

Tabla de Contenido

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Motivación y antecedentes	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos	1
1.2.3 Alcances.....	2
1.3 Estructura de la memoria	3
Capítulo 2 Descripción general y Normativas	4
2.1 Sistema Eléctrico chileno	4
2.1.1 Descripción general	4
2.1.2 La ley general de servicios eléctricos	5
2.1.3 Mercado Eléctrico chileno y principales instituciones del Sistema Eléctrico chileno ...	5
2.2 Sistemas de distribución	8
2.2.1 Descripción general	8
2.2.2 Esquema de tarifas en distribución	9
2.3 Generación Distribuida	14
2.3.1 Ley N°20.571.....	14
2.3.2 Disposiciones técnicas	18
2.4 Sistema de generación fotovoltaica	21
2.4.1 Paneles fotovoltaicos	21
2.4.2 Inversor	23
Capítulo 3 Modelo de negocio ESCO	24
3.1 Definición	24
3.2 Modelo ESCO en Chile	25
3.3 Modelo ESCO destinado a autoconsumo	25
Capítulo 4 Proyecto de la Planta Fotovoltaica de 300 KW	26
4.1 Consideraciones generales	26
4.1.1 Identificación y estudio del terreno	26

4.1.2 Viabilidad para conexión a red 12 kV	27
4.1.3 Dimensionamiento técnico de la instalación	28
4.1.4 Cálculos Radiación solar y energía generable	28
4.1.5 Cálculos paneles fotovoltaicos e inversores.	29
4.1.6 Calculo superficie de ocupación de la central fotovoltaica	33
4.1.7 Dimensionamiento de conductores y canalización en BT	34
4.1.8 Diseño cámaras de baja y media tensión	46
4.1.9 Sistema de control y protecciones planta fotovoltaica.....	47
4.1.10 Dimensionamiento de las protecciones y de los equipos eléctricos.	47
4.1.11 Diseño Malla de Tierra CC y CA	54
4.1.12 Definición del punto de conexión y equipos	61
4.1.13 Comunicaciones.....	62
4.1.14 Sistema de Vigilancia y seguridad.....	62
4.1.15 Caseta eléctrica	63
4.1.16 Estimación de pérdidas de la planta fotovoltaica.....	64
4.1.17 Dibujo de Planos.....	65
4.2 Simulación planta fotovoltaica	67
4.2.1 Software	67
4.2.2 Escenarios	67
4.2.3 Resultados de la simulación.....	75
4.2.4 Identificación del Potencial de ahorro	77
4.3 Construcción de la Planta fotovoltaica y pruebas	80
4.3.1 Preparación plataforma de la planta FV	80
4.3.2 Construcción Malla de Tierra	80
4.3.3 Montaje Equipos	81
4.3.4 Alambrados externos en CC y CA.....	88
4.3.5 Puesta en marcha	89
4.4 Mantenimiento y limpieza de los paneles.....	92
4.4.1 Mantenimiento preventivo	92
4.4.2 Mantenimiento correctivo	94
4.4.3. Mantenimiento predictivo.....	96
4.5 Guía de diseño	97
4.5.1 Paso 1: Ingeniería Conceptual	97
4.5.2 Paso 2: Radiación Solar	98
4.5.3 Paso 3: Consumos y excedentes de potencia	99
4.5.4 Paso 4: Estudio de factibilidad:	99
4.5.5 Paso 5: Permisos	99
4.5.6 Paso 6: Ingeniería Básica.....	101
4.5.7 Paso 7: Ingeniería de Detalle	101
4.5.8 Paso 8: Financiamiento y garantías	102
4.5.9 Paso 9: Normativas vigentes.....	103
4.5.10 Paso 10: Planos y Formularios.....	104

Capítulo 5 Evaluación económica	106
5.1 Inversión	106
5.2 Flujos de caja	106
5.3 Análisis de sensibilidad	111
5.3.1 Sensibilidad respecto al precio de la energía	112
5.3.2 Sensibilidad respecto a la inversión inicial.....	112
5.3.3 Sensibilidad respecto al ahorro por potencia	113
Capítulo 6 Conclusión	113
Bibliografía	116
Anexos	118
Anexo A: Planos	118
Anexo B: Fichas técnicas.....	127
Anexo C: Informe de simulación.....	131

Índice de Tablas

Tabla 1: Localización geográfica Proyecto fotovoltaico.....	27
Tabla 2: Radiación anual directa y difusa.	28
Tabla 3: Radiación diaria y anual.....	28
Tabla 4: Generación promedio anual.	28
Tabla 5: Datos técnicos a condiciones normales de operación paneles Canadian Solar Hiku C23W-450. .	30
Tabla 6: Datos técnicos Inversor Huawei SUN200-60KTL-M0.....	32
Tabla 7: Niveles de caída de tensión strings Inversor A.	36
Tabla 8: Niveles de caída de tensión strings Inversor B.	36
Tabla 9: Niveles de caída de tensión strings Inversor C.	37
Tabla 10: Niveles de caída de tensión strings Inversor D.	37
Tabla 11: Niveles de caída de tensión strings Inversor E.....	37
Tabla 12: Sección en corriente alterna proyecto fotovoltaico.	38
Tabla 13: Calculo de la corriente por tramos.	39
Tabla 14: Calculo de la corriente con ajuste del 25%.	39
Tabla 15: Sección nominal del conductor AC.....	41
Tabla 16: Sección nominal del conductor en sistema americano.	41
Tabla 17: Estimación caída de tensión en conductores AC.	42
Tabla 18: Capacidad de transporte de corriente para cada tramo en AC.	44
Tabla 19: características equipos de protección Inversores.	49
Tabla 20: parámetros de operación protección RI integrada y centralizada.....	51
Tabla 21: Resistividades calculadas mediante mediciones en terreno.	54
Tabla 22: características malla propuesta.....	56
Tabla 23: Valores teóricos de la expresión de Schawarz.	57

Tabla 24: Datos del emplazamiento PVSOL Fuente: Solargis	68
Tabla 25: Irradiación global horizontal y temperatura ambiente - referencia climática PVSOL Fuente: Solargis.....	68
Tabla 26: Comparativa consumo y generación planta fotovoltaica.	78
Tabla 27: Producción y venta de energía eléctrica sin planta fotovoltaica. .;	Error! Marcador no definido.
Tabla 28: Producción y venta de energía eléctrica con planta fotovoltaica.	108
Tabla 29: Tabla comparación ahorro energético.....	108
Tabla 30: Parámetros evaluación económica.	109
Tabla 31: Flujos de caja evaluación económica de autoconsumo más venta de energía.	110
Tabla 32: Indicadores evaluación económica.	111
Tabla 33: Análisis de sensibilidad por variación del precio de la energía.	112
Tabla 34: Análisis de sensibilidad por variación del porcentaje de inversión inicial.....	112
Tabla 35: Análisis de sensibilidad por variación del porcentaje de ahorro por potencia.	113

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Organigrama del Ministerio de Energía.....	7
Ilustración 2: Concesionarias de distribución existentes, región de operación y cantidad de clientes.....	9
Ilustración 3: Resumen de cargos de facturación por energía y potencia de las tarifas vigentes.....	13
Ilustración 4: Diagrama de conexión proporcionado por la SEC.....	15
Ilustración 5: Diagrama de conexión, etapa 1.....	15
Ilustración 6: Diagrama de conexión, etapa 2.....	16
Ilustración 7: Diagrama de conexión, etapa 3.....	18
Ilustración 8: Diagrama de conexión, etapa 4.....	18
Ilustración 9: Curva característica configuración de paneles en serie.....	22
Ilustración 10: Diagrama Inversor.....	23
Ilustración 11: Modalidad de cobro empresa ESCO a cliente.....	25
Ilustración 12: Ubicación y croquis proyecto fotovoltaico.....	26
Ilustración 13: Ubicación proyecto fotovoltaico.....	27
Ilustración 14: Generación anual planta fotovoltaica.....	29
Ilustración 15: Generación fotovoltaica diaria promedio.....	29
Ilustración 16: Esquema conexión eléctrica DC por inversor.....	33
Ilustración 17; Layout proyecto fotovoltaico.....	34
Ilustración 18: Capacidad de transporte de corriente de conductores de cobre aislados.....	40
Ilustración 19: Dimensiones Cámara tipo B.....	47
Ilustración 20: Características conductor XLPE.....	53
Ilustración 21: Curva característica software IP2WIN.....	55
Ilustración 22: Capas obtenidas con software IPI2win.....	55
Ilustración 23: Dimensiones sala eléctrica.....	63
Ilustración 24: Valores climáticos e irradiación - Fuente: Solargis.....	69
Ilustración 25: Estructura de montaje.....	70
Ilustración 26: Distancia vertical y horizontal entre módulos fotovoltaicos.....	71
Ilustración 27: ángulos de inclinación de la estructura.....	72
Ilustración 28: Colocación montaje de estructura.....	72
Ilustración 29: Valores del sistema de montaje - PVSOL.....	73
Ilustración 30: Valores de propuesta de conexión.....	74
Ilustración 31: Mapa de conexión proyecto fotovoltaico.....	74
Ilustración 32: Resultados simulación instalación fotovoltaica.....	75
Ilustración 33: Pronostico de generación planta fotovoltaica.....	76
Ilustración 34: Balance energético planta fotovoltaica.....	77
Ilustración 35: Generación vs consumo.....	78
Ilustración 36: Malla a tierra proyectada.....	81
Ilustración 37: Hincado de pilares.....	82
Ilustración 38: Montaje de ménsula.....	82
Ilustración 39: Montaje de brazo rigizador.....	83
Ilustración 40: Instalación de viga inclinada.....	83
Ilustración 41; Mordaza.....	84
Ilustración 42: Mordaza instalada en viga inclinada.....	84
Ilustración 43: Montaje de tensor entre pilares.....	85