

# Tabla de Contenido

<b>Tabla de Contenido</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	3
1.2.1. Objetivo general . . . . .	3
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	4
1.3. Alcances . . . . .	4
1.4. Estructura del documento . . . . .	4
<b>2. Marco teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Sistemas de almacenamiento de energía . . . . .	6
2.2. Aplicaciones de los SAE . . . . .	9
2.2.1. Aplicaciones de los SAE en generación . . . . .	10
2.2.2. Aplicaciones de los SAE para Servicios Complementarios . . . . .	11
2.2.3. Aplicaciones de los SAE en transmisión . . . . .	14
2.3. Proyectos de SAE como activo de transmisión . . . . .	15
2.4. Metodologías de cálculo de integración de BESS multiservicio . . . . .	18
2.4.1. Metodología de 3 niveles para el manejo de congestiones . . . . .	18
2.4.2. Cálculo de anchos de banda para el manejo de congestiones . . . . .	20
2.5. Modelo básico de operación de SEP con BESS . . . . .	22
2.5.1. Función objetivo . . . . .	23
2.5.2. Balance nodal y suministro de la demanda . . . . .	23
2.5.3. Límites de generación y definición de UC . . . . .	23
2.5.4. Flujo por las líneas de transmisión y ángulos de fase . . . . .	24
2.5.5. Carga y descarga de BESS . . . . .	24
2.6. Metodología de evaluación de alternativas de expansión de la transmisión en Chile . . . . .	24
2.6.1. Sub-etapa de factibilidad y valorización de proyectos . . . . .	24
2.6.2. Sub-etapa de evaluación económica . . . . .	25
<b>3. Modelo de operación</b>	<b>28</b>
3.1. Modelo de predespacho base . . . . .	28

3.1.1.	Función objetivo . . . . .	30
3.1.2.	Balance nodal . . . . .	30
3.1.3.	Requerimientos de reservas primarias y secundarias . . . . .	30
3.1.4.	Limitaciones de potencia y definición de UC . . . . .	30
3.1.5.	Limites de reservas . . . . .	31
3.2.	Operación del BESS . . . . .	31
3.2.1.	Limite de flujo . . . . .	31
<b>4.</b>	<b>Metodología</b>	<b>35</b>
4.1.	Formulación y validación del modelo de operación del BESS . . . . .	35
4.2.	Modelamiento del SEN . . . . .	36
4.3.	Integración del modelamiento del BESS al SEN . . . . .	37
4.4.	Simulación de la operación del SEN . . . . .	37
4.5.	Análisis de resultados . . . . .	37
4.6.	Análisis de sensibilidad . . . . .	37
<b>5.</b>	<b>Caso ejemplo: datos de entrada, resultados y análisis</b>	<b>38</b>
5.1.	Características del sistema . . . . .	38
5.1.1.	Generación . . . . .	39
5.1.2.	Demanda . . . . .	39
5.1.3.	Sistema de almacenamiento de energía . . . . .	40
5.2.	Descripción de los casos de operación del BESS . . . . .	40
5.3.	Resultados . . . . .	41
5.3.1.	Generación . . . . .	41
5.3.2.	Flujo por transmisión y generación ERNC . . . . .	42
5.3.3.	Asignación de servicios del SAE . . . . .	44
5.3.4.	Costos de operación y vertimiento ERNC . . . . .	45
5.3.5.	Análisis de sensibilidad . . . . .	46
<b>6.</b>	<b>Sistema Eléctrico Nacional: datos de entrada, resultados y análisis</b>	<b>51</b>
6.1.	Características del sistema . . . . .	51
6.1.1.	Generación y plan de obras . . . . .	52
6.1.2.	Perfiles ERNC . . . . .	53
6.1.3.	Transmisión . . . . .	53
6.1.4.	Demanda . . . . .	53
6.1.5.	Descarbonización . . . . .	53
6.1.6.	Hidrologías . . . . .	54
6.1.7.	Sistema de almacenamiento de energía . . . . .	55
6.2.	Descripción de los casos de operación del BESS . . . . .	55
6.3.	Resultados operacionales . . . . .	57
6.3.1.	Generación . . . . .	58
6.3.2.	Flujos por el sistema de transmisión . . . . .	60
6.3.3.	Operación del almacenamiento . . . . .	64
6.4.	Resultados económicos . . . . .	70
6.4.1.	Costos marginales . . . . .	70
6.4.2.	Ahorro . . . . .	72
6.4.3.	Emisiones . . . . .	73

6.4.4.	Beneficios económicos . . . . .	74
6.4.5.	Beneficios económicos considerando ahorro en emisiones . . . . .	75
6.4.6.	Remuneraciones del Caso 3 . . . . .	76
6.5.	Análisis de sensibilidad . . . . .	78
6.5.1.	Reubicación del Caso 2 . . . . .	78
6.5.2.	Características de energía y potencia del Caso 3 . . . . .	80
6.5.3.	Almacenamiento distribuido . . . . .	87
6.6.	Replanteamiento del Caso 3: Caso modular . . . . .	91
6.6.1.	Ahorro y remuneraciones . . . . .	91
6.6.2.	Beneficios económicos . . . . .	92
6.7.	Discusión sobre la regulación . . . . .	94
6.8.	Estructura de costos los SAE . . . . .	96
<b>7.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>98</b>
7.1.	Trabajos futuros . . . . .	100
	<b>Bibliografía</b>	<b>101</b>
	<b>Anexo A. Proyección de la demanda</b>	<b>105</b>
	<b>Anexo B. Distribución de pagos de los casos de 1000MWh y 2000MWh</b>	<b>106</b>
	<b>Anexo C. Ahorro del caso modular</b>	<b>109</b>