



Memoria del proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico

**FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA PARA  
ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS  
AGRICOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.**

CARLOS RODRIGO SALAS CORDERO

DICIEMBRE 2018

**FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONÓMICA PARA ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS AGRICOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.**

---

**FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA PARA ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS AGRICOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.**

**CARLOS RODRIGO SALAS CORDERO.**

**COMISION REVISORA**

**NOTA**

**FIRMA**

**SERGIO BIDART L.**

Profesor guía

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FELIPE CASELLI B.**

Revisor

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MAX HARDY V.**

Revisor

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **DECLARCIÓN**

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 las misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

## **Agradecimientos**

Primero y antes que todo, agradezco a mi madre por darme la fortaleza y claridad necesaria para afrontar mis retos personales y cumplirlos.

¡Ciclo cerrado!

Agradezco a mi familia, por acogerme siempre con cariño y preocupación, sé que puedo contar con ellos cuando los necesite.

Agradezco a mis amigos quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas, llegando a ser un apoyo fundamental para mí.

Quiero agradecer a mi profesor Sergio Bidart, por guiarme en esta etapa final de mi vida académica, también quiero agradecer de forma especial al profesor Felipe Caselli, quien siempre demostró una excelente disposición y buena voluntad para responder a muchas consultas que le presenté.

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

### **TABLA DE CONTENIDO**

1.- RESUMEN .....	9
2.- INTRODUCCIÓN.....	10
3.- OBJETIVOS.....	11
3.1.- OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4.- ANTECEDENTES .....	12
4.1 DEFINICIÓN DE LA LOCALIDAD DE ESTUDIO .....	12
4.2.- INDICADORES DEMOGRÁFICOS COMUNA DE PETORCA. ....	13
4.2.1 POBLACIÓN TOTAL 2002 Y PROYECCIÓN 2012. ....	13
4.2.2 POBLACIÓN POR SEXO E ÍNDICE DE MASCULINIDAD.....	13
4.3.- INDICADORES ECONÓMICOS COMUNA DE PETORCA. ....	14
4.3.1 NÚMERO DE EMPRESAS SEGÚN TAMAÑO 2007-2009-2011.....	14
4.3.2.- NÚMERO DE TRABAJADORES SEGÚN TAMAÑO DE LA EMPRESA 2007-2009-2012.....	15
4.4.- CLIMA .....	15
4.5.- HIDROGRAFÍA.....	16
4.6.- AGRICULTURA EN LA REGIÓN .....	17
4.6.1.- ACTIVIDAD ECONÓMICA COMUNAL.....	19
5.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	22
5.1 ANTECEDENTES. ....	22
5.2. ANTECEDENTES HÍDRICOS.....	24
5.3.- DISPONIBILIDAD DE AGUA .....	25
5.3.1.- MICROEMBALSES SOBRE PLANTACIÓN. ....	25
5.3.2.- MICROEMBALSES EN ZONAS BAJAS DE LAS PLANTACIONES.....	26
6.- FUNDAMENTO TEÓRICO .....	29
6.1 ANTECEDENTES DE LA DESALACIÓN .....	29
6.2 MÉTODOS DE DESALACIÓN.....	29

# FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS AGRICOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.

---

6.2.1.- EVAPORACIÓN SÚBITA POR EFECTO FLASH (MSF (Roa)):	29
6.2.2.- EVAPORACIÓN DE MÚLTIPLE EFECTO (MED (Aurum)):	30
6.2.3.- COMPRESIÓN TÉRMICA DE VAPOR (TVC (evitech)):	30
6.2.4.- ELECTRODIÁLISIS (ED (Alicante)):	31
6.2.5.- DESTILACIÓN SOLAR (Fundación energizar):	31
6.2.6.- OSMOSIS INVERSA.	32
6.3 ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA DESALACIÓN:	34
6.4 EL PROCESO DE UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA (OI).	34
6.4.1. CAPTACIÓN DE AGUA MARINA.	35
6.4.2. PRETRATAMIENTO.	35
6.4.3. LA ÓSMOSIS INVERSA.	36
6.5 EXPERIENCIAS DE DESALACIÓN EN EL MUNDO.	38
6.6 EXPERIENCIAS DE DESALACIÓN EN CHILE.	39
7.- METODOLOGIA.	41
7.1.- ANTECEDENTES.	41
7.2.- ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.	41
7.3.- DEFINICIÓN DEL CAUDAL DE AGUA NECESARIA.	41
7.4.- DETERMINACIÓN DE LA DIMENSIÒN DE LA PLANTA.	42
7.5.- PROCESO DE LA PLANTA COTIZADA.	42
7.6.- EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA.	42
8.- IMPLEMENTACIÓN DE PLANTA DESALADORA PARA PETORCA.	43
8.1.- DETERMINACIÓN DEL CAUDAL PARA LA CREACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA.	43
8.2.- LOCACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA:	44
8.3.- COTIZACIONES A EMPRESAS.	46
8.4.- COTIZACIÓN FORMAL DE EMPRESA PRO EQUIPOS- PRO QUÍMICA	47
8.5.- PROCESO DE LA PLANTA COTIZADA.	49
8.5.1.- PROCESO GENERAL.	49
9.- FACTIBILIDAD ECONÓMICA.	50
9.1.- ANÁLISIS ECONÓMICO, CON GASTOS DE TRASLADO.	50

# FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS AGRICOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.

---

9.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO, SIN GASTO DE TRASLADO.....	52
10.- CONCLUSIONES.....	53
11.- ANEXOS.....	54
ANEXO 1: INDICADORES ECONÓMICOS DE LA COMUNA DE PETORCA.....	54
ANEXO 2: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	56
ANEXO 3: COTIZACIONES DE CAMIONES ALJIBES.....	61
ANEXO 4: BASE DE DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA REGADÍO.....	64

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Localidad del estudio.....	12
Imagen 2: Sistema Hídrico Comuna de Petorca.....	16
Imagen 3: Superficie frutícola por región de Especies Mayores.....	18
Imagen 4: Superficie plantada a nivel Regional.....	18
Imagen 5: Superficie según tamaño de exportaciones, por hectárea.....	19
Imagen 6: Mayor productividad, según las distintas Provincias de la Región.....	20
Imagen 7: Superficie por Especie, Comuna de Petroca.....	21
Imagen 8: Microenbalse sobre plantación.....	26
Imagen 9: Microenbalses en zonas bajas de las plantaciones.....	27
Imagen 10: Proceso Osmótico.....	32
Imagen 11: Presión Osmótica.....	33
Imagen 12: Membrana para la Osmosis Inversa.....	33
Imagen 13: Diagrama de Flujo de una planta de osmosis inversa.....	37
Imagen 14: Plantas desaladoras en el norte grande de Chile.....	40
Imagen 15: Distancia Playa Pichiuy-Comuna de Petorca.....	45
Imagen 16: Número de empresas por rama de actividad en los años 2007-2009 y 2011.....	54
Imagen 17: Número de trabajadores por rama de actividad en los años 2007-2009 y 2011.....	55
Imagen 18: Superficie de explotaciones Silvoagropecuarias 2007 (Has.).....	55
Imagen 19: Porcentaje de superficies de Explotaciones silvoagropecuarias 2007.....	55
Imagen 20: Cotización mes Julio, Pedro silva.....	61
Imagen 21: Cotización me Agosto, Pedro Silva.....	62
Imagen 22: Cotización mes Septiembre, Pedro silva.....	63
Imagen 23: Gastos de traslado de agua, año 2014.....	65
Imagen 24: Gastos de traslado de agua, año 2014.....	66
Imagen 25: Gastos de traslado de agua, año 2014.....	67

# FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA ABASTECER DE AGUA DESALINIZADA A CAMPOS AGRÍCOLAS EN LA COMUNA DE PETORCA, CHILE.

---

Imagen 26: Gastos de traslado de agua, año 2015. ....	67
Imagen 27: Gastos de traslado de agua, año 2015. ....	68
Imagen 28: Gastos de traslado de agua, año 2015. ....	69
Imagen 29: Gastos de traslado de agua, año 2016. ....	70
Imagen 30: Gastos de traslado de agua, año 2017. ....	71
Imagen 31: Gastos de traslado de agua, año 2017. ....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población Total 2002 y Proyección 2012.....	13
Tabla 2: Población por sexo e Índice de Masculinidad .....	13
Tabla 3: Número de empresas según tamaño 2007-2009-2011.....	14
Tabla 4: Número de trabajadores según tamaño de la empresa 2007-2009-2012.....	15
Tabla 5: Indicadores relevantes en diferentes procesos para desalación de agua de mar. ....	34
Tabla 6: Experiencias de desalación en el Mundo. ....	39
Tabla 7: Flujo de caja, con gastos de traslado.....	56
Tabla 8: Datos para el flujo de caja, con gastos de traslado. ....	57
Tabla 9: Flujo de caja, sin gastos de traslado. ....	58
Tabla 10: Datos para el flujo de caja, sin gastos de traslado. ....	59
Tabla 11: Gasto anual Efectivo.....	60



## **1.- RESUMEN**

El presente estudio muestra la factibilidad técnica y económica para abastecer de agua desalinizada a campos agrícolas en la comuna de Petorca, el proyecto presenta las problemáticas que tiene el sector de la agricultura, de hace más de una década hasta la fecha, con el fin de buscar una solución no convencional para la escasez hídrica que somete a esta zona del país.

Los análisis en cuestión, para la toma de decisiones, se basan en las estadísticas que existen hoy en día que hacen que la Comuna de Petorca sea declarada zona de catástrofe.

El análisis muestra el caudal requerido que necesita la Comuna de Petorca para abastecer el 100% del déficit que existe a la fecha, para así poder determinar el tamaño de la planta que se necesita.

Los parámetros que conllevan las alternativas para determinar, que la Osmosis Inversa, es la tecnología más adecuada para la realización de dicho proyecto, además de los costos necesarios que van de la mano con la implementación de una planta desaladora en la localidad de Pichicuy.

La factibilidad técnica, demostraron los costos en los que se incurrirán, para una posible toma de decisión de la puesta en marcha de un proyecto de esta envergadura, para un proyecto que es social, esto por los beneficios que otorgaría a la localidad ya mencionada para su desarrollo comunal, regional y nacional.

Se realizaron flujos de caja que demostraron los costos asociados de lo que es poner un metro cúbico en la comuna de Petorca, desde la costa de Pichicuy, llevados a través de camiones aljibes.

Se muestra que la localidad de Pichicuy, es la más apropiada para el proyecto, debido a la cercanía del sector, además de contar con los permisos para poder colocar plantas industriales o plantas desaladoras.

Se analizaron las variables que hacen que, al día de hoy, no sea posible efectuar el traslado del déficit de agua a través de camiones aljibes, esto por los costos elevados en los cuales se incurriría y la poca demanda de los mismos.