

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Contexto y justificación	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Alcances	4
1.4. Estructura del documento	5
2. Marco teórico y estado del arte	6
2.1. Generalidades sobre barcos y propulsión	6
2.1.1. Sistema de propulsión	7
2.1.2. Sistema eléctrico a bordo	7
2.2. Evolución de la electricidad en barcos	8
2.2.1. Inicios de la electrificación en barcos	9
2.2.2. Corriente Continua y Corriente Alterna	9
2.2.3. Propulsión turbo-eléctrica y motor diésel	9
2.2.4. Desarrollo de la propulsión eléctrica moderna	10
2.2.5. Requerimientos y desafíos actuales	10
2.3. Micro-redes portuarias	11
2.3.1. Micro-redes como solución en zonas portuarias	12
2.3.2. <i>Cold-Ironing</i>	13
2.3.2.1. Requerimientos	14
2.3.3. Diseño y optimización	16
2.3.3.1. <i>Software HOMER Pro</i>	20
2.4. Escenario internacional	21
2.4.1. Certificaciones en gestión energética	21
2.4.2. Normativa en <i>Cold-Ironing</i>	21
2.4.3. Investigación a lo largo de los años	22
2.4.4. Implementación y operación	23
2.5. Escenario nacional	25
2.5.1. Proyectos para autoconsumo	25
2.5.2. Servicios complementarios	27
2.5.3. Puertos en Chile	28
2.5.3.1. Encuesta de Consumo Energético y Emisiones	28
3. Metodología	29
3.1. Estructura de la micro-red propuesta	30
3.2. Perfiles de entrada	32
3.2.1. Perfil de carga	32

3.2.1.1.	Consumo energético asociado al puerto	32
3.2.1.2.	Consumo energético asociado a los barcos	35
3.2.2.	Perfiles de recursos renovables	38
3.2.2.1.	Perfil de viento	38
3.2.2.2.	Perfil de radiación solar	40
3.2.2.3.	Temperatura	41
3.2.2.4.	Resumen de perfiles de recursos eólico y solar	42
3.3.	Red	42
3.3.1.	Modalidad inyección de energía	42
3.3.2.	Tarifas de compra de energía	43
3.3.3.	Calidad de suministro	44
3.4.	Proyecto	44
3.5.	Generación	45
3.5.1.	Generación convencional	46
3.5.2.	Generación renovable	46
3.5.2.1.	Aerogenerador	46
3.5.2.2.	Módulo fotovoltaico	47
3.6.	Almacenamiento	47
3.7.	Convertor	48
3.8.	Escenarios de simulación	48
3.8.1.	Caracterización escenario 1: variación de la demanda	50
3.8.2.	Caracterización escenario 2: sensibilidades en precio de la electricidad	50
3.8.3.	Caracterización escenario 3: venta de energía a la red	51
3.8.4.	Caracterización escenario 4: variación costo aerogeneradores	51
3.8.5.	Caracterización escenario 5: Puerto Central	52
4.	Discusión de Resultados	53
4.1.	Resultados del escenario 1	53
4.1.1.	Composición	54
4.1.2.	Emisiones	58
4.1.3.	Indicadores económicos	60
4.1.4.	Solución a escoger	61
4.2.	Resultados escenario 2	61
4.2.1.	Composición	62
4.2.2.	Indicadores económicos	64
4.3.	Resultados escenario 3	66
4.3.1.	Composición	67
4.3.2.	Indicadores económicos	70
4.4.	Resultados escenario 4	72
4.4.1.	Composición	72
4.4.2.	Indicadores económicos	75
4.5.	Resultados escenario 5	75
4.5.1.	Composición	76
4.5.2.	Indicadores económicos	78
4.6.	Comparación entre escenarios	80
4.6.1.	Composición	81
4.6.2.	Indicadores económicos	82

4.6.3. Discusión general	83
5. Conclusiones	85
5.1. Trabajo futuro	87
Bibliografía	91
Anexos	98
Anexo A. Códigos	98
A.1. Retiros energéticos	98
Anexo B. Perfiles de consumo y recursos	103
B.1. Consumos horarios de algunos puertos en Chile	103
B.2. Consumos promedio mensuales de algunos puertos en Chile	105
B.3. Perfil de viento y radiación solar	108
Anexo C. Tablas completas de resultados	109
C.1. Resultados escenario 1	109
C.2. Resultados escenario 2	110
C.3. Resultados escenario 3	111
C.4. Resultados escenario 4	113
C.5. Resultados escenario 5	114