FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

IMPORTANCIA DEL SCADA CONVERT VALMONT EN EL MONITOREO Y GENERACION DE PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener al título de Ingeniero de Ejecución en Electricidad

Profesor guía: Mg. Juan Carlos Madrigal Lobos

Luis Andrés Espinoza Alcayaga

Yohana Marcela Tapia Muñoz

Copiapó, Chile, 2026

DEDICATORIA

Dedico este logro a la persona más importante en mi vida, mi hija Estefany Damary Danytza Rodríguez Tapia, por su acompañamiento en todo mi proceso de estudio, por ser mi fortaleza y motivación diaria, por su comprensión ante la falta de tiempo para un bien mayor y porque siempre será el motor para cumplir todos mis sueños.

Yohana Marcela Tapia Muñoz

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación está dedicado a todas las personas que me ayudaron en todo el proceso académico de principio a fin, a mi familia que siempre estuvo conmigo, amigos y también a compañeros de estudios que me apoyaron y ayudaron durante todo este tiempo, y a mi pareja que me apoyo en todo el proceso estudiantil.

Luis Espinoza Alcayaga

AGRADECIMIENTOS

Al concluir una etapa importante de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes caminaron en todo momento a mi lado y fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza. En especial a Dios, mi hija, mi madre, mis hermanos y mi grupo de compañeros de universidad.

Finalmente, quiero dar un cordial agradecimiento al tutor del proyecto, Don Juan Madrigal Lobos, quien también me acompaño en mi proceso de titulación de técnico en energías renovables y eficiencia energética, por su tiempo y dedicación, para dar por finalizada una de mis más grandes metas.

Yohana Marcela Tapia Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer este logro a todos los que me apoyaron y confiaron en mi en este largo proceso de estudio, a los profesores que ayudaron en toso estos años y mi profesor guía por el tiempo dedicado para que esto fuera posible.

Luis Espinoza Alcayaga

ÍNDICE

DEDICATORIA I
DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTOS III
AGRADECIMIENTOS IV
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN 1
1.1 Breve descripción del proyecto 1
1.2 Importancia 1
1.3 Cambio o mejora 1
1.4 Objetivo general 2
1.5 Objetivos específicos 2
1.6 Resumen de capítulos 2
CAPITULO II
MARCO TEÓRICO 4
2.1 Energías renovables 4
2.1.1 Energía solar 5
2.1.2 Energía eólica 5
2.1.3 Energía hidráulica 5
2.1.4 Energía geotérmica 6
2.1.5 Energía de la biomasa 6
2.1.6 Energía marítima 6
2.2 Energía solar fotovoltaica 7

2.2.1 Tipos de plantas fotovoltaicas 7
2.3 Paneles Solares Fotovoltaicos 9
2.3.1 Panel solar bifacial 10
2.3.1.1 Radiación solar en paneles bifaciales 11
2.4 Plantas solares con sistema de seguimiento solar 13
2.4.1 Tipos de sistemas de seguimiento solar 14
2.5 Sistema de control Convert 15
2.5.1 Sistema Scada en plantas solares 16
2.5.2 Para qué sirve el SCADA 17
2.5.3 Donde se utiliza el SCADA 17
2.5.4 Un sistema SCADA básico consta de los siguientes componentes: 18
2.5.4.1 Interfaz hombre-máquina (HMI) 18
2.5.4.2 Sistema de supervisión 18
2.5.4.3 Unidades terminales remotas (RTU) 19
2.5.4.4 Autómatas programables (PLC) 19
2.5.4.5 Infraestructura de comunicaciones 19
2.5.4.6 Programación SCADA 19
2.5.5 La importancia de los sistemas SCADA 20
CAPITULO III
PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA CAMPOS DEL SOL 22
3.1 Ubicación de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol 22
3.2 Componentes principales de la planta solar Campos del Sol 24
3.2.1 Módulos fotovoltaicos 24
3.2.2 Actuador 25

3.2.3 String Box 26
3.2.4 Inversor 27
3.2.5 Transformadores Modelo MVS6800 28
3.2.6 Gabinete LV 30
3.2.7 Estaciones meteorológicas 31
3.3 Resumen del capitulo 32
CAPÍTULO IV
SCADA CONVERT VALMONT 33
4.1 Sistema de control y gestión fotovoltaico 34
4.2 Arquitectura de hardware 35
4.2.1 Especificaciones del hardware del sistema de control de rastreadores Scada .. 35
4.3 Interfaz hombre-maquina 36
4.3.1 Comandos globales para los subcampos seleccionados 36
4.3.2 Página de inicio 36
4.3.3 Pagina del subcampo 37
4.3.4 Control manual de motores 39
4.3.5 Página SKC 40
4.3.6 Parámetros generales 40
4.3.7 Alarmas ON/OFF 41
4.4 CDR (Sistema de control y monitoreo) 42
4.5 SKC (Centro de distribución de red) 43
4.5.1 Descripción de los SKC 43
4.5.2 Especificaciones de la tarjeta de control SKC en la planta solar fotovoltaica Campos del Sol 45

4.6 Actuador lineal Convert Valmont..... 46

4.6.1 Cableado de alimentación al actuador Convert Valmont 47

4.6.2 Sistema de conexión del actuador lineal Convert 48

4.7 Estaciones meteorológicas en la Scada Convert Valmont 49

4.7.1 Plano ubicación de las estaciones meteorológicas con zonas de alarma de viento 51

4.8 Descripción del proceso de comunicación y alimentación del Scada Convert con equipos de campo 52

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS 59

5.1 Datos obtenidos del sistema Scada Convert Valmont 59

5.1.1 Datos del sistema de campo normal..... 60

5.1.1.1 Corrientes y voltajes generada de una mesa de trackers diaria 60

5.1.1.2 Gráfico de tendencia de Corrientes en un día normal de producción..... 61

5.1.1.3 Potencia del String en un día normal de generación..... 61

5.1.1.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción 63

5.1.1.5 Gráfico general de producción en un día normal 65

5.1.2 Datos del sistema de campo con ángulo -50° 66

5.1.2.1 Corrientes y voltajes generados de una mesa de trackers diaria..... 67

5.1.2.2 Gráfico de tendencia de Corrientes en un día con ángulo de producción de -50° 68

5.1.2.3 Potencia del String en un día normal de generación con ángulo -50° 68

5.1.2.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción 70

5.1.2.5 Gráfico general de producción en un día normal con ángulo de -50° 72

5.1.3 Datos del sistema de campo con ángulo 50° 73

5.1.3.1 Corrientes y voltajes generada de una mesa de trackers diaria con un ángulo de 50° 74

5.1.3.2 Gráfico general de producción en un día normal con un ángulo de 50° ... 75

5.1.3.3 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción con ángulo de 50° 75

5.1.3.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal con 50° 77

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 80

6.1 Tabla de comparación de resultados 80

6.1.1 Grafico de la diferencia de los resultados 81

6.2 Tabla de valores en ganancias y pérdidas en la generación de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol 82

6.2.1 Gráfico de valores en CLP 84

CONCLUSIONES 86

BIBLIOGRAFIA 88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Fuentes de energías renovables. 4
Figura N° 2.2: Producción de la energía eléctrica fotovoltaica. 9
Figura N° 2.3. Diferencia entre modulo monofacial y bifacial. 11
Figura N° 2.4: Tipos de radiación difusa. 12
Figura N° 2.5: Seguidor fotovoltaico. 14
Figura N° 2.6: Arquitectura del sistema Scada Convert Valmont. 20
Figura N° 3.1: Ubicación de la planta solar fotovoltaica 23
por medio del explorador solar. 23
Figura N° 3.2: Módulo fotovoltaico Risen 385. 24
Figura N° 3.3: Actuador lineal Convert Valmont. 25
Figura N° 3.4: String box. 26
Figura N° 3.5: Inversor utilizado en la planta fotovoltaica campos del sol. 27
Figura N° 3.6: Transformador utilizado en la planta fotovoltaica campos del sol. 29
Figura N° 3.7: Gabinete LV. 30
Figura N° 3.8: Estación meteorológica de la planta solar campos del sol. 31
Figura N° 3.9: Parque fotovoltaico campos del sol. 32
Figura N° 4.1: Página de início de Scada. 37
Figura N° 4.2: Página de subcampo Scada. 38
Figura N° 4.3: Control manual de motores. 39
Figura N° 4.4: Información del SKC en planta. 40
Figura N° 4.5: Parámetros generales. 41
Figura N° 4.6: Alarmas on/off. 41
Figura N° 4.7: Gabinete CDR. 42
Figura N° 4.8: Tarjeta de SKC. 44
Figura N° 4.9: Especificaciones técnicas del actuador lineal. 46
Figura N° 4.10: Conductores de alimentación y distribución utilizado en el actuador. 47
Figura N° 4.11: Conexión del actuador lineal. 48

Figura N° 4.12: Pulmones de generación de la planta solar fotovoltaica campos del sol. 51
Figura N° 4.13: Pantalla del Scada Convert Valmont. 52
Figura N° 4.14: Gabinete de comunicación. 53
Figura N° 4.15: Gabinete de comunicación. 54
Figura N° 4.16: Sistema de distribución de CDR. 55
Figura N° 4.17: Conexión del SKC. 56
Figura N° 4.18: Conexión de la comunicación del SKC. 57
Figura N° 4.19: Actuador en función de la conexión. 57
Figura N° 4.20: Distribución y alimentación de un campo. 58
Figura N° 5.1: Movimientos de un tracker de forma normal en la planta solar fotovoltaica. 59
Figura N° 5.2: Corriente de una mesa en recorrido normal. 61
Figura N° 5.3: Curva de generación. 65
Fuente: Elaboración propia 65
Figura N° 5.4: Panel solar bifacial con ángulo -50°. 66
Figura N° 5.5: Corriente generadas por una mesa de trackers en falla con un ángulo de -50°. 68
Figura N° 5.6: Grafico general de producción con ángulo de -50°. 72
Figura N° 5.7: Panel solar bifacial con ángulo de 50°. 73
Figura N°5.8: Generación de la planta en un día con ángulo de 50°. 75
Figura N° 5.9: Generación con un ángulo de 50°. 79
Figura N° 6.1: Gráfico de generaciones basados en los resultados de un día. 82
Figura N° 6.2: Gráfico de valores CLP. 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1: Descripción de String box. 27
Tabla N° 3.2: Especificaciones técnicas del inversor. 28
Tabla N° 4.1: Especificaciones técnicas. 45
Tabla N° 4.2: Alertas de fallo. 45
Tabla N° 4.3: Detalles de los conductores. 48
Tabla N° 4.4: Detalles de las estaciones meteorológicas. 50
Tabla N° 5.1: Corrientes y voltajes generadas en una mesa de trackers. 60
Tabla N° 5.2: Potencia del string en un día normal de generación. 62
Tabla N° 5.3: Preparación de datos obtenidos en un día normal de producción. 63
Tabla N° 5.4: Corrientes y voltajes generados con un ángulo de -50°. 67
Tabla N° 5.5: Potencia el string en un día con falla de -50°. 69
Tabla N° 5.6: Producción de planta con ángulo de -50°. 70
Tabla N° 5.7: Corriente y voltaje generada en una mesa de trackers en falla con ángulo de 50°. 74
Tabla N° 5.8: Generación de la planta en ángulo de 50°. 76
Tabla N° 5.9: Generación de la planta solar fotovoltaica con ángulo de 50°. 77
Tabla N° 6.1: Comparación de pérdidas de generación de la planta. 80
Tabla N° 6.2: Tabla de ganancias y pérdidas en base a la generación y valor en CLP. 83

RESUMEN

Este proyecto consta como objetivo general analizar la importancia del Scada Convert Valmont en plantas solares y su monitoreo en tiempo real en la operación y generación. En el capítulo I se realizó una descripción de la importancia de tener un Scada para el monitoreo en forma remota y los equipos involucrados en terreno, además se menciona la importancia del software Scada, se establecen los objetivos generales y específicos, como también los alcances del estudio. El capítulo II esta referido al marco teórico, donde se menciona la energía renovable y los principales aspectos relacionados al área solar, además de un detalle más profundo sobre el Scada y los trackers utilizados en el proyecto. En el capítulo III se detalla el parque fotovoltaico donde se realiza el estudio, además de una pequeña descripción de los equipos que componen la planta y el proceso de generación. En el capítulo IV se especifica y detalla el Scada a utilizar en el proyecto y sus principales características y composición, así como los equipos principales que se encuentran en terreno, los cuales permiten tener el monitoreo de forma remota. En el capítulo V se presenta y analizan los datos obtenidos durante el estudio realizado, mediante el monitoreo de los equipos en la planta durante la generación de un día normal de producción. En el capítulo VI se comparan resultados de estudio y curvas obtenidas, tanto de una generación eficiente y una no tan eficiente, esto para demostrar la importancia de tener un Scada de monitoreo de forma remota y eficiente en tiempo real de las plantas solares, con el fin de obtener una buena producción y generación.

ENERGÍA SOLAR - EFICIENCIA ENERGÉTICA - MONITOREO SCADA

ABSTRACT

The general objective of this project is to analyze the importance of the Scada Convert Valmont in solar plants and its real-time monitoring in operation and generation. In chapter I, a description of the importance of having a Scada for remote monitoring and the teams involved in the field was made, in addition to mentioning the importance of the Scada software, the general and specific objectives are established, as well as the scope of the study. Chapter II refers to the theoretical framework, where renewable energy and the main aspects related to the solar area are mentioned, as well as a more in-depth detail about the Scada and the trackers used in the project. Chapter III details the photovoltaic park where the study is carried out, as well as a brief description of the equipment that makes up the plant and the generation process. Chapter IV specifies and details the Scada to be used in the project and its main characteristics and composition, as well as the main equipment that is in the field, which allows remote monitoring. Chapter V presents and analyzes the data obtained during the study carried out, by monitoring the equipment in the plant during the generation of a normal production day. In chapter VI, study results and curves obtained are compared, both from an efficient and a not so efficient generation, this to demonstrate the importance of having a Scada monitoring remotely and efficiently in real time of solar plants, in order to obtain good production and generation.

SOLAR ENERGY - ENERGY EFFICIENCY - SCADA MONITORING

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Breve descripción del proyecto

Se realizará una explicación del uso del Software llamado Scada Convert Valmont en las plantas solares y su importancia en la Generación y Producción, además de los equipos involucrados en terreno para poder realizar el monitoreo de forma remota, esto permitirá conocer mucho más los equipos y así entender cómo se alimentan y comunican entre ellos, teniendo todo esto se realizara un estudio de cómo afecta a la planta, tanto en producción como en generación al no realizar un constante monitoreo de los Trackers y las pérdidas que conllevan a esto, al tener los datos se podrá ver la importancia que es realizar y mantener los equipos en monitoreo todo el tiempo, para así poder tener una buena producción durante el día.

1.2 Importancia

Importancia de los Software Scada en las plantas solares para poder monitorear los equipos de forma remota y tiempo real, esto ayuda a los técnicos a encontrar de forma más eficiente las fallas en campo, con mayor rapidez y certeza.

1.3 Cambio o mejora

Implementación de un sistema de comunicación interna dentro del vástago del actuador, para poder detectar el momento que este se desprenda de la parte superior.

1.4 Objetivo general

Analizar la importancia del funcionamiento del SCADA Convert Valmont en plantas solares y su monitoreo en tiempo real en la operación y generación.

1.5 Objetivos específicos

- Describir el funcionamiento de la Planta Solar Fotovoltaica a estudiar.
- Describir el funcionamiento del **SCADA** Convert Valmont en la Planta Solar Fotovoltaica.
- Procesar los datos técnicos recopilados por la falta de monitoreo de los equipos.
- Analizar los resultados de la importancia del Scada Convert Valmont en la Planta Solar Fotovoltaica.

1.6 Resumen de capítulos

En el Capítulo II de Marco teórico, se conoce el funcionamiento de los parques fotovoltaicos y su evolución en la automatización para mayor generación.

En el capítulo III de planta solar fotovoltaica se explica el sistema de la planta solar Campos del Sol, para la generación y producción.

En el capítulo IV de Scada Convert Valmont se da a conocer el procedimiento de conexión del sistema y sus componentes, para la eficiencia de la planta solar Campos del Sol.

En el capítulo V se presenta y analizan los datos obtenidos durante el estudio realizado, mediante el monitoreo de los equipos en la planta durante la generación de un día normal de producción.

En el capítulo VI se comparan resultados de estudio y curvas obtenidas, logrando las conclusiones correspondientes

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Energías renovables

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene a partir de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o bien, porque son capaces de regenerarse por medios naturales para la moderación de la extracción de minería de fluidos, gases y fósil.

Las energías renovables desempeñan un papel fundamental en la transición hacia un sistema energético sostenible y son esenciales para mitigar el cambio climático. Entre ellas se encuentran la energía eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica, la solar, la biomasa y la marítima.

Ahora se muestra la figura N° 2.1, las principales fuentes de energía renovable, las cuales incluyen:

Figura N° 2.1: Fuentes de energías renovables.

Fuente: (Finat, 2014)

Las principales fuentes de energías renovables y factibles son:

2.1.1 Energía solar

- **Fotovoltaica:** Convierte la luz solar directamente en electricidad a través de células solares. Es la tecnología solar más común y se utiliza en paneles solares para generar electricidad para viviendas, empresas y sistemas aislados.

- **Térmica:** Aprovecha el calor del sol para calentar agua o aire, utilizándose en sistemas de calefacción, refrigeración y generación de electricidad, a través de centrales termo solares.

2.1.2 Energía eólica

Utiliza la fuerza del viento para hacer girar aerogeneradores, que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Los parques eólicos son grandes instalaciones con numerosos aerogeneradores que generan electricidad a gran escala.

2.1.3 Energía hidráulica

Aprovecha la energía cinética del agua en movimiento para generar electricidad. Las centrales hidroeléctricas utilizan el agua embalsada en presas para hacer girar turbinas y generar electricidad, estas pueden ser:

- **Gran escala:** Grandes centrales hidroeléctricas que generan grandes cantidades de electricidad.

- **Pequeña escala:** Pequeñas centrales hidroeléctricas, como las minihidráulicas, que aprovechan el caudal de ríos y arroyos.

2.1.4 Energía geotérmica

Aprovecha el calor interno de la Tierra para generar electricidad o calor. El agua caliente subterránea se utiliza para hacer girar turbinas o para calefacción directa.

Estas se pueden diferenciar en dos tipos:

- **De alta temperatura:** Utiliza vapor de agua a alta temperatura para generar electricidad.

- **De baja temperatura:** Utiliza agua caliente a menor temperatura para calefacción y otros usos térmicos.

2.1.5 Energía de la biomasa

Obtiene energía a partir de la materia orgánica, tal como madera, residuos agrícolas, estiércol y residuos urbanos. La biomasa se puede quemar para generar calor, electricidad, o bien, convertirse en biogás mediante procesos de fermentación.

- **Biocombustibles:** La biomasa se puede convertir en biocombustibles líquidos (etanol, biodiesel), para sustituir a los combustibles fósiles en el transporte.

2.1.6 Energía marítima

Se conoce como energía marina un conjunto de tecnologías que aprovechan la energía de los océanos.

El mar tiene un gran potencial energético, que se manifiesta principalmente en las olas, las mareas, las corrientes y en la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo marino.

2.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable y limpia, esta utiliza la radiación solar para producir electricidad y se basa en el llamado efecto fotoeléctrico, en el que los materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas), y liberar electrones, generando una corriente eléctrica.

Para ello, se emplea un dispositivo semiconductor denominado, celda o célula fotovoltaica, que puede ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien, otros materiales semiconductores de capa fina.

Las de silicio monocristalino se obtienen a partir de un único cristal de silicio puro y alcanzan la máxima eficiencia, entre un 18 % y un 20 % de media.

Las de silicio policristalino se elaboran en bloque, a partir de varios cristales, por lo que resultan más baratas y poseen una eficiencia media del 16 % y el 17,5 %.

Por último, las de silicio amorfo presentan una red cristalina desordenada, lo que conlleva peores prestaciones (eficiencia media entre un 8 % y un 9 %), pero también un precio menor.

2.2.1 Tipos de plantas fotovoltaicas

Hay dos tipos de plantas fotovoltaicas: Las que están conectadas a la red y las que no. Dentro de las primeras existen, a su vez, otras dos clases:

- **Central fotovoltaica:** Toda la energía producida por los paneles se vierte a la red eléctrica.

- **Generador con autoconsumo:** Parte de la electricidad generada es consumida por el propio productor (por ejemplo, en una vivienda), y el resto se vierte a la red. Al mismo tiempo, el productor toma de la red la energía necesaria para cubrir su demanda cuando la unidad no le suministra la suficiente.

Estas instalaciones con conexión a la red cuentan con tres elementos básicos:

- Paneles fotovoltaicos: Se trata de grupos de celdas fotovoltaicas montadas entre capas de silicio que captan la radiación solar y transforman la luz (fotones), en energía eléctrica (electrones).

- Inversores: Convierten la corriente eléctrica continua que producen los paneles en corriente alterna, apta para el consumo.

- Transformadores: La corriente alterna generada por los inversores es de baja tensión (380 - 800 V), por lo que se utiliza un transformador para elevarla a media tensión (hasta 36 kV).

Por su parte, las instalaciones no conectadas a la red operan en isla y suelen encontrarse en lugares remotos y explotaciones agrícolas para satisfacer demandas de iluminación, servir de apoyo a las telecomunicaciones y bombear los sistemas de riego. Estas plantas aisladas requieren dos elementos adicionales para funcionar:

- **Baterías:** Encargadas de almacenar la energía producida por los paneles y no demandada en ese instante para cuando sea necesario.

- **Reguladores:** Protegen la batería contra sobrecargas y previenen un uso ineficiente de la misma.

A continuación, se muestra la figura N° 2.2, que representa la obtención de la energía solar.

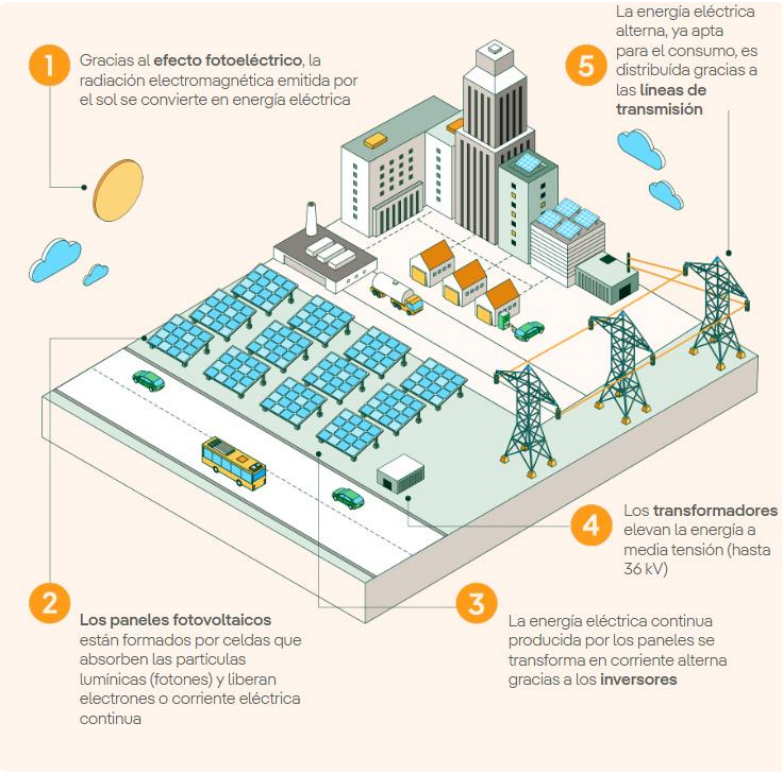


Figura N° 2.2: Producción de la energía eléctrica fotovoltaica.

Fuente: (Cámara, 2023)

2.3 Paneles Solares Fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico, también conocido como panel o placa solares, es el dispositivo que capta la energía solar para iniciar el proceso de transformación en energía sostenible.

El material semiconductor del que está recubierto que suele ser el silicio, un elemento básico para cada una de las células solares es sensible a la luz y genera electricidad al recibir la radiación solar gracias al fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas individuales unidas entre sí. Para garantizar la correcta inclinación y orientación con respecto a la luz solar, los módulos se colocan en estructuras de soporte específicas.

Dos terminales de salida en cada módulo recogen y transfieren la corriente generada a los sistemas de gestión del parque solar.

La eficiencia de un módulo fotovoltaico es la relación entre la potencia eléctrica de salida en los terminales y la potencia de la radiación solar que incide en la superficie del módulo. El valor estándar que se usa como referencia para indicar la radiación solar es de 1.000 watts/m^2: si en cada metro cuadrado inciden 1.000 watts de energía solar, el porcentaje de energía realmente convertida en electricidad utilizable constituye la eficiencia. La vida media útil de un módulo fotovoltaico es de unos 30 años.

2.3.1 Panel solar bifacial

Los paneles solares bifaciales son módulos solares capaces de generar electricidad, tanto desde la parte delantera como desde la trasera. Utilizan células solares bifaciales, con la parte posterior típicamente encapsulada en materiales transparentes (como vidrio o láminas traseras transparentes). Además de generar energía desde la parte delantera, la parte posterior también puede capturar la luz ambiental dispersa y reflejada para una generación de electricidad adicional.

Debido a la capacidad de los paneles solares bifaciales para producir energía en dos direcciones, la bifacialidad se ha convertido en una métrica importante para evaluar su rendimiento, esta también es conocida como factor o relación bifaciales, la cual mide la relación de las capacidades de generación de energía de la parte posterior y frontal de los módulos bifaciales en condiciones de prueba estándar, desempeñando un papel vital en la evaluación del rendimiento de los paneles solares bifaciales.

Por ejemplo, en condiciones de prueba estándar (STC), si la potencia de prueba de la parte posterior de un módulo fotovoltaico bifacial es de 350 watts y la potencia de prueba de la parte frontal es de 500 watts, el cálculo de la bifacialidad sería 350/500 = 70 %.

Esto significa que la parte trasera aporta el 70 % de la capacidad de generación de energía en comparación con la parte delantera.

A continuación, se muestra la figura N°2.3, la diferencia entre un panel monofacial y bifacial.

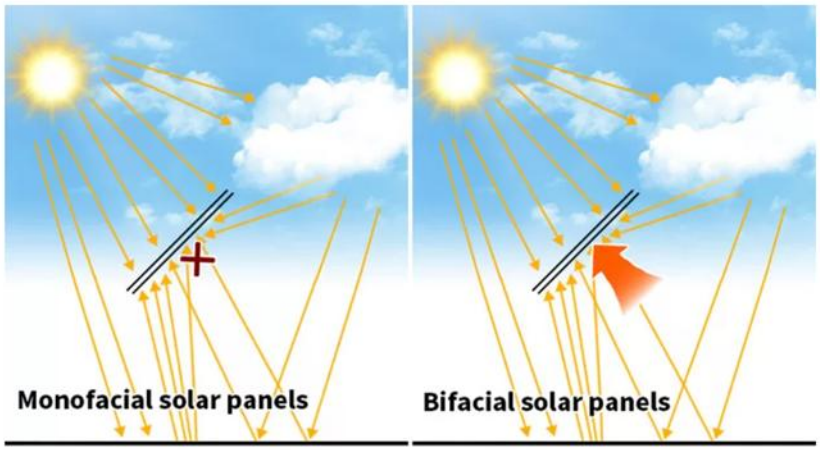


Figura N° 2.3. Diferencia entre modulo monofacial y bifacial.

Fuente: (Brian, 2025)

2.3.1.1 Radiación solar en paneles bifaciales

La radiación solar en paneles bifaciales incluye radiación directa, difusa y reflejada (albedo), que el panel capta por ambas caras para generar energía, a diferencia de los monofaciales que solo usan radiación directa. La ganancia bifacial, el aumento de producción por la cara trasera, depende significativamente de la reflectividad del suelo (albedo), la altura del panel, y la minimización de sombras.

Tipos de radiación que capturan los paneles bifaciales:

- **Radiación directa:** La luz solar que incide directamente sobre la cara frontal del panel, de manera similar a un panel convencional.

- **Radiación difusa:** La luz que se dispersa en la atmósfera, capturada por ambas caras del panel.

- **Radiación reflejada (albedo):** La luz que rebota en las superficies circundantes, especialmente el suelo, y es absorbida por la parte trasera del panel.

A continuación, se muestra la figura N° 2.4, en donde se muestra los tipos de radiación solar.

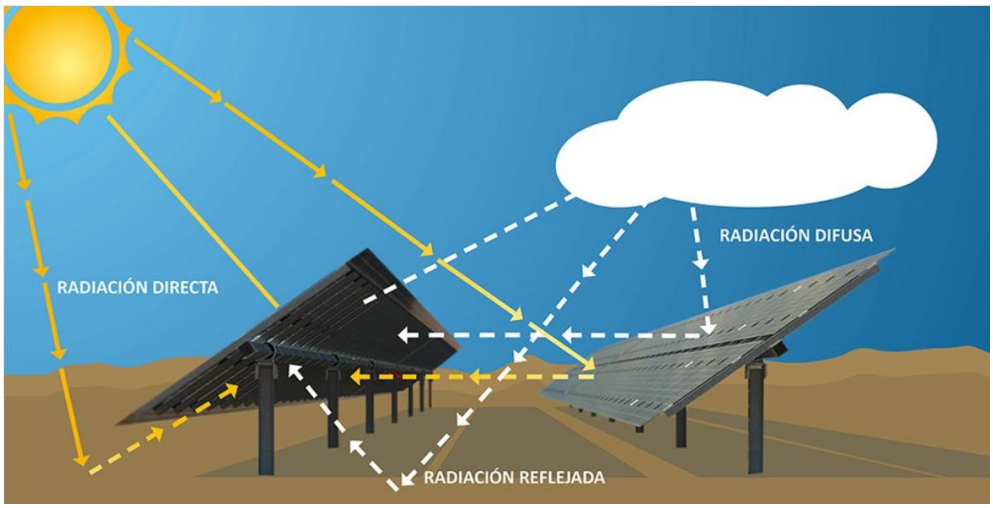


Figura N° 2.4: Tipos de radiación difusa.

Fuente: (Vasquez, 2022)

Factores clave para la ganancia bifacial:

- **Albedo del suelo:** Superficies de colores claros y brillantes, como el blanco, reflejan más luz (alto albedo), y aumentan la producción de la cara trasera del panel. Superficies oscuras reflejan menos.

- **Altura de instalación:** Cuanto más alto estén los paneles sobre el suelo, mayor será la radiación que la parte trasera puede captar.

- **Espaciado entre módulos:** En instalaciones a gran escala, aumentar la distancia entre filas de paneles reduce el sombreado y mejora la producción de la cara trasera.

- **Minimización de sombras:** Cualquier sombra sobre el panel reducirá la producción de energía.

2.4 Plantas solares con sistema de seguimiento solar

Un sistema de seguimiento solar maximiza la producción de electricidad del sistema solar moviendo los paneles para que sigan al sol a lo largo del día, lo que optimiza el ángulo en el que los paneles reciben la radiación solar, los seguidores solares se usan normalmente para los paneles solares montados en el suelo y las grandes instalaciones solares independientes, estos no suelen usarse en la mayoría de los proyectos solares residenciales, pero tienen cabida en el mercado solar comercial e industrial.

Cuando los paneles solares están expuestos a la luz solar, el ángulo en el que los rayos del sol se encuentran con la superficie del panel solar (conocido como ángulo de incidencia), determina la capacidad del panel para convertir la luz incidente en electricidad, cuanto más estrecho sea el ángulo de incidencia, más energía podrá producir un panel fotovoltaico.

Los seguidores solares ayudan a minimizar este ángulo orientando los paneles para que la luz incida en ellos de forma perpendicular a su superficie.

2.4.1 Tipos de sistemas de seguimiento solar

Hay dos tipos de sistemas de seguimiento solar, de un eje y de dos ejes:

- Un seguidor de un eje mueve los paneles en un eje de movimiento, normalmente alineado con el norte y el sur, estos movimientos permiten que los paneles se arqueen de este a oeste y sigan al sol cuando sale y se pone.

- Un seguidor de doble eje permite que los paneles se muevan en dos ejes, alineados de norte a sur y de este a oeste, este tipo de sistema está diseñado para maximizar la captación de energía solar durante todo el año.

Por lo general, los seguidores de doble eje son una opción mucho menos popular para las instalaciones solares, incluso entre los proyectos de gran escala.

A continuación, en la figura N° 2.5, se muestra un seguidor solar de un eje correspondiente de este a oeste:

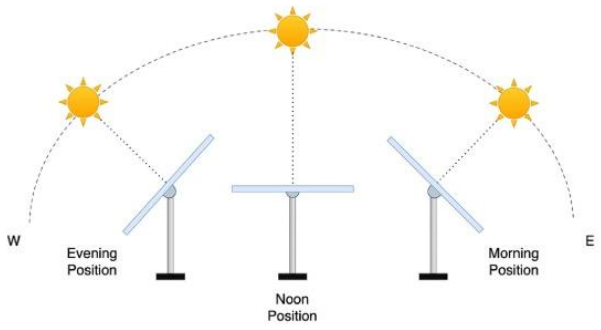


Figura N° 2.5: Seguidor fotovoltaico.

Fuente: (Phiri, 2023)

2.5 Sistema de control Convert

El controlador Convert optimiza la producción de energía y reduce el riesgo. Su panel intuitivo es fácil de usar y proporciona un análisis sofisticado para reducir los costos operativos.

Las características del controlador Convert son las siguientes:

- Adquisición de datos en tiempo real de las métricas de rendimiento del seguidor con funciones de alarma accesibles desde cualquier dispositivo electrónico.

- Menores costos operativos gracias al control remoto para proveedores de servicios externos.

- Los comandos centralizados permiten programar las operaciones de mantenimiento, incluyendo la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la actuación inmediata en caso de condiciones meteorológicas críticas.

- Los sensores inteligentes permiten la integración de una estación meteorológica para la velocidad, dirección, nieve e irradiancia del viento. La información sobre la dirección del viento reduce el tiempo de almacenamiento y la carga de viento en los módulos fotovoltaicos.

- Puesta en marcha sencilla y automatizada. Integración perfecta con el sistema SCADA de la planta de nivel superior.

- Robusto y totalmente fiable con materiales de primera calidad para una planta fotovoltaica de larga duración. Amplio rango de temperatura. Conexiones inalámbricas entre subcampos, sin necesidad de fibra óptica.

2.5.1 Sistema Scada en plantas solares

SCADA es el acrónimo en inglés de Supervisory Control and Data Acquisition, que traducido al castellano significa Control de Supervisión y Adquisición de Datos.

Por tanto, se refiere a un sistema que recoge datos de campo en varios sensores conectados a una estación maestra en una fábrica, planta o en otras ubicaciones remotas y luego envía estos datos a un ordenador central a través de un sistema de comunicaciones que los gestiona y controla.

La estación maestra muestra los datos adquiridos y también permite al operario realizar tareas de control remoto. Los datos precisos (normalmente en tiempo real) permiten optimizar el funcionamiento de la planta y el proceso de producción.

El sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos ayuda a gestionar este complejo procedimiento industrial manteniendo la eficiencia, impulsando decisiones más inteligentes mediante técnicas de procesamiento de datos y la comunicación de los problemas del sistema para atenuar el tiempo de inactividad.

Todo ello se traduce en un menor costo de las operaciones en comparación con los anteriores sistemas no automatizados.

El éxito de una instalación SCADA depende de la utilización de una tecnología probada y fiable, con una formación adecuada y completa de todo el personal en el manejo del sistema.

2.5.2 Para qué sirve el SCADA

Por lo general, las aplicaciones de los sistemas SCADA se basan en la automatización de procesos industriales complejos en los que el control humano es poco práctico y permite a las empresas industriales:

- Controlar los procesos industriales a nivel local o en ubicaciones remotas.
- Supervisar, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Interactuar de forma directa con dispositivos como sensores, válvulas, bombas, motores, etc. a través del software de la Interfaz Humano-Máquina (HMI).
- Registrar los eventos en un archivo de registro.

2.5.3 Donde se utiliza el SCADA

Las industrias que utilizan SCADA en sus operaciones diarias son los sistemas de agua y aguas residuales, los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad, además de los sistemas de petróleo y gas.

Los sistemas SCADA son componentes indispensables en numerosas industrias. Sin embargo, es necesario actualizarlos de vez en cuando para aprovechar las nuevas funciones. El sistema adecuado puede hacer que la producción sea más fiable y rentable.

En la práctica, los sistemas SCADA modernos son capaces de hacer algo más que recoger datos y manejar dispositivos.

2.5.4 Un sistema SCADA básico consta de los siguientes componentes:

- Interfaz hombre-máquina.
- Sistema de supervisión.
- Unidades terminales remotas.
- Autómatas programables (PLC).
- Infraestructura de comunicaciones.
- Programación SCADA.

2.5.4.1 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Es un dispositivo que permite a un operario controlar los datos del proceso, esto se consigue enlazando las bases de datos del SCADA y los programas de software para proporcionar información de gestión como esquemas detallados, mantenimiento programado, diagnóstico de datos e información logística. Se puede destacar que el personal de operaciones también puede ver la representación gráfica de los datos.

2.5.4.2 Sistema de supervisión

Este sistema actúa como servidor de comunicaciones entre el software HMI de las estaciones de trabajo de la sala de control y sus equipos, como PLC, RTU, sensores, actuadores, etc.

Los SCADA más pequeños tienen un solo PC que sirve como sistema supervisor o maestro. Por otro lado, los SCADA más grandes tienen múltiples servidores, sitios para la recuperación de datos y aplicaciones de software distribuidas.

2.5.4.3 Unidades terminales remotas (RTU)

Estos dispositivos electrónicos están controlados por microprocesadores y se utilizan para transmitir los datos registrados a los sistemas de supervisión, estos reciben datos del sistema maestro para controlar los objetos conectados. También se denominan Unidades Remotas de Telemetría.

2.5.4.4 Autómatas programables (PLC)

Los PLC se utilizan en el sistema de control de supervisión y adquisición de datos a través de sensores. Se conectan a los sensores para convertir la señal de salida del sensor en datos digitales.

2.5.4.5 Infraestructura de comunicaciones

Por lo general, en los sistemas de control y adquisición de datos se utiliza una combinación de conexión directa por cable y radio.

Los ferrocarriles y las centrales eléctricas, que son sitios grandes, suelen preferir el uso de Ethernet o IP sobre redes ópticas síncronas (SONET).

2.5.4.6 Programación SCADA

La programación SCADA en HMI o estación maestra se utiliza para crear diagramas y mapas que proporcionan información vital durante el proceso o el fallo de un evento.

La mayoría de los sistemas comerciales de Control de Supervisión y Adquisición de Datos utilizan interfaces estandarizadas en la programación.

A continuación, en la figura N° 2.6, se presenta una arquitectura básica de un sistema SCADA:

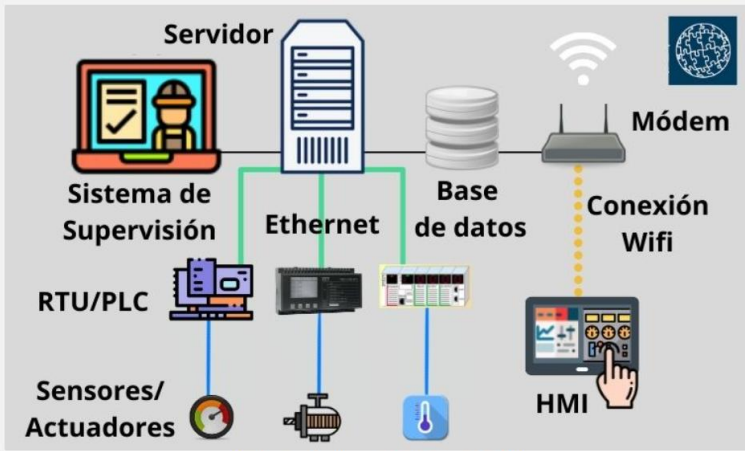


Figura N° 2.6: Arquitectura del sistema Scada Convert Valmont.

Fuente: (Sicma21, 2021)

2.5.5 La importancia de los sistemas SCADA

La importancia de los sistemas SCADA en la automatización permiten, a una empresa estudiar con detenimiento y anticipar la respuesta óptima a las condiciones medidas y ejecutar esas respuestas de forma automática en todo momento.

Confiar en el control preciso de las máquinas para supervisar los equipos y los procesos, elimina prácticamente el error humano, y lo que es más importante, automatiza las tareas comunes, rutinarias y pesadas que antes realizaba un ser humano, lo que aumenta aún más la productividad, mejora la gestión de los fallos críticos de las máquinas en tiempo real y minimiza la posibilidad de que se produzcan desastres ambientales controlables.

Además, los sistemas SCADA son necesarios para supervisar y controlar un gran desplazamiento geográfico en el que una multinacional puede no tener suficiente mano de obra para cubrirlo.

Por ello, la comunicación fiable y la operatividad de estas zonas o emplazamientos es fundamental para la rentabilidad.

A continuación, se detallan las ventajas del sistema SCADA:

- El sistema ofrece la posibilidad de almacenar una gran cantidad de datos.
- Los datos pueden mostrarse en varios formatos según las necesidades del usuario.
- Proporciona una interfaz para conectar miles de sensores en una amplia área para diversas operaciones de supervisión y control.
- Es posible obtener simulaciones de datos reales con la ayuda de los operarios.
- Se pueden recoger muchos tipos de datos de las RTU conectadas con la unidad maestra.
- Con los protocolos avanzados y los softwares de aplicación, los datos pueden ser monitoreados desde cualquier lugar y no sólo desde el sitio local.
- La redundancia de unidades está incorporada en el sistema SCADA para tener una copia de seguridad en caso de averías o fallos. Esto hace que el sistema sea más robusto.
- Es rápido en la obtención de respuesta.

CAPITULO III
PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA CAMPOS DEL SOL

3.1 Ubicación de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol

El proyecto Campos del Sol consiste en un parque fotovoltaico que se ubica a 60 km al noreste de Copiapó, Región de Atacama. Contempla un total de 126 inversores SUNGROW SG3125HV-20 de 3593 kVA a 25 °C, lo que otorga una potencia total instalada de 452,72 MWp, mientras que en el punto de conexión se estima una inyección de 381 MW y una máxima generación de 390,11 MW, solo bajo condiciones favorables de radiación solar y temperatura ambiente.

La energía inyectada por el parque es evacuada a través de circuitos de 33 kV, estos se conectan a las instalaciones de transformación de 33/220 kV ubicadas en la S/E Campos del Sol, la cual está conectada al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), a través de la línea de transmisión 1 x 220 kV Carrera Pinto. Cuenta con una capacidad instalada de cerca de 375 MW y es capaz de producir más de 1.200 GWh al año, evitando la emisión a la atmósfera de más de 947.000 toneladas de CO_2.

Campos del Sol cuenta con cerca de un millón de paneles PV bifaciales, tecnología que maximiza la generación de energía al capturar la radiación solar de ambos lados del panel, generando en promedio un 12 % más de electricidad que los módulos convencionales.

Esta planta cuenta con 63 Cabinas Inversoras con su respectivo Transformador de 33 kV, así mismo consta de 2 inversores Sungrow de 3,1 MW de potencia cada uno y un sistema de LV (Servicios Auxiliares), también cuenta con 21 circuitos de líneas MT (3 CU x línea MT) en campo, por cada CU se tiene 28 String Box de 1500 Volt, además se encuentran 4 CDR (Centro de Distribución de RED).

Este tablero de Distribución de 380 volt, que está distribuido en 3 circuitos de 220 volt, alimenta las SKC (sistemas de control y monitoreo) (56 por CU), que permiten supervisar y gestionar de manera eficiente la planta fotovoltaica, también alimenta al Actuador Convert, tanto de forma manual como remota desde Scada.

A continuación, en la figura N° 3.1, por medio del explorador solar, se puede verificar la ubicación de la planta solar Campos del sol, la cual tiene las siguientes coordenadas:

- Latitud -27,0652.
- Longitud -69,9110.

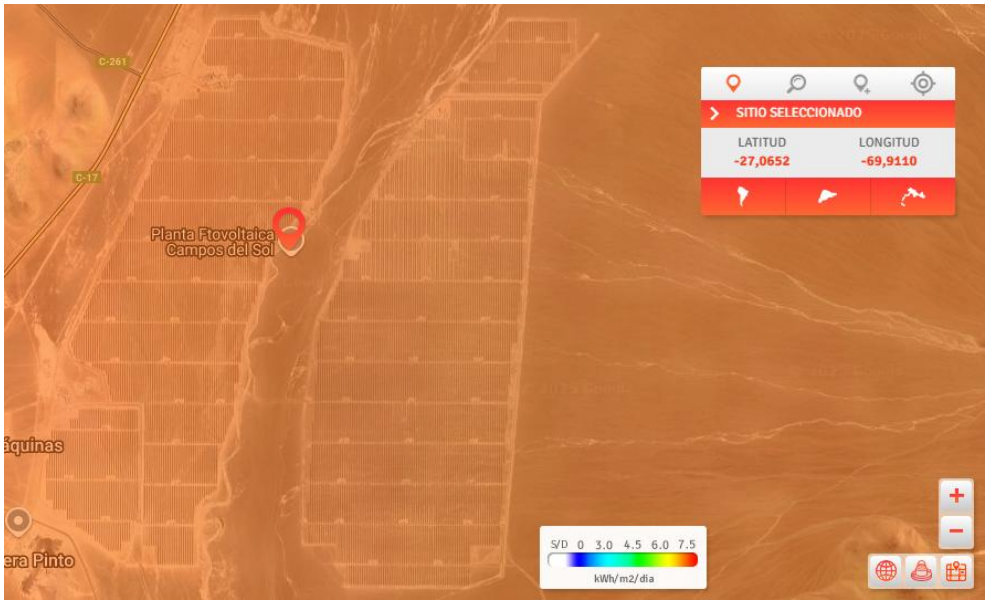


Figura N° 3.1: Ubicación de la planta solar fotovoltaica por medio del explorador solar.

Fuente: Explorador Solar

3.2 Componentes principales de la planta solar Campos del Sol

Una planta solar fotovoltaica cuenta con componentes principales, los cuales hacen posible el funcionamiento del sistema, estos en conjunto contribuyen al posible producto final, que es la transformación de la energía solar en electricidad.

3.2.1 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos que se encuentran en la planta solar fotovoltaica Campos del Sol son bifaciales, lo que produce un incremento mayor de energía mediante la radiación directa, difusa y reflejada, en comparación a módulos tradicionales.

La planta solar cuenta con 974.400 módulos fotovoltaicos en total, estos se dividen en dos áreas, llamadas pulmón izquierdo y pulmón derecho.

A continuación, en la figura N° 3.2, se muestra un módulo fotovoltaico Risen 385:

Figura N° 3.2: Módulo fotovoltaico Risen 385.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Actuador

En la planta solar fotovoltaica Campos del Sol se encuentran 35.280 actuadores en total, que corresponde a un sistema de seguimiento de un solo eje, estos movimientos permiten que los paneles se arqueen de este a oeste y sigan el sol cuando sale y se pone, lo que genera un 12 % más de producción al estar en movimiento.

A continuación, en la figura N° 3.3, se muestra un actuador lineal:

Figura N° 3.3: Actuador lineal Convert Valmont.

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 String Box

El String Box de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol, cumple dos funciones principales: unir las conexiones de los String y protegerlas con mecanismos como sobretensiones o fusibles.

Esta caja es fundamental para conectar los paneles solares al inversor y garantizar el correcto funcionamiento de todo el sistema, ya que a ella llegan 1500 volt. Cabe destacar que la planta cuenta con 1764 String box en total.

A continuación, en la figura N° 3.4, se presenta un String Box utilizado en la planta:

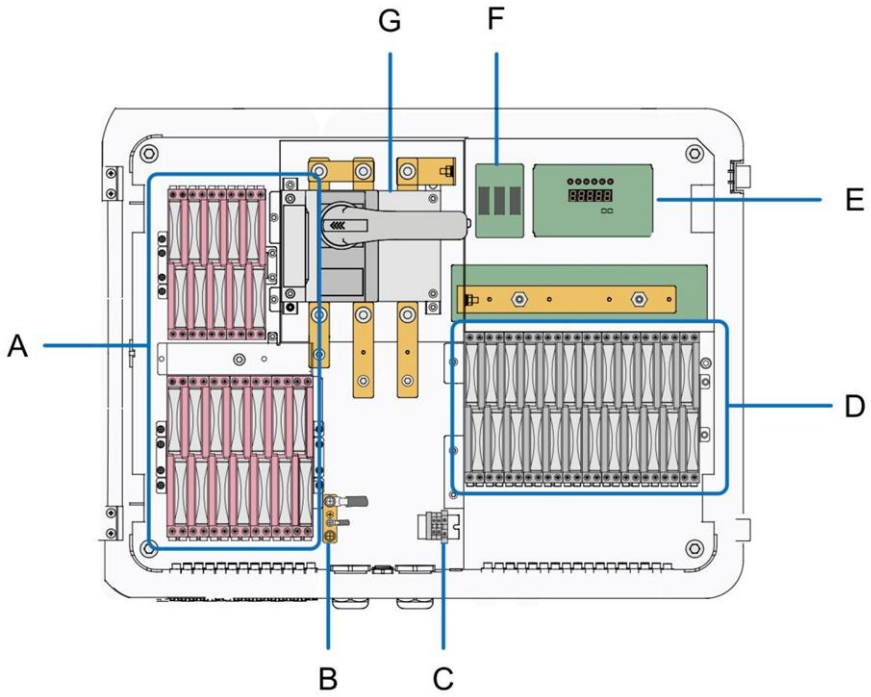


Figura N° 3.4: String box.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla N° 3.1, se presenta una descripción de String Box:

Tabla N° 3.1: Descripción de String box.

UBICACIÓN	DESCRIPCION
A	DC + Cartucho de fusibles
B	Barra de Cobre
C	Puertos RS485
D	DC – Cartuchos de fusibles
E	Tarjeta de Monitoreo
F	Dispositivo de Protección contra Sobretensiones
G	Interruptor de Carga

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Inversor

La planta solar Campos del sol, tiene 126 inversores de marca Sungrow, modelo SG3125HV-30.

A continuación, en la figura N° 3.5, se presenta un inversor utilizado en la planta:

Figura N° 3.5: Inversor utilizado en la planta fotovoltaica campos del sol.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede identificar en la tabla Nº 3.2, se muestran las especificaciones técnicas del inversor:

Tabla N° 3.2: Especificaciones técnicas del inversor.

Voltaje máximo de entrada	Rango MPPT de potencia de salida Máxima	Potencia nominal de salida de CA	Voltaje de salida de CA	Máxima eficiencia
1500 VDC	875 VDC a 1300 VDC	3125 KVA	600 VAC	99%

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Transformadores Modelo MVS6800

En la planta solar Campos del Sol, los transformadores se utilizan en tres niveles principales del sistema eléctrico:

Transformadores elevadores de inversor o "inverter step-up".

- **Ubicación:** Junto a los inversores en cada bloque fotovoltaico.
- **Función:** Elevan la tensión de corriente alterna (CA) generada por los inversores (aprox. 0,8 kV o 1,5 kV) hasta un nivel medio (13,8 kV o 34,5 kV).
- **Objetivo:** Facilitar el transporte de energía desde los distintos campos solares hasta el centro de acopio o subestación principal, reduciendo pérdidas por transmisión.

Transformador principal o de potencia:

- **Ubicación:** En la subestación elevadora de la planta.
- **Función:** Eleva la tensión de media tensión (por ejemplo, 33 kV) a alta tensión (154 kV o superior), para su inyección al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

- **Características:** Suelen ser transformadores trifásicos de gran capacidad (decenas o cientos de MVA), con sistemas de refrigeración y protección avanzada, los equipos de planta son de una potencia de 6250 kVA.

Transformadores auxiliares o de servicios internos:

- **Ubicación:** En la subestación y centros de control.
- **Función:** Reducen la tensión de alimentación (por ejemplo, de 13,8 kV a 400/230 V) para suministrar energía a los sistemas de control, iluminación, comunicaciones y equipos auxiliares de la planta.

A continuación, en la figura N° 3.6, se presenta un transformador de la planta:

Figura N° 3.6: Transformador utilizado en la planta fotovoltaica campos del sol.
Fuente: Elaboración propia

3.2.6 Gabinete LV

El gabinete LV o Tablero de servicios auxiliares, llega tanto la comunicación como la alimentación, desde subestación llega la comunicación mediante fibra óptica, este pasa por un Switch Moxa EDS-408A-MM-SC Admin 6 puertos 2 multimodo SC que transforma esa señal en RS485, que permite tener la comunicación desde la SKC hacia el actuador, de igual forma se obtiene el control remoto desde el Scada Convert hacia campo, en la parte de alimentación este tablero entrega 380 volt hacia campo para poder alimentar las CDR y así energizar las SKC, en el gabinete se encuentran 4 automáticos trifásicos de 25 A.

La planta tiene un Gabinete LV por cada CU, en total se encuentran 63 Gabinetes. A continuación, en la figura N° 3.7, se puede apreciar un gabinete LV utilizado en planta:

Figura N° 3.7: Gabinete LV.

Fuente: Elaboración propia

3.2.7 Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas de la planta solar fotovoltaica de Campos del Sol miden precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, radiación, presión, dirección y velocidad del viento, entre otros. Se encuentran 6 estaciones meteorológicas en total.

A continuación, en la figura N° 3.8, se presentan la estación meteorológica utilizada en planta.

Figura N° 3.8: Estación meteorológica de la planta solar campos del sol.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Resumen del capitulo

Ya finalizado el capítulo III relacionado a las características del parque fotovoltaico campos del sol, se puede conocer los equipos que componen el proceso de generación, partiendo desde el módulo fotovoltaico bifacial, que cumple una función importante, al ser un panel que absorbe irradiación por ambas caras, también se explica el actuador lineal utilizado que tiene la función de mover las mesas de este a oeste, todo esto conectado y distribuido por las string box de campo, que llevan la corriente producida hacia el inversor y pasando por la cabina de MT, además del gabinete LV, que se encuentra la comunicación tanto de campo como de los equipos principales, y por ultimo las estaciones meteorológicas que están distribuidas por la planta, que cumplen una función importante en el parque, ya que además de medir la irradiación y temperatura, brinda datos de velocidad de viento, que está directamente relacionado con el Scada, ya que alarma cada vez que los vientos son mayores a 30 km/h, y esto provoca que las mesas tomen la posición de bandera o resguardo para así poder proteger los equipos de los fuertes vientos y no provocar daños tanto al personal como a los equipos.

A continuación, en la figura N° 3.9, se muestra la planta solar fotovoltaica Campos del Sol.

Figura N° 3.9: Parque fotovoltaico campos del sol.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
SCADA CONVERT VALMONT

En los actuales parques fotovoltaicos más modernos, se utiliza un sistema de seguimiento para poder obtener una mayor generación durante el día, estos son los trackers o actuadores, equipos que mueven las mesas de módulos fotovoltaicos de este a oeste haciendo seguimiento al sol, para poder controlar y monitorear estos actuadores, tanto de forma remota o manual, se utiliza un software llamado Scada Convert Valmont, que permite monitorear y realizar un seguimiento en tiempo real de los equipos.

El Scada Convert Valmont que se explicará de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol, permite poder monitorear, supervisar e identificar fallas en tiempo real, este software tiene la finalidad de apoyar en el área de producción, al permitir realizar el seguimiento de los trackers durante el día, captura datos de rendimiento del rastreo con capacidad de alarmar cualquier dispositivo que no esté operando en buenas condiciones por alguna falla de motor o no esté en el ángulo adecuado al horario correspondiente, también tiene la finalidad de conectarse a estaciones meteorológicas ubicadas en la planta solar para monitorear la velocidad del viento, dirección del viento, nieve, irradiación y temperatura, estos datos ayudan para saber las condiciones climáticas de la planta.

El Scada Convert Valmont tiene la función de advertir en caso de tener fuertes vientos sobre 30 km/h, esto alerta y se activa una alarma de seguridad en los trackers para que se vallan a defensa y así mantener la seguridad, tanto de los trabajadores como la integridad de los equipos, esta alarma permanece hasta que los vientos reduzcan su velocidad, al estar todo en buenas condiciones los trackers vuelven al ángulo que corresponde por horario de trabajo durante el día.

Una de las funciones para que se puede utilizar el Scada Convert Valmont es la realización del lavado de los módulos fotovoltaicos con maquinaria en terreno, esto permite poder controlar las SKC de forma remota y dejar los equipos en local, logrando dejar los tracker en cierto ángulo requerido por el operador para poder realizar un buen lavado, este ángulo dependiendo el horario del día está entre los -50° y más 50°, aquellos equipos se dejan en forma manual para que no se muevan en campo y así el operador pueda lavar sin que los trackers se muevan como los demás.

4.1 Sistema de control y gestión fotovoltaico

El sistema de control y gestión fotovoltaica PV SUPERVISOR™ ha sido desarrollado por Convert Italia S.P.A. para monitorizar remotamente en tiempo real los seguidores TRJ TK instalados en la planta fotovoltaica, logrando así:

- Medir, recopilar y registrar los valores de movimiento de todos los seguidores.
- Comunicarse remotamente con un operador conectado a la red.
- Responder a las solicitudes de un SCADA externo conectado a la red TIC, mediante el protocolo MODBUS TCP.
- Suministrar toda la información a un operador local (subestación), mediante pantalla y teclado dentro del cuadro de distribución QCC y la HMI.
- Informar de posibles fallos de funcionamiento o alarmas.
- Emitir comandos remotos a cada seguidor.

4.2 Arquitectura de hardware

El PV SUPERVISOR™ de Convert, utiliza los enlaces de fibra óptica disponibles en la planta, estos enlaces están dispuestos formando un anillo de fibra monomodo, el panel de control también incluye la interfaz de operador con monitor, teclado y panel táctil integrados en un rack de 19 pulgadas.

El diseño del SCADA considera los 21 anillos de fibra óptica de la planta fotovoltaica de Campos del Sol. El rack está ubicado en la subestación y se conecta a dispositivos periféricos en LAN con el estándar 1000Base-FX, con conexiones de fibra óptica como las mencionadas anteriormente. Se pueden conectar hasta 128 cuadros de control remoto, alojados en las cabinas de inversores ubicadas en la planta. Los cuadros de control remoto (QP) están alojados dentro de las cabinas de inversores y se alimentan a 230 VAC. Cada cuadro de control remoto puede conectarse a varias líneas RS485. Cada cuadro de control remoto está equipado con un número adecuado de líneas RS485 para la conexión del SKC en campo. Una sola línea RS485 permite una conexión multipunto de hasta 16 SKC en el mismo subcampo (160 ejes). Algunos cuadros de control remoto están equipados con un sensor de viento para monitorizar las condiciones externas. En la sala también se encuentra una estación de trabajo de escritorio con la misma información del rack.

4.2.1 Especificaciones del hardware del sistema de control de rastreadores Scada

El sistema de control SCADA Trackers se compone de los siguientes paneles:

- Cuadro de Control Central (CCC): Ubicado en la subestación.

- Cuadro de Control Remoto (CP): Ubicado en cada unidad de conversión.

4.3 Interfaz hombre-maquina

Al iniciar el PC, la aplicación PV SUPERVISOR se inicia automáticamente. Tras iniciar la aplicación, al solicitar por primera vez que se ejecute un comando o que se muestre información, PV SUPERVISOR solicita el nombre de usuario y la contraseña mediante el formulario de inicio de sesión.

4.3.1 Comandos globales para los subcampos seleccionados

Los principales botones de control son los siguientes:

- Modo automático: Todos los rastreadores funcionan en modo automático.
- Modo manual: Todos los rastreadores funcionan en modo manual.
- STOP rastreo: Todos los rastreadores se detienen.
- Ir a ENTRADA: Todos los rastreadores alcanzan el ángulo de seguimiento máximo en el lado del motor (55°).
- Ir a SALIDA: Todos los rastreadores alcanzan el ángulo de seguimiento máximo en el lado opuesto (55°).
- Comando múltiple de un subcampo completo.
- Comando múltiple de una unidad de conversión completa.
- Comando múltiple de SKC/Caja de control.

4.3.2 Página de inicio

Tras iniciar la aplicación, se abre la página de inicio con toda la información general de la planta:

- Información general sobre la clasificación de la planta fotovoltaica.
- Estado general del sistema con indicación de subcampos en alarma (color rojo).

- Ángulo de seguimiento.
- Disponibilidad total del sistema de seguimiento.
- Lista de alarmas activas.

A continuación, en la figura N° 4.1 se presenta la página de inicio de SCADA Convert utilizado en planta:

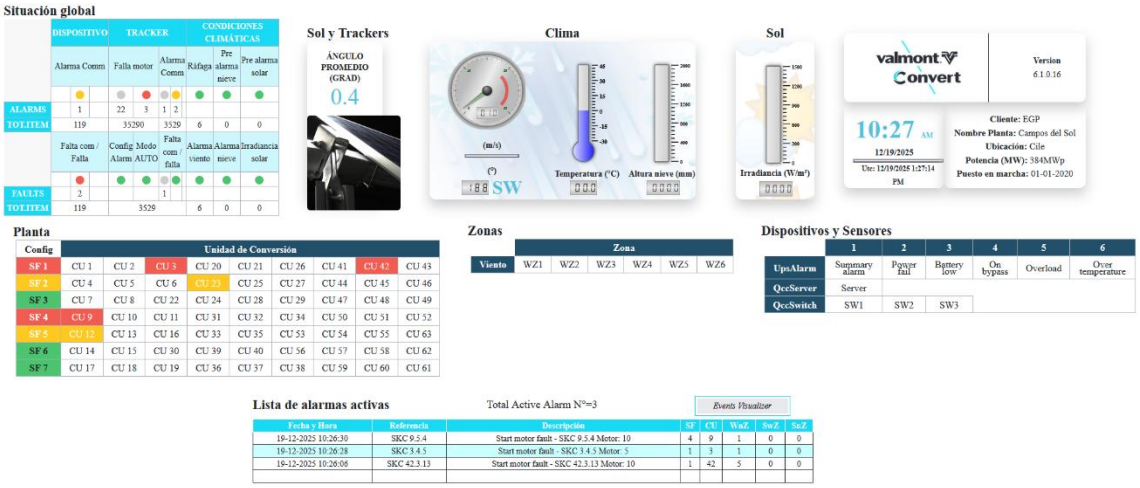


Figura N° 4.1: Página de inicio de Scada.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Pagina del subcampo

Más profundo que el anterior, se centra en un subcampo seleccionado en la página de inicio. La misma interfaz que la página de inicio, pero los datos se filtran para el subcampo seleccionado. Además, es posible ejecutar comandos a nivel de subcampo. Para realizar movimientos de trackers, se debe ingresar en cada CU que se requiera maniobrar, al ingresar a la CU correspondiente se abrirá una nueva ventana donde aparecerán las SKC que componen a la CU, desde esta ventana se pueden realizar maniobras de movimiento

de trackers en CU completa, ya sea de forma manual o automático, para realizar una maniobra de forma manual se debe realizar la siguiente manera:

- Seleccionar la casilla manual y esperar un momento a que todas las SKC de la CU entren en operación manual.

- Colocar el ángulo que se desee para el movimiento de trackers.

Esta maniobra ayuda para poder normalizar trackers que se pueden haber quedado inhabilitados por comunicación, también permite poder dejar los trackers en modo manual para el lavado con tractores, los ángulo solicitados son a -50° y a +50°, estos trackers permanecen así hasta que el operador del tractor de la orden de que terminó el lavado y se puedan normalizar, si uno interviene estos equipos antes pasándolos a automático sin previo aviso se podría provocar un accidente en terreno, ya que el operador podría pasar a llevar con el brazo del rodillo los paneles mientras se normalizan.

A continuación, en la figura N° 4.2, se presenta la página del subcampo de SCADA Convert utilizado en planta:

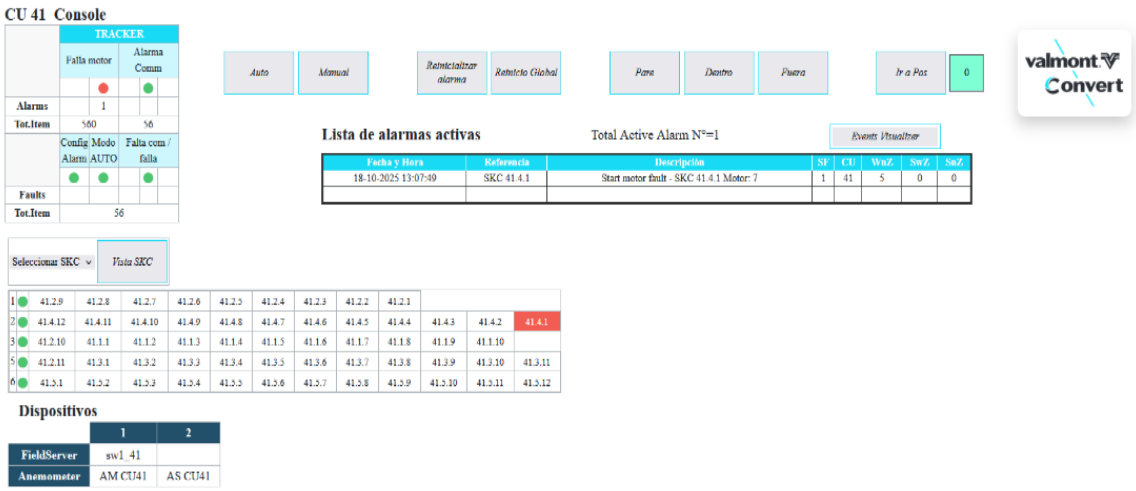


Figura N° 4.2: Página de subcampo Scada.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Control manual de motores

Para realizar movimientos de trackers (seguidores), se debe ingresar en cada SKC que se requiera maniobrar, lo primero es pasar de automático a manual la SKC a intervenir, aquí podemos ver si algún motor esta con alguna falla de comunicación o atascado con la estructura, desde aquí se puede realizar reset del equipo y ver si recupera comunicación, además podemos utilizarlo para realizar el movimiento de varias mesas a la vez para el lavado de los módulos, dejándolos en -50° o 50°, estos equipos quedan en modo manual, para la seguridad del operador en terreno.

Dentro: posición Pull IN, el vástago llega a su posición máxima de ingreso del vástago (ángulo positivo).

A continuación, en la figura N° 4.3 se muestra el control manual de motores utilizado en planta:

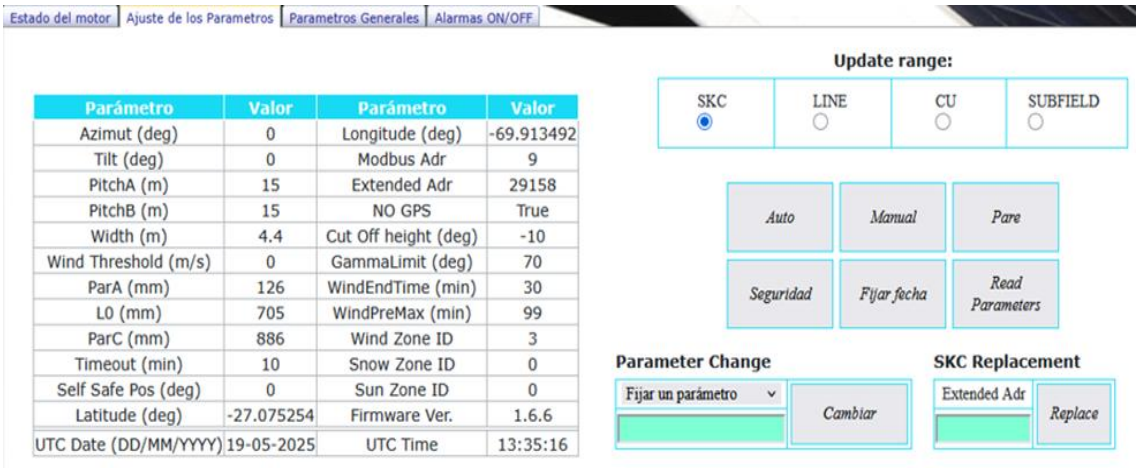
Figura N° 4.3: Control manual de motores.

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Página SKC

En la página SKC será posible recuperar toda la información sobre el SKC seleccionado, comprobar o modificar algunos parámetros y gestionar los motores conectados.

A continuación, en la figura N° 4.4, se presenta la información sobre el SKC utilizado en la planta:



Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Azimut (deg)	0	Longitude (deg)	-69.913492
Tilt (deg)	0	Modbus Adr	9
PitchA (m)	15	Extended Adr	29158
PitchB (m)	15	NO GPS	True
Width (m)	4.4	Cut Off height (deg)	-10
Wind Threshold (m/s)	0	GammaLimit (deg)	70
ParA (mm)	126	WindEndTime (min)	30
L0 (mm)	705	WindPreMax (min)	99
ParC (mm)	886	Wind Zone ID	3
Timeout (min)	10	Snow Zone ID	0
Self Safe Pos (deg)	0	Sun Zone ID	0
Latitude (deg)	-27.075254	Firmware Ver.	1.6.6
UTC Date (DD/MM/YYYY)	19-05-2025	UTC Time	13:35:16

Figura N° 4.4: Información del SKC en planta.

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Parámetros generales

En esta sección de pueden ver los parámetros de configuración del Scada con la SKC, que nos permiten identificar la ubicación, el estado de posición nocturna e identificar si en la zona tenemos anemómetro.

A continuación, en la figura N° 4.5, se presentan los parámetros generales utilizados en planta:

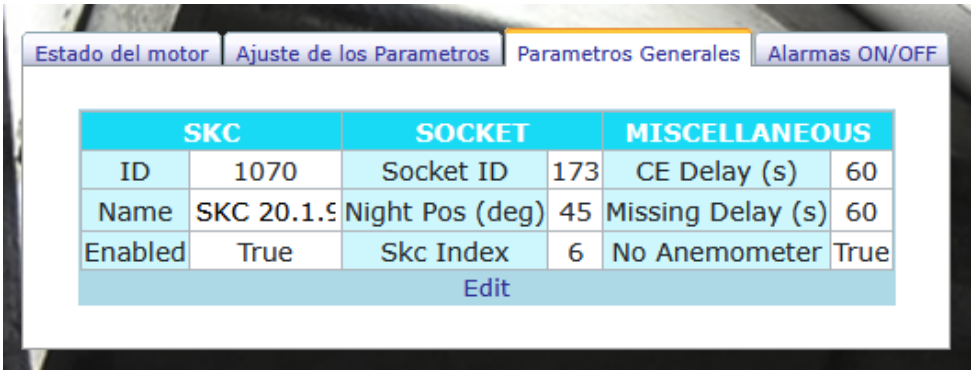


Figura N° 4.5: Parámetros generales.

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Alarmas ON/OFF

En esta sección se pueden deshabilitar tanto los motores como sus respectivas alarmas y fallas.

A continuación, en la figura N° 4.6, se presentan las alarmas on/off:

Figura N° 4.6: Alarmas on/off.

Fuente: Elaboración propia

4.4 CDR (Sistema de control y monitoreo)

El sistema CDR es el encargado de distribuir la alimentación hacia las SKC, desde el gabinete LV se distribuyen 380 Volt que llegan hacia la CDR, que además tiene una protección por línea con fusibles de 32 A y luces piloto para saber si está en operación, también cuenta con una bornera de distribución, tanto para el neutro como para la tierra, desde ahí se reparte en 3 circuitos de 220 volt, 2 de ellos alimentan 5 SKC y 1 alimenta 4 SKC, por CU se encuentran 4 CDR, 2 por cada inversor.

A continuación, en la figura N° 4.7 se presentan el gabinete CDR utilizado en planta:

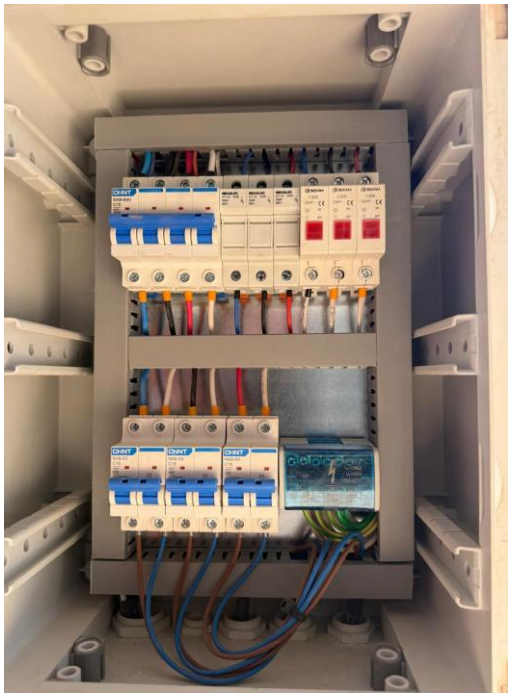


Figura N° 4.7: Gabinete CDR.

Fuente: Elaboración propia

4.5 SKC (Centro de distribución de red)

Un panel de control SKC es diseñado específicamente para simplificar al máximo el proceso de instalación. Tras el encendido inicial, la fase de activación y puesta en marcha se simplifica, gracias al reconocimiento automático de la instalación mediante un sistema de posicionamiento global (GPS), con coordenadas GPS y zona horaria.

Después de un fallo de red, el sistema es capaz de restablecer el ángulo de seguimiento óptimo. Esta información, junto con los algoritmos del reloj astronómico, es suficiente para identificar y rastrear correctamente la posición del sol. El panel de control está siempre activo y actualiza la información continuamente. Las alarmas se señalizan mediante un indicador luminoso, un contacto libre de tensión o vía RS485. Un solo panel de control puede controlar hasta 10 estructuras (hasta 10 actuadores eléctricos), trabajando simultáneamente para reducir la demanda de potencia auxiliar máxima.

4.5.1 Descripción de los SKC

A continuación, se mencionan algunas descripciones de la SKC:

- **Monitoreo del rendimiento:** Los SKC permiten registrar datos de producción, eficiencia y otros parámetros clave, lo que ayuda a identificar posibles problemas o áreas de mejora.

- **Optimización de la operación:** A través de la información recopilada, los operadores pueden tomar decisiones informadas para optimizar la operación de la planta y maximizar la producción de energía.

- **Detección temprana de problemas:** Los SKC pueden detectar anomalías en el funcionamiento de la planta, lo que permite tomar medidas correctivas antes de que se produzcan averías mayores.
- **Mantenimiento predictivo:** Al analizar los datos recopilados, los SKC pueden predecir cuándo se requerirá mantenimiento de ciertos equipos, lo que permite planificar las intervenciones de forma proactiva.

- **Gestión eficiente de la energía:** Los SKC ayudan a optimizar la gestión de la energía, permitiendo a los operadores tomar decisiones para equilibrar la producción con la demanda.

A continuación, en la figura N° 4.8, se presenta una tarjeta de SKC utilizado en planta:

Figura N° 4.8: Tarjeta de SKC.

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Especificaciones de la tarjeta de control SKC en la planta solar fotovoltaica Campos del Sol

A continuación, en la tabla N° 4.1, se presenta las principales especificaciones técnicas y en la tabla Nº 4.2, las alertas de fallo de la tarjeta SKC.

Tabla N° 4.1: Especificaciones técnicas.

POWER SUPPLY INPUT
Voltaje 230 VAC ± 10%
Frecuencia 50 Hz ± 5%
Tipo 1F+N
Corriente Nominal 2 A
Factor de Potencia 0.4-1
Protección integrada contra sobretensiones modo diferencial (2,5 kA – 50 J) y modo común (5 kA)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.2: Alertas de fallo.

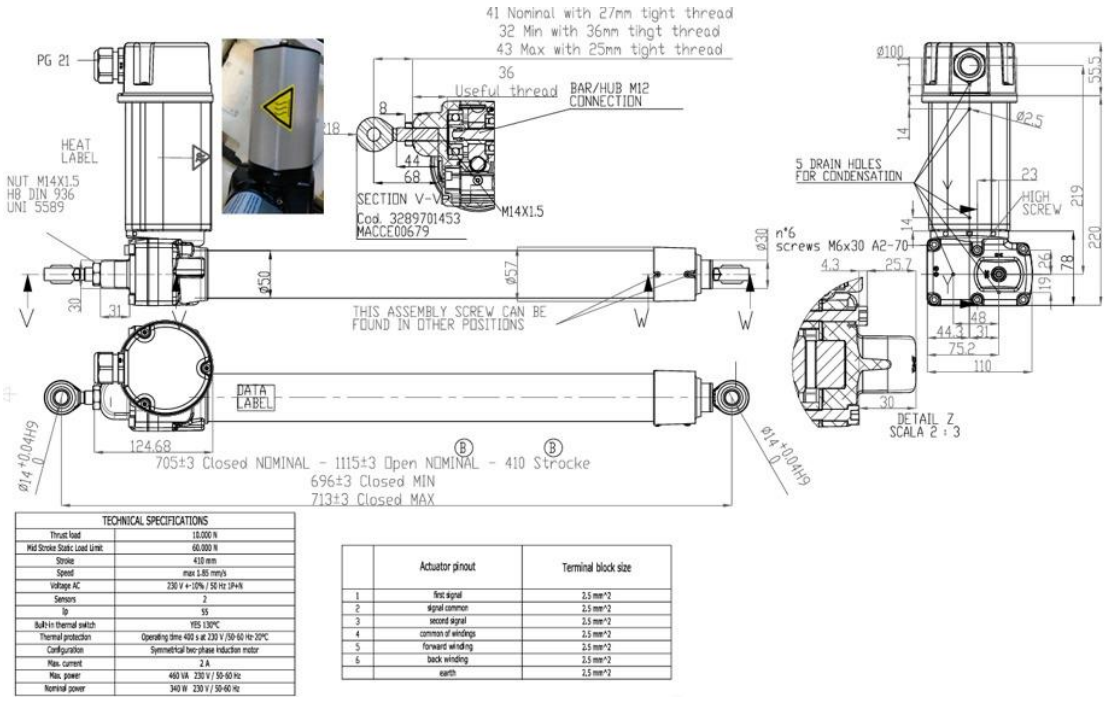
ALERTAS DE FALLO
Relé de señalización de salida de avería, contacto libre de tensión 5 A, aislamiento 4 kV
Señal de estado mediante 3 LED integrados en la placa
Luz de avería externa (led rojo)
Zumbador integrado

Fuente: Elaboración propia

4.6 Actuador lineal Convert Valmont

El actuador lineal Convert Valmont se utiliza en la planta campos del sol para mover las mesas con módulos fotovoltaicos.

A continuación, en la figura N° 4.9, se presenta las especificaciones técnicas de un actuador lineal.



TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Thrust load	10.000 N
Mid Stroke Static Load Limit	60.000 N
Stroke	410 mm
Speed	max 1.85 mm/s
Voltage AC	230 V +-10% / 50 Hz 1P+N
Sensors	2
Ip	55
Built-in thermal switch	YES 130°C
Thermal protection	Operating time 400 s at 230 V /50-60 Hz 20°C
Configuration	Symmetrical two-phase induction motor
Max. current	2 A
Max. power	460 VA 230 V / 50-60 Hz
Nominal power	340 W 230 V / 50-60 Hz

	Actuator pinout	Terminal block size
1	first signal	2.5 mm^2
2	signal common	2.5 mm^2
3	second signal	2.5 mm^2
4	common of windings	2.5 mm^2
5	forward winding	2.5 mm^2
6	back winding	2.5 mm^2
	earth	2.5 mm^2

Figura N° 4.9: Especificaciones técnicas del actuador lineal.

Fuente: Elaboración propia

4.6.1 Cableado de alimentación al actuador Convert Valmont

Condutor multipolar blindado 4 x [1,5 mm^2] + 3 x [0,5 mm^2]

Características del Cable Blindado:

- Alta protección contra interferencias de campos magnéticos.
- Resistencia superior a agentes químicos, humedad y abrasión.
- Protección contra sobretensiones inducidas.
- Cubierta de PVC no propagadora de incendios.

A continuación, en la figura N° 4.10, se presenta un cable utilizado para alimentar y comunicar un actuador lineal:

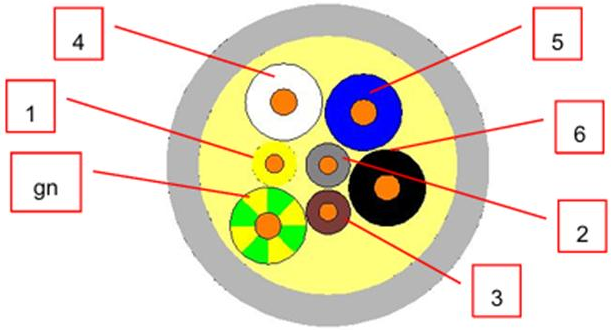


Figura N° 4.10: Conductores de alimentación y distribución utilizado en el actuador.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla N° 4.3, se describe los detalles de los conductores que utiliza el actuador.

Tabla N° 4.3: Detalles de los conductores.

ID	Tamaño	Tipo	Color
1	0.5 mm^2	Comunicación	Amarillo
2	0.5 mm^2	Comunicación	Gris
3	0.5 mm^2	Comunicación	Marrón
4	1.5 mm^2	Alimentación	Blanco
5	1.5 mm^2	Alimentación	Azul
6	1.5 mm^2	Alimentación	Negro
gn	1.5 mm^2	Alimentación	Verde/Amarillo

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Sistema de conexión del actuador lineal Convert

Bornera de conexión del actuador línea, tanto de la alimentación como la comunicación a través del cable 7g.

A continuación, en la figura N° 4.11, se presenta la conexión del actuador lineal:

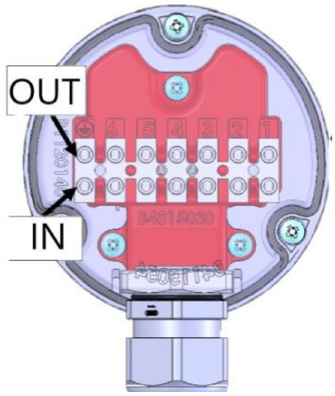


Figura N° 4.11: Conexión del actuador lineal.

Fuente: Elaboración propia

4.7 Estaciones meteorológicas en la Scada Convert Valmont

Las Estaciones Meteorológicas miden precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, radiación, presión, dirección y velocidad del viento, entre otros. Dependiendo de la cantidad de parámetros que miden se dividen en cinco tipos: Tipo A, Tipo B, Pluviográficas (PG), Pluviométricas (PV) y Telemétricas (TM).

A continuación, se describen los tipos de estaciones a utilizar, dependiendo de las condiciones requeridas por la planta.

- **A:** Estación donde se registra la lluvia (cantidad, duración e intensidad), la temperatura (máxima y mínima), la humedad relativa, la presión, el viento (dirección, recorrido y ráfaga máxima), la radiación y las horas de sol en registro gráfico continuo. Además, observaciones directas de la evaporación y la temperatura del suelo.

- **B:** Estación donde se registra la lluvia, las temperaturas extremas y la humedad relativa a las 07:00, 13:00 y 18:00 horas.

- **PG:** Estación Pluviográfica que indica la distribución temporal de lluvia. Además de proporcionar el registro continuo, permite calcular la intensidad de esta.

- **PV:** Estación Pluviométrica que mide la cantidad de lluvia todos los días a las 07:00 a.m.

- **TM:** Estación que reporta el dato climatológico en tiempo real. Cada 3 horas.

En la planta solar Campos del Sol se utilizan Estaciones tipo A y B, estas están distribuidas en 6 zonas por toda la planta que se distribuyen por cantidad de CU, para este propósito se necesita la dirección y velocidad del viento en tiempo real, este dato es primordial para la operación y monitoreo de la planta solar, esto mediante el Scada Convert Valmont.

Cuando en campo se producen vientos mayores a 30 km/h el Scada manda una señal instantánea provocando que los trackers adopten una posición de cero grado o resguardo, esta posición protege los paneles de un posible desprendimiento de las mesas o algún daño al personal que este cerca.

Cuando los vientos comienzan a reducir su fuerza, el Scada da la señal de automático, que corresponde al comando hacia los trackers de volver a su ángulo correspondiente al horario del día y así poder generar de forma correspondiente.

A continuación, en la tabla N° 4.4, se muestran las estaciones meteorológicas que están distribuidas de la siguiente forma:

Tabla N° 4.4: Detalles de las estaciones meteorológicas.

Estaciones meteorológicas	Desde	Hasta
Zona 1	CU 1	CU 11
Zona 2	CU 12	CU 21
Zona 3	CU 20	CU 29
Zona 4	CU 31	CU 40
Zona 5	CU 41	CU 52
Zona 6	CU 53	CU 63

Fuente: Elaboración propia

4.7.1 Plano ubicación de las estaciones meteorológicas con zonas de alarma de viento

En la figura N° 4.12, se puede apreciar mediante distintos colores las zonas de viento de la planta.

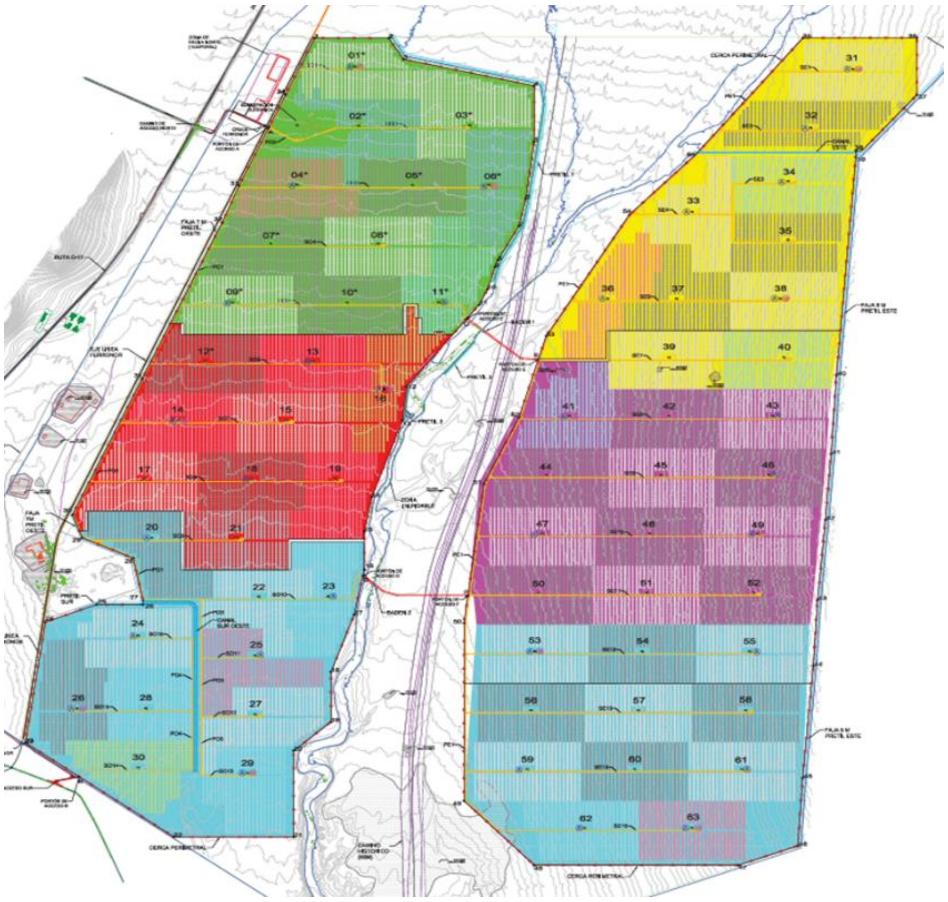


Figura N° 4.12: Pulmones de generación de la planta solar fotovoltaica campos del sol.

Fuente: Elaboración propia

4.8 Descripción del proceso de comunicación y alimentación del Scada Convert con equipos de campo

El Scada Convert Valmont permite monitorear los equipos de forma remota y eficiente a una larga distancia desde la sala de control por todo el parque, a continuación, se explicará el proceso desde sala de control hasta el actuador:

1. En la sala de control se encuentran los equipos principales para poder realizar el monitoreo y control de los equipos de forma remota hacia campo, entre ellos están los servidores, rack de comunicación de los circuitos, sistema de control y gestión fotovoltaica.

A continuación, en la figura N° 4.13, se muestran la pantalla del Scada Convert:

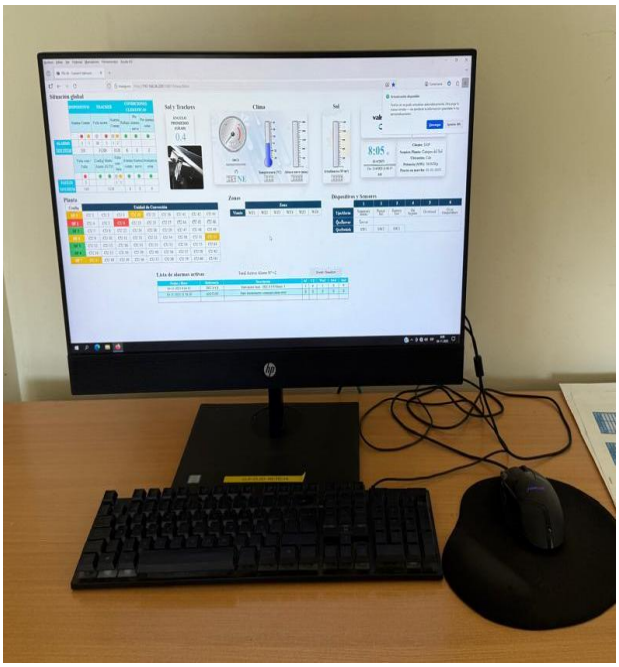


Figura N° 4.13: Pantalla del Scada Convert Valmont.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura N° 4.14, se muestran los gabinetes de comunicación de los tracker de campo:

Figura N° 4.14: Gabinete de comunicación.

Fuente: Elaboración propia

2. Para la comunicación desde subestación se distribuye un cable de fibra óptica hacia el gabinete LV, de ahí pasa por un Switch Moxa de comunicación transformando está en un cable de comunicación RS485, este llega hacia la SKC y permite tener comunicación, desde ahí hasta la sala de control para poder realizar los comandos de forma remota.

A continuación, en la figura N° 4.15, se muestran el sistema de comunicación de la SKC:

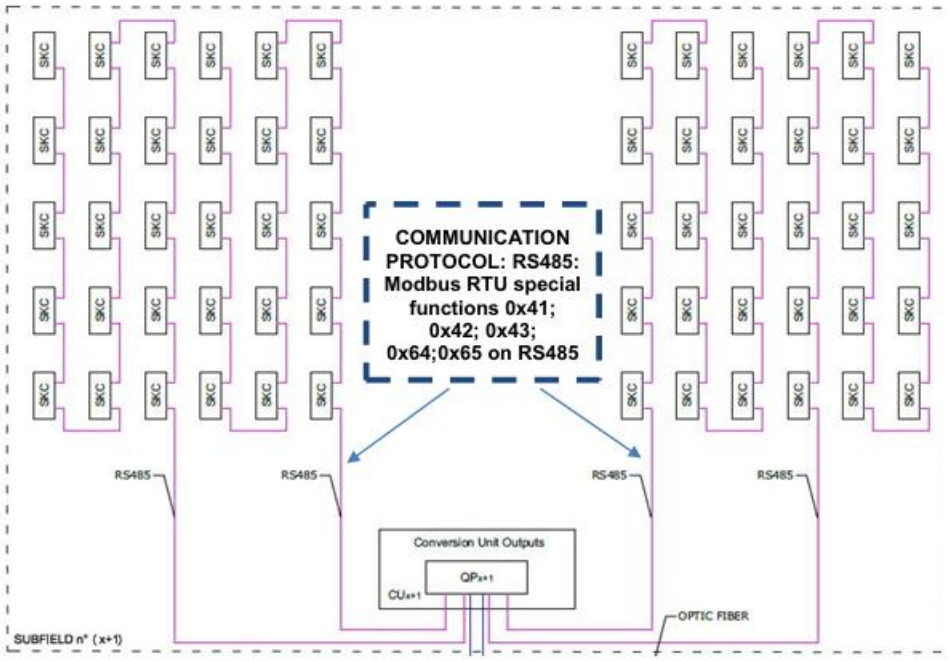


Figura N° 4.15: Gabinete de comunicación.

Fuente: Elaboración propia

3. Para la alimentación de campo, parte del gabinete LV, se distribuyen 380 Volt que llegan hacia la CDR, además tiene una protección por línea con fusibles de 32 A y luces piloto para saber si está en operación, desde ahí se reparte en 3 circuitos de 220 volt, 2 de ellos alimentan 5 SKC y 1 alimenta 4 SKC.

A continuación, en a figura N° 4.16, se muestra el sistema de distribución de las CDR en campo:

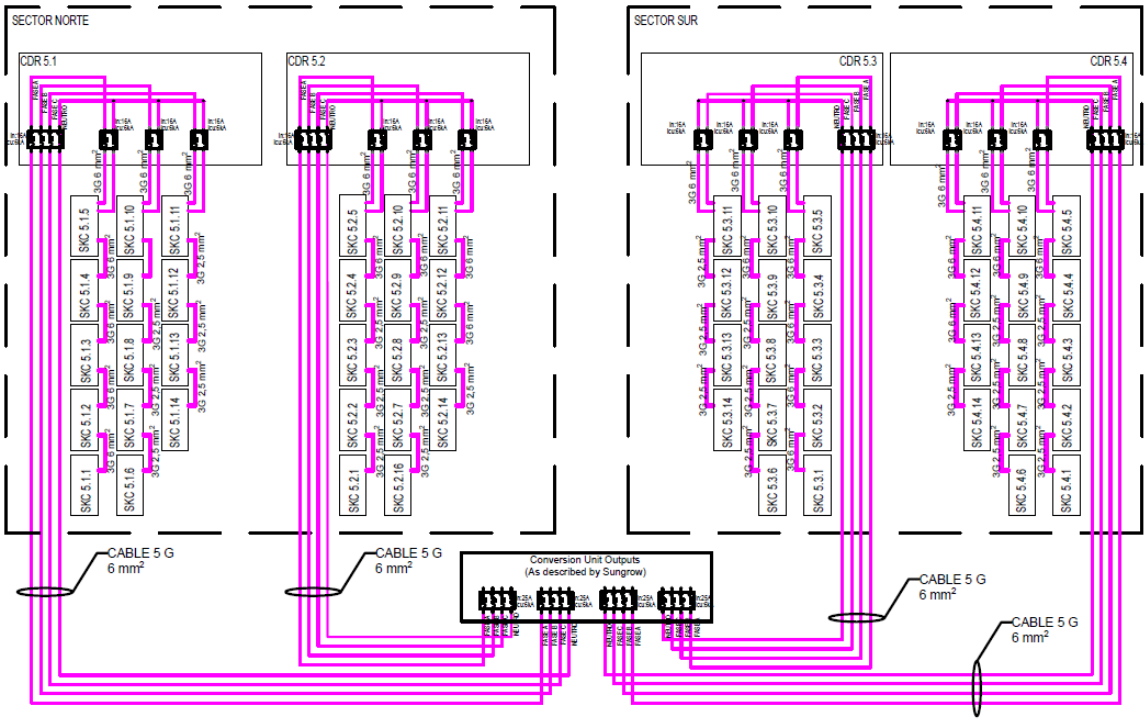


Figura N° 4.16: Sistema de distribución de CDR.

Fuente: Elaboración propia

4. La SKC tienen componentes de comunicación, protección y de comandos, entre ellos se encuentran, el condensador, el cual cumple la función principal de reducir el tiempo de corte de corriente en la bobina y absorber la chispa en los contactos del ruptor, está la placa donde llega y se distribuye la comunicación y alimentación hacia el actuador, esta tarjeta controla hasta 10 actuadores, además de un selector que permite realizar movimientos de forma local del equipo.

A continuación, en la figura N° 4.17, se muestra el conexionado de la SKC:

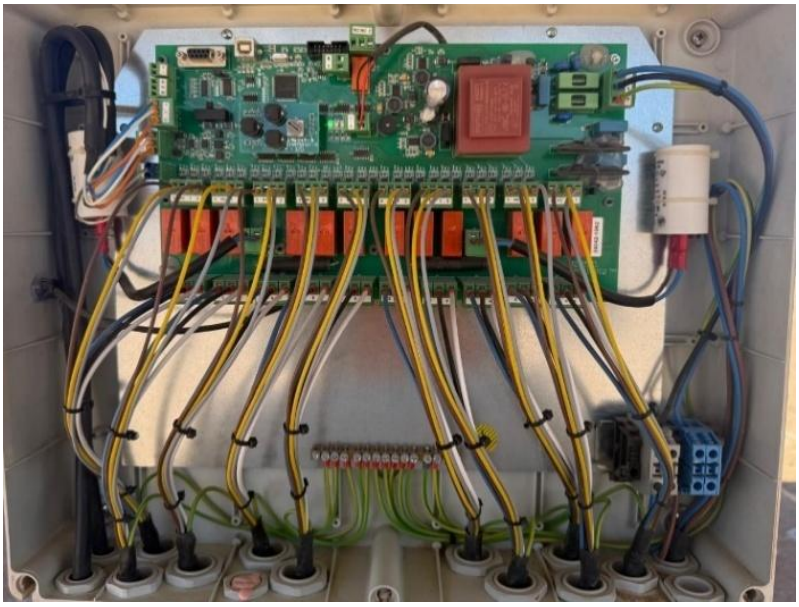


Figura N° 4.17: Conexión del SKC.

Fuente: Elaboración propia

5. Por último, se encuentra un actuador lineal de dos ejes, esto significa que su movimiento es de este a oeste, desde la SKC hacia el actuador llega un conductor con 7 cables, 3 de alimentación, 3 de comunicación (Fig. N°4.18), y 1 de tierra, con este último equipo se permite mover la mesa de módulos fotovoltaico (Fig. Nº4.19).

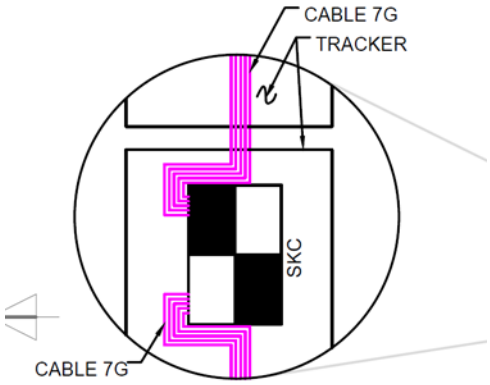


Figura N° 4.18: Conexión de la comunicación del SKC.

Fuente: Elaboración propia

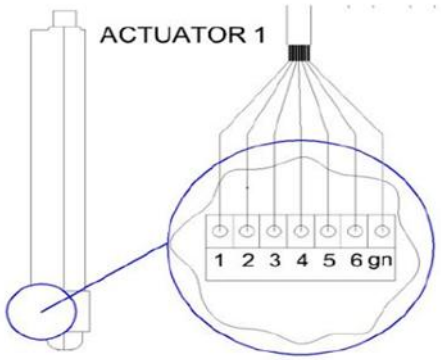


Figura N° 4.19: Actuador en función de la conexión.

Fuente: Elaboración propia

Al tener todos los equipos conectados y comunicados, se conlleva el proceso de monitoreo remoto y eficaz en tiempo real.

A continuación, en la figura N° 4.20, se puede identificar el sistema de alimentación y distribución de un campo:

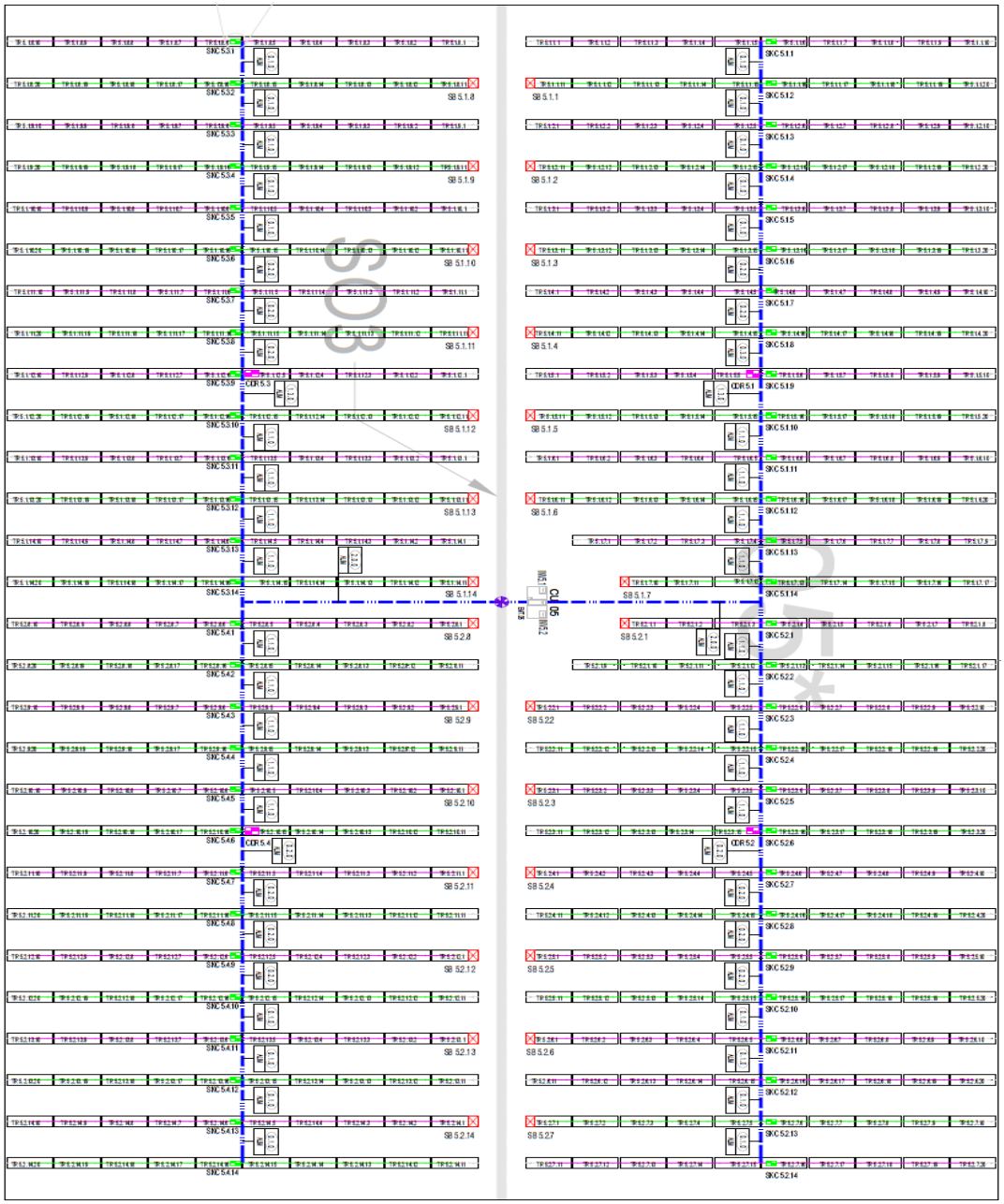


Figura N° 4.20: Distribución y alimentación de un campo.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V
PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Datos obtenidos del sistema Scada Convert Valmont

En este capítulo se puede ver la generación de un óptimo día de una mesa de tracker que se compone de 28 módulos Risen de 385 watts de potencia en su funcionamiento correcto de Este a Oeste, se registraran las variables eléctricas tales como corrientes y voltajes por cada hora del día, esto permitirá realizar los cálculos por string box y posterior a nivel de inversor y de CU, teniendo todos estos datos se procederá a realizar los cálculos para saber la generación de cada pulmón de la planta en óptimas condiciones.

Además se realizarán dos tipos de análisis, el primero es con los actuadores en falla en un ángulo de -50°, que permanecerán así durante un día de generación y el siguiente análisis será con todos los actuadores en un ángulo de 50°, con estos tres casos, se realizarán comparativas y curvas correspondientes, para así poder demostrar la importancia de realizar un monitoreo constante y eficiente en tiempo real de los actuadores, los cuales son importantes al momento de tener una buena generación durante el proceso productivo del día y los costos asociados a esto (ver la figura N°5.1).

Figura N° 5.1: Movimientos de un tracker de forma normal en la planta solar fotovoltaica.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Datos del sistema de campo normal

En un día normal podemos obtener los siguientes datos de corrientes y voltajes en un String, estos datos son de un horario de 14 h, equivalente a un día de producción de la planta fotovoltaica campos del sol.

5.1.1.1 Corrientes y voltajes generada de una mesa de trackers diaria

En la tabla N° 5.1, se pueden apreciar los valores de corriente y voltaje obtenidos en un día de generación, cabe destacar que pueden variar según las condiciones climáticas.

Tabla N° 5.1: Corrientes y voltajes generadas en una mesa de trackers.

Horario	Corriente (A)	Voltajes de String (V)
6:00	0	1.280
7:00	2,4	1.120
8:00	4,5	1.156
9:00	6,5	1.200
10:00	9,1	1.150
11:00	9,3	1.176
12:00	9,3	1.168
13:00	9,3	1.163
14:00	8,6	1.185
15:00	6,8	1.195
16:00	6,5	1.200
17:00	5,2	1.224
18:00	4,6	1.199
19:00	3,2	1.199
20:00	0	1.250

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Gráfico de tendencia de Corrientes en un día normal de producción

A continuación, se puede visualizar la tendencia de la corriente en un día normal de generación, donde inicia con una corriente baja y a medida que las horas avanzan el ángulo de las mesas cambian, dando una hora pick donde la corriente es más alta, próximamente tiende a bajar, llegando a la corriente más baja cuando termina el día, este corresponde al recorrido diario que realizan los actuadores de Este a Oeste (ver la figura N°5.2).

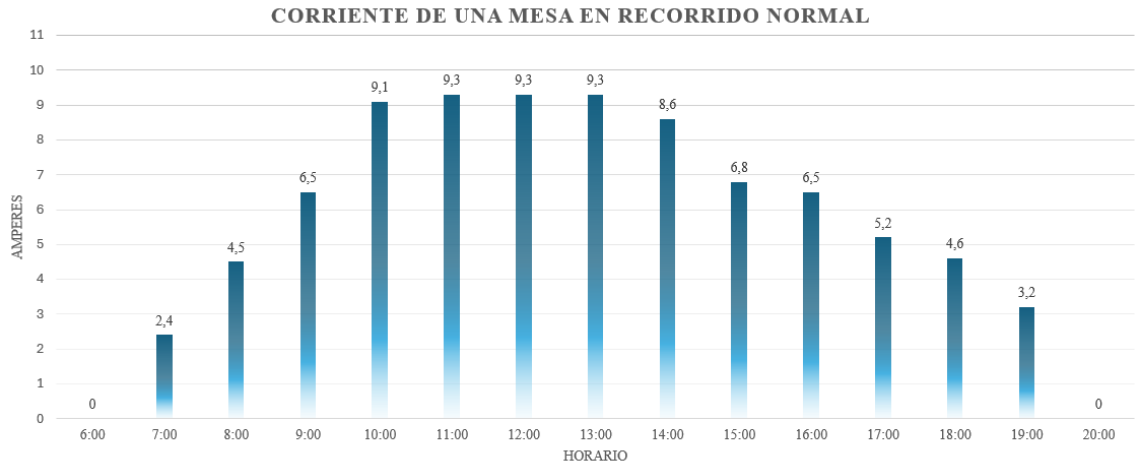


Figura N° 5.2: Corriente de una mesa en recorrido normal.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3 Potencia del String en un día normal de generación

En la tabla N° 5.2, se muestran los valores mediante fórmulas matemáticas obtenidas de los registros anteriormente señalados, este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día:

Tabla N° 5.2: Potencia del string en un día normal de generación.

Corriente de 1 mesa		Corriente de 1 String		Potencia en string de 1500 volt	
Horario	Corriente (A)	Horario	Corriente (A)	Horario	Potencia (W)
6:00	0	6:00	0	6:00	0
7:00	2,4	7:00	48	7:00	53.760
8:00	4,5	8:00	90	8:00	104.040
9:00	6,5	9:00	130	9:00	156.000
10:00	9,1	10:00	182	10:00	209.300
11:00	9,3	11:00	186	11:00	212.970
12:00	9,3	12:00	186	12:00	212.970
13:00	9,3	13:00	186	13:00	212.970
14:00	8,6	14:00	172	14:00	203.820
15:00	6,8	15:00	136	15:00	162.520
16:00	6,5	16:00	130	16:00	156.000
17:00	5,2	17:00	104	17:00	127.296
18:00	4,6	18:00	92	18:00	110.308
19:00	3,2	19:00	64	19:00	76.736
20:00	0	20:00	0	20:00	0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los cálculos matemáticos realizados a las 07:00 AM:

- Corriente de una mesa de tracker compuesta por 28 módulos fotovoltaicos: 2,4 Ah.
- Corriente de una Sting box compuesta por 20 mesas: 20 * 2,4 = 48 Ah.
- Potencia en el string box: 48 * 1120: 53.760 watt h.

5.1.1.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción

A continuación, en la tabla N.º 5.3, se da a conocer la generación de la planta solar Campos del Sol en un día normal de generación, este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día. También, para tener un valor estimado de ganancias como perdidas, se realizó una simulación con un valor promedio de $ 40 dólares el MWh, esto en referencia a los valores que se manejan durante el día en la planta para tener una noción e importancia de los costos que se tienen, considerando el valor del dólar actual de $884 CLP, dándonos un valor de $ 35.360 CLP el MWh.

Tabla N° 5.3: Preparación de datos obtenidos en un día normal de producción.

Horario	kW en String	MW * INV	MW * CU	Pulmones		MW por hora	valor CLP ($)
				Izquierdo (30)	Derecho (33)		
6:00	0	0	0	0	0	0	0
7:00	54	0,756	1,51	45,36	49,89	95,25	3.368.040
8:00	104	1,45	2,91	87,36	96,09	183,45	6.486.792
9:00	156	2,18	4,36	13,04	144,14	275,18	9.730.364
10:00	209	2,92	5,85	175,56	193,11	368,67	13.036.171
11:00	213	2,98	5,96	178,92	196,81	375,73	13.285.812
12:00	213	2,98	5,96	178,92	196,81	375,73	13.285.812
13:00	213	2,98	5,96	178,92	196,81	375,73	13.285.812
14:00	204	2,85	5,71	171,36	188,49	359,85	12.724.296
15:00	163	2,28	4,56	136,92	150,61	287,53	10.167.060
16:00	156	2,18	4,36	131,04	144,14	275,18	9.730.364
17:00	127	1,77	3,55	106,68	117,34	224,02	7.921.347
18:00	110	1,54	3,08	92,40	101,64	194,04	6.861.254
19:00	77	1,07	2,15	64,68	71,14	135,82	4.802.595
20:00	0	0	0	0	0	0	0
Total							124.685.719

Fuente: Elaboración propia

Para llegar a los resultados finales se debe proceder de la siguiente manera:

- kW en string box: 53.760/1000: 54 kW.
- kW en inversor, para pasar estos valores a la potencia del inversor se multiplican por la cantidad de string box, en este caso serian 14: 54*14 = 0,756 MWh.
- kW en CU, para este proceso se multiplica por la cantidad de inversores en la CU, en este caso se tienen 2 inversores por cada CU: 0,756*2 = 1,51 MWh.

Para llevar estos valores a nivel de planta por cada pulmón (pulmón izquierdo con 30 CU y pulmón derecho con 33 CU), se utiliza el valor obtenido de la CU recientemente que serían los 1,51 MWh

- Pulmón izquierdo: 1,51*30 = 45,36 MWh
- Pulmón derecho: 1,51*33 = 49,89 MWh

Al tener estos valores se puede sacar la potencia generada de la planta completa a las 07:00 AM, se suman las potencias de ambos pulmones, 45,36 + 49,89 = 95,25 MWh.

Este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día.

5.1.1.5 Gráfico general de producción en un día normal

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se obtiene la potencia generada de la planta durante un día normal de producción con todos sus equipos operativos en buen estado, esto da una visión de la producción y la eficiencia de los trackers en su seguimiento diario de Este a Oeste.

A continuación, en la figura N° 5.3, se mostrará una curva de la generación obtenida:

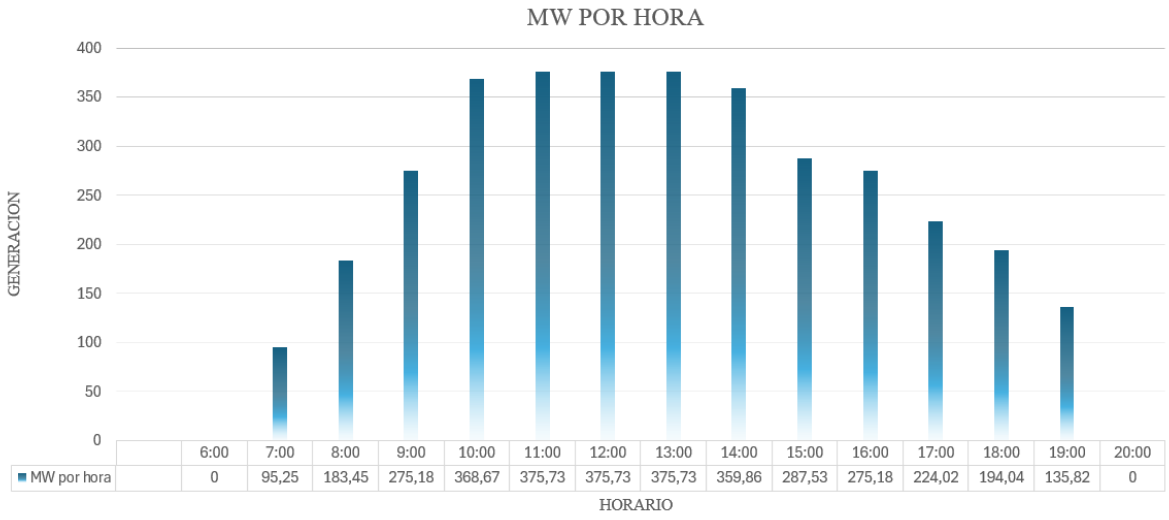


Figura N° 5.3: Curva de generación.

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Datos del sistema de campo con ángulo -50°

Para este estudio se usará el mismo análisis tanto de corriente como de voltaje, además del mismo horario que el análisis anterior y se podrán ver la variación de sus corrientes durante el día, se comenzará realizando el análisis con los actuadores en un ángulo de -50°.

La Figura N° 5.4 muestra esta condición.

Figura N° 5.4: Panel solar bifacial con ángulo -50°.

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.1 Corrientes y voltajes generados de una mesa de trackers diaria

En la tabla N°5.4, se pueden apreciar los valores de corriente y voltaje obtenidos en un día de generación en un Angulo de -50°, cabe destacar que pueden variar negativamente según las condiciones climáticas.

Tabla N° 5.4: Corrientes y voltajes generados con un ángulo de -50°.

Horario	Corriente (A)	Voltajes de String (V)
6:00	0	1.280
7:00	2,3	1.120
8:00	4,3	1.156
9:00	6,2	1.200
10:00	8,7	1.150
11:00	8,8	1.176
12:00	7,5	1.168
13:00	7,1	1.163
14:00	3,2	1.185
15:00	2,5	1.195
16:00	1,8	1.200
17:00	1,3	1.224
18:00	1,2	1.199
19:00	1,1	1.199
20:00	0	1.250

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 Gráfico de tendencia de Corrientes en un día con ángulo de producción de -50°

Se puede visualizar un aumento de corriente durante la mañana, siendo la hora pico a las 11:00 AM, luego se tiene un descenso considerable desde las 12:00 PM hasta el final del día, esto ocurre por la posición en falla del actuador de -50° (ver la figura N° 5.5).

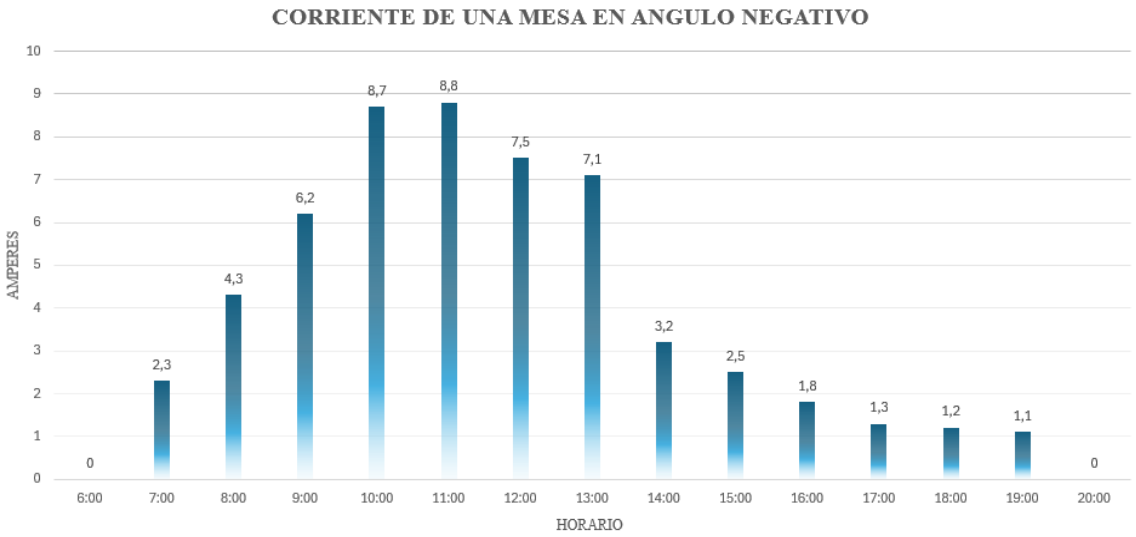


Figura N° 5.5: Corriente generadas por una mesa de trackers en falla con un ángulo de -50°.

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.3 Potencia del String en un día normal de generación con ángulo -50°

En la tabla N°5.5, se muestran los valores mediante fórmulas matemáticas obtenidos de los registros anteriormente señalados, este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día.

Tabla N° 5.5: Potencia el string en un día con falla de -50°.

Corriente de 1 mesa		Corriente de 1 String		Potencia en string de 1500 volt	
Horario	Corriente (A)	Horario	Corriente (A)	Horario	Potencia (W)
6:00	0	6:00	0	6:00	0
7:00	2,3	7:00	46	7:00	51.520
8:00	4,3	8:00	86	8:00	99.416
9:00	6,2	9:00	124	9:00	148.800
10:00	8,7	10:00	174	10:00	200.100
11:00	8,8	11:00	176	11:00	201.520
12:00	7,5	12:00	150	12:00	171.750
13:00	7,1	13:00	142	13:00	162.590
14:00	3,2	14:00	64	14:00	75.840
15:00	2,5	15:00	50	15:00	59.750
16:00	1,8	16:00	36	16:00	43.200
17:00	1,3	17:00	26	17:00	31.824
18:00	1,2	18:00	24	18:00	28.776
19:00	1,1	19:00	22	19:00	26.378
20:00	0	20:00	0	20:00	0

Fuente: Elaboración propia

Para llegar a los resultados finales se debe proceder de la siguiente manera:

- Corriente de una mesa de tracker compuesta por 28 módulos fotovoltaicos: 2.3 Ah.
- Corriente de una Sting box compuesta por 20 mesas: 20*2,3 = 46 Ah.
- Potencia en le string box: 46*1120: 51.520 Watt h.

5.1.2.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción

Se muestra la tabla N° 5.6 con los valores obtenidos, dando como resultado la producción de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol en base de los dos pulmones en producción con un ángulo de -50, cabe señalar que este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día. También, para tener un valor estimado de ganancias como perdidas, se realizó una simulación con un valor promedio de $ 40 dólares el MWh, esto en referencia a los valores que se manejan durante el día en la planta para tener una noción e importancia de los costos que se tienen, considerando el valor del dólar actual de $884 CLP, dándonos un valor de $ 35.360 CLP el MWh.

Tabla N° 5.6: Producción de planta con ángulo de -50°.

Horario	kW en String	MW * INV	MW * CU	Pulmones		MW por hora	valor CLP ($)
				Izquierdo (30)	Derecho (33)		
6:00	0	0	0	0	0	0	0
7:00	52	0,721	1,44	43,27	47,60	90,88	3.213.516
8:00	99	1,39	2,78	83,50	91,86	175,37	6.201.083
9:00	149	2,08	4,16	124,99	137,49	262,48	9.281.292
10:00	200	2,80	5,60	168,08	184,89	352,97	12.481.019
11:00	202	2,82	5,64	169,27	186,20	355,48	12.569.772
12:00	172	2,40	4,80	144,27	158,69	302,96	10.141.248
13:00	163	2,27	4,55	136,57	150,23	286,80	10.712.665
14:00	76	1,06	2,12	63,70	70,07	133,78	4.730.460
15:00	60	0,837	1,67	50,19	55,20	105,39	3.726.590
16:00	43	0,605	1,21	36,28	39,91	76,20	2.694.432
17:00	32	0,446	0,891	26,73	29,40	56,13	1.984.756
18:00	29	0,403	0,806	24,17	26,58	50,76	1.794.873
19:00	26	0,369	0,739	22,15	24,37	46,53	1.645.300
20:00	0	0	0	0	0	0	0
Total							81.177.006

Fuente: Elaboración propia

Para llegar a los resultados finales se debe proceder de la siguiente manera:

- kW en string box: 51.520 /1000: 52 kWh.
- kW en inversor, para pasar estos valores a la potencia del inversor se multiplican por la cantidad de string box, en este caso serian 14: 52*14 = 0,721 MWh.
- kW en CU, para este proceso de multiplica por la cantidad de inversores en la CU, en este caso se tienen 2 inversores por cada CU: 0,728*2 = 1,44 MWh.

Para llevar estos valores a nivel de planta por cada pulmón (pulmón izquierdo con 30 CU y pulmón derecho con 33 CU), se utiliza el valor obtenido de la CU recientemente que serían los 1,44 MWh.

- Pulmón izquierdo: 1,44*30 = 43,27 MW/h.
- Pulmón derecho: 1,44*33 = 47,60 MW/h.

Al tener estos valores se podrá sacar la potencia generada de la planta completa a las 07:00 AM, se suman las potencias de ambos pulmones, 43,27 + 47,60 = 90,88 MW/h.

5.1.2.5 Gráfico general de producción en un día normal con ángulo de -50°

A su vez también se realizó el grafico correspondiente a la generación total producida durante un día, pero esta vez con un Angulo de -50° (ver la figura N° 5.6).

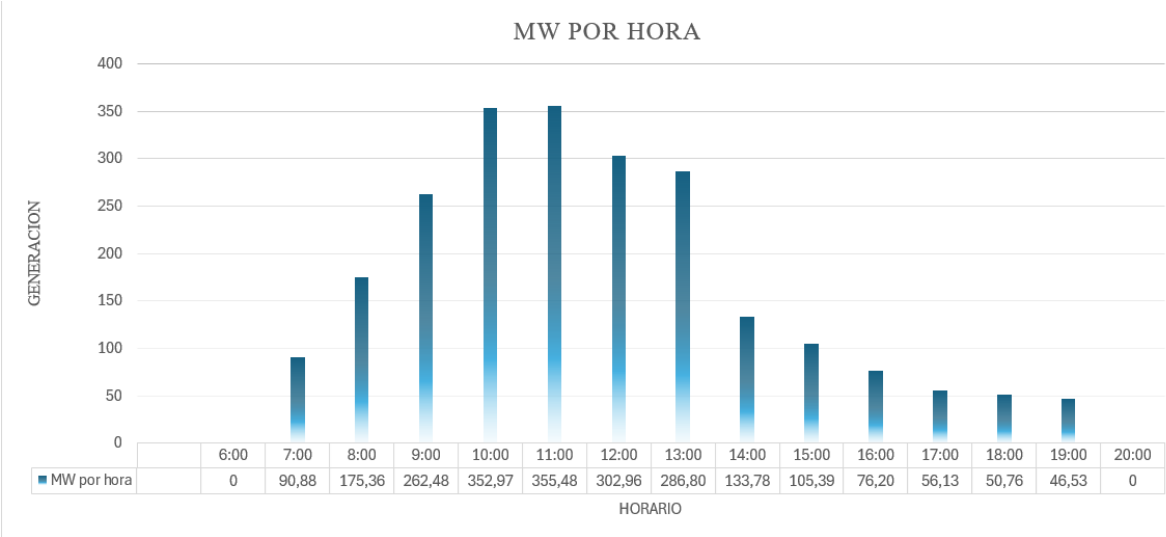


Figura N° 5.6: Grafico general de producción con ángulo de -50°.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Datos del sistema de campo con ángulo 50°

Para este estudio se usará el mismo análisis tanto de corriente como de voltaje, además del mismo horario que el análisis anterior y se podrán ver la variación de sus corrientes durante el día, se comenzará realizando el análisis con los actuadores en un ángulo de 50°

La Figura N° 5.7 muestra esta condición.

Figura N° 5.7: Panel solar bifacial con ángulo de 50°.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.1 Corrientes y voltajes generada de una mesa de trackers diaria con un ángulo de 50°

En la tabla N° 5.7, se pueden apreciar los valores de corriente y voltaje obtenidos en un día de generación en un ángulo de 50°, cabe destacar que pueden variar negativamente según las condiciones climáticas.

Análisis con los actuadores en un Ángulo de 50° mostrados en la tabla:

Tabla N° 5.7: Corriente y voltaje generada en una mesa de trackers en falla con ángulo de 50°.

Horario	Corriente (A)	Voltajes de String (V)
6:00	0	1.280
7:00	0,5	1.120
8:00	0,9	1.156
9:00	1,2	1.200
10:00	1,5	1.150
11:00	1,8	1.176
12:00	2,3	1.168
13:00	4,2	1.163
14:00	7,5	1.185
15:00	6,7	1.195
16:00	6,2	1.200
17:00	5,1	1.224
18:00	4,5	1.199
19:00	3,1	1.199
20:00	0	1.250

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2 Gráfico general de producción en un día normal con un ángulo de 50°

A su vez también se realizó el grafico correspondiente a la generación total producida durante un día, pero esta vez con un Angulo de 50° (ver la figura N°5.8).

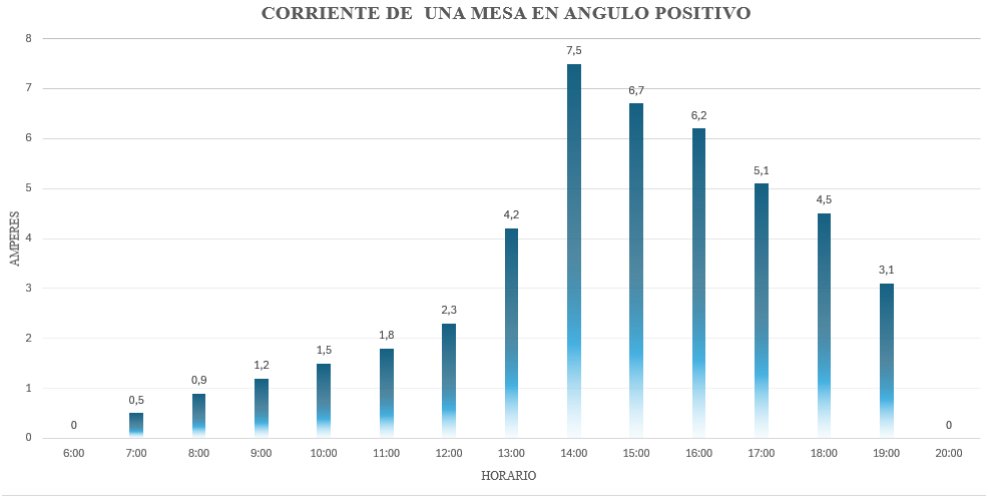


Figura N°5.8: Generación de la planta en un día con ángulo de 50°.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.3 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal de producción con ángulo de 50°

Se muestra en la tabla N°5.8 con los valores obtenidos, dando como resultado la producción de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol en base de los dos pulmones en producción con un ángulo de 50, cabe señalar que este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día:

Tabla N° 5.8: Generación de la planta en ángulo de 50°.

Corriente de 1 mesa		Corriente de 1 String		Watt en string de 1500 volt	
Horario	Corriente (A)	Horario	Corriente (A)	Horario	Potencia(W)
6:00	0	6:00	0	6:00	0
7:00	0,5	7:00	10	7:00	11.200
8:00	0,9	8:00	18	8:00	20.808
9:00	1,2	9:00	24	9:00	28.800
10:00	1,5	10:00	30	10:00	34.500
11:00	1,8	11:00	36	11:00	41.220
12:00	2,3	12:00	46	12:00	52.670
13:00	4,2	13:00	84	13:00	96.180
14:00	7,5	14:00	150	14:00	177.750
15:00	6,7	15:00	134	15:00	160.130
16:00	6,2	16:00	124	16:00	148.800
17:00	5,1	17:00	102	17:00	124.848
18:00	4,5	18:00	90	18:00	107.910
19:00	3,1	19:00	62	19:00	74.338
20:00	0	20:00	0	20:00	0

Fuente: Elaboración propia

Para llegar a los resultados finales se debe proceder de la siguiente manera:

- Corriente de una mesa de tracker compuesta por 28 módulos fotovoltaicos: 0,5 Ah.
- Corriente de una Sting box compuesta por 20 mesas: 20*0,5 = 10 Ah.
- Watts en le string box: 10/1120: 11.200 Watt h.

5.1.3.4 Presentación de datos obtenidos en MW por hora, en un día normal con 50°

Se muestra la tabla N° 5.9, con los valores obtenidos, dando como resultado la producción de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol en base de los dos pulmones en producción con un ángulo de 50, cabe señalar que este proceso se realizó con cada medición realizada durante el día. También, para tener un valor estimado de ganancias como perdidas, se realizó una simulación con un valor promedio de $ 40 dólares el MWh, esto en referencia a los valores que se manejan durante el día en la planta para tener una noción e importancia de los costos que se tienen, considerando el valor del dólar actual de $884 CLP, dándonos un valor de $ 35.360 CLP el MWh.

Tabla N° 5.9: Generación de la planta solar fotovoltaica con ángulo de 50°.

Horario	kW en String	MW * INV	MW * CU	Pulmones		MW por hora	valor CLP ($)
				Izquierdo (30)	Derecho (33)		
6:00	0	0	0	0	0	0	0
7:00	11	0,157	0,314	9,40	10,34	19,75	698.360
8:00	21	0,291	0,583	17,47	19,22	36,70	1.297.712
9:00	29	0,403	0,806	24,19	26,61	50,80	1.796.288
10:00	35	0,483	0,966	28,98	31,87	60,85	2.151.656
11:00	41	0,577	1.15	34,62	38,08	72,71	2.571.025
12:00	53	0,737	1.47	44,24	48,66	92,91	3.285.297
13:00	96	1.34	2.69	80,79	88,87	169,66	5.999.177
14:00	178	2.48	4.97	149,31	164,24	313,55	11.087.128
15:00	160	2.24	4.48	134,50	147,96	282,46	9.987.785
16:00	149	2.08	4.16	124,99	137,49	262,48	9.281.292
17:00	125	1.74	3.49	104,87	115,36	220,23	7.787.332
18:00	108	1.51	3.02	90,64	99,70	190,35	6.730.776
19:00	74	1.04	2.08	62,44	68,68	131,13	4.636.756
20:00	0	0	0	0	0	0	0
Total							67.310.584

Fuente: Elaboración propia.

Para llegar a los resultados finales se debe proceder de la siguiente manera:

- kW en string box: 11.200 /1000: 11 kWh.
- kW en inversor, para pasar estos valores a la potencia del inversor se multiplican por la cantidad de string box, en este caso serian 14: 11*14 = 0,154 MWh.
- kW en CU, para este proceso se multiplica por la cantidad de inversores en la CU, en este caso se tienen 2 inversores por cada CU: 0,154*2 = 0,308 MWh.

Para llevar estos valores a nivel de planta por cada pulmón (pulmón izquierdo con 30 CU y pulmón derecho con 33 CU), se utiliza el valor obtenido de la CU recientemente que serían los 0,308 MW/h.

- Pulmón izquierdo: 0,308*30 = 9,24 MWh.
- Pulmón derecho: 0,308*33 = 10,16 MWh

Al tener estos valores se podrá sacar la potencia generada de la planta completa a las 07:00 AM, se suman las potencias de ambos pulmones, 9,24 + 10,16 =19,40 MWh

A su vez también se realizó el grafico correspondiente a la generación total producida durante un día, pero esta vez con un Angulo de 50°, como se puede apreciar en la figura N.º 5.9.

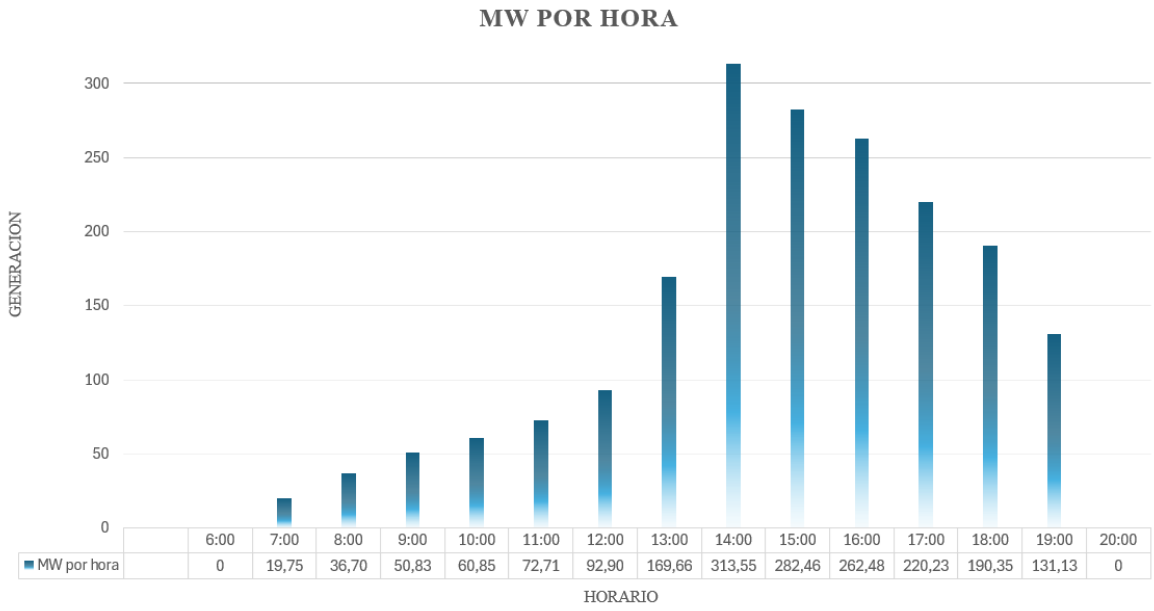


Figura N° 5.9: Generación con un ángulo de 50°.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al realizar el análisis de una producción normal, en -50° y 50° correspondiente, se puede realizar una comparativa de la generación obtenida y las pérdidas que se provocan, el no monitoreo correctamente de los actuadores provoca dos tipos de fallas que se producen en la planta, una con los actuadores en -50° y otra con los actuadores en 50°, esto lleva a una baja de generación en ambos casos.

6.1 Tabla de comparación de resultados

En la tabla N° 6.1, se puede identificar que en cada hora hay una diferencia de generación, reflejando el desface producido en situación de falla.

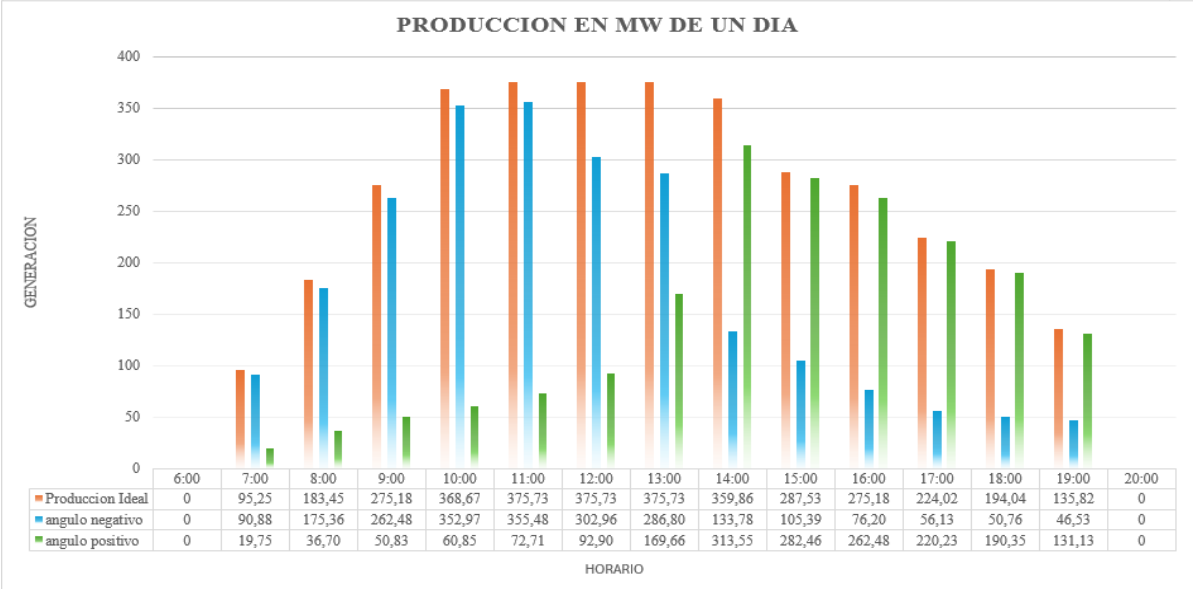
Tabla N° 6.1: Comparación de pérdidas de generación de la planta.

Horario	MW por hora	Ángulo		Pérdidas x día	
		-50	50	- 50	50
6:00	0	0	0	0	0
7:00	95,25	90,88	19,75	4,37	75,49
8:00	183,45	175,37	36,70	8,08	146,75
9:00	275,18	262,48	50,80	12,70	224,38
10:00	368,67	352,97	60,85	15,70	307,81
11:00	375,73	355,48	72,71	20,25	303,02
12:00	375,73	302,96	92,91	72,76	282,82
13:00	375,73	286,80	169,66	88,92	206,07
14:00	359,85	133,78	313,55	226,07	46,30
15:00	287,53	105,39	282,46	182,13	5,06
16:00	275,18	76,20	262,48	198,97	12,70
17:00	224,02	56,13	220,23	167,89	3,79
18:00	194,04	50,76	190,35	143,27	3,68
19:00	135,82	46,53	131,13	89,29	4,69
20:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

6.1.1 Grafico de la diferencia de los resultados

Como se puede apreciar en el grafico de la figura N°6.1, obtenido de los análisis de producción de un día normal, en -50° y 50° correspondiente, se puede ver los altos y bajos de producción, claramente la producción ideal (curva naranja), muestra un día en óptimas condiciones de generación y como la curva va decayendo uniformemente acorde avanza el día, en la producción con ángulo de -50° (curva celeste), se puede apreciar como su curva tiene un comienzo favorable, pero al llegar al horario pick, esta tiene la tendencia a caer bruscamente, ya que el actuador no siguió su recorrido como corresponde y permaneció estático en ese ángulo, así se puede ver una gran perdida, y por ultimo tenemos la producción en ángulo de 50° (curva verde), esta curva se muestra muy contrario a la generación en -50°, ya que el ángulo está al lado opuesto donde amanece, los módulos fotovoltaico al ser bifaciales, también tomar irradiación, pero no la suficiente para una buena generación, en este ángulo su mayor generación recién comienza cuando sobrepasa el horario peak, y en gran parte del día no se aprovecha y se aprecia una gran perdida.



	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Produccion Ideal	0	95,25	183,45	275,18	368,67	375,73	375,73	375,73	359,86	287,53	275,18	224,02	194,04	135,82	0
angulo negativo	0	90,88	175,36	262,48	352,97	355,48	302,96	286,80	133,78	105,39	76,20	56,13	50,76	46,53	0
angulo positivo	0	19,75	36,70	50,83	60,85	72,71	92,90	169,66	313,55	282,46	262,48	220,23	190,35	131,13	0

Figura N° 6.1: Gráfico de generaciones basados en los resultados de un día.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Tabla de valores en ganancias y pérdidas en la generación de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol

Se muestra la tabla N° 6.2 con los valores obtenidos, multiplicando la generación de la planta por un valor simulado de $95 el kWh, dando como resultado la producción de la planta solar fotovoltaica Campos del Sol en base de los dos pulmones en ganancias y pérdidas de dinero. Esto para identificar la importancia del sistema Scada en una empresa de generación eléctrica solar.

Tabla N° 6.2: Tabla de ganancias y pérdidas en base a la generación y valor en CLP.

Horario	valor CLP	valor CLP (-50°)	valor CLP (50°)	Diferencia de perdidas valor CLP (-50°)	Diferencia de perdidas valor CLP (50°)
6:00	0	0	0	0	0
7:00	3.368.040	3.213.516	698.360	154.524	2.669.680
8:00	6.486.792	6.201.083	1.297.712	285.709	5.189.080
9:00	9.730.364	9.281.292	1.796.288	449.072	7.934.076
10:00	13.036.171	12.481.019	2.151.656	555.152	10.884.515
11:00	13.285.812	12.569.772	2.571.025	716.040	10.714.787
12:00	13.285.812	10.141.248	3.285.297	3.144.564	10.000.515
13:00	13.285.812	10.712.665	5.999.177	2.573.147	7.286.635
14:00	12.724.296	4.730.460	11.087.128	7.993.836	1.637.168
15:00	10.167.060	3.726.590	9.987.785	6.440.470	179.275
16:00	9.730.364	2.694.432	9.281.292	7.035.932	449.072
17:00	7.921.347	1.984.756	7.787.332	5.936.591	134.015
18:00	6.861.254	1.794.873	6.730.776	5.066.381	130.478
19:00	4.802.595	1.645.300	4.636.756	3.157.295	165.839
20:00	0	0	0	0	0
Total	124.685.719	81.177.006	67.310.584	43.508.713	57.375.135

Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Gráfico de valores en CLP

Como se puede apreciar en el gráfico de la figura N°6.2, se realizó una comparativa de las ganancias y pérdidas generadas durante la producción de un día normal con ángulo de -50° y 50°.

La curva principal (curva azul), corresponde a las ganancias producidas por un día normal de generación, en la producción con ángulo de -50° (curva naranja), tiene un comienzo muy similar a la curva de un día normal y empieza a decaer después del mediodía. En la producción con ángulo de 50° (curva verde),se puede apreciar que tiene una generación baja y comienza a aumentar después de las 14:00 h, estas primeras curvas son las ganancias producidas por un día normal, en -50° y en 50°, en la curva celeste, que corresponde a la diferencia de pérdidas en -50° a comparación con un día normal, se puede apreciar al comienzo del día la poca perdida de ganancias, ya que la posición del tracker esta favorable con la ubicación del sol, pero se produce una mayor perdidas después de las 14:00 h, y por ultimo tenemos la curva morada, que corresponde a la diferencia de perdidas en 50° a comparación con un día normal, se puede aprecia una gran pérdida al comienzo del día, ya que el tracker se encuentra opuesto al sol, y recién comienza a normalizase después de las 14:00 h, esta comparativa demuestra tanto las ganancias como las pérdidas que se tienen al tener los tracker sin monitoreo constante mediante el Scada Convert Valmont (ver la figura N° 6.2).

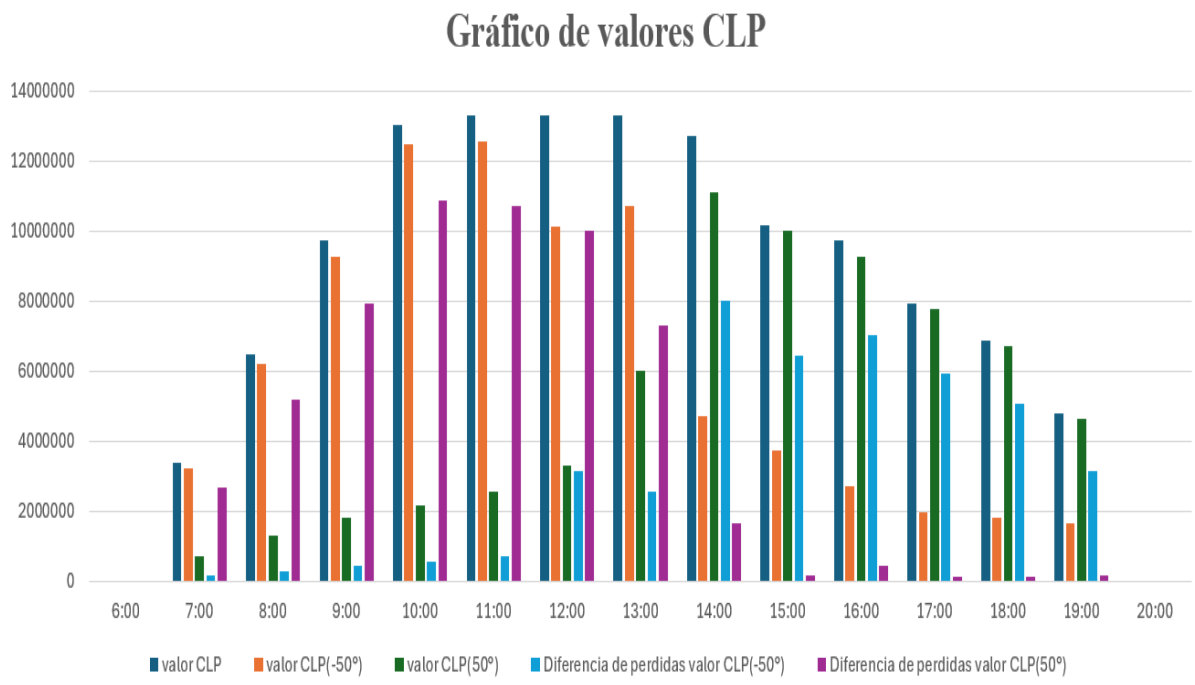


Figura N° 6.2: Gráfico de valores CLP.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES

La finalidad de este proyecto es analizar la importancia del funcionamiento del Scada Convert Valmont en plantas solares, estando relacionado al monitoreo en tiempo real de los actuadores en planta, con el propósito de aprovechar al máximo el recurso solar del día.

Se describió el funcionamiento de todo el sistema solar fotovoltaico, en donde se recalca la importancia de usar equipos de buena calidad, eficientes y en buen estado para lograr un rendimiento optimo en la producción.

Se concluye que el Scada Convert Valmont es de vital importancia en la planta fotovoltaica Campos del Sol, considerando esta una herramienta esencial en la producción del día a día y de gran apoyo para los técnicos en terreno.

Mediante el estudio realizado, se pudo concluir cual importante es este recurso para la generación y producción de un día normal, a su vez, se pueden estimar o calcular las pérdidas al realizar un mal monitoreo o simplemente no realizarlo, según las tablas de valores y gráficos asociados, se ve una gran diferencia de un actuador en perfectas condiciones con su recorrido normal durante el día de Este a Oeste, y otros en falla con posiciones de Angulo de -50° a 50°.

Si no se capacita adecuadamente al personal de la planta con respecto al mantenimiento y operación (O&M), del Parque Solar y el Scada correspondiente, se pueden tener pérdidas significativas por una mala interpretación de los datos o simplemente por desconocer la importancia del dato obtenido o entregado por el Scada.

Finalmente, se llega a la conclusión que para las plantas fotovoltaicas, en este caso al parque fotovoltaico Campos del Sol, sus ganancias en un día normal de generación es de $124.685.719, en tanto cuando el actuador está en falla con un ángulo de -50°, es de $81.177.006, y por ultimo con una falla de ángulo de 50° es de $67.310.584, se determina que los actuadores y el Scada Convert Valmont, cumplen un papel importante de generación y esto nos lleva a que el técnico encargado de sala de control tenga un conocimiento de cómo interpretar los datos que muestra el Scada y así transmitirlos al personal, para que al momento de tener alguna falla de los actuadores en campo sea más rápida su reposición y así provocar la menor cantidad de pérdidas durante el día.

BIBLIOGRAFIA

(s.f.). Obtenido de INGAM: Boom de las ERNC: alcanzan un inédito 10,9% en el SIC en 2014 – INGAM Ltda.

Energía solar fotovoltaica - Iberdrola

The Bifaciality of Solar Panels: A Comprehensive Guide from Principles to Applications - Professional Distributed PV Module Manufacturer

¿Puedo instalar paneles solares bifaciales en instalaciones coplanares? - El Almacén Fotovoltaico

Técnicas de aprendizaje profundo para sistemas de seguimiento solar: una revisión sistemática de la literatura, desafíos de investigación y direcciones abiertas de investigación - ScienceDirect

www.sicma21.com/scada-que-es-y-como-funciona Qué es un sistema SCADA, cómo funciona y para qué sirve