que hoy dio frutos. A Yasna por siempre estar presente con más de un consejo. A mis compañeros con quienes viví lindos momentos y fueron parte importante de este proceso. A aquellos con los que inicié este desafío, pero que tomaron otros caminos.

A mis abuelas/os, tías/os, primas/os, a mi familia en general.

A mis hermanos y cuñada, de quienes no puedo estar más agradecido, porque su apoyo fue monumental e incondicional. Fueron artífices de que hoy esté cumpliendo un sueño.

A mi esposita, confidente y compañera de vida, de quién jamás podré terminar de agradecer el apoyo y sacrificio realizado, sobre todo en este último tiempo con nuestro querubín, quién nos ha robado el corazón.

Finalmente a mis padres, quienes después de 30 años pueden disfrutar y estar orgullosos de lo que sembraron durante décadas. Porque fui testigo de su inmenso sacrificio, de sus lágrimas y risas. Solo agradecerles todo el amor, dedicación y apoyo brindado durante todo este tiempo. ¡Esto es principalmente de ustedes!

¡Gracias Totales!

ÍNDICE

1	RESUMEN.....	10
2	INTRODUCCIÓN.....	11
3	OBJETIVOS	13
3.1	OBJETIVO GENERAL	13
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4	ALCANCES Y LIMITACIONES	14
4.1	ALCANCES.....	14
4.2	LIMITACIONES.....	14
5	MARCO TEÓRICO	15
5.1	OLEAJE Y MAREJADAS	15
5.1.1	CLASIFICACIÓN DEL OLEAJE	15
5.1.2	CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE.....	16
5.1.3	DEFINICIÓN DE MAREJADAS.....	17
5.1.4	TENDENCIA AL AUMENTO DE LAS MAREJADAS	18
5.2	CIERRES DE PUERTO EN CHILE	19
6	METODOLOGÍA.....	21
6.1	DEFINICIÓN DE DOMINIO DE INVESTIGACIÓN	22
6.2	BASE DE DATOS	23
6.2.1	AVISOS DE MAREJADAS DE SERVIMET	23
6.2.2	AVISO DE MAREJADAS DEL ATLAS DE OLEAJE Y EL SISTEMA DE ALERTA DE MAREJADAS.....	25
6.2.3	BOYAS	29
6.3	METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN.....	29
7	RESULTADOS	31
7.1	SERVIMET – SAM.....	31
7.1.1	IQUIQUE.....	33
7.1.2	VALPARAÍSO	36
7.1.3	TALCAHUANO	39
7.1.4	LEBU (GOLFO DE ARAUCO).....	42
7.2	SERVIMET – BOYAS.....	45

7.2.1	IQUIQUE	46
7.2.2	VALPARAÍSO	49
7.2.3	TALCAHUANO	52
7.2.4	LEBU (GOLFO DE ARAUCO).....	56
8	DISCUSIÓN.....	59
8.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
8.1.1	SERVIMET – SAM	59
8.1.2	SERVIMET – BOYAS	60
9	CONCLUSIÓN.....	62
10	ANEXOS.....	63
11	REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de oleaje. a) Sea; b) Swell.....	15
Figura 2: Parámetros estadísticos de una ola	16
Figura 3: Criterios utilizados por SERVIMET para la emisión de avisos de marejadas y marejadas anormales.	17
Figura 4: Distribución anual de marejadas con daños y/o impactos en las costas de Chile,	18
Figura 5: Cantidad de avisos de marejadas entre los años 2006 y el 2020.....	19
Figura 6: Diagrama resumen de metodología empleada.....	21
Figura 7: Ubicación de nodos en los que hay disponible pronósticos y ubicaciones solicitadas por SERVIMET.....	22
Figura 8: Número de avisos de marejadas emitidos entre el 2010 y 2019.	24
Figura 9: Comparación datos Atlas-SAM Nodo Lebu año 2017	27
Figura 10: Ejemplo donde se supera el umbral de altura de ola y potencia, Coquimbo 15-04-2019.	28
Figura 11: Esquema para determinar los desfases en los tiempos de arribo y término de los avisos de marejadas.	30
Figura 12: Cantidad de avisos que coinciden o no, entre los emitidos por SERVIMET vs SAM.....	32
Figura 13: Comparación de avisos de marejadas en Iquique.....	33
Figura 14: Desfases en los tiempos de arribo y término para los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Iquique.	34
Figura 15: Duración de los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Iquique	35
Figura 16: Comparación de avisos de marejadas en Valparaíso.	36
Figura 17: Desfases en los tiempos de arribo y término para los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Valparaíso.	37
Figura 18: Duración de los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Valparaíso.	38
Figura 19: Comparación de avisos de marejadas en Talcahuano.....	39
Figura 20: Desfases en los tiempos de arribo y término para los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Talcahuano.....	40
Figura 21: Duración de los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Talcahuano.....	41
Figura 22: Comparación de avisos de marejadas en Lebu.	42
Figura 23: Desfases en los tiempos de arribo y término para los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Lebu.	43
Figura 24: Duración de los avisos de SAM respecto a los de SERVIMET en Lebu.....	44

Figura 25: Cantidad de avisos que coinciden (y no), entre los emitidos por el SERVIMET vs mediciones en boyas.....	45
Figura 26: Comparación de avisos de marejadas en Iquique.....	46
Figura 27: Desfases en los tiempos de arribo y término, entre las mediciones de boyas y SERVIMET en Iquique.....	47
Figura 28: Duración de las mediciones de boyas respecto a los avisos de SERVIMET en Iquique.....	48
Figura 29: Comparación de avisos de marejadas en Valparaíso.	49
Figura 30: Desfases en los tiempos de arribo y término, para las mediciones de boyas respecto a los avisos de SERVIMET en Valparaíso.....	50
Figura 31: Duración de los avisos SERVIMET respecto a las mediciones de boyas en Valparaíso.	51
Figura 32: Comparación de avisos de marejadas en Talcahuano.....	52
Figura 33: Desfases en los tiempos de arribo y término, para las mediciones de boyas respecto a los avisos de SERVIMET en Talcahuano.	53
Figura 34: Duración de los avisos SERVIMET respecto a las mediciones de boyas en Talcahuano.....	55
Figura 35: Comparación de avisos de marejadas en Lebu.	56
Figura 36: Desfases en los tiempos de arribo y término, para las mediciones de boyas respecto a los avisos de SERVIMET en Lebu.....	57
Figura 37: Duración de los avisos SERVIMET respecto a las mediciones de boyas en Lebu.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costos históricos por paralización operativa producto de marejadas en 7 puertos de Chile	20
Tabla 2: Listado de localidades a analizar.	22
Tabla 3: Primeros 3 avisos de marejadas del año 2018 emitidos por el SERVIMET.	23
Tabla 4: Formato de data procesada	25
Tabla 5: Formato de datos del Sistema de Alerta de Marejadas	26
Tabla 6: Criterio SAM utilizado para los Pronósticos UV.	27
Tabla 7: Base de datos disponible de boyas para periodo de estudio.	29
Tabla 8: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Iquique.	34
Tabla 9: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT y SAM en Iquique.	35
Tabla 10: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Valparaíso.	37
Tabla 11: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT y SAM en Valparaíso.	38
Tabla 12: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Talcahuano.	40
Tabla 13: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT y SAM en Talcahuano.	41
Tabla 14: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Lebu.	43
Tabla 15: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT y SAM en Lebu.	44
Tabla 16: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Iquique.	47
Tabla 17: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT respecto a Boyas en Iquique.	48
Tabla 18: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Valparaíso.	50
Tabla 19: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT respecto a Boyas en Valparaíso.	51
Tabla 20: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Talcahuano.	53

Tabla 21: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT respecto a Boyas en Talcahuano.	55
Tabla 22: Desfases promedio y desviación estándar para los tiempos de arribo y término en Lebu.....	57
Tabla 23: Duración promedio y desviación estándar de los avisos de SMT respecto a Boyas en Lebu.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Documentos utilizados en este proyecto.....	63
--	----

1 RESUMEN.

Las marejadas son eventos de oleaje extremo que afectan las costas de Chile de forma recurrente, provocando el cierre parcial de puertos y actividades en la costa.

Estas han aumentado en frecuencia en las últimas décadas y se espera que su incremento tanto en frecuencia como en altura significativa continúe en las próximas décadas, se requiere buscar posibles soluciones para mitigar los tiempos en que los puertos hacen cese de operaciones producto de los avisos de marejadas.

El presente estudio tiene la finalidad de analizar las diferencias existentes en los pronósticos realizados por el Servicio Meteorológico de la Armada y el Sistema de Alerta de Marejadas, donde además se utilizan mediciones in situ mediante boyas, para posteriormente cuantificar dichas diferencias que permitan conocer y estimar la posibilidad de reducir los tiempos de avisos de marejadas entregados por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile.

Para esto, se definieron 23 localidades de estudio en donde mediante una recopilación de datos y posterior tratamiento, se hace uso de una rutina de MATLAB para efectuar comparaciones entre las bases de datos.

Los resultados indican que SERVIMET sobrestima las duraciones de las marejadas, por lo que efectúa avisos con tiempos muy extensos respecto a lo pronosticado por el Sistema de Alerta de Marejadas y lo medido en las boyas.

Se espera que con estos resultados, las entidades competentes que deseen hacer uso de este documento puedan elaborar procedimientos que permitan un análisis más preciso en cuanto a los pronósticos de las marejadas. Un factor a considerar sería que los avisos fueran efectuados por localidad y no por tramos como se efectúa actualmente, ya que no se considera el tiempo que demora el evento en llegar a las localidades más distantes de su zona de generación.