

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación	1
1.2. Antecedentes generales	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Alcances	2
1.5. Resumen Metodología	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1. Mercado eléctrico	5
2.1.1. Mercado Mayorista o Spot	5
2.1.2. Mercado de Contratos	7
2.2. Teoría de contratos	8
2.2.1. Acuerdos de adquisición de potencia (PPA)	9
2.2.2. Contratos de suministro eléctrico	10
2.2.3. Contratos de producción de energía eléctrica	13
2.2.4. Contratos en Centrales térmicas	14
2.2.5. Contratos en Centrales hidráulicas de pasada	15
2.3. Métricas de riesgo	17
2.3.1. Coeficiente de Variación del Ingreso	17
2.3.2. Value At Risk (VaR)	19
2.3.3. Conditional Value at Risk (CVaR)	22
<b>3. Metodología</b>	<b>28</b>
3.1. Consideraciones del Modelo	28
3.2. Descripción del modelo	30
3.3. Escenarios hidrológicos	33
3.4. Precios de combustibles	35
3.5. Plan de obras en generación	41
3.6. Proyección de Costos Marginales en Ameba	42
3.6.1. Bloques y etapas de simulación	42
3.6.2. Costos marginales proyectados	44
3.7. Contratos en bloques estacionales	46
<b>4. Resultados y Análisis</b>	<b>48</b>
4.1. Casos de Estudio	48
4.1.1. Central Pluvial	48
4.1.2. Central Nival	52
4.1.3. Central Mixta	56
4.2. Análisis de sensibilidad: Precio	59
4.2.1. Central Pluvial	60
4.2.2. Central Nival	61
4.2.3. Central Mixta	63
4.3. Análisis de Sensibilidad: Balance semestral	65
4.3.1. Central Pluvial	65
4.3.2. Central Nival	66
4.3.3. Central Mixta	67

4.4. Contratación Óptima: Contratos estacionales .....	67
4.4.1. Central Pluvial.....	68
4.4.2. Central Nival .....	71
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>76</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>78</b>

## Tabla de Cuadros

Cuadro 1 Desviación Estándar Combustible Fuente: US EIA [14] .....	36
Cuadro 2: Correlaciones Históricas Combustibles .....	37
Cuadro 3: Descripción Planes de Obras .....	42
Cuadro 4: Bloques Semestrales para Contratos estacionales .....	68
Cuadro 5: Financiamiento de proyectos de generación .....	83

## Tabla de Figuras

Figura 1: Ejemplo Orden de Mérito en Horizonte de Tiempo .....	6
Figura 2: Resumen Teoría Marginalista Sector Eléctrico [4] .....	7
Figura 3: Diagrama Spot vs Contratos .....	13
Figura 4: Gráfico Precios Central Térmica .....	14
Figura 5: Efecto Hidrológico en Costos Marginales, Proyección CDEC SIC .....	15
Figura 6: Costos Marginales vs Generación Hidráulica Pasada (Año 2015, CDEC SIC) .....	16
Figura 7: Ejemplo Distribución Normal .....	18
Figura 8: Retorno vs Riesgo: Desviación Estándar .....	19
Figura 9: Descripción Gráfica VaR .....	20
Figura 10: Descripción Gráfica CVaR $\alpha$ .....	23
Figura 11: CVaR Como Función Convexa de Variable Aleatoria ( <i>Activo</i> ) .....	24
Figura 12: CVaR $\alpha$ en Problema de Optimización .....	26
Figura 13: Resumen Precio vs Cantidad Contrato .....	27
Figura 14: Modelo Unilineal Simplificado .....	30
Figura 15: Ejemplo Contrato Suministro en Central de Pasada .....	31
Figura 16: Esquema Contratación Óptima .....	32
Figura 17: Ejemplo Distribución de Ingresos/Pérdidas .....	33
Figura 18: Probabilidad Excedencia SIC .....	35
Figura 19: Precios Combustibles CNE Abril 2016 .....	35
Figura 20: Ejemplo de puntos de operación geométricos .....	36
Figura 21: Escenarios Extremos Precios Combustibles .....	37
Figura 22: Simulación de Montecarlo Aplicada a Precios de Combustibles .....	39
Figura 23: Probabilidades Escenarios Precios Combustibles .....	40
Figura 24: Distribución Escenarios Combustibles e Hidrológicos .....	41
Figura 25: Ejemplo Curva de Duración de Demanda .....	43
Figura 26: Representación en Bloques Curva de Duración .....	44
Figura 27: Proyección de Precios ante Diferentes Hidrologías .....	45
Figura 28: Proyección de Precios ante Diferentes Precios Combustibles .....	45
Figura 29: Ejemplo Contrato estacional .....	46
Figura 30: Central Pluvial 136 MW .....	48
Figura 31: Contratación Óptima CVaR Pluvial .....	49
Figura 32: Contratación Óptima Coeficiente Variación Pluvial .....	50
Figura 33: Histograma Óptimo CVaR vs Óptimo Coef Var, Pluvial .....	51
Figura 34: Óptimos vs Distribuciones Normales Ajustadas .....	52
Figura 35: Central Régimen Nival 234 MW .....	53
Figura 36: Contratación Óptima CVaR95% Central Nival .....	54
Figura 37: Costos Marginales Proyectados vs Precio Contrato .....	54
Figura 38: Contratación Óptima Coeficiente Variación Central Nival .....	55
Figura 39: Distribución Óptimo CVaR vs Coef Var, Nival .....	56
Figura 40: Perfil Generación Central Mixta 400 MW .....	57
Figura 41: Contratación Óptima CVaR95% Central Mixta .....	57
Figura 42: Contratación Óptima Coeficiente Variación Mixta .....	58
Figura 43: Distribución Ingresos Central Mixta .....	59
Figura 44: Sensibilidad Precio CVaR Central Pluvial .....	60

Figura 45: Sensibilidad Precio $\sigma/\mu$ Central Pluvial.....	61
Figura 46: Sensibilidad Precio <i>CVaR</i> Central Nival .....	62
Figura 47: Sensibilidad Precio $\sigma/\mu$ Central Nival .....	63
Figura 48: Sensibilidad Precio <i>CVaR</i> Central Mixta .....	64
Figura 49: Sensibilidad Precio $\sigma/\mu$ Central Mixta .....	64
Figura 50: Contratación Óptima Semestral Pluvial .....	65
Figura 51: Contratación Óptima Nival Semestral .....	66
Figura 52: Contratación Óptima Mixta Semestral .....	67
Figura 53: Curva Contratación <i>CVaR</i> Bloques estacionales, Caso Pluvial .....	69
Figura 54: Distribución Bloques Verano vs Invierno Pluvial .....	70
Figura 55: Costos Marginales Hidrologías Secas .....	70
Figura 56: Contratación Óptima Bloque estacional Pluvial.....	71
Figura 57: Curva Contratación <i>CVaR</i> Bloques estacionales Caso Nival .....	72
Figura 58: Distribución Contrato Verano vs Invierno Nival .....	72
Figura 59: Contratación Óptima Estacional Nival .....	73
Figura 60: Central Pluvial Semestral .....	79
Figura 61: Central Nival Semestral.....	80
Figura 62: Central Mixta Semestral .....	80
Figura 63: Resultado Bloques mensuales Central Pluvial .....	81
Figura 64: Resultados bloques mensuales Central Nival .....	82