

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
1.2. Alcances	4
2. Marco Teórico	6
2.1. Medición de Huella de Carbono según el GHG Protocol	6
2.2. Procesos y Emisiones de la Minería del Cobre	8
2.3. Producción de Nitrato de Amonio para Explosivos	13
2.3.1. Hidrógeno	13
2.3.1.1. Hidrógeno Gris	14
2.3.1.2. Hidrógeno Verde	15
2.3.2. Amoniacó	16
2.3.3. Ácido Nítrico	16
2.3.4. Nitrato de Amonio	18
2.4. Oportunidades para la descarbonización con Hidrógeno Verde	19
2.4.1. H2V como vector energético	19
2.4.2. Potencial Renovable en Chile	19
2.4.3. Aplicaciones del H2V en Minería	20
2.4.4. Proyectos en Operación	20
2.4.5. Proyectos en Desarrollo	21
3. Metodología	24
3.1. Descripción de casos	24
3.1.1. Caso 1: Producción actual	24
3.1.2. Caso 2: Máxima Reducción de Emisiones	26
3.1.3. Caso 3: Producción de Amoniacó Verde para la industria nacional de explosivos	27
3.1.4. Balances de Masa por Bloque	29
3.1.4.1. Producción de Hidrógeno por Reformado de Gas con Vapor	29
3.1.4.2. Producción de Hidrógeno por Electrólisis	29
3.1.4.3. Producción de N ₂ por separación criogénica y amoniacó por el ciclo Haber-Bosch	30
3.1.4.4. Producción de ácido nítrico por el proceso de Ostwald	30
3.1.4.5. Producción de Nitrato de Amonio por el proceso UHDE	31
3.2. Cálculo de Emisiones	31

3.2.1.	Alcance 1	31
3.2.2.	Alcance 2	31
3.2.3.	Alcance 3	32
3.2.4.	Emisiones Totales	34
3.3.	Evaluación Económica	34
3.3.1.	Estimación de la demanda	34
3.3.2.	Costos de Producción del amoniaco verde	35
3.3.2.1.	CAPEX	35
3.3.2.2.	OPEX	36
3.3.3.	Costo Nivelado del Amoniaco Verde	37
3.3.4.	Precio del Nitrato de Amonio	38
4.	Resultados	39
4.1.	Balances de Masa	39
4.2.	Emisiones por Caso	41
4.2.1.	Caso 1: Producción Actual	41
4.2.2.	Caso 2: Máxima Reducción de Emisiones	45
4.2.3.	Caso 3: Producción de Amoniaco Verde para la industria nacional de explosivos	46
4.3.	Reducción de Emisiones en Minería	49
4.4.	Evaluación Económica	50
4.4.1.	Costos de Producción	50
4.4.1.1.	CAPEX	50
4.4.1.2.	OPEX	51
4.4.2.	Costo nivelado del Amoniaco Verde	53
4.4.3.	Precio del Nitrato de Amonio	54
5.	Conclusiones	57
	Bibliografía	60
	Anexos	67
A.	Benchmarking Factores de Carga	67
B.	Cálculo del consumo de explosivos	69
C.	Flujo de Caja	71
D.	Determinación de la estructura de costos de Enaex	73
E.	Cálculo de emisiones para producción de 745.000 ton/año de Nitrato de Amonio	74