

Tabla de contenido

Acrónimos	x
1 Introducción.....	1
1.1 Aguas Andinas S.A.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos.....	3
2 Metodología.....	4
2.1.1 Contextualización y revisión de antecedentes	4
2.1.2 Realización de Análisis de Ciclo de Vida	4
2.1.3 Generación de propuestas y recomendaciones	5
2.2 Estructura del estudio.....	5
3 Antecedentes técnicos.....	6
3.1 Proceso de tratamiento de aguas residuales	6
3.1.1 Tratamiento Preliminar.....	7
3.1.2 Tratamiento Primario.....	7
3.1.3 Tratamiento Secundario.....	7
3.1.4 Tratamiento de lodos	9
3.1.5 Sistema de desodorización.....	10
3.2 Análisis de ciclo de vida	10
3.2.1 Objetivo y alcance del estudio.....	11
3.2.2 Análisis del inventario	12
3.2.3 Evaluación del impacto ambiental.....	12
3.2.4 Interpretación del ciclo de vida	13
3.3 Cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero.....	14
3.4 Escenario energético chileno	16
3.4.1 Proyección escenario energético chileno.....	18
4 Estado del arte	21
4.1 Análisis de ciclo de vida	21
4.1.1 Escenario mundial	21
4.1.2 Aplicación de referencia: Italia 2016.....	22
4.1.3 Escenario chileno.....	23
5 Objetivo y alcance del ACV.....	24

5.1	Objetivo del estudio	24
5.2	Alcance del estudio	24
5.2.1	Escenarios	24
5.2.2	Unidad funcional	26
5.2.3	Límites del sistema	27
5.2.4	Calidad de los datos	27
5.2.5	Categorías de impacto	28
6	Análisis del inventario	31
6.1	Datos del sistema y factores de emisión	31
6.1.1	Emisiones directas	31
6.1.2	Matriz energética	35
6.1.3	Disposición de residuos	35
6.1.4	Transporte	36
6.1.5	Producción de químicos	36
6.2	Escenario N°2: cogeneración	36
6.3	Escenario 3: ampliación	39
6.3.1	Variación del escenario ampliado	40
7	Evaluación del impacto ambiental	41
7.1	Emisiones totales por escenario	41
7.2	Distribución emisiones por alcance	43
7.2.1	Distribución emisiones alcance N°1	44
7.2.2	Distribución emisiones alcance N°3	45
7.3	Emisiones por GEI	46
7.3.1	Análisis de sensibilidad	47
7.4	Indicadores de emisión	48
8	Recomendaciones	51
8.1	Producción de óxido nitroso en una PTAR	51
8.1.1	Campana de medición óxido nitroso	52
8.2	Condiciones de operación	53
8.3	Tecnologías de remoción de nitrógeno	55
8.3.1	Proceso Anammox	56
8.4	Análisis de recomendaciones	59
9	Conclusiones	61
	Bibliografía	63

Anexos.....	67
Anexo A: Pronóstico escenario ampliado	67
Anexo B: Ejemplos de cálculo	68
Anexo B.1: Emisiones directas.....	68
Anexo B.2: Consumo energía eléctrica	69
Anexo B.3: Disposición.....	70
Anexo B.4: Transporte	71
Anexo B.5: Producción de químicos	71
Anexo C: Resultados específicos de la huella de carbono	72
Anexo D: Cotización equipos de medición de óxido nitroso	73
Anexo E: Información adicional sobre tecnología Anammox	75

Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de tratamiento secundario utilizados en la depuración de agua residual. Adaptado de [8].....	8
Tabla 2: Factor de emisión pronosticado para el SIC en el año 2030	20
Tabla 3: Factor de potencial de calentamiento global [30]	29
Tabla 4: Características promedio del afluente y efluente de la planta del año 2016	31
Tabla 5: Consumo eléctrico y generación de biogás de la PTAR Talagante en el año 2016.....	31
Tabla 6: Factor de emisión equipos de la línea de lodos	35
Tabla 7: Factor de emisión del SIC en distintos años	35
Tabla 8: Factor de emisión por GEI para cada residuo generado en kg de GEI por kg de residuo.	36
Tabla 9: Factor de emisión medios de transporte	36
Tabla 10: Factor de emisión de producción de químicos	36
Tabla 11: Factor de emisión motor de cogeneración.....	37
Tabla 12: Características promedio del afluente y efluente de la planta del año 2024, considerando crecimiento vegetativo.....	39
Tabla 13: Consumo eléctrico y generación de biogás de la PTAR Talagante en el año 2024, considerando crecimiento vegetativo	40
Tabla 14: Características promedio del afluente y efluente de la planta del año 2024, considerando redistribución afluente	40
Tabla 15: Consumo eléctrico y generación de biogás de la PTAR Talagante en el año 2024, considerando redistribución afluente.....	40
Tabla 16: Comparación factores de emisión de equipos de combustión.....	45
Tabla 17: Cotización de equipos de medición.....	53
Tabla 18: Análisis comparativo entre tecnologías nitrificación parcial/ anammox y nitrificación/desnitrificación. Flechas azules indican ventaja y amarillas desventaja.....	58
Tabla 19: Factores de decisión sobre la realización de las recomendaciones	59
Tabla 20: Emisiones directas de metano y óxido nitroso del Escenario N°3- Ampliación.....	69
Tabla 21: Emisiones de disposición de residuos Escenario N°3- Ampliación.....	70
Tabla 22: Resultados emisiones de transporte de residuos y químicos del Escenario N°3- Ampliación	71
Tabla 23: Resultados emisiones producción de químicos del Escenario N°3- Ampliación.....	71
Tabla 24: Resultados Escenario N°1 - Base	72
Tabla 25: Resultados Escenario N°2 - Cogeneración.....	72
Tabla 26: Resultados Escenario N°3 - Ampliación	72
Tabla 27: Resultados Escenario N°3 – Ampliación. Crecimiento vegetativo.....	72

Índice de figuras

Figura 1: Proceso de tratamiento de aguas residuales simplificado	7
Figura 2: Procesos de nitrificación y desnitrificación	9
Figura 3: Marco de referencia de un Análisis de Ciclo de Vida, junto a las principales actividades a realizar en cada etapa adaptado de [12]	11
Figura 4: Esquematización de las relaciones entre intervenciones, categorías de impacto intermedias y áreas de protección. Adaptado de [17].....	13
Figura 5: Emisiones antropógenas globales anuales de GEI para el período 1970-2010 [18].....	15
Figura 6: Emisiones de GEI por sector en Chile [3]. Los sectores son: energía, IPPU (Procesos industriales y uso de productos), AFOLU (Agricultura, silvicultura y otros usos de suelo) y residuos.....	15
Figura 7: Total nacional de la capacidad de generación eléctrica neta instalada por tecnología en MW [4]	17
Figura 8: Total SIC de la capacidad de generación eléctrica neta instalada por tecnología en MW [4]	17
Figura 9: Distribución de los MW de los proyectos de generación eléctrica en evaluación ambiental [4]	18
Figura 10: Distribución matriz energética proyectada al año 2030, adaptado de [21].....	19
Figura 11: Esquema simplificado Escenario N°1 - base	25
Figura 12: Esquema simplificado Escenario N°2 – cogeneración. * La caldera es el equipo de respaldo para cuando el motor se encuentre fuera de operación por mantenimiento u otro.....	26
Figura 13: Límites del sistema.....	27
Figura 14: Modelo de línea de agua	32
Figura 15: Modelo línea de lodos Escenario N°1- Base.....	34
Figura 16: Modelo línea de lodos escenario N°2	38
Figura 17: Proporción de GEI totales emitidos para cada escenario expresado en tCO _{2eq}	47
Figura 18: Producción de óxido nitroso en procesos de nitrificación y denitrificación	52
Figura 19: Variables que afectan la producción de óxido nitroso en procesos de nitrificación y desnitrificación. Adaptado de [55]	54
Figura 20: Esquema proceso Anammox.....	56
Figura 21: Esquema de recomendación incorporación tecnología Anammox. Flechas azules corresponden a agua y las cafés a lodo.....	59
Figura 22: Cotización de N ₂ O - WW Unisense, no incluye IVA [51]	73
Figura 23: Cotización de Analizador Servomex N ₂ O, no incluye IVA [54].....	74
Figura 24: Distribución geográfica de plantas industriales que utilizan la tecnología anammox alrededor del planeta al año 2015 [60]	75

Índice de gráficos

Gráfico 1: Distribución emisiones Escenario N°1- Base	41
Gráfico 2: Distribución emisiones Escenario N°2- Cogeneración	42
Gráfico 3: Distribución emisiones Escenario N°3- Ampliación con redistribución de afluente (tasa de crecimiento 2%).....	43
Gráfico 4: Distribución de emisiones directas o alcance N°1 para cada escenario.....	44
Gráfico 5: Emisiones alcance N°3 para cada escenario	46
Gráfico 6: Análisis de sensibilidad sobre las emisiones directas de la planta, considerando en el caso pesimista un factor de emisión de 0,0065 kgN ₂ O/kgTKN _{afluente} y en el caso optimista de 0,0035 kgN ₂ O/kgTKN _{afluente}	48
Gráfico 7 : Indicador de emisión en kgCO ₂ /m ³ de agua tratada por escenario	49
Gráfico 8: Indicador de emisión en kgCO ₂ /m ³ de agua tratada según estudios realizados a plantas de tratamiento de Aguas Andinas y el calculado en el presente estudio.	49
Gráfico 9: Concentración NKT del afluente y efluente para la planta Talagante en el período 2013-2017	60
Gráfico 10: Producción de biogás en función del caudal afluente.	67

Acrónimos

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

AFOLU: Agricultura, silvicultura y otros usos de suelo

Anammox: *Anaerobic ammonium oxidation*

AOB: *Ammonia Oxidizing Bacteria*

CSP: *Concentrated Solar Power*

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ERNC: Energía Renovable No Convencional

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GHG: *Green House Gas*

GWP: *Global Warming Potential*

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPPU: Procesos industriales y uso de productos

ISO: Organización Internacional de Normalización

MS: Lodos mixtos (*Mixed Sludge*)

NKT: Nitrógeno Total Kjeldahl

NOB: *Nitrite Oxidizing Bacteria*

PAM: Poliacrilamida

PCG: Potencial de Calentamiento Global

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual

RCA: Resolución de Calificación Ambiental

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

SIC: Sistema Interconectado Central

SING: Sistema Interconectado del Norte Grande