

# TABLA DE CONTENIDO

---

1	Introducción .....	4
1.1	Antecedentes .....	4
1.1.1	Uso del recurso hídrico.....	4
1.2	Reciclaje de aguas.....	6
1.2.1	Aguas servidas y reciclaje de aguas .....	6
1.2.2	Estado del arte: el reciclaje de aguas en el mundo .....	8
1.2.3	Situación en Chile.....	10
1.3	Caso en estudio .....	12
1.3.1	Importancia y proyecciones.....	12
1.4	Objetivos.....	13
1.4.1	Objetivo general .....	13
1.4.2	Objetivos específicos.....	13
1.4.3	Alcances.....	13
2	Antecedentes y alternativas tecnológicas .....	14
2.1	Procesos y tratamientos para el reciclaje de aguas .....	14
2.1.1	Tratamiento de aguas residuales.....	14
2.1.2	Tratamiento avanzado de aguas.....	15
2.2	Proceso de reciclaje de aguas: contexto internacional.....	17
2.2.1	Namibia .....	17
2.2.2	Australia .....	18
2.2.3	Singapur.....	20
3	Propuesta para sistema de reciclaje de aguas .....	23
3.1	Caracterización del agua reciclada.....	24
3.2	Configuración del proceso de reciclaje de aguas.....	26
3.2.1	Determinación del proceso .....	27
3.2.2	Diagrama de bloques del proceso.....	27
3.2.3	Descripción de las etapas del proceso .....	28
4	Evaluación de la propuesta.....	33

4.1	Evaluación técnica .....	33
4.1.1	Balance de masa del proceso .....	34
4.1.2	Dimensionamientos .....	35
4.1.3	Flowsheet.....	44
4.1.4	Balance de energía.....	44
4.2	Evaluación económica .....	47
4.2.1	Costos de inversión.....	47
4.2.2	Costos operacionales .....	48
4.2.3	Análisis tarifario .....	50
4.2.4	Análisis del flujo de caja del proyecto.....	62
4.2.5	Discusiones.....	64
4.3	Evaluación ambiental.....	66
4.3.1	Situación actual del uso de aguas y descargas de la PTAS en la zona de Rancagua.....	66
4.3.2	Calidad del agua reciclada.....	69
4.3.3	Discusiones.....	70
5	Discusiones generales .....	71
6	Conclusiones .....	73
7	Bibliografía.....	75
Anexos.....		80
A.	Ciclo del agua en Singapur .....	80
B.	Puntos y aplicaciones del agua reciclada en la ciudad de Sídney.....	81
C.	Proceso de reciclaje de aguas en Singapur .....	82
D.	Parámetros de calidad del agua reciclada en Singapur .....	83
E.	Límites máximos para la descarga de Residuos líquidos a cuerpos fluviales .....	84
F.	Comparación de parámetros de calidad de efluentes de PTAS .....	85
G.	Tamaño de partículas y porosidad para Ultrafiltración .....	87
H.	Balance de Masa .....	88
H.1	Oxidación Avanzada .....	88
H.2	Ultrafiltración .....	90
H.3	Ósmosis Inversa .....	91

H.4 Cloración .....	93
H.5 Balances de masa por elemento.....	94
I. Simulación membranas de osmosis inversa .....	95
J. Localización geográfica planta de reciclaje de aguas.....	96
J.1 Cuenca del Río Rapel, encerrado en negro la subcuenca del Río Cachapoal.....	96
J.2 Distancia entre planta de producción de agua potable y planta de tratamiento de aguas servidas.....	97
J.3 Perfil de elevación geográfica .....	98
K. Flujo de caja.....	99
K.1 Flujo de caja escenario A .....	99
K.2 Flujo de caja escenario B.....	100
L. Flowsheet del proceso .....	101