



Memoria del proyecto para optar al Título de  
Ingeniero Civil Oceánico

**EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PREDICCIÓN PARA  
ESTIMAR LAS HORAS DE CIERRE DE LA BAHÍA DE  
PUERTO CHACABUCO.**

**Michelle Gallardo Syriani**

Diciembre 2019

EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR LAS HORAS  
DE CIERRE DE LA BAHÍA DE PUERTO CHACABUCO.

Michelle Gallardo Syriani

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

FELIPE CASELLI

Profesor guía

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SERGIO BIDART

Revisor

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

JAIME LEYTON

Revisor

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Declaración

Este trabajo, o alguna de sus partes, no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Norma y Daniel y a mi hermana Camila por el incondicional apoyo, comprensión y paciencia a lo largo de este proceso y durante toda mi vida.

Agradezco al profesor Felipe Caselli por guiarme y enseñarme siempre con la mejor disposición en el desarrollo de esta memoria y durante toda la carrera.

Quiero agradecer también a las personas que desinteresadamente aportaron con su granito de arena para que yo pudiera cumplir mis metas, a Stefani por acompañarme siempre, a Gonzalo por darme la palabra justa en el momento justo, a Enrique por sus enseñanzas, apoyo y comprensión, a Ignacio por su infinita motivación y a Enzo por aprender junto a mí desde lo más simple hasta lo más complejo.

Finalmente agradezco a la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile por proporcionar la data utilizada para realizar este estudio.

## **TABLA DE CONTENIDO**

1	Introducción .....	1
2	Objetivos.....	2
3	Fundamento teórico.....	3
3.1	Estadística descriptiva .....	3
3.2	Análisis de series temporales .....	4
3.2.1	Descomposición de la serie temporal .....	5
3.2.2	Técnicas de suavizado .....	6
3.2.3	Modelos ARIMA.....	9
3.2.4	Medidas de precisión.....	11
4	Metodología.....	12
5	Resultados.....	14
5.1	Análisis estadístico .....	16
5.1.1	Parámetros estadísticos .....	16
5.1.2	Distribución anual de horas .....	18
5.2	Construcción del modelo .....	20
5.3	Predicción.....	24
6	Conclusiones .....	27
7	Referencias bibliográficas .....	29
8	Anexos .....	30

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 5-1: Parámetros estadísticos.....	16
Tabla 5-2: Cantidad de horas anuales .....	18
Tabla 5-3: Medidas de bondad de ajuste para ACN.....	20
Tabla 5-4: Medidas de bondad de ajuste para CNMF .....	20
Tabla 5-5: Medidas de bondad de ajuste para CNMFD .....	21
Tabla 5-6: Modelos seleccionados.....	21

## **LISTA DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Coeficiente de autocorrelación .....	4
Ecuación 2: Modelo sumativo .....	5
Ecuación 3: Modelo multiplicativo .....	5
Ecuación 4: Promedio móvil.....	6
Ecuación 5: Suavizado exponencial simple .....	6
Ecuación 6: Suavizado lineal de Holt .....	7
Ecuación 7: Valor de la serie alisada .....	7
Ecuación 8: Valor del parámetro estimado.....	7
Ecuación 9: Suavizado estacional de Winters.....	8
Ecuación 10: Valor de la serie alisada .....	8
Ecuación 11: Valor del parámetro estimado.....	8
Ecuación 12: Factor de estacionalidad .....	8
Ecuación 13: Modelo ARIMA .....	9

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1-1: Bahía de Puerto Chacabuco .....	1
Figura 5-1: Horas mensuales de cada estado entre 2009 y 2018. ....	14
Figura 5-2: Comportamiento mensual (entre 2009 y 2018) de cada serie .....	16
Figura 5-3: Proporción de horas por año.....	18
Figura 5-4: Comportamiento del modelo para ACN 2018.....	22
Figura 5-5: Comportamiento del modelo para CNMF 2018 .....	22
Figura 5-6: Comportamiento del modelo para CNMFD 2018 .....	23
Figura 5-7: Predicción de la serie ACN .....	24
Figura 5-8: Predicción de la serie CNMF .....	25
Figura 5-9: Predicción de la serie CNMFD .....	26

## **RESUMEN**

Puerto Chacabuco es considerado el puerto más importante de la región de Aysén, ya que cubre la necesidad de conectividad marítima de pasajeros y facilita el intercambio comercial de sectores económicos como: pesca, acuicultura, minería, industrial, forestal, agrario, turístico, entre otros.

Debido a lo anterior, se realizó este estudio que consiste en la evaluación de un modelo de predicción para estimar las horas de cierre de la bahía de Puerto Chacabuco, esto con el fin de dar respuesta al problema de planificación de las actividades del puerto a partir de las restricciones operacionales generadas por mal tiempo.

Para ello se realizó un análisis estadístico donde se identificaron las principales características de la serie temporal y su comportamiento a través de los últimos 10 años, luego se realizó un análisis de series temporales, donde se utilizaron distintos modelos para reproducir la serie temporal y se evaluó cuál de ellos presentó el mejor ajuste. Una vez seleccionado el modelo se realizó la predicción de la serie.

El resultado obtenido de este estudio fue una estimación del comportamiento de la variable estudiada (horas mensuales de cierre de la bahía) para los años 2019 y 2020, con el fin de facilitar la toma de decisiones en la planificación de actividades considerando condiciones futuras.