

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Tecnologías Bajas en Carbono . . . . .	2
1.3. Objetivo General . . . . .	3
1.3.1. Objetivos Específicos . . . . .	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>4</b>
2.1. Redes de Distribución . . . . .	4
2.1.1. Tipos de Redes . . . . .	6
2.1.2. Diferencias con Respecto a Transmisión . . . . .	6
2.2. LCT: Paneles Solares Fotovoltaicos . . . . .	7
2.3. Legislación Pertinente . . . . .	9
2.3.1. Ley 20.571 . . . . .	9
2.3.2. Proceso de Conexión . . . . .	10
2.3.3. Panorama Actual . . . . .	13
<b>3. Metodología</b>	<b>15</b>
3.1. Softwares Utilizados . . . . .	15
3.1.1. Python . . . . .	15
3.1.2. OpenDSS[26][27] . . . . .	16
3.1.3. Modelo CREST [25] . . . . .	17
3.2. Enfoque estadístico: Simulaciones de Montecarlo . . . . .	18
3.3. Fases del trabajo . . . . .	20
3.3.1. Fase 0 . . . . .	20
3.3.2. Fase 1 . . . . .	20
3.3.3. Fase 2 . . . . .	21
3.3.4. Fase 3 . . . . .	21
3.3.5. Fase 4 . . . . .	22
<b>4. Desarrollo de la Herramienta de Análisis</b>	<b>23</b>
4.1. Perfiles de Carga . . . . .	23
4.1.1. Generación de perfiles . . . . .	24
4.2. Características Solares . . . . .	26
4.2.1. Elección del Arreglo Fotovoltaico . . . . .	26
4.2.2. Construcción del Perfil Solar . . . . .	26
4.3. Formato de las Redes . . . . .	28

4.3.1.	Archivos de Entrada . . . . .	28
4.3.2.	Librería de Cables . . . . .	31
4.4.	Test ADMD . . . . .	32
4.5.	Algoritmo de Dijkstra . . . . .	32
4.6.	Programación y Funcionamiento . . . . .	33
4.6.1.	Módulo de Información . . . . .	33
4.6.2.	Módulo de Paneles Fotovoltaicos . . . . .	35
4.6.3.	Módulo de Indicadores . . . . .	36
4.6.4.	Módulo <i>Main</i> . . . . .	40
4.6.5.	Resultados del Programa . . . . .	43
<b>5.</b>	<b>Análisis de Redes y Resultados</b>	<b>44</b>
5.1.	Análisis previo . . . . .	44
5.1.1.	Cantidad de Clientes y Largo de la Red . . . . .	47
5.1.2.	Nivel de Utilización, detalle . . . . .	49
5.2.	Redes con Problemas . . . . .	51
5.2.1.	Análisis Global . . . . .	51
5.2.2.	Problemas de Sobre Tensión . . . . .	52
5.2.3.	Nivel de Utilización . . . . .	54
5.2.4.	Perfiles de Voltaje . . . . .	55
	<b>Conclusión</b>	<b>55</b>
5.3.	Trabajo Futuro . . . . .	58
	<b>Bibliografía</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>Anexos</b>	<b>63</b>
6.1.	Código Algoritmo de Dijkstra . . . . .	63
6.2.	Topología Redes con Problemas . . . . .	66
6.3.	Histogramas Porcentaje de Clientes con Problemas por Nivel PV . . . . .	76

# Índice de Tablas

2.1.	Relación típica $X/R$ para líneas aéreas . . . . .	7
2.2.	Precios para cliente regulados BT-1 . . . . .	10
2.3.	Detalle de casos mostrados en esquema de conexión . . . . .	12
4.1.	Ejemplo archivo de entrada Network_Data . . . . .	28
4.2.	Ejemplo archivo de entrada Connectivity_Matrix . . . . .	28
4.3.	Ejemplo archivo de entrada XY_Position . . . . .	29
4.4.	Resumen de Librería de cables . . . . .	31
4.5.	Resumen de elementos creados en cada simulación . . . . .	34

# Índice de Ilustraciones

1.1. Variacion de Emisiones UK/Chile [5] . . . . .	2
2.1. Ejemplo de un Sistema de Potencia[8] . . . . .	5
2.2. Esquema de un Sistema de Distribución [9] . . . . .	5
2.3. Funcionamiento de la celda fotovoltaica [12] . . . . .	8
2.4. Demanda agregada versus generación PV . . . . .	9
2.5. Esquema de funcionamiento de Net-Billing [14] . . . . .	10
2.6. Nomenclatura del proceso de conexión [18] . . . . .	12
2.7. Esquema proceso de conexión 1 [18] . . . . .	12
2.8. Esquema proceso de conexión 2 [18] . . . . .	13
2.9. Evolución de instalaciones de generación ciudadana [23] . . . . .	14
2.10. Evolución de la potencia declarada [23] . . . . .	14
2.11. Potencia declarada por región . . . . .	14
3.1. Pasos de la simulación de Montecarlo . . . . .	19
3.2. Red de prueba primeras simulaciones . . . . .	20
3.3. Ejemplo de asignación de paneles PV . . . . .	21
3.4. Resumen fases del trabajo . . . . .	22
4.1. Panel Principal modelo CREST . . . . .	24
4.2. Resultados obtenidos desde CREST 1 . . . . .	24
4.3. Resultados obtenidos desde CREST 2 . . . . .	24
4.4. Resultados obtenidos desde CREST 3 . . . . .	24
4.5. Ejemplo de perfil de demanda generado con CREST . . . . .	25
4.6. Ejemplo de perfil de demanda agregada generado con CREST . . . . .	25
4.7. Ejemplo del Explorador Solar [39] . . . . .	27
4.8. Perfil Solar utilizado . . . . .	27
4.9. Histogramas de las redes . . . . .	29
4.10. Histograma de desbalance de las redes . . . . .	30
4.11. Ejemplo de topología de una red . . . . .	30
4.12. Gráficos del Test ADMD . . . . .	32
4.13. Ejemplo de archivo de salida del módulo de información . . . . .	34
4.14. Comparación de voltajes con distintas resoluciones . . . . .	37
4.15. Ejemplo de cliente con problemas de Baja Tensión . . . . .	38
4.16. Problemas de Sobre Tensión . . . . .	38
4.17. Voltajes máximos y mínimos por fase . . . . .	39
4.18. Ejemplo para el nivel de utilización . . . . .	39

4.19. Perfiles de voltaje en inyección y demanda máxima . . . . .	40
4.20. Diagrama del código main . . . . .	43
5.1. Ejemplo de redes con y sin problemas de tensión . . . . .	45
5.2. Ejemplo de redes con y sin problemas de corriente . . . . .	45
5.3. Porcentajes de redes con problemas según su tipo . . . . .	46
5.4. Aparición de problemas de tensión o corriente . . . . .	46
5.5. Histogramas de redes con y sin problemas . . . . .	47
5.6. Histogramas de redes con y sin problemas . . . . .	48
5.7. Desbalance según cantidad de clientes . . . . .	48
5.8. Desbalance según largo de la red . . . . .	49
5.9. Niveles de utilización en 0 y 100 % PV . . . . .	50
5.10. Nivel de utilización por grupo de redes en 0 % PV . . . . .	50
5.11. Histograma de clientes con problemas de tensión y/o corriente . . . . .	51
5.12. Histograma de aparición de problemas de tensión . . . . .	52
5.13. Resumen de problemas de tensión . . . . .	53
5.14. Histogramas para niveles clave de 50 y 100 % PV . . . . .	53
5.15. Histograma de aparición de problemas de corriente . . . . .	54
5.16. Promedios problemas de corriente . . . . .	55
5.17. Perfiles de voltaje en demanda/inyección máxima . . . . .	56
5.18. Histograma aparición de problemas de tensión según distancia de la carga al transformador . . . . .	56