

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Motivación.....	1
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	3
Capítulo 2: Marco teórico	4
2.1. Aguas residuales	4
2.2. Sistemas de tratamiento no convencionales	6
2.3. Parámetros de diseño para la construcción de humedales construidos	12
2.4. Modelos de simulación de remoción de contaminantes en humedales construidos	13
2.4.1. Reactores de flujo con decaimiento	14
2.4.2. Tanques en serie	14
2.4.3. Modelo en régimen transiente con una dimensión de flujo.....	16
2.5. Incertidumbre y variabilidad en el desempeño de humedales construidos ...	17
Capítulo 3: Formulación e implementación de modelo de simulación	19
3.1. Recopilación de datos.....	19
3.2. Formulación de modelos de simulación	20
3.2.1. Ecuaciones de balance de masa	21
3.2.2. Balance de masa incorporando nitrificación y desnitrificación	26
3.3. Parámetros del modelo.....	27
3.3.1. Variables de entrada.....	27
3.3.2. Constante de decaimiento (K_T)	28
3.3.3. Tiempo de retención hidráulico	30
3.3.4. Evapotranspiración de plantas.....	31
3.3.5. Precipitación líquida	31
3.4. Caracterización de incertidumbre	31
3.4.1. Régimen permanente	32
3.4.2. Régimen transiente	35

3.5. Propagación de incertidumbre	36
3.6. Comparación sistemas tratamiento convencionales con no convencionales.	36
Capítulo 4: Resultados y discusión	38
4.1. Validación modelos para serie determinística	38
4.1.1. Coliformes totales.....	38
4.1.2. Escherichia Coli.....	39
4.1.3. Demanda química de oxígeno.....	40
4.1.4. Amonio (NH ₄ ⁺).....	41
4.1.5. Nitrato (NO ₃ ⁻)	42
4.1.6. Nitrógeno total	43
4.1.7. Fosfato (PO ₄ ³⁻).....	44
4.1.8. Fósforo total	45
4.1.9. Sólidos suspendidos totales	46
4.2. Modelación de Monte Carlo	48
4.2.1. Humedal subsuperficial de flujo horizontal	48
4.2.2. Humedal subsuperficial de flujo vertical	52
4.3. Sistemas convencionales y no convencionales en la remoción de contaminantes	56
4.3.1. Comparación entre sistemas convencionales y no convencionales y cumplimiento normativas.....	57
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.....	59
5.1. Validación de los modelos de simulación.....	59
5.2. Simulaciones de Monte Carlo para la propagación de incertidumbre	60
5.3. Recomendaciones de trabajo futuro.....	61

Bibliografía	63
Anexos	68
Anexo A : Especificación Normativas Chilenas para la regulación del tratamiento de agua residual	69
Anexo B : Estimación de Evapotranspiración	70
Anexo C : Configuración sistema de tratamiento utilizado en la recopilación de datos	76
Anexo D : Precipitación líquida caída en el periodo utilizado para el estudio	76
Anexo E : Funciones de distribución seleccionadas para los diferentes parámetros a los cuales se les aplica propagación de incertidumbre	77
Anexo F : Eficiencia de remoción de contaminantes sometidos a análisis de simulación de Monte Carlo.....	81
Anexo G : Detalle de la propagación de incertidumbre para los parámetros de humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento y coeficiente de difusión hidrodinámica.....	87