

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA

MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL
AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO Y SU
INSERCIÓN AL ALIMENTADOR DOLORESPATA DO-02 - CUSCO 2022**

PRESENTADO POR:

Br. Franklin Cansaya Lima

Br. Roger Antonio Inca Quispe

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESOR:

Dr. Donato Mamani Pari

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERIA HUANCARO Y SU INSERCIÓN AL ALIMENTADOR DOLoresPATA DO-02 - CUSCO 2022

presentado por: FRANKLIN CANSAYA LIMA con DNI Nro.: 48396373 presentado por: ROGER ANTONIO INCA QUIJPE con DNI Nro.: 46378852 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRICISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 05 de FEBRERO de 2024

Firma

Post firma DONATO MAMANI PARI

Nro. de DNI 23876507

ORCID del Asesor 0000-0002-0998-3424

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:323418593

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS(Cansaya -Inca) Final Febrero_2024.pdf

AUTOR

FRANKLIN-ROGER CANSAYA-INCA

RECUENTO DE PALABRAS

46298 Words

RECUENTO DE CARACTERES

228670 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

228 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.8MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 4, 2024 5:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 4, 2024 5:09 AM GMT-5**● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente



Dr. DONATO MAMANI PARI
ASESOR DE TESIS

PRESENTACIÓN

Señor : Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,
Informática y Mecánica.

Señores : Miembros del Dictamen de tesis.

En cumplimiento con las disposiciones del reglamento de Grados y Títulos vigente, y con el objeto de optar al título profesional de Ingeniero Electricista, presentamos a vuestra consideración la tesis intitulada: “PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO Y SU INSERCIÓN AL ALIMENTADOR DOLORESPATA DO-02-CUSCO 2022”. Siendo una tesis a nivel de ingeniería que tiene la finalidad de proponer la generación fotovoltaica de autoconsumo con interconexión operativa a la red eléctrica de baja tensión en 0.22 kV trifásico. Para ello, se implementa una máscara a partir del diagrama de bloques que contine el modelo matemático del módulo fotovoltaico en Simulink, una máscara donde se pueda introducir los datos de entrada como la irradiación, temperatura y demás parámetros propios para obtener la potencia pico máxima por módulo fotovoltaico en la zona de estudio, así como su evaluación de la potencia instalada de regeneración fotovoltaica a partir de la demanda máxima de la lavandería Huancaro. Posteriormente, simular el flujo de potencia en Digsilent Power Factory para finalmente evaluar cuáles son los impactos eléctricos que se tiene al simular la generación fotovoltaica de autoconsumo en la empresa de lavandería Huancaro y con inserción al alimentador Dolorespata DO-02 a través de la red eléctrica en BT. Claro está, evaluar la normatividad vigente en cuanto a la generación distribuida como energía renovable; tal es el caso, el Decreto Legislativo N° 1221 y otras normas referentes al tema.

Atentamente,

Los Autores.

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, la lavandería tiene un crecimiento de su demanda máxima anual; por ende, los problemas del pago por las tarifas eléctricas. Dicha empresa cuenta con 18 motores eléctricos, teniendo como potencia instalada 40.421 kW, demanda máxima real de 7.39 kW con proyección a 20.77 kW. Por otro lado, hace falta la evaluación de los impactos eléctricos con su inserción al alimentador DO-02 a través de sus redes de baja tensión en 0.22 kV trifásico y conectados a la bornera del tablero general (TG1).

Descrito el problema, a partir de la existencia del modelo matemático, se ha evaluado un Algoritmo y se ha implementado su Diagrama de Bloques en Matlab Simulink. Con el fin de evaluar la curva de la potencia máxima generada (MPP); y que, a partir de los resultados obtenidos en cuanto a la potencia y la corriente, se ha simulado en el software Digsilent Power Factory la generación fotovoltaica óptima.

Concluyendo que se logra implementar una máscara en Matlab-Simulink para introducir los datos de entrada y como resultado la potencia óptima. Al 2022 se tiene una demanda máxima real de 7.39 kW y una energía consumida máxima es de 88.67 kW.h/día. A partir del diagrama de bloques implementados en Matlab, la potencia pico óptima por todo el sistema fotovoltaico es de 27,736.79 Wp. La potencia instalada a la salida del inversor es de 25 kW este cumpliendo la condición de selección del inversor $P_{inv} > 80\% P_{GFV}$. Finalmente, los impactos eléctricos son positivos ya que mejora la cargabilidad del transformador más cercano de 130.40% a 78.31%, las pérdidas técnicas se reducen de 1.85 a 1%, los niveles de tensión se mejoran, los niveles de cortocircuito con y sin interconexión no varían en lo absoluto al igual que los transitorios con desconexiones repentinas no existen picos elevados de tensión que perjudique el sistema de protección eléctrico en general.

PALABRAS CLAVES:

“Generación, Autoconsumo, inserción e impacto”

ABSTRACT

Currently, the laundry has a growth of its maximum annual demand; therefore, the problems of paying electricity rates. This company has 18 electric motors, having as installed power 40,421 kW, real maximum demand of 7.39 kW with projection at 20.77 kW. On the other hand, it is necessary to evaluate the electrical impacts with its insertion to the DO-02 feeder through its networks of low voltage in 0.22 kV three phase and connected to the general board terminal (TG1).

Described the problem, from the existence of the mathematical model, an Algorithm has been evaluated and its Block Diagram has been implemented in Matlab Simulink. In order to evaluate the curve of maximum generated power (MPP); and that, from the results obtained in terms of power and current, the optimal photovoltaic generation has been simulated in the Digsilent Power Factory software.

Concluding that it is possible to implement a mask in Matlab-Simulink to enter the input data and as a result the optimal power. At 2022 there is a real maximum demand of 7.39 kW and a maximum energy consumption is 88.67 kW. h/day. From the block diagram implemented in Matlab, the optimal peak power for the entire photovoltaic system is 27,736.79 Wp. The installed power at the output of the inverter is 25 kW this fulfilling the condition of selection of the inverter $P_{inv} > 80\% P_{GFV}$. Finally, electrical impacts are positive as it improves the loadability of the nearest transformer from 130.40% to 78.31%, technical losses are reduced from 1.85 to 1%, voltage levels are improved, Short-circuit levels with and without interconnection do not vary at all just as transients with sudden disconnections do not exist high voltage peaks that harm the electrical protection system in general.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente tesis muestra la importancia de evaluar el modelo matemático del módulo fotovoltaico para implementar su Diagrama de Bloques en Matlab Simulink, que involucren los parámetros de: la constante característica del panel, número de paneles en serie, número de paneles en paralelo, la irradiancia ambiente en W/m^2 , la temperatura ambiente en $^{\circ}C$, voltaje de circuito abierto en V , corriente de cortocircuito en A , el coeficiente de corriente en $A/^{\circ}C$, coeficiente de voltaje en $V/^{\circ}C$. Con el fin de evaluar la curva de la potencia máxima generada o denominado punto de máximo potencia (MPP), a partir de los resultados obtenidos en cuanto a la potencia en Matlab, simularlo en el software Digsilent Power Factory la generación fotovoltaica óptima de autoconsumo y que inyecte al alimentador de Dolorespata DO-02 a través de las redes de baja tensión propiedad de ELSE y como generación distribuida. Posteriormente presentar los resultados obtenidos con y sin propuesta y analizar las posibles mejoras técnicas significativas o impactos eléctricos que se puedan dar en la red tanto de baja como de media tensión. Adicionalmente, es evidente analizar la normatividad vigente al 2022 en cuanto a la generación distribuida como el caso del Decreto Legislativo N° 1221 (Conexión a la red pública con energías renovables). En ese sentido la tesis consta de cinco capítulos:

En el capítulo I: Aspectos generales, desde la ubicación geográfica, planteamiento del problema, formulación del problema, los objetivos tanto generales y los específicos, justificaciones de la tesis, los alcances y las limitaciones.

En el capítulo II: Marco teórico conceptual, donde se desarrolla los estados de arte, las bases conceptuales tales como conceptos de algoritmo, modelo matemático, ecuaciones características del panel, bloques utilizados en la presente tesis, conceptos de radiación solar, flujo de potencia, impactos eléctricos y normatividades como el decreto legislativo N° 1221.

En el capítulo III: diagnóstico del sistema energético de la empresa Lavandera Huancaro, se toca puntos como los datos generales de la empresa, descripción de los equipos eléctricos que utiliza, cuadro de cargas, plano de ubicación, evaluación de la demanda máxima al 2022 real, factor de carga y la proyección de la demanda máxima.

En el capítulo IV: se desarrolla la formulación de la propuesta de la generación fotovoltaica. Evaluación de la irradiación solar, simulaciones en Matlab-Simulink previa implementación del diagrama de bloques a partir de su ecuación matemática del módulo fotovoltaico. Implementación del diagrama unifilar en el software Digsilent Power Factory.

En el capítulo V: se desarrolla los resultados y discusiones de la generación fotovoltaica. La simulación netamente en Matlab – Simulink para obtener la potencia optima del módulo fotovoltaico y el software Power Factory para evaluar los impactos eléctricos que se producen con y sin generación fotovoltaica, así como también la evaluación económica del sistema de generación fotovoltaico en un horizonte de 20 años. Para finalizar con: Las conclusiones, sugerencias, la bibliografía y los anexos de la tesis

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	i
RESUMEN EJECUTIVO.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
I. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Ubicación Geográfica.....	1
1.3 El problema.....	4
1.3.1 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Formulación del problema.....	8
1.4.1 Problema general.....	8
1.4.2 Problemas específicos.....	8
1.5 Objetivos de la tesis.....	9
1.5.1 Objetivo general.....	9
1.5.2 Objetivos específicos.....	9
1.6 Justificación de la tesis.....	9
1.6.1 Por conveniencia.....	10
1.6.2 Relevancia social.....	10
1.6.3 Implicancias prácticas.....	10
1.6.4 Justificación económica.....	11
1.6.5 Utilidad metodológica.....	11
1.7 Alcances y limitaciones de la tesis.....	12
1.7.1 Alcances.....	12

1.7.2	<i>Limitaciones</i>	13
1.8	Matriz de Consistencia.....	14
CAPÍTULO II.....		16
II.	MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....	16
2.1	Introducción.....	16
2.2	Antecedentes.....	16
2.2.1	<i>Internacional</i>	16
2.2.2	<i>Nacional</i>	17
2.2.3	<i>Local</i>	19
2.3	Bases conceptuales.....	20
2.3.1	<i>Simulación</i>	20
2.3.2	<i>Energía eléctrica</i>	20
2.3.3	<i>Demanda máxima</i>	20
2.3.4	<i>Algoritmo de un panel solar en Matlab</i>	20
2.3.5	<i>Modelo matemático de un panel fotovoltaico</i>	21
2.3.5.1	Ecuación característica del panel fotovoltaico.....	21
2.3.6	<i>Diagrama de bloques de un panel solar en Matlab-Simulink</i>	24
2.3.6.1	Principales bloques utilizados en Matlab-Simulink.....	25
2.3.7	<i>Potencia pico optima de la generación fotovoltaica en Matlab Simulink</i>	27
2.3.8	<i>Generación Fotovoltaica</i>	28
2.3.8.1	Radiación solar.....	28
2.3.8.2	Irradiación solar.....	30
2.3.8.3	Hora solar pico HSP.....	30
2.3.8.4	Energía solar fotovoltaica.....	31
2.3.8.5	Trayectoria del sol.....	31

2.3.8.6	Determinación de la radiación solar	32
2.3.8.7	Parámetros de un panel fotovoltaico.....	33
2.3.8.8	Arreglo o conexión de módulos fotovoltaicos.....	35
2.3.8.9	Inversor	37
2.3.8.10	Tipos de conexionados del inversor fotovoltaico en BT.	38
2.3.8.11	Autoconsumo con conexión a la red eléctrica	41
2.3.8.12	Medidor bidireccional.....	43
2.3.8.13	Flujo de potencia de una generación fotovoltaica en Digsilent.	44
2.3.8.14	Impactos eléctricos de la generación fotovoltaica de autoconsumo en BT. 45	
2.3.9	<i>Huella de carbono</i>	46
2.3.10	<i>Bases legales</i>	47
2.3.10.1	Evaluación del Decreto Legislativo N° 1221	47
2.3.10.2	Características técnicas de la generación distribuida Decreto Legislativo N° 1221 48	
2.3.11	<i>Evaluación económica</i>	51
2.3.11.1	Perfil de la tarifa eléctrica.....	51
CAPITULO III.....		52
III. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE LA EMPRESA		
LAVANDERA HUANCARO		52
3.1	Introducción.....	52
3.2	Características técnicas de la lavandería.....	52
3.2.1	<i>Datos generales del suministro eléctrico</i>	52
3.2.2	<i>Cuadro de carga lavandería Huancaro</i>	58
3.2.3	<i>Plano lavandería Huancaro</i>	60

3.2.4	<i>Diagrama unifilar lavandería Huancaro</i>	60
3.2.5	<i>Ubicación eléctrica lavandería Huancaro</i>	60
3.3	<i>Análisis de la demanda máxima lavandería Huancaro</i>	62
3.3.1	<i>Resumen demanda máxima</i>	62
3.3.2	<i>Historial del consumo de energía eléctrica</i>	63
3.3.3	<i>Factor de carga lavandería Huancaro</i>	65
3.3.4	<i>Proyección demanda máxima lavandería Huancaro</i>	65
3.3.5	<i>Armónicos en la red eléctrica de de la SED N° 10386 – Alimentador Dololorespata DO-02, suministradas a la Empresa Lavandería Huancaro.</i>	70
CAPITULO IV.....		73
IV. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE LA GENERACIÓN		
FOTOVOLTAICA.....		73
4.1	Introducción.....	73
4.2	Parámetros de irradiación	73
4.2.1	<i>Evaluación de la trayectoria del sol</i>	73
4.2.2	<i>Evaluación de la Irradiación solar</i>	74
4.2.3	<i>Evaluación de la hora solar pico HSP.</i>	77
4.3	Simulación en Matlab-Simulink.....	82
4.3.1	<i>Modelo matemático del módulo fotovoltaico</i>	82
4.3.2	<i>Implementación del modelo matemático en diagramas de bloques</i>	82
4.3.2.1	Implementación del Subsistema 1	83
4.3.2.2	Implementación del Subsistema 2 (Subsistema de Voltaje V_x)	92
4.3.2.3	Implementación del Subsistema 3 (Subsistema de Corriente I_x)	94
4.3.3	<i>Implementación de la mascara</i>	97
4.4	Simulación en Digsilent Power Factory	103

4.4.1	<i>Implementación del panel fotovoltaico en Digsilent</i>	103
CAPITULO V		106
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.	106
5.1	Introducción	106
5.2	Resultados	106
5.2.1	<i>Resultados de la simulación en Matlab-Simulink</i>	106
5.2.1.1	Descripción del módulo fotovoltaico a utilizar	106
5.2.1.2	Características eléctricas del módulo propuesto	108
5.2.1.3	Determinación de la potencia máxima pico para un módulo fotovoltaico en Matlab-Simulink.	109
5.2.1.4	Determinación de la potencia máxima pico para el sistema fotovoltaico en Matlab-Simulink.	117
5.2.1.5	Características eléctricas del inversor propuesto	124
5.2.1.6	Cálculo de la generación fotovoltaica	125
5.2.1.7	<i>Distancia mínima entre filas de paneles solares (Df)</i>	132
5.2.1.8	<i>Cálculo del calibre de conductores de la generación fotovoltaica.</i>	133
5.2.1.9	<i>Planos de los cálculos justificativo.</i>	138
5.2.2	<i>Resultados de la simulación en Digsilent</i>	151
5.2.2.1	Introducción	151
5.2.2.2	Diagrama unifilar implementado en Digsilent	151
5.2.2.3	Análisis de flujo de potencia sin la interconexión del sistema fotovoltaico al 2023	153
5.2.2.4	Análisis de flujo de potencia con la interconexión del sistema fotovoltaico al 2022	162
5.2.3	<i>Resultados de la huella de carbono</i>	175

5.2.3.1	Descripción de la huella de carbono	175
5.2.4	<i>Evaluación económica generación fotovoltaica.....</i>	<i>176</i>
5.2.4.1	Horizonte de tiempo.....	176
5.2.4.2	Perfil de tarifa eléctrica.....	176
5.2.4.3	Perfil de generación de energía para irradiación de diseño.	176
5.2.4.4	Costo de inversión.....	180
5.2.4.5	Evaluación económica a precios privados.	181
5.3	Discusiones	185
5.3.1	<i>Respeto a los resultados de la Simulación en Matlab Simulink</i>	<i>185</i>
5.3.2	<i>Respeto a los resultados de la Simulación en Digsilent</i>	<i>186</i>
	CONCLUSIONES	188
	SUGERENCIAS	190
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191
	ANEXOS	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 <i>Ubicación a nivel nacional, departamental, provincial y distrital.</i>	3
Figura 1. 2 <i>Consumo de energía activa, costos en soles y el promedio de la tarifa lavandería</i>	7
Figura 2. 1 <i>Modelo del diagrama de flujo para un algoritmo genético.</i>	21
Figura 2. 2 <i>Modelo del panel solar.</i>	23
Figura 2. 3 <i>Diagrama de bloque de un panel solar.</i>	25
Figura 2. 4 <i>Curva V vs I y V vs P del panel fotovoltaico.</i>	28
Figura 2. 5 <i>Componentes de la Radiación Solar</i>	29
Figura 2. 6 <i>Representación de la HSP.</i>	30
Figura 2. 7 <i>Vista ventana SurEarthTools.com</i>	31
Figura 2. 8 <i>Entendiendo el azimut y la elevación.</i>	32
Figura 2. 9 <i>Vista web Atmospheric Science Data Center- NASA</i>	33
Figura 2. 10 <i>Ejemplo Parámetros característicos del panel solar</i>	35
Figura 2. 11 <i>Arreglo en serie del módulo fotovoltaico - incremento del voltaje.</i>	36
Figura 2. 12 <i>Arreglo en paralelo del módulo fotovoltaico - incremento de la corriente</i>	36
Figura 2. 13 <i>Arreglo en serie-paralelo del módulo fotovoltaico – incremento del voltaje y corriente.</i>	37
Figura 2. 14 <i>Inversor fotovoltaico.</i>	37
Figura 2. 15 <i>Arreglo PV con inversor central</i>	38
Figura 2. 16 <i>Arreglo PV con inversor por cada PV String</i>	39
Figura 2. 17 <i>Arreglo PV con inversor central y convertidores.</i>	40
Figura 2. 18 <i>Arreglo PV con inversor por cada módulo fotovoltaico.</i>	41
Figura 2. 19 <i>Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica</i>	42
Figura 2. 20 <i>Medidor Bidireccional.</i>	43

Figura 2. 21 <i>Interfaz Software Power Factory 15.1.7</i>	45
Figura 3. 1 <i>Equipos de alumbrado interior lavandería</i>	54
Figura 3. 2 <i>Tomacorrientes industriales para motores lavandería</i>	54
Figura 3. 3 <i>Fotografías de las Lavadoras lavandería Huancaro</i>	55
Figura 3. 4 <i>Secadora lavandería Huancaro</i>	56
Figura 3. 5 <i>Caja toma medidor trifásico lavandería</i>	56
Figura 3. 6 <i>Tablero general TGI lavandería Huancaro</i>	57
Figura 3. 7 <i>Tablero distribución TDI lavandería Huancaro</i>	57
Figura 3. 8 <i>Ubicación eléctrica lavandería Huancaro</i>	61
Tabla 3. 4 <i>Resumen general y consumo de energía lavandería</i>	62
Figura 3. 9 <i>Consumo de energía activa kW.h lavandería</i>	64
Figura 3. 10 <i>Consumo de energía activa S/. pagados lavandería</i>	64
Figura 3. 11 <i>Consumo de energía activa S/ kW.h. pagados lavandería</i>	64
Figura 3. 12 <i>Señales Armónicas en la SED N° 10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro</i> ..	71
Figura 3. 13 <i>Señal distorsionada y la Fundamental en la SED N°10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro</i>	72
Figura 4. 1 <i>Trayectoria del sol punto de estudio lavandería Huancaro</i>	74
Figura 4. 2 <i>Aproximaciones en secciones trapezoidales</i>	78
Figura 4. 3 <i>Figura irradiación disponible en kW/m²/día</i>	80
Figura 4. 4 <i>Implementación del Subsistema 1</i>	84
Figura 4. 5 <i>Conformación del Subsistema 1</i>	85
Figura 4. 6 <i>Designación de las variables para procesar los bloques en Simulink</i>	87
Figura 4. 7 <i>Diagrama de bloques Factor 1</i>	89
Figura 4. 8 <i>Diagrama de bloques Factor 2</i>	90
Figura 4. 9 <i>Script para la variable independiente V</i>	91

Figura 4. 10 <i>Subsistema 2 (Subsistema de Voltaje V_x)</i>	93
Figura 4. 11 <i>Subsistema 3 (Subsistema de Corriente I_x)</i>	96
Figura 4. 12 <i>Apertura de la ventana de edición de la máscara.</i>	97
Figura 4. 13 <i>Edición de la máscara.</i>	98
Figura 4. 14 <i>Implementación final de la máscara.</i>	102
Figura 4. 15 <i>Importación de la data PFD en DIGSILENT</i>	103
Figura 4. 17 <i>Redibujo de la red eléctrica en DIGSILENT.</i>	104
Figura 4. 18 <i>Dibujo del sistema fotovoltaico en DIGSILENT.</i>	105
Figura 5. 1 <i>Modulo fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR</i>	107
Figura 5. 2 <i>Introducción de los parámetros del módulo fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR, para un panel</i>	111
Figura 5. 3 <i>Obtención de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$.</i>	112
Figura 5. 4 <i>Salida de los puntos x,y de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$</i>	113
Figura 5. 5 <i>Obtención de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$.</i>	114
Figura 5. 6 <i>Obtención de las curvas V vs I</i>	115
Figura 5. 7 <i>Obtención de las curvas V vs P_{max}.</i>	115
Figura 5. 8 <i>Introducción de los parámetros del sistema fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR, con 16 en serie y 4 en paralelo</i>	118
Figura 5. 9 <i>Obtención de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$</i>	119
Figura 5. 10 <i>Salida de los puntos x,y de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$.</i>	120
Figura 5. 11 <i>Obtención de las curvas V vs I, V vs $P_{m\grave{a}x}$.</i>	121
Figura 5. 12 <i>Obtención de las curvas V vs I</i>	122
Figura 5. 13 <i>Obtención de las curvas V vs P_{max}.</i>	122
Figura 5. 14 <i>Distancia entre filas de módulos fotovoltaicos.</i>	132
Figura 5. 15 <i>Dimensionamiento de Conductores</i>	133

Figura 5. 16 <i>Esquema Unifilar de los módulos fotovoltaicos</i>	133
Figura 5. 17 <i>Orientación de los módulos Fotovoltaicos</i>	138
Figura 5. 18 <i>Instalación de los módulos Fotovoltaicos</i>	138
Figura 5. 19 <i>Estructura y detalles de la instalación de los módulos Fotovoltaicos</i>	138
Figura 5. 20 <i>Vista Frontal de Arreglo Fotovoltaico de los Modulos.</i>	138
Figura 5. 21 <i>Conexionado de los módulos fotovoltaicos String1.</i>	138
Figura 5. 22 <i>Conexionado de los módulos fotovoltaicos String2.</i>	138
Figura 5. 23 <i>Conexionado de los módulos fotovoltaicos String3.</i>	138
Figura 5. 24 <i>Conexionado de los módulos fotovoltaicos String4</i>	138
Figura 5. 25 <i>Diagrama Unifilar de los módulos fotovoltaicos por String</i>	138
Figura 5. 26 <i>Conexionado de los módulos fotovoltaicos hacia la barra principal del TGD - Lavandería</i>	138
Figura 5. 27 <i>Diagrama Unifilar y Sistema de Protección del SGFV</i>	138
Figura 5. 28 <i>Diagrama de Conexionado de Medidor Bidireccional.</i>	138
Figura 5. 29 <i>Diagrama unifilar generación fotovoltaica.</i>	151
Figura 5. 30 <i>Flujo de potencia sin la interconexión de la generación fotovoltaica</i>	155
Figura 5. 31 <i>Cortocircuito trifásico sin la interconexión de la generación fotovoltaica.</i> ...	160
Figura 5. 32 <i>Flujo de potencia con la interconexión de la generación fotovoltaica.</i>	163
Figura 5. 33 <i>Cortocircuito trifásico con la interconexión de la generación fotovoltaica.</i> ..	168
Figura 5. 34 <i>Gráfico de los transitorios con y sin la interconexión operativa de la generación fotovoltaica.</i>	170
Figura 5. 35 <i>Gráfico de los parámetros eléctrico en valores RMS en operación normal del SGFV. Figura 5. 36</i> <i>Gráfico de los parámetros eléctrico en valores instantáneos en operación normal del SGFV.</i>	172
Figura 5. 37 <i>Generación del sistema fotovoltaica y su inserción a la red existente.</i>	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Ubicación geográfica de la provincia del Cusco.....	2
Tabla 1. 2 Resumen del consumo eléctrico anual lavandería.	6
Tabla 1. 3 Matriz de consistencia.....	14
Tabla 2. 1 Principales bloques utilizados en Matlab Simulink.	25
Tabla 3. 1 Datos generales del suministro eléctrico lavandería Huancaro.	52
Tabla 3. 2 Equipos eléctricos utilizados en la Lavandería.	53
Tabla 3. 3 Cuadro de carga lavandería Huancaro.	58
Tabla 3. 5 Historial del consumo de energía eléctrica de la lavandería periodo 2017 al 2022.	63
Tabla 3. 6 Historial del consumo de energía eléctrica de la lavandería periodo 2017 al 2022.	65
Tabla 3. 7 Cálculo de la tasa de crecimiento eléctrico lavandería periodo 2023 al 2042	66
Tabla 3. 8 Proyección de la demanda máxima lavandería periodo 2023 al 2042.....	67
Tabla 3. 9 Tasa actual de pago por facturación mensual	69
Tabla 3. 10 Tasa actual de pago por facturación anual.....	70
Tabla 3. 11 Armónicos en la SED N° 10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro.....	70
Tabla 3. 12 Porcentajes de señales armónicos en la SED N°10386 –Dololorespata DO-02- Hunacaro.	71
Tabla 4. 1 Determinación de la Irradiación solar Lavandería Huancaro.	75
Tabla 4. 2 Historial de la irradiación disponible por horas.....	79
Tabla 4. 3 Resultado hora solar pico.....	81
Tabla 4. 4 Designación de las variables para procesar los bloques.	86
Tabla 4. 5 Variables consideradas subsistema 2.....	92
Tabla 4. 6 Variables consideradas subsistema 3.....	95

Tabla 4. 7	Definición de las variables de la máscara.	99
Tabla 5. 1	Características eléctricas del módulo fotovoltaico propuesto.....	108
Tabla 5. 2	Características eléctricas del módulo fotovoltaico óptimo.	116
Tabla 5. 3	Características eléctricas del módulo fotovoltaico óptimo.	123
Tabla 5. 4	Características eléctricas del inversor propuesto.	124
Tabla 5. 5	Justificación de los cálculos de la generación fotovoltaica.	126
Tabla 5. 6	Cuadro Comparativo de Características eléctricas de un módulo fotovoltaico propuesto y de resultados obtenidos según Simulación en Matlab para condiciones reales del lugar	130
Tabla 5. 7	Cuadro Comparativo de Características eléctricas del sistema fotovoltaico propuesto y de resultados obtenidos según Simulación en Matlab para condiciones reales del lugar	131
Tabla 5. 8	Conductores de Entrada en DC del SGFV.....	136
Tabla 5. 9	Conductores de Salida en AC del SGFV	137
Tabla 5. 10	Representación de los componentes eléctricos a analizar.....	153
Tabla 5. 11	Flujo de potencia sin la generación fotovoltaica.....	155
Tabla 5. 12	Perdidas técnicas sin la generación fotovoltaica.....	158
Tabla 5. 13	Análisis de cortocircuito trifásico sin la generación fotovoltaica.	159
Tabla 5. 14	Flujo de potencia con la generación fotovoltaica.	163
Tabla 5. 15	Perdidas técnicas con la generación fotovoltaica.....	166
Tabla 5. 16	Análisis de cortocircuito trifásico con la generación fotovoltaica.....	167
Tabla 5. 17	Cálculo de la huella de carbono de la Generación fotovoltaica.....	175
Tabla 5. 18	Evaluación de la generación fotovoltaica y su inserción a la red en un día promedio.	177
Tabla 5. 19	Generación del SGFV y su inserción a la red existente año 2023	179

Tabla 5. 20 Cálculo del costo de los componentes fotovoltaicos.	180
Tabla 5. 21 Perfil de generación de energía para irradiación de diseño.	182
Tabla 5. 22 Evaluación anual de la energía insertada a la red existente para 20 años proyectados	184

GLOSARIO DE TÉRMINOS

UTM	:	Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator.
GPS	:	Sistema de Posicionamiento Global.
COES	:	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
GART	:	Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria.
OSINERGMIN:		Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
ELSE	:	Electro Sur Este S.A.A
BT	:	Baja Tensión.
MT	:	Media tensión
TG	:	Tablero General.
TD	:	Tablero de Distribución.
DO	:	Dolorespata.
PV	:	Fotovoltaico.
SGFV	:	Sistema de generación fotovoltaico.
VOC	:	Tensión de circuito abierto.
ISC	:	Corriente de cortocircuito.
PM _{ÀX}	:	Potencia máxima.
CC	:	Corriente continua.
CA	:	Corriente alterna.
HSP	:	Hora Solar Pico.
STRING	:	Conjunto de módulos fotovoltaicos.
SFCR	:	Sistema fotovoltaico con conexión a la red.
CEM	:	Condición de Medición Estándar.
STC	:	Condiciones de Prueba Estándar.

GCEM	:	Irradiancia en Condición de Medición Estándar.
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas.
MGM	:	Mediana generación distribuida.
MCD	:	Micro generación distribuida.
SAIFI	:	Frecuencia Media de Interrupción por usuario.
SAIDI	:	Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario.
SED	:	Subestación eléctrica de distribución.
MPP	:	Punto Máxima de Potencia.
SFCR	:	Sistema Fotovoltaico con conexión a la red eléctrica.
NASA	:	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.
FF	:	Factor de forma.
EDE	:	Empresa de Distribución Eléctrica.
HC	:	Huella de Carbón.
CO2	:	Dióxido de Carbono.
BT5B	:	Tarifa Residencial.
IGV	:	Impuesto General a las Ventas.
FOSE	:	Fondo de Compensación Social Eléctrica.
TREMA	:	Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable.
SNIP	:	Sistema Nacional de Inversión pública.
THD	:	Distorsión Armónica Total.
INVIERTE.PE	:	Sistema Nacional de Programación Multianual y de Gestión de Inversiones de Perú.

CAPÍTULO I

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción.

El trabajo de tesis tiene como idea analizar la generación fotovoltaica de autoconsumo para la demanda de 21 kW en la empresa de lavandería Huancaro, así como la inserción al alimentador de Dolorespata DO-02. Para ello; se implementa un algoritmo; luego, se crea el diagrama de bloques en Simulink; posteriormente, elaborar la máscara dentro del entorno Simulink para ingresar los datos de entrada de manera interactiva; seguidamente, obtener los resultados de la potencia máxima mediante los gráficos V vs I, V vs P para implementar en Digsilent que incluyan los parámetros de tensión, corriente máxima, potencia máxima obtenidos con Matlab Simulink; finalmente, simular la preoperatividad de autoconsumo y su inserción al mencionado alimentador en Digsilent, para obtener los resultados y evaluar las posibles mejoras técnicas o impactos eléctricos frente a la inserción fotovoltaica a través de sus redes en baja tensión conectados a las borneras del tablero general (TG1) de la empresa de lavandería así como el impacto económico con propuesta respecto a la tarifa BT5B (tipo de tarifa actual de la lavandería). Asimismo, analizar la normatividad vigente al 2022 en cuanto a la generación distribuida (Decreto Legislativo N° 1221) (Conexión a la red pública con energías renovables) y demás normas en relación con el tema.

1.2 Ubicación Geográfica.

Geográficamente el área del presente trabajo de tesis se encuentra ubicado en la Urbanización Villa Unión Huncaro, Av. José L. Orbegoso N° 386; perteneciente al departamento de Cusco, provincia de Cusco y distrito de Santiago.

Tabla 1. 1*Ubicación geográfica de la provincia del Cusco.*

Características	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud promedio (msnm)
Ubicación geográfica de la tesis	Cusco	Cusco	Santiago	3384
COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
	Latitud Sur	13° 32' 20.74" S		
	Longitud Oeste	71° 58' 57.47" O		
	Datum	WGS-84 (Zona: 18 Sur)		
<i>Nota:</i> las coordenadas geográficas se expresan en longitud y latitud, mientras que las UTM son expresados en m				
Fuente: Elaboración propia.				

Figura 1. 1

Ubicación a nivel nacional, departamental, provincial y distrital.



Fuente: Elaboración propia.

1.3 El problema

1.3.1 Planteamiento del problema

Actualmente en la provincia del Cusco, la generación fotovoltaica no tiene aplicaciones industriales y/o empresariales; pero sí, como sistemas aislados en sus zonas rurales y de uso personal o doméstico. Pues, la creciente demanda según el análisis de los últimos 6 años reportado por (COES, 2023) tiene una pendiente positiva; es decir: un crecimiento tanto para las máximas, medias y mínimas demandas entre el 2017 al 2022 de 15.55%, 17.13% y 30.15% respectivamente.

Por un lado:

La tarifa mantiene tendencia creciente desde hace un año y seguiría con ese comportamiento al 2023. Sólo por el incremento en el costo del gas natural que provee Camisea, y que emplean las centrales termoeléctricas, el precio de la energía a usuarios se podría incrementar hasta 7%, estima el ex viceministro de Energía, Luis Espinoza (García Olano, 2022)

En lo que va del Gobierno actual, la tarifa eléctrica ha subido entre 15.4% para los usuarios domésticos, 20.4% para los consumidores industriales y/o comerciales; por lo que, para el 2023 se pronostica que las tarifas eléctricas seguirán manteniendo su crecimiento en los costos por kW.h. Es decir; tendrán un promedio general del 12% sobre las tarifas ya incrementadas. Aun así, creemos que los incrementos de los precios en la tarificación eléctrica, es de manera desproporcionada e impositiva sin ningún fundamento técnico, económico coherente o creíbles en cuanto a la facturación mensual hacia los usuarios por parte de los entes reguladores de la tarifa como la GART (Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria - Osinergmin). Que a través de la concesionaria Electro Sur Este S.A.A imponen a los usuarios finales.

Por otro lado, se tiene los problemas del cambio climático, el efecto invernadero, la contaminación por las emisiones de gases (dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de nitrógenos y partículas) como lo hacen las centrales térmicas y que deterioran la atmósfera terrestre; y por ende, incitar al calentamiento global y el efecto invernadero. A eso se incrementa las sobrecargas que se dan en los alimentadores de la concesionaria y a consecuencia; las caídas de tensiones en cola; y, por ende, una mala calidad de energía eléctrica; posterior a ello, molestias para los usuarios por las repentinas interrupciones que se dan. Todos estos problemas conllevan a que los usuarios opten por otras alternativas de generación como las fotovoltaicas.

Debido a esta realidad; por un lado, hace falta analizar la generación fotovoltaica de autoconsumo para la demanda de 21 kW en la empresa de lavandería Huancaro y que mejor que estas tecnologías son amigables con el medio ambiente. Actualmente la lavandería tiene un factor de carga igual a 58.73 %, y con la reactivación económica estas puedan llegar cercanos al 100%; por lo que alegamos, incrementaría aún más la tasa de pago por facturación. Por lo tanto, sea el comienzo para la iniciativa de la disminución de los impactos ambientales, haciendo un buen uso de la tecnología renovable. Por otro lado, también hace falta la evaluación de los parámetros eléctricos; es decir, los impactos eléctricos que se puedan dar con su inserción al alimentador DO-02 a través de sus redes de baja tensión perteneciente a la concesionaria ELSE y conectados a la bornera del tablero general (TG1) de la lavandería. Por lo que se estaría hablando ya en términos de generación distribuida.

Incluso, esta empresa lavandera puede llegar a ser sostenible en su totalidad. Es decir; el consumo total de su demanda máxima con la generación fotovoltaica propuesta. Y en sus mínimas demandas, inyecte energía al mencionado alimentador y

que incluya la propuesta de un medidor multifunción bidireccional. Los cuáles serán evaluados teniendo en cuenta las condiciones técnicas. Para los módulos fotovoltaicos, las condiciones climatológicas; es decir, el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles como el sol, así disminuir los impactos ambientales. Con todo esto, se busca un gran nivel de confort a nivel tarifario, ambiental, estilo de vida, ya que es posible que todo el consumo por parte de la lavandería sea proveniente de la generación fotovoltaica con cero contaminantes.

Actualmente, según la tabla 1.2 y la figura 1.2, a su vez resumen del historial del consumo eléctrico entre junio de 2017 a enero 2023 (**anexo 3**), el consumo de la energía eléctrica de la lavandería tiene una pendiente positiva sin contar la reducción del consumo que tuvo en los años de pandemia y el año 2023 que solo se contabilizó al mes de enero, lo cual es justo y necesario avaluar tal idea y que mejor con tecnologías amigables con el medio ambiente.

Tabla 1. 2

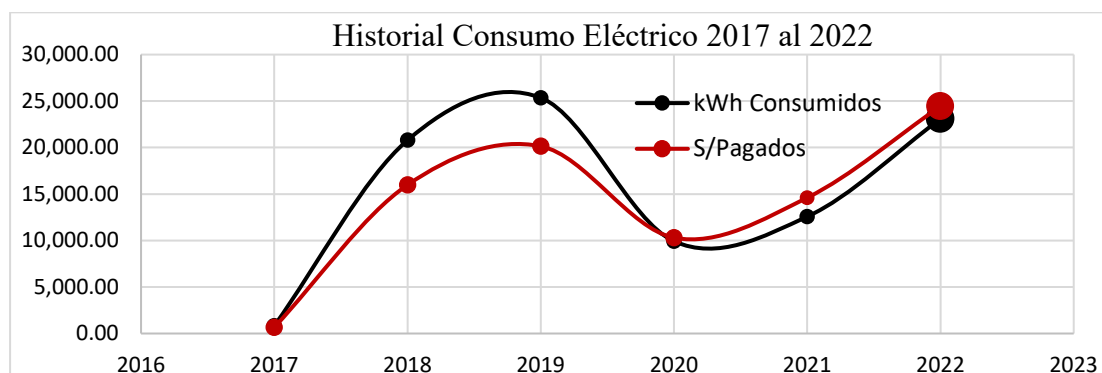
Resumen del consumo eléctrico anual lavandería.

HISTORIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL PERIODO (2017 AL 2023)				
AÑOS	MESES	CEA - ANUAL kW.h	SOLES S/	Promed. Tarifa S/ /kW.h
2023	1 mes	1,217.00	1397.10	1.1480
2022	12 meses	23,090.00	24,446.30	1.0587
2021	12 meses	12,574.00	14,609.80	1.1619
2020	12 meses	9,924.00	10,304.20	1.0383
2019	12 meses	25,351.00	20,140.80	0.7945
2018	12 meses	20,791.00	15,983.05	0.7687
2017	7 meses	830.00	667.55	0.8043

Fuente: Periodo 2017 a 2023 – Reporte base de datos SIELSE – ELSE.

Figura 1. 2

Consumo de energía activa, costos en soles y el promedio de la tarifa lavandería



Fuente: Dato correspondiente al último reporte de la base de datos SIELSE - ESLE.

Si bien es cierto, se tiene el crecimiento de la demanda máxima; por ende, los problemas del pago por las tarifas eléctricas que cada año se incrementa. Con la reactivación económica posibles incrementos de su factor de carga. A esto se suma la mala actitud de los empleados, debido a que generalmente ellos no tienen una cultura de ahorro de energía eléctrica, lo cual ocasiona un excesivo pago en la tarifación y el crecimiento desproporcionado económico de las mismas ya que la principal carga de la lavandería son 18 motores eléctricos, teniendo como potencia instalada 40.421 kW, demanda máxima calculada de 22.244 kW, demanda máxima contratada de 17.795 kW, demanda máxima real calculada actual de 7.389 kW y una demanda máxima real proyectada a 20 años de 20.77 kW.

Frente a esta demanda eléctrica (18 motores eléctricos) y siendo la carga típica y/o dominante que tiene la lavandería. Hace falta un análisis de la generación fotovoltaica de autoconsumo como fuente alternativa de energía a partir de un algoritmo y su diagrama de bloques implementados en Matlab Simulink, con el fin de obtener la potencia pico (Wp) optimizada y tener mayor precisión en la simulación fotovoltaica y con ideas de inserción a la red eléctrica; por ende; resultados reales o con mayor fiabilidad.

Claro está, que la energía proveniente de la generación fotovoltaica es netamente activa, por lo que también se incluye otro problema, para el funcionamiento de los motores eléctricos es necesario la energía reactiva, lo cual se requiere el dimensionamiento de otra fuente alterna que nos pueda proporcionar tal energía como el caso de un banco de capacitores. O directamente obtenerlo del inversor con factores de potencia variables que actualmente si existen en el mercado. Por lo que tendríamos que evaluar tanto la generación fotovoltaica como autoconsumo y el impacto eléctrico que esto puede tener en los alimentadores de la concesionaria Electro Sur Este (empresa distribuidora). Si en caso la energía de la generación fotovoltaica inyecte a la red (alimentador DO-02) es decir evaluaciones con y sin propuesta de autoconsumo y con inserción a la red de ELSE.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Con la propuesta de la generación fotovoltaica para el autoconsumo es posible satisfacer su demanda máxima de la empresa lavandería Huancaro y evaluar los impactos eléctricos que se puedan producir con la inserción operativa al alimentador Dolorespata DO-02- Cusco 2022?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿Es posible evaluar el consumo de la energía eléctrica y la demanda máxima, así como la tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro?

2. ¿Es posible determinar la potencia óptima de generación fotovoltaica para la empresa lavandería Huancaro a partir del diagrama de bloques implementados en Matlab?

3. ¿Es posible evaluar los impactos eléctricos con y sin la interconexión operativa al alimentador Dolorespata DO-02, así como la evaluación técnica-económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo con inserción a la red eléctrica?

1.5 Objetivos de la tesis

1.5.1 *Objetivo general*

Proponer la generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro y su inserción al alimentador Dolorespata DO-02-Cusco 2022.

1.5.2 *Objetivos específicos*

1. Evaluar el consumo de la energía eléctrica y la demanda máxima, así como la tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro.

2. Determinar la potencia óptima de generación fotovoltaica para la empresa lavandería Huancaro a partir del diagrama de bloques implementados en Matlab

3. Evaluar los impactos eléctricos con y sin la interconexión operativa al alimentador Dolorespata DO-02, así como la evaluación técnica-económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo con inserción a la red eléctrica.

1.6 Justificación de la tesis

Según (Hernandez, 2014), indica el motivo, el porqué de la investigación, exponiendo las razones y demostrando que la investigación es necesaria y a la vez importante.

La propuesta del trabajo de tesis es muy importante porque se trata de nuevos aportes al estudio de ingeniería, ya que a partir del modelo matemático del panel fotovoltaico se implementarán diagramas de bloques, así como el lenguaje de programación en Simulink / Matlab; así mismo, la implementación de una máscara para introducir datos de manera automática. Posterior a ello, realizar simulaciones de forma didáctica que ayuda a los estudiantes universitarios a visualizar y analizar las funciones internas que representan el comportamiento del sistema fotovoltaico y

mediante las curvas V vs I y V vs P del panel fotovoltaico, se obtendrá las potencias máximas generadas por cada panel, ya que estos datos nos servirán para simular en el Digsilent y evaluar la micro generación fotovoltaica de autoconsumo con conexión a la red eléctrica e BT.

1.6.1 Por conveniencia

El plan de tesis se considera práctica porque es útil y responde a la pregunta ¿para qué sirve? Por lo tanto, ayudará a contribuir de cómo se reduce el pago excesivo por la tarificación, iniciativas de implementar las energías renovables, las posibles mejoras significativas que produce en la red eléctrica de BT con su inserción y como generación distribuida bajo el Decreto Legislativo N° 1221 y otras normas. De saber cómo implementar el diagrama de bloques de la generación fotovoltaica en Matlab para la obtención de la potencia pico óptima generada, como simular el flujo de potencia Digsilent de la generación fotovoltaica óptima.

Desarrollo de esta justificación según (Hernandez, 2014)

1.6.2 Relevancia social

La tesis ayuda a resolver diversos problemas disciplinares existentes que afectan a grupos sociales con intereses sociales o personales como es el caso de la empresa de lavandería Huancaro. Ya que un mejor acceso a la electricidad trae consigo mejores oportunidades para lograr una calidad de vida óptima, reducción tarifaria, evitar disgustos por interrupciones, etc.

Desarrollo de esta justificación según (Hernandez, 2014)

1.6.3 Implicancias prácticas

El fundamento de este trabajo de tesis es la necesidad de saber cómo analizar la generación fotovoltaica de autoconsumo con inserción al alimentador DO-02 en la lavandería Huancaro. Asu vez, implementar el diagrama de bloques en Matlab del

panel solar, para posteriormente simularlos en el Software Digsilent como generación distribuida óptima, evaluar los impactos eléctricos que se tiene como autoconsumo y con la incorporación de esta hacia el mencionado alimentador perteneciente a la concesionaria ELSE bajo el Decreto Legislativo N° 1221 y otras normas.

Por lo tanto, reducir las tarifas de pago y mejorar la operatividad de la infraestructura eléctrica en BT de ELSE, de tal manera, disponer de una red eléctrica confiable, seguro y que brinde alta disponibilidad de energía a los usuarios de tal forma contribuimos a la solución de resolver un problema.

Desarrollo de esta justificación según (Hernandez, 2014)

1.6.4 Justificación económica

Según los expertos, existe una necesidad urgente de promover otras formas de generación de electricidad para mantener los precios estables, ya que el excedente de energía puede disminuir significativamente en los próximos tres (03) años, afectando la demanda de energía y los precios de venta. Por lo que es necesario impulsar la generación fotovoltaica de autoconsumo y con ideas de su inserción como generación distribuida de tal manera mantener constante los costos de electricidad; así, evitar los costos de transporte de energía ya que la producción de electricidad será cercana al punto de consumo.

Desarrollo de esta justificación según (TES, 2020)

1.6.5 Utilidad metodológica

El trabajo de tesis tiene una utilidad metodológica debido a que se implementará una máscara en el entorno Matlab que permitirá introducir los datos de manera automática a partir del diagrama de bloques y el lenguaje de programación en el script de Matlab que contenga el modelo matemático del panel fotovoltaico; a su

vez, sea un medio de enseñanza y aprendizaje que permitirá desarrollar de mejor manera el estudio del panel fotovoltaico y la simulación de interconexión operativa en su forma teórica y práctica mediante simulaciones.

1.7 Alcances y limitaciones de la tesis.

1.7.1 Alcances.

La tesis tiene un aporte importante, y como tesis daremos a conocer:

Que, a partir de la evaluación de un Algoritmo y la implementación de su Diagrama de Bloques en Matlab Simulink, partiendo de las ecuaciones características o modelo matemático del panel solar que involucren los parámetros de: la constante características panel, número paneles serie, número paneles paralelo, irradiación operativa, constante de irradiación, temperatura operativa, temperatura ambiente, voltaje circuito abierto, corriente cortocircuito, coeficiente corriente y la coeficiente voltaje. Con el fin de evaluar la curva de la potencia máxima generada o denominado punto de máxima potencia (MPP), al cual le corresponde valores de corrientes en el punto de máxima potencia (IMPP); y que, a partir de los resultados obtenidos en cuanto a la potencia y la corriente en Matlab, simularlo en el software Digsilent Power Factory la generación fotovoltaica óptima de autoconsumo y que inyecte al alimentador de Dolorespata DO-02 a través de las redes de baja tensión propiedad de ELSE y como generación distribuida.

Posteriormente presentar los resultados obtenidos con y sin propuesta y analizar las posibles mejoras técnicas significativas o impactos eléctricos que se puedan dar en la red tanto de baja como de media tensión ya que dicho trabajo de tesis, se pretende evaluar la inserción operativa en baja tensión, claro está que hay posibilidad de que al inyectar corriente el excedente pueda ir en dirección hacia el lado de alta del transformador; por consiguiente, estaríamos hablando en términos de

media tensión. Adicionalmente, es evidente analizar la normatividad vigente al 2022 en cuanto a la generación distribuida como el caso del Decreto Legislativo N° 1221 (Conexión a la red pública con energías renovables). Por ende, saber:

1. Como se implementa un algoritmo de un panel solar en Matlab
2. Como se implementa un diagrama de bloques de un panel solar en Matlab.
3. Como obtener la potencia pico optima de la generación fotovoltaica.
4. Como se simula el flujo de potencia de una generación fotovoltaica Digsilent.
5. Cuáles son las posibles mejoras significativas (técnico – económico) o impactos eléctricos que se pueden tener al simular la generación fotovoltaica de autoconsumo en la empresa de lavandería Huancaro y con inserción al alimentador Dolorespata DO-02 a través de la red eléctrica en BT.
6. Claro está, evaluar la normatividad vigente en cuanto a la generación distribuida como energía renovable; tal es el caso, el Decreto Legislativo N° 1221 y otras normas referentes al tema.

1.7.2 Limitaciones.

- La idea del trabajo de tesis de la generación fotovoltaica no incluye estudios de estabilidad de tensión y estabilidad de frecuencia.
- La evaluación de las mejoras que se produce con la inserción de la generación fotovoltaica enmarca en cuanto a una evaluación de preoperatividad, lo cual implica evaluaciones a nivel de flujo de potencia y cortocircuito con y sin propuesta.

- Por lo que mostraremos graficas a nivel interactivo en cuanto al comportamiento de la tensión, corriente, potencia, etc.

1.8 Matriz de Consistencia.

Se muestra en la tabla 1.3:

Tabla 1. 3

Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA (ESTUDIO DE INGENIERÍA)

PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO Y SU INSERCIÓN AL ALIMENTADOR DOLORESPATA DO-02 - CUSCO 2022

PROBLEMA

OBJETIVOS

CONCLUSIONES

PROBLEMA GENERAL

OBJETIVO GENERAL

¿Con la propuesta de la generación fotovoltaica para el autoconsumo es posible satisfacer su demanda máxima de la empresa lavandería Huancaro y evaluar los impactos eléctricos que se puedan producir con la inserción operativa al alimentador Dolorespata DO-02- Cusco 2022?

Proponer la generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro y su inserción al alimentador Dolorespata DO-02-Cusco 2022.

1. Se Logro proponer la generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro y su inserción al alimentador Dolorespata DO-02, Con ello permite reducir los costos por pago de consumo, ya que la demanda máxima real de proyección a 21 kW es suministrada por la alternativa propuesta y que la energía excedente sea vendida a la concesionaria Electro Sur Este S.A.A, al amparo del decreto Legislativo 1221.

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. ¿Es posible evaluar el consumo de la energía eléctrica la demanda máxima, así como la tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro?

1. Evaluar el consumo de la energía eléctrica y demanda máxima, así como la tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro..

2. Se evaluó el consumo de la energía eléctrica y la demanda máxima, así como su tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro. Por lo que, se tiene entre los años 2018 al 2022 una energía máxima consumida de 88.67 kW.h/día, para una demanda máxima real de 7.39 kW proyectado al 2042 de 21 kW y las tasas de pago por facturación anuales, para el 2018 de 18.70% , 2019 de 23.56%, 2020 de 12.05%, 2021 de 17.09% y 2022 a 28.60%.

2. ¿Es posible determinar la potencia óptima de generación fotovoltaica para la empresa lavandería Huancaro a partir del diagrama de bloques implementados en Matlab?

2. Determinar la potencia óptima de generación fotovoltaica para la empresa lavandería Huancaro a partir del diagrama de bloques implementados en Matlab?

3. A partir del diagrama de bloques implementados en Matlab, se determinó la potencia óptima de generación fotovoltaica, siendo esta de 27,736.79 Wp a temperatura de 20.92 °C e irradiancia de 960W/m2 (zona de estudio). Por lo que se obtuvo una selección de potencia de 25 kW a la salida del inversor y un THD de 2% de la generación, este contando con 64 módulos fotovoltaicos de 16 en serie por 4 en paralelo y ello satisfaciendo la demanda máxima para la empresa de lavandería Huancaro.

3. ¿Es posible evaluar los impactos eléctricos con y sin interconexión operativa al alimentador Dolorespata DO-02, así como la evaluación técnica-económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo con inserción a la red eléctrica?

3. Evaluar los impactos eléctricos con y sin interconexión operativa al alimentador Dolorespata DO-02, así como la evaluación técnica-económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo con inserción a la red eléctrica

4. Con las simulaciones en DIgSILENT, se evalúa los impactos eléctricos, así como el impacto económico que produce la generación fotovoltaica de autoconsumo con inserción al alimentador Dolorespata DO-02 en la empresa de lavandería Huancaro. Estos son positivos ya que mejora la cargabilidad del transformador más cercano de 130.40% a 78.31%, las pérdidas técnicas se reducen de 1.85 a 1%, los niveles de tensión se mejoran en un 5%, los niveles de cortocircuito con y sin interconexión no varían en lo absoluto al igual que los transitorios con desconexiones repentinas no existen picos elevados de tensión que perjudique el sistema de protección del sistema eléctrico en general. Finalmente, con respecto a su generación, esta insertará y cubrirá su demanda energética anual en su totalidad hasta el año 2036, a una generación de 49,081.69 kW.h, está insertando en el primer año 2023 de 25,622.05 kW.h y en el año 2036 de 708.45 kWh. Esto se va reduciendo debido a su creciente demanda energética anual. Posterior a esto, para el año 2037 con demanda 50,939.42 kW.h, este se suministrará energía de la red eléctrica Electro Sur Este SAA de 1,857.73 kW.h y para el año 2042 a una demanda 65,962.66 kW.h este se suministrará energía de 16,880.97 kWh. Sin embargo, la totalidad de su inversión será recuperable con la inserción para el año 2029 siendo esto 7 años desde su puesta en servicio.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

2.1 Introducción

Este capítulo desarrolla los antecedentes que se basan en la información encontrada y referente a la idea propuesta; así como el desarrollo del marco teórico normativo. Siendo esta las fuentes tanto primarias como secundarias sobre las cuales se fundamenta y/o sustenta la presente tesis de ingeniera, para así tener una visión completa de los planteamientos teóricos sobre los cuales se fundamenta los problemas específicos y llegar al problema general. En tal sentido se tiene:

2.2 Antecedentes

2.2.1 *Internacional*

- (Rivera Espinosa, 2018). Diseño e Implementación de un Algoritmo para Obtener el Máximo Punto de Potencia en Paneles Solares.

Resumen:

Objetivo: Diseñar e implementar y optimizar un algoritmo que localice la potencia máxima (MPP) de un sistema (PV), que sea auxiliado por un convertidor de potencia con característica de alta ganancia. Metodología: se ha realizado una investigación con enfoque cualitativo a nivel descriptivo. Instrumentos de investigación: Documentos de archivos, fuentes online, y la simulación. La muestra: paneles solares policristalinos de 60 Wp. Resultados o conclusiones:

Según (Rivera Espinosa, 2018), Utilizando la carga electrónica como medio para caracterizar un panel fotovoltaico, es posible determinar sus parámetros eléctricos más importantes en condiciones típicas PV de operación en exterior. La curva de potencia vs voltaje resultante ayuda a seleccionar parámetros de diseño para el algoritmo P&O.

2.2.2 *Nacional*

- (Villón Farach, 2017). Generación Distribuida en Redes Secundarias en Arequipa.

Resumen:

Objetivo: Evaluar el impacto de la generación distribuida dentro de los parámetros de la red secundaria en la ciudad de Arequipa debido a la inserción de nuevas plantas de generación fotovoltaica. Metodología: se realizó una investigación del tipo descriptivo. La muestra: consumo de viviendas tipo A, B, C, D, E. Resultados o conclusiones:

Según (Villón Farach, 2017), La regulación de la generación distribuida en Perú no está claramente definida en todos los niveles de red secundaria, a pesar de que Arequipa tiene el potencial para la generación fotovoltaica y siendo factible esta para mejorar no solo la infraestructura eléctrica si no también la calidad de suministro eléctrico al usuario final.

- (Córdor, 2020). Generación distribuida con energías renovables en Perú.

Resumen:

Objetivo: Desarrollar propuestas para promover la generación distribuida, el uso de energías renovables para mejorar la competitividad energética del Perú y lograr un crecimiento económico sostenible. Metodología: se realizó una investigación del tipo cualitativo a nivel descriptivo. Instrumentos de investigación: Documentos de archivos, fuentes online, y la simulación. La muestra: redes eléctricas secundarias de Perú. Resultados o conclusiones:

Según (Córdor, 2020), La energía fotovoltaica hoy en día es muy importante porque se consigue a través de la radiación solar, siendo necesaria para el desarrollo del país, evitando así degradación ambiental; por ejemplo, tenemos dos países,

México y Brasil Tienen sistemas solares que pueden reemplazar en gran medida a los fósiles, p. carbón y petróleo. Así que producir energía renovable limpia ayudará a reducir significativamente las emisiones de gases de CO2 en el medio ambiente, donde en particular, daña en gran medida la capa de ozono de la Tierra

- (Barrionuevo, Rocca, & Rujel, 2022). Generación Distribuida Fotovoltaica

Resumen:

Objetivo: Determinar la manera en que la generación distribuida fotovoltaica mejorará la confiabilidad en el sistema eléctrico de Lunahuaná-2021. Metodología: se ha realizado una investigación con diseño cuasi experimental y tipo de investigación aplicativo con enfoque cuantitativo. Instrumentos de investigación: Documentos de archivos, fuentes online, y la simulación. La muestra: La Subestación de Transmisión San Vicente (SET) está ubicada en la Av. Mariscal Benavides, en el área de concesión de Luz del Sur, circuito radial alimentado por SET Cantera 220 kV.

Según (Barrionuevo, Rocca, & Rujel, 2022), La generación distribuida permite un rendimiento de confiabilidad optimizado para el sistema eléctrico de Lunahuaná a medida que reducen los cortes, los clientes afectados y los períodos sin entrega ya que con la generación distribuida operando en modo aislado, es una fuente de respaldo. Para hacer posible esta operación, es necesario un análisis profundo del sistema de protección; de tal manera disponer un funcionamiento adecuado de la infraestructura eléctrica (p.77).

- (Briones, 2017). Propuesta Técnica Económica De Un Sistema Fotovoltaico Para Generación De Energía Eléctrica, Del Caserío De Tumbadén Grande - San Pablo – 2017.

Resumen:

Objetivo: Desarrollar una propuesta tecnológica y económica de una planta de energía solar para determinar la posibilidad de generación de energía eléctrica en el corregimiento de Tumbaden Grande - San Pablo – 2017. Metodología: se realizó una investigación con diseño no experimental a nivel descriptivo. Instrumentos de investigación: Documentos de archivos, fuentes online, y la simulación. La muestra: 50 viviendas del caserío de Tumbadén Grande provincia de San Pablo departamento, Cajamarca.

Según (Briones, 2017). El sistema fotovoltaico que implemento, fue una gran solución para las crecientes demandas eléctricas. Él alega que es necesario y se tiene que solucionar utilizando tecnologías limpias como es el caso de la generación fotovoltaica ya que no tienen efectos secundarios con el medio ambiente; demostrando así, que la generación fotovoltaica tiene un efecto positivo.

2.2.3 Local

- (Quispe & Pocori., 2021). Estudio del sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a la red eléctrica y uso eficiente de energía del instituto Blue Ribbon Internacional Cusco.

Resumen:

Objetivo: Realizar un estudio del sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a la red eléctrica y uso eficiente de energía del instituto Blue Ribbon Internacional Cusco. Metodología: se ha realizado una investigación del tipo descriptivo propositivo y aplicativo con enfoque cuantitativo y diseño análisis documental, evaluativo propositivo y de desarrollo. Instrumentos de investigación: Documentos de archivos, fuentes online, y la simulación. La muestra: la infraestructura del Instituto Ribbon Internacional Cusco.

Según (Quispe & Pocori., 2021), la tesis de autoconsumo fotovoltaico con conexión a la red eléctrica y el uso eficiente de la energía reduce los costos por la tarifa eléctrica así como la reducción de las pérdidas técnicas en la red secundaria BT mejorando las caídas de tensión en cola que pertenece al alimentador DO-05.

2.3 Bases conceptuales

2.3.1 Simulación

Según (SciELO.org, 2014), la simulación viene a ser una herramienta muy importante que tiene el fin de evaluar y analizar nuevos sistemas o ya existentes. Permitiéndonos así la predicción del proceso real, así como su validación para lograr su óptima configuración.

2.3.2 Energía eléctrica.

Según (Curo, 2022), Se considera energía eléctrica al movimiento de electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, dando lugar a la llamada corriente eléctrica y se mide en kWh.

2.3.3 Demanda máxima.

Según (Curo, 2022), la Demanda Máxima, Es la demanda medida en kilovatios durante un período de 15 minutos en el que el consumo de energía es mayor que en cualquier otro momento. Cuanto mayor sea la demanda de energía en un momento determinado dentro de los 15 minutos. mayor es su facturación, se mide en Watt.

2.3.4 Algoritmo de un panel solar en Matlab

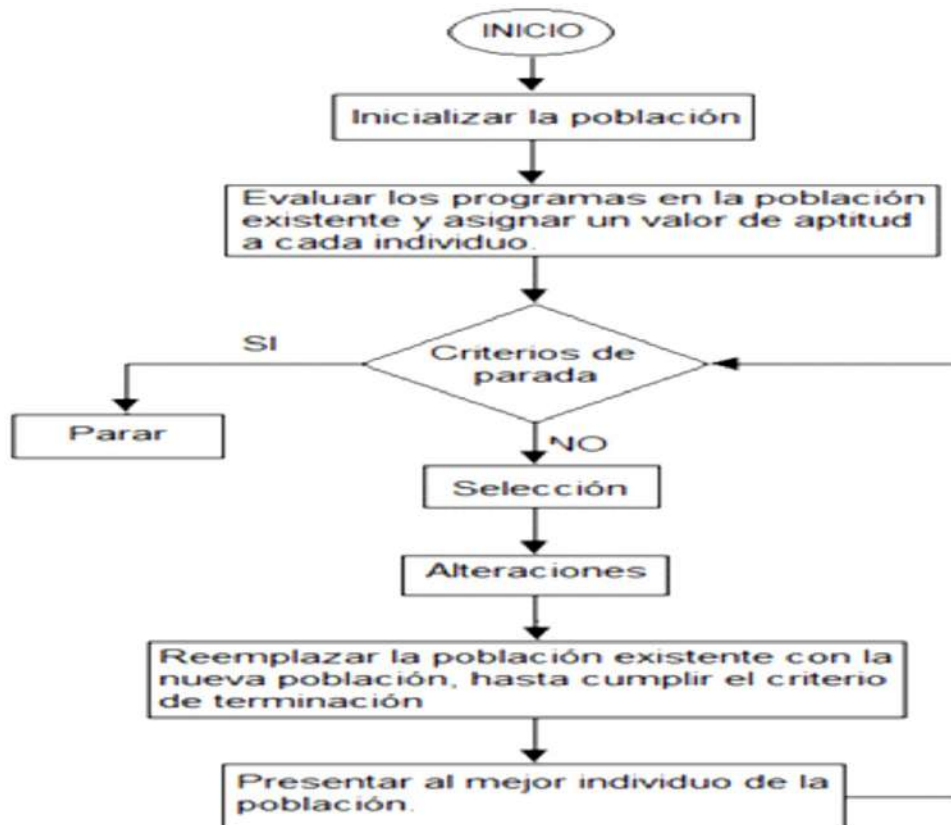
Según (SciELO.org, 2014), el término algoritmo hace referencia a la secuencia de pasos finitos y bien definidos para resolver un problema. Es decir, desarrolla procedimientos que te permita obtener una solución a un problema a partir de los

datos de entrada y se puede entender como la secuencia de pasos de forma ordenada o jerárquica a partir de un dato de entrada.

El ejemplo de algoritmo se muestra en la figura 2.1:

Figura 2. 1

Modelo del diagrama de flujo para un algoritmo genético.



Fuente: (SciELO.org, 2014)

2.3.5 Modelo matemático de un panel fotovoltaico.

Según (Gil, 2008), “El modelo matemático es un modelo que usa fórmulas matemáticas para expresar las relaciones entre varias variables, parámetros y restricciones”.

2.3.5.1 Ecuación característica del panel fotovoltaico.

Con el fin de seleccionar y modelar correctamente los paneles fotovoltaicos, se estudiaron varios modelos propuestos en la literatura para el modelado de estos

dispositivos. Se descubrió que un modelo ampliamente utilizado se basaba en el circuito electrónico de una celda solar con un diodo de unión PN ideal, factores de ajuste de curvas, fuentes de corriente ideales y resistencias en serie y en paralelo.

El inconveniente de estos modelos es que requieren datos experimentales que no están incluidos en la hoja de datos técnicos (como resistencia en serie y en paralelo), así como métodos iterativos y valores idealizados, para hacer coincidir la curva I-V con la de una celda específica o panel específico.

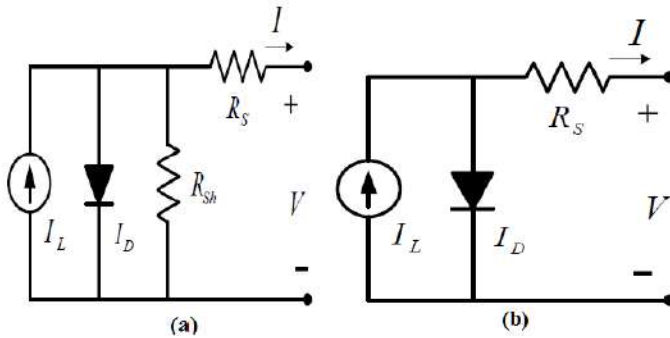
Considerando lo anterior, el modelo escogido para la simulación de paneles solares es el modelo propuesto por Ortiz en su tesis doctoral “Modelado y Análisis de la Producción de Energía Solar Distribuida” de la Universidad de Michigan, cuya principal ventaja es que solo se pueden encontrar los parámetros de ajuste de la curva directamente de la ecuación I-V (Gil, 2008).

Los demás parámetros son obtenidos de la hoja de datos del dispositivo FV que se desee modelar. Con este modelo se puede representar el panel FV, para valores dinámicos de irradiación y temperatura, sin necesidad de hacer conexiones serie-paralelo de las células FV internas del panel. La ecuación propuesta en Gil (2008) para representar la relación I-V del panel FV es la siguiente:

Otros parámetros se toman de la hoja de datos del dispositivo fotovoltaico que se está modelando. Usando este modelo, es posible representar los valores dinámicos de la irradiancia y la temperatura del panel solar sin usar la conexión en serie-paralelo de las celdas solares internas del panel.

Figura 2. 2

Modelo del panel solar.



Nota: a) Modelo General b) Modelo Simple.

Fuente: Elaboración propia.

La ecuación presentada en (Gil, 2008) para la relación I-V de un panel solar es la siguiente:

$$I(V) = \frac{I_x}{1 - e^{\left(\frac{-1}{b}\right)}} \left[1 - e^{\left(\frac{V}{bV_x} - \frac{1}{b}\right)} \right] \quad (2.1)$$

Donde: V_x e I_x son voltajes de circuito abierto y corriente de cortocircuito respectivamente y están definidos por:

$$V_x = S \frac{E_i}{E_{iN}} TC_V (T - T_N) + S V_{max} - S (V_{max} - V_{min}) e^{\left(\frac{E_i}{E_{iN}} \ln\left(\frac{V_{max} - V_{OC}}{V_{max} - V_{min}}\right)\right)} \quad (2.2)$$

$$I_x = P \frac{E_i}{E_{iN}} [I_{SC} + TC_i (T - T_N)] \quad (2.3)$$

Donde:

b: Constante característica del panel (sin unidad).

S: Número de paneles en serie.

P: Número de paneles en paralelo.

E_i : Irradiación efectiva a la que opera el panel.

E_{iN} : Constante de irradiación de 1000 W/m².

T: Temperatura de operación a la que opera el panel.

T_N : Constante de temperatura de 25°C.

V : Tensión del panel (es la variable independiente que nosotros tomamos en un rango de 0 a 50 voltios para un módulo fotovoltaico).

V_{oc} : Voltaje de circuito abierto.

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del panel.

TC_i : Coeficiente de corriente del panel.

TC_v : Coeficiente de voltaje del panel.

V_{max} - V_{min} : son valores de voltaje de circuito abierto para los niveles de irradiación menores a 200 W/m² y mayores a 1200W/m² con una temperatura de operación de 25°C. Estos valores rondan el 85% de V_{oc} para V_{min} y el 103% de V_{oc} para el caso de V_{max} .

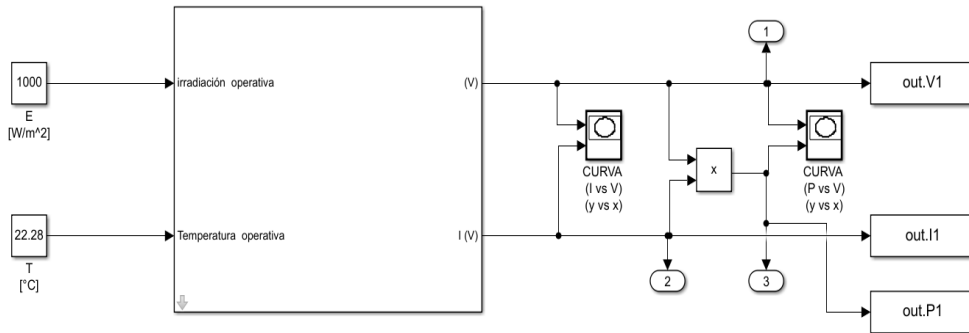
Las Ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3 son utilizados para el modelamiento del panel FV en Matlab-Simulink y en diferentes condiciones de operación.

2.3.6 Diagrama de bloques de un panel solar en Matlab-Simulink

Según (SciELO.org, 2014) un diagrama de bloques es una representación que facilita la comprensión del funcionamiento del control de un sistema, ya que esta representa gráficamente la función de cada elemento físico del sistema. La figura 2.3, muestra un ejemplo del diagrama de bloques implementado en Matlab-Simulink a partir de la ecuación característica del panel fotovoltaico $I(V)$.

Figura 2.3

Diagrama de bloque de un panel solar.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Irradiancia ($E \text{ W/m}^2$) y la temperatura ($T \text{ }^\circ\text{C}$) son datos de ingreso para obtener la máxima potencia a partir de los resultados de las gráficas del oscilograma ($I \text{ vs } V$, $P \text{ vs } V$) y out.V1 , out.I1 , out.P1 son bloques de almacenamientos de valores instantáneos de salida en tensión, corriente, potencia y (1),(2),(3) son puertos de salida de los resultados.


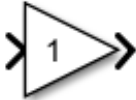


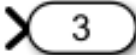
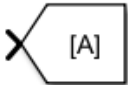
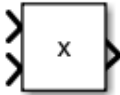



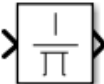
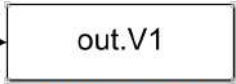
2.3.6.1 Principales bloques utilizados en Matlab-Simulink.

Los principales bloques a utilizar para modelar el panel fotovoltaico a partir de su ecuación característica en Matlab-Simulink son los siguientes:

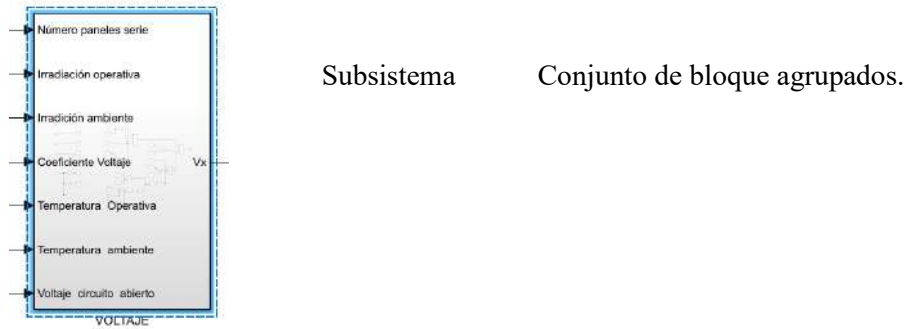
Tabla 2.1

Principales bloques utilizados en Matlab Simulink.

Símbolo	Nombre	Descripción
	In	Bloque datos de entrada (puerto entrada).
	From	Bloque que permite pasar una señal de un bloque a otro sin conectarlos realmente.
	Add	Bloque de suma, resta de forma matricial, escalar o vectorial.

	From Workspace	Lee datos en un modelo desde un espacio de trabajo y proporciona los datos como una señal en la salida del bloque.
	Gain	El bloque Ganancia multiplica la entrada por un valor constante (ganancia). Puede ser valores escalares, un vector o una matriz.
	Divide	Bloque que divide valores escalares, vectores o matrices.
	Sum	Bloque que sumar o restar entradas
	Out	Crear puerto de salida para subsistema o salida externa.
	Goto	Pasar datos de entrada desde de un bloque a otro bloque
	Product	Multiplicar y dividir escalares y no escalares o multiplicar e invertir matrices
	Constan	Bloque que genera un valor constante
	XY Graph	Muestre la gráfica X-Y de las señales usando la ventana de figuras de MATLAB
	Math Function	Realizar función matemática de forma exponencial
	Reciprocal	Bloque que multiplicar, dividir escalares, no escalares o multiplicar e invertir matrices
	To Workspace	Bloque de almacenamiento en el Workspace de Matlab.

To Workspace



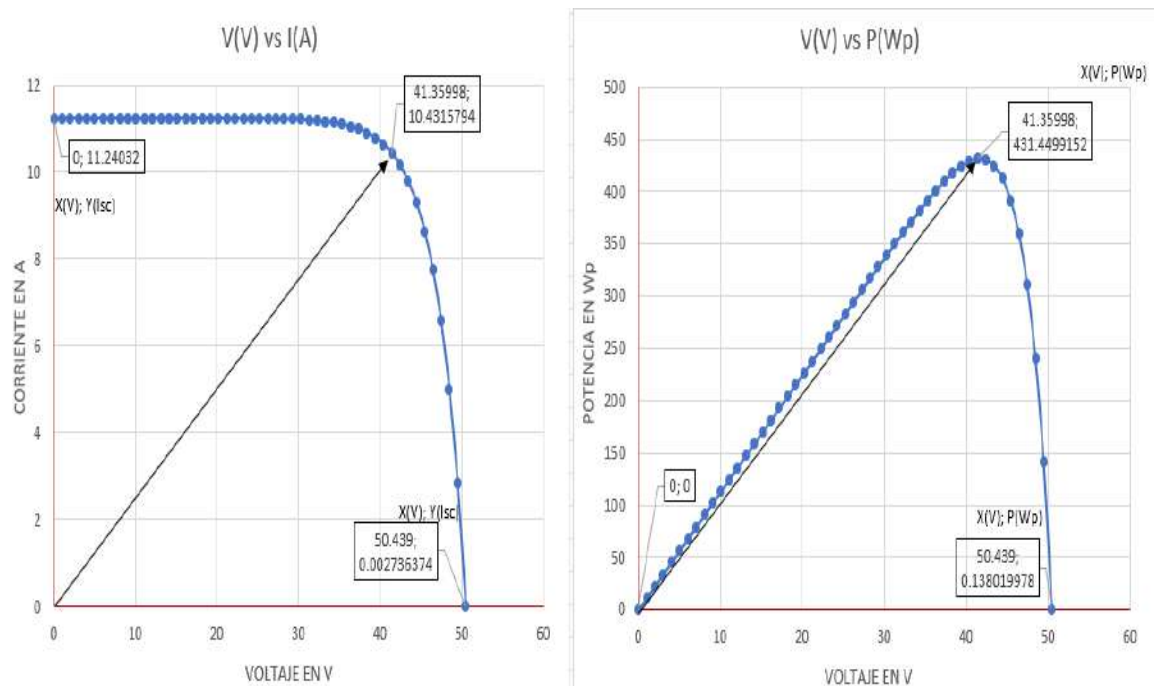
Fuente: Bloques correspondientes a Matlab versión R2021a.

2.3.7 Potencia pico óptima de la generación fotovoltaica en Matlab Simulink.

Una vez implementado el diagrama de bloques en Matlab a partir de modelo matemático del panel fotovoltaico, se obtendrá las potencias máximas generadas por cada panel solar (figura 2.4), ya que estos datos nos servirán para simular en el Digsilent y evaluar la micro generación fotovoltaica de autoconsumo con conexión a la red eléctrica en BT, juntamente con las mejoras técnicas económicas.

Figura 2.4

Curva V vs I y V vs P del panel fotovoltaico.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.8 Generación Fotovoltaica

2.3.8.1 Radiación solar

Según (Romero, 2015), define como la energía electromagnética producida por la fusión del hidrógeno en el sol. La energía solar, la energía que llega a la tierra a través de la atmósfera durante el año, es aproximadamente 1/3 de la energía total que recibe la tierra fuera de la atmósfera, de la cual el 70% llega al océano y el resto de energía de $1,5 \times 10^{17}$ kWh llega al continente. La radiación solar recogida en superficies exteriores a la atmósfera perpendiculares a los rayos del Sol se conoce como constante solar, igual a 1353 W/m^2 , que varía un $\pm 3\%$ durante el año debido a la elipse de la órbita terrestre. El pico promedio en la superficie de la Tierra es de aproximadamente 1000 W/m^2 en condiciones óptimas de luz solar del mediodía y del verano.

Los componentes de la radiación solar son:

1. Radiación directa

A pesar de ser filtrada por la atmósfera, la luz solar es captada directamente sin cambiar su trayectoria.

2. Radiación difusa

Formado por rayos esparcidos en la atmósfera en la dirección del receptor. En días completamente nublados, toda la radiación disponible es difusa.

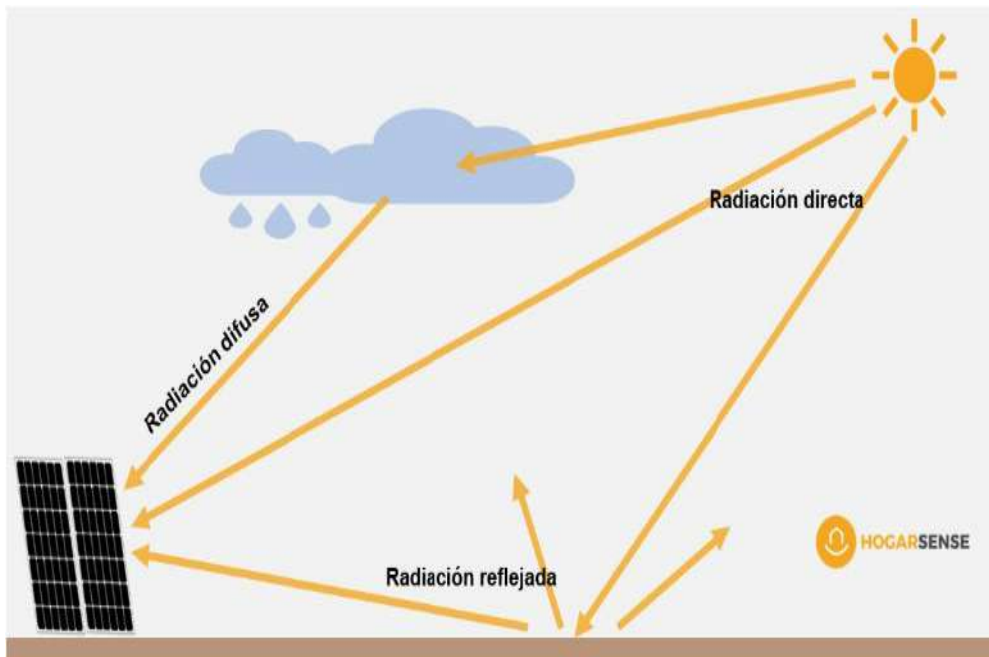
3. Radiación reflejada o de albedo

Como sugiere su nombre, es la radiación que se refleja desde la superficie de la Tierra hacia el receptor. Según **Santamaría & Castejón (2010)**, este tipo de radiación depende de montañas, lagos, edificios, etc. Alrededor del destinatario.

Resumiendo: la radiación solar se emite en todas las longitudes de onda, alcanzando su punto máximo en el rango visible.

Figura 2. 5

Componentes de la Radiación Solar



Fuente: (HOGARSENSE, 2023)

2.3.8.2 Irradiación solar

Según (Romero, 2015). Define la irradiación a la cantidad de brillo instantáneo, es decir, la unidad de energía/tiempo que recibe una superficie de 1 metro cuadrado en un momento o momento determinado. Es la cantidad de radiación recibida en un determinado periodo de tiempo, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y unidad de área. Normalmente se mide en W/m^2 .

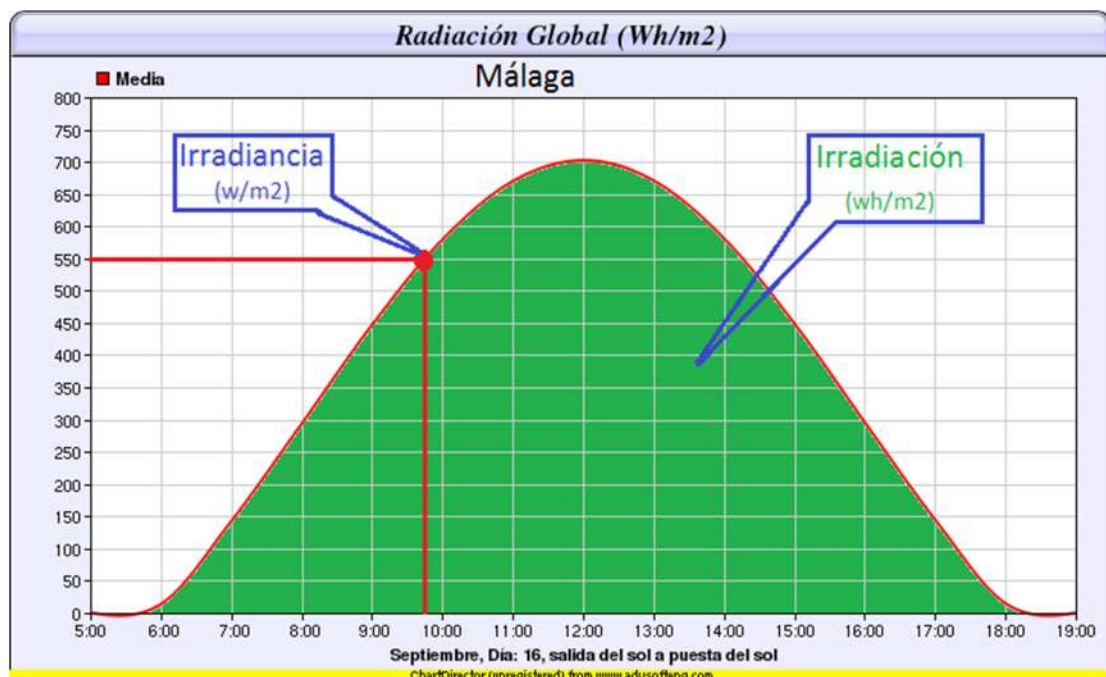
En pocas palabras, la irradiancia es la potencia de la radiación que cae sobre una superficie, por lo que las unidades son W/m^2 o kW/m^2 .

2.3.8.3 Hora solar pico HSP.

Según (Romero, 2015). La hora pico de sol o la hora solar pico (HSP) es la unidad que mide la irradiación solar. Definiéndose como la energía por unidad de superficie que recibiría de una hipotética irradiancia solar constante de $1000 W/m^2$

Figura 2. 6

Representación de la HSP.



Fuente: (Romero, 2015)

2.3.8.4 Energía solar fotovoltaica

Viene a ser la conversión directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación tiene lugar en unidades denominadas paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la luz solar excita los electrones en los dispositivos semiconductores, creando una pequeña diferencia de potencial. La conexión de estos dispositivos en serie puede lograr una mayor diferencia de potencial (Romero, 2015).

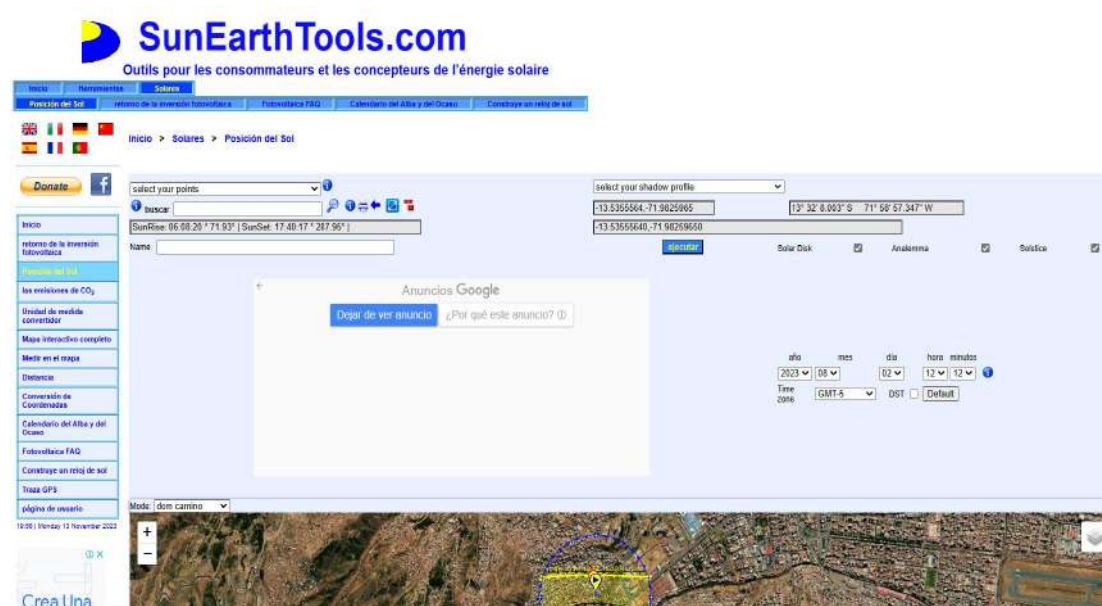
2.3.8.5 Trayectoria del sol

El ángulo del eje de rotación de la Tierra con respecto al Sol en diferentes épocas del año se denomina trayectoria del solar. Este movimiento está relacionado con las estaciones y, por supuesto, con los diferentes ángulos de radiación solar.

Para el cálculo de la trayectoria de sol existen muchos asistentes online como es el caso de: SunEarthTools.com. calcula tanto en coordenadas cartesianas como en polares, cálculo de la posición del sol, elevación, azimut. La figura 2.7 muestra un ejemplo de la vista previa para el cálculo de la trayectoria del sol.

Figura 2. 7

Vista ventana SurEarthTools.com



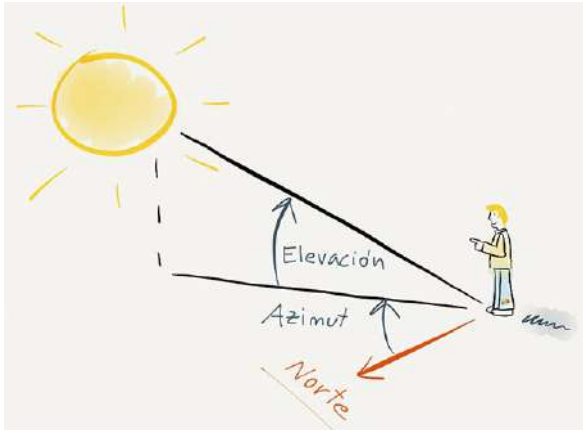
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Asistente del cálculo para trayectoria del sol disponible en:

https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

Figura 2. 8

Entendiendo el azimut y la elevación.



Nota: El azimut determina la orientación de los módulos fotovoltaicos (Angulo que forma con el norte), mientras que la elevación determina la inclinación.

Fuente: (MANRIQUE, 2017)

2.3.8.6 Determinación de la radiación solar

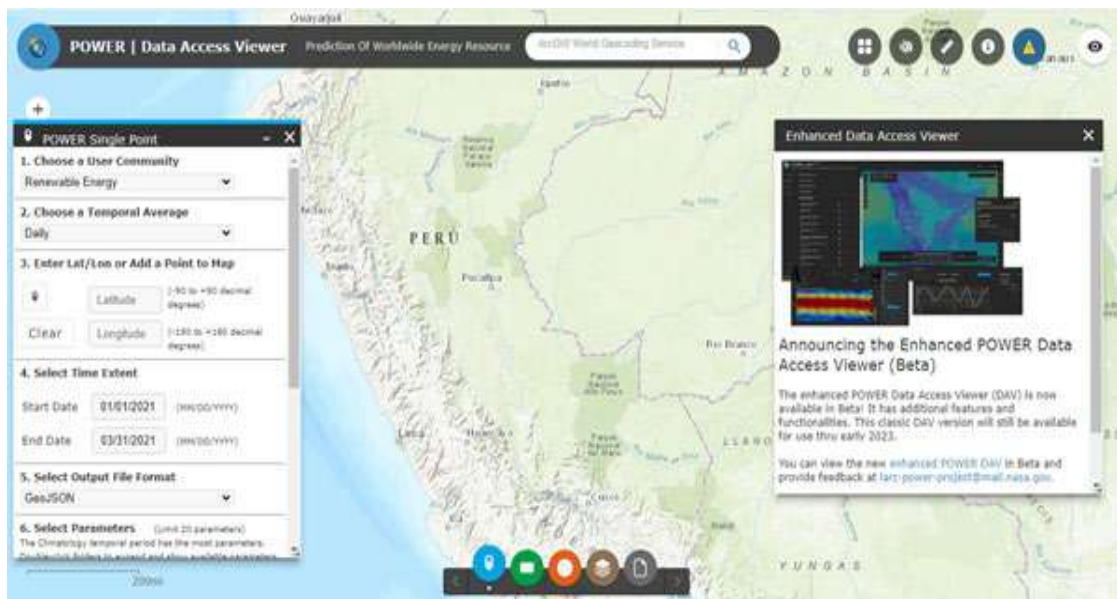
Siendo la más conocida y a su vez confiable la página denominada: Atmospheric Science Data Center- NASA. Esta proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para apoyar la energía renovable, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas.

Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>

La figura 2.9 muestra la interfaz de la página web.

Figura 2.9

Vista web Atmospheric Science Data Center- NASA



Nota: disponible en la página web: <https://power.larc.nasa.gov/>

Fuente: Elaboración propia.

2.3.8.7 Parámetros de un panel fotovoltaico

La potencia de un sistema solar tiene unos parámetros eléctricos estandarizados denominados potencia pico (Wp), que corresponde a la potencia máxima que puede emitir un módulo individualmente o en su conjunto en condiciones estandarizadas. Estos parámetros son condiciones de medición estándar (CEM) como (Pareja, 2015):

- Irradiación de 1000 W/m² (1Kw/m²).
- Temperatura de célula de 25° C (temperatura ambiente)
- A.M. de 1.5 (cantidad de Masa de Aire que tiene que atravesar un rayo de sol)

A continuación, se muestran los principales parámetros y características de los paneles solares:

1. Corriente de cortocircuito (ISC)

Es el valor de la corriente que circula por la placa. cuando la tensión en sus terminales es cero, $V = 0$, que es la máxima corriente que se puede obtener si se conecta directamente (idealmente) a los terminales del panel solar cuando este actúa como generador; por otro lado, es la máxima intensidad que se puede conseguir en el panel. Se calcula midiendo el flujo de corriente entre los terminales del panel cuando se produce un cortocircuito. Medido en Amperios (A) (Pareja, 2015).

2. Tensión de circuito abierto (VOC):

Es el voltaje máximo (en voltios) que entregará el panel desconectado (en el aire), es decir, si colocamos un voltímetro entre los terminales del panel a la luz del sol y desenchufado, entonces este voltaje será algo que podamos medir. Este dato es muy importante porque los controladores de carga, inversores de red, etc. deben tenerse en cuenta (Pareja, 2015).

3. Punto de máxima potencia (P_{MAX}):

Esta es la potencia máxima que el panel puede entregar a la carga. Se mide en vatios (W). Según (Pareja, 2015), es el valor de potencia máxima que se obtiene al multiplicar la corriente y el voltaje de salida del módulo o panel de celdas solares ($PMP = IMP \times VMP$). También conocida como máxima potencia, es muy utilizada en ordenadores para dispositivos de red.

4. Eficiencia o rendimiento:

Es la relación entre la potencia eléctrica máxima (P_{MAX}) que el panel solar puede entregar a la carga y la potencia de radiación solar P₁ que incide sobre el panel (típicamente un valor empírico de alrededor del 10%) (Pareja, 2015).

5. Factor de forma (FF):

Esto está estrictamente relacionado con la potencia máxima del panel y el producto $I_{sc} \times V_{oc}$. Y a través de este factor podemos juzgar o entender claramente la calidad del panel. Su valor empírico suele estar entre 0,7 y 0,8 (Pareja, 2015).

Figura 2. 10

Ejemplo Parámetros característicos del panel solar

Electrical Characteristics

STC	AD310Q6-Aa	AD315Q6-Aa	AD320Q6-Aa	AD325Q6-Aa
Maximum Power at STC (Pmax)	310W	315W	320W	325W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	37.21V	37.44V	37.68V	37.92V
Optimum Operating Current (Imp)	8.33A	8.41A	8.49A	8.57A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.07V	46.37V	46.68V	46.98V
Short Circuit Current(Isc)	8.83A	8.89A	8.95A	9.01A
Module Efficiency	15.98%	16.23%	16.49%	16.75%
Operating Temperature	-40~85°C	-40~85°C	-40~85°C	-40~85°C
Maximum System Voltage	1000V DC	1000V DC	1000V DC	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	15A	15A	15A	15A
Power Tolerance	0W~+5W	0W~+5W	0W~+5W	0W~+5W

STC: Irradiance of 1000W/m², spectrum AM=1.5, module temperature of 25°C

Mechanical Characteristics

Cell Type	Polycrystalline 156×156mm(6 inches)
Number of Cells	72(6×12)
Dimensions	1956×992×40mm
Weight	22kg
Front Cover	Tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
Standard Packaging (Modules per Pallet)	26pcs

Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.42%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.06%/°C

*Specifications included in this datasheet are subject to change without further notification.

Fuente: Fabricante Aide Solar, Panel Policristalino.

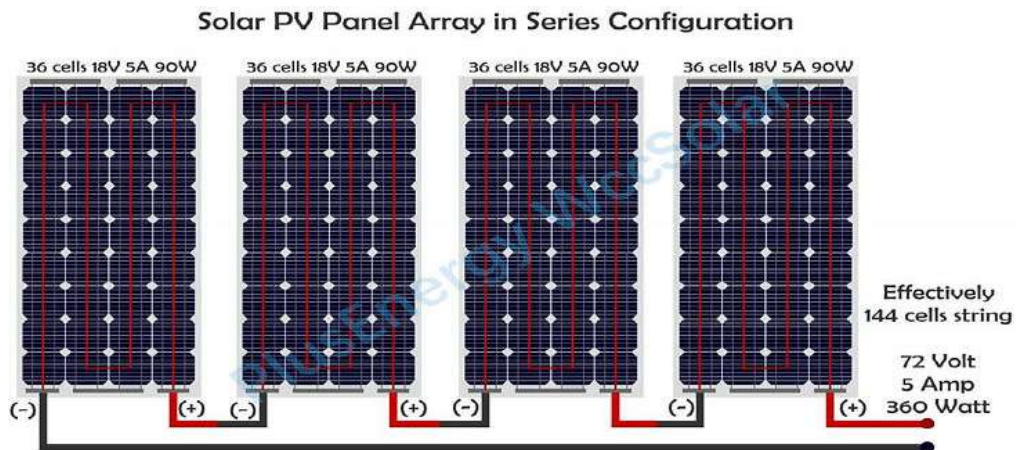
2.3.8.8 Arreglo o conexión de módulos fotovoltaicos.

El arreglo fotovoltaico (PV) es un grupo de módulos conectados en serie para aumentar el voltaje o en paralelo para aumentar la corriente. Las características eléctricas de este arreglo son similares a las características eléctricas de un solo

módulo, la potencia, corriente y voltaje varían dependiendo de la cantidad de módulos conectados en serie y paralelo, lo que nos lleva al arreglo fotovoltaico como se muestra a continuación:

Figura 2. 11

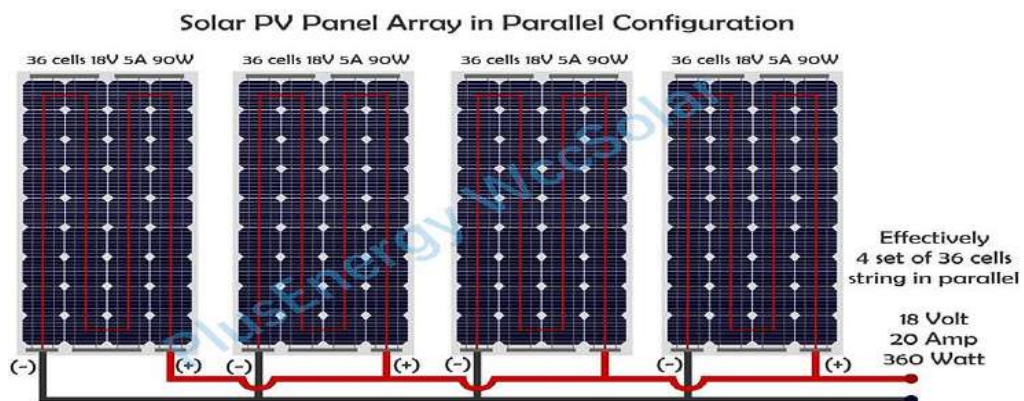
Arreglo en serie del módulo fotovoltaico - incremento del voltaje.



Fuente: (SOLAR, 2018)

Figura 2. 12

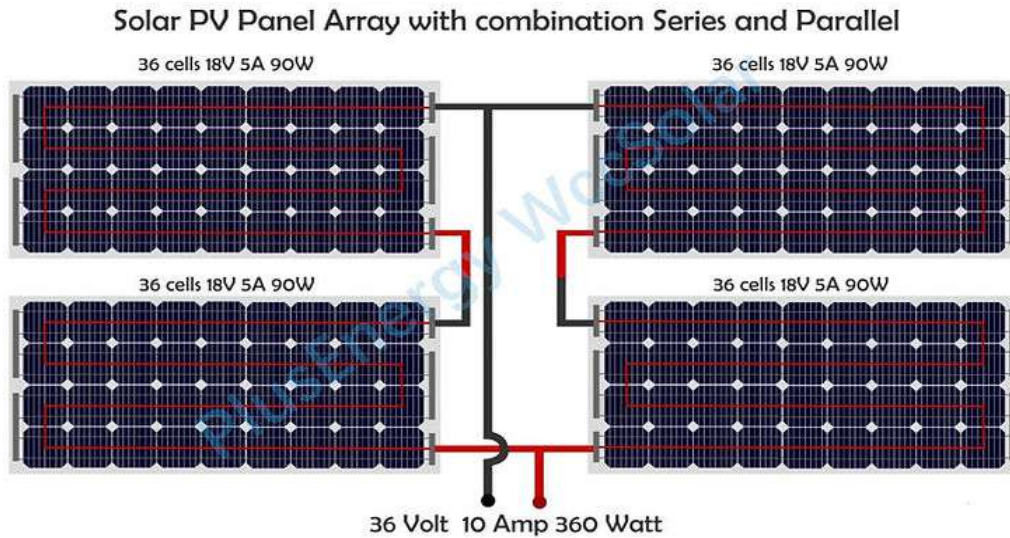
Arreglo en paralelo del módulo fotovoltaico - incremento de la corriente



Fuente: (SOLAR, 2018)

Figura 2. 13

Arreglo en serie-paralelo del módulo fotovoltaico – incremento del voltaje y corriente.



Fuente: (SOLAR, 2018)

2.3.8.9 Inversor

Un inversor es un dispositivo que cambia o transforma un voltaje de entrada de CC en un voltaje de salida de CA simétrico (onda sinusoidal, onda cuadrada u onda triangular) cuya amplitud y frecuencia cumplen con los requisitos del usuario o diseñador y la red eléctrica propiamente dicha.

Figura 2. 14

Inversor fotovoltaico.



Fuente: (AUTOSOLAR, 2013)

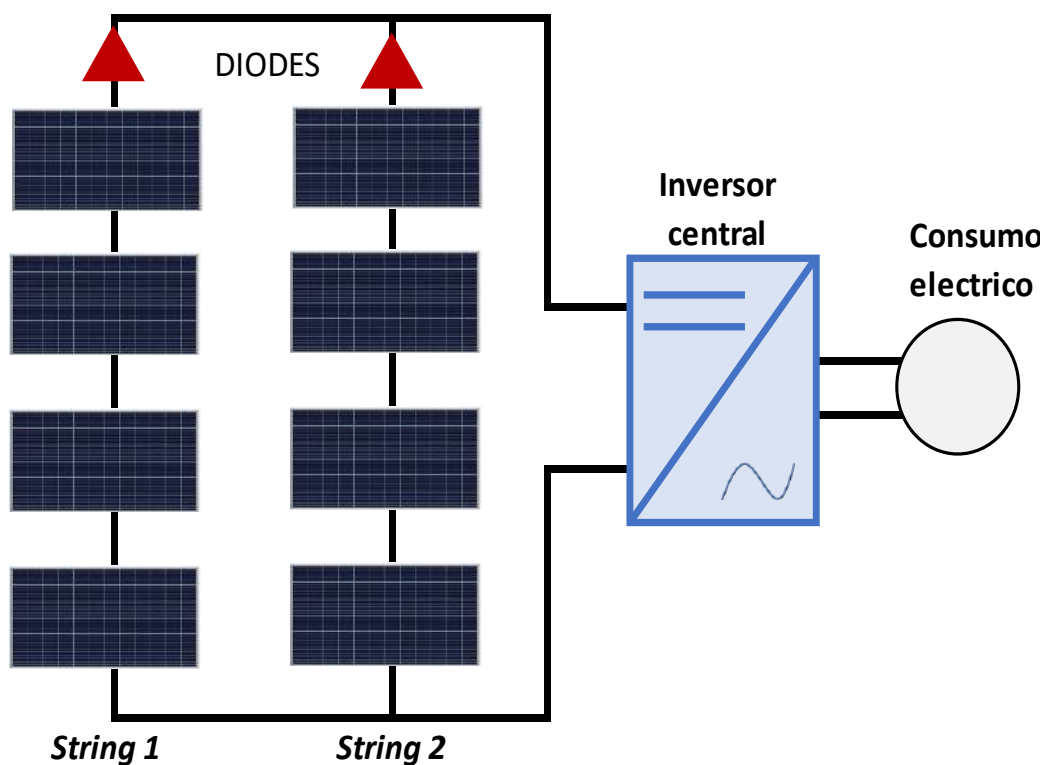
2.3.8.10 Tipos de conexiones del inversor fotovoltaico en BT.

1. Sistema PV con inversor central.

La figura 2.15 muestra la conexión típica para conectar estos módulos a la red. Los diodos en cada string se utilizan para evitar que la corriente fluya en la dirección opuesta a la polaridad del arreglo fotovoltaico.

Figura 2. 15

Arreglo PV con inversor central



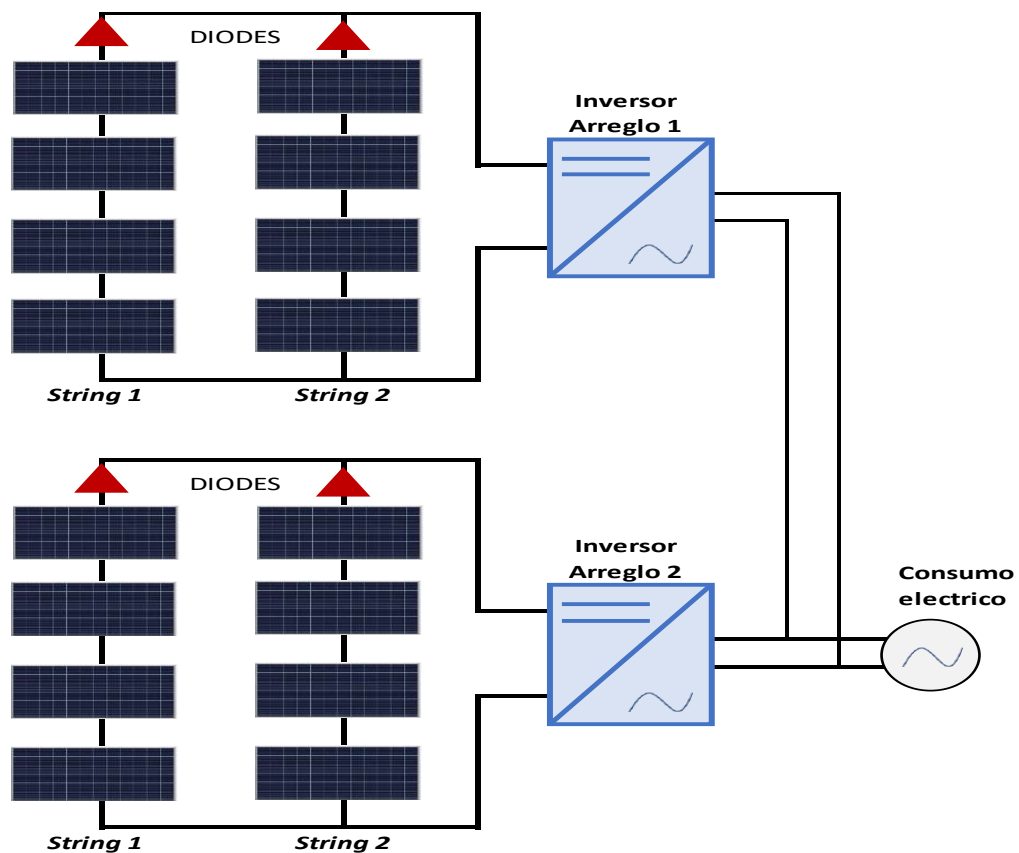
Fuente: Elaboración propia.

2. Sistema PV con inversor por cada PV String.

La figura 2.16, muestra varios módulos fotovoltaicos conectados en serie, donde cada arreglo está conectada a la red. Comparado con la figura 2.15, esta conexión es más costosa porque se necesitan más inversores al final de cada string.

Figura 2. 16

Arreglo PV con inversor por cada PV String.



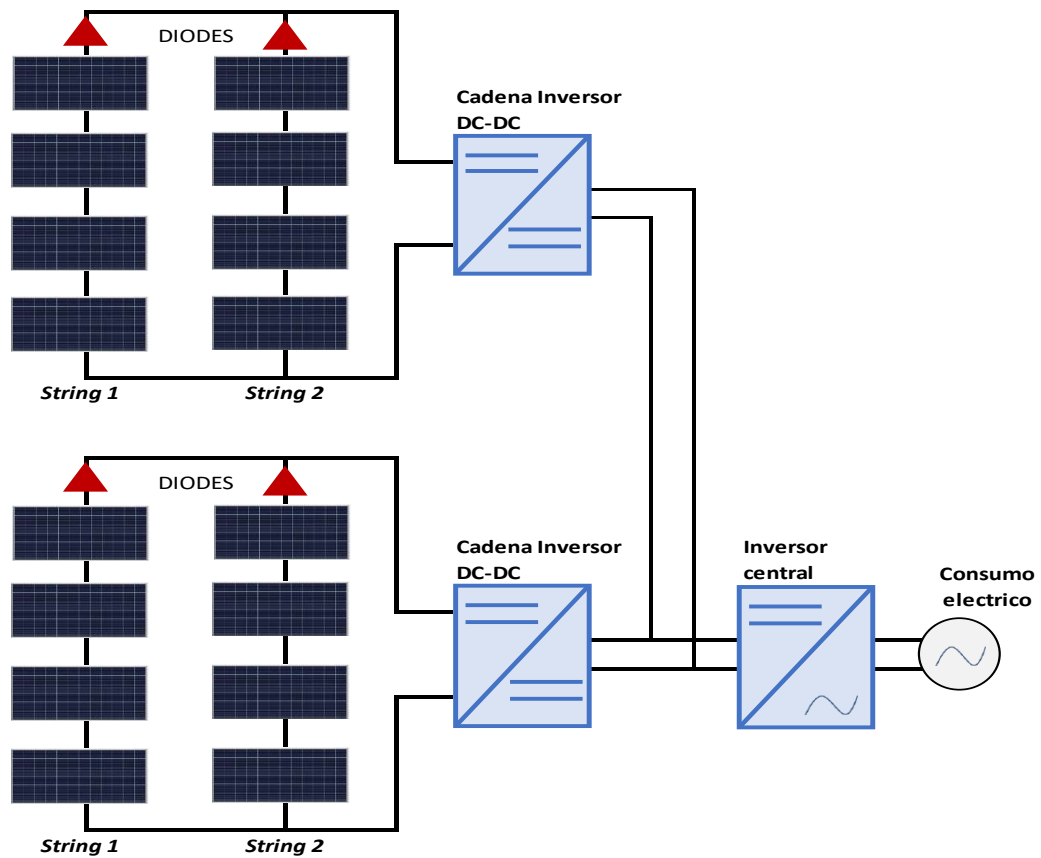
Fuente: Elaboración propia.

3. Sistema PV con inversor central y convertidores.

La Figura 2.17 muestra un diseño con un convertidor DC-DC (Boost) para cada string utilizando un solo inversor para la conexión a la red. La salida de cada convertidor está conectada a un bus de CC común que está conectado a la entrada del inversor. Estos convertidores DC-DC se utilizan para corregir las caídas de tensión que se pueden producir en los módulos solares debido a las fluctuaciones de la intensidad solar en cada string, lo que puede provocar pérdidas de eficiencia, así como la degradación de los módulos. La ventaja es que la introducción de los convertidores DC-DC se usa para reducir la pérdida y aumentar el nivel de voltaje a la entrada del inversor (Quispe & Pocori., 2021).

Figura 2. 17

Arreglo PV con inversor central y convertidores.



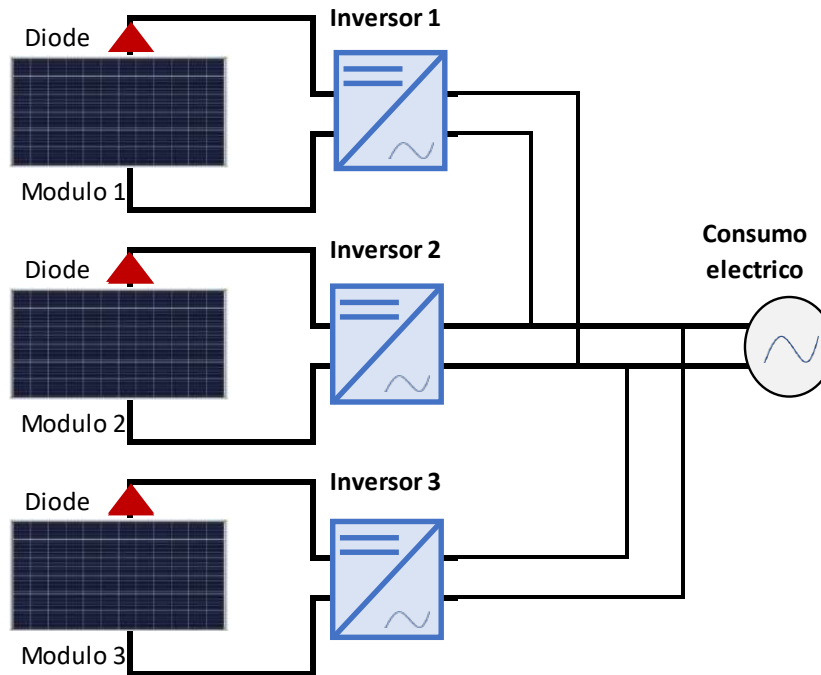
Fuente: Elaboración propia.

4. Sistema PV con inversor por cada módulo fotovoltaico.

En la figura 2.18, cada módulo fotovoltaico tiene su propio inversor, lo que garantiza la estabilidad del sistema. Esta topología facilita la conexión de varios módulos fotovoltaicos en serie o en paralelo con los módulos existentes. Con este sistema también se aumenta la confiabilidad, ya que en caso de falla de uno o más módulos, se duplica la producción de energía y la inversión, y se reducen o reducen las pérdidas técnicas por fluctuaciones de voltaje de los módulos fotovoltaicos, ya que cada inversor es responsable de una salida ajustable. Voltaje. Su principal desventaja es el costo, ya que los costos de inversión inicial aumentan con la cantidad de módulos inversores requeridos.

Figura 2. 18

Arreglo PV con inversor por cada módulo fotovoltaico.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.8.11 Autoconsumo con conexión a la red eléctrica

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red tienen la función de generar electricidad e inyectarlas íntegramente a la red convencional, y normalmente no incluyen dispositivos de almacenamiento de energía, ya que no necesitan cubrir necesidades de consumo directo. Generalmente, SFCR consta de generadores solares, inversor de CC/CA y un conjunto de dispositivos de protección eléctrica.

Desde el punto de vista de la continuidad del servicio, un sistema con esta configuración es más fiable que un sistema aislado, ya que no es posible un suministro alternativo o simultáneo en caso de fallo o aumento de la demanda máxima. Como todos sabemos, el objetivo de un sistema conectado a la red es inyectar la mayor cantidad de energía posible a la red. Se debe tener en cuenta el caso especial cuando el sistema está conectado a una red sin almacenamiento, donde la

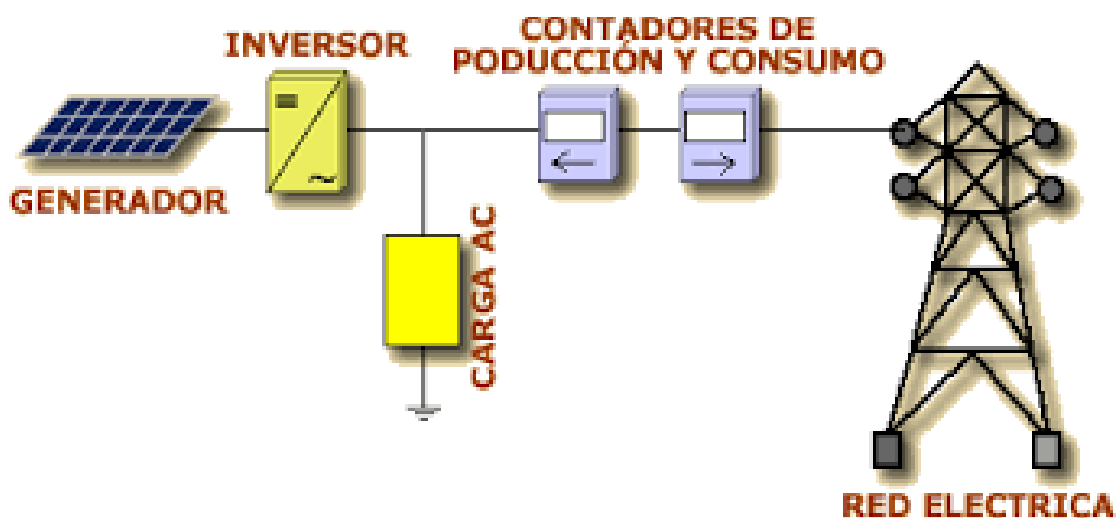
propia red actúa como una batería de baterías con capacidad ilimitada y la carga está representada por los usuarios conectados a la red. Ver figura 2.19.

Los componentes que priman un sistema fotovoltaico conectados a la red eléctrica son:

- Modulo fotovoltaico.
- Estructuras y cimientos
- Regulador de voltaje
- Controlador de carga para batería
- Inversión DC-AC
- Baterías o acumuladores
- Instrumentos de medida
- Interruptores
- Red eléctrica circundante
- Cerco de seguridad
- Medidor o contador bidireccional

Figura 2. 19

Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.



Fuente: (Villegas & Alcivar, 2020)

2.3.8.12 Medidor bidireccional.

En los sistemas fotovoltaicos conectados a red, la salida del inversor requiere de un contador de energía bidireccional o contador que mide la energía suministrada o consumida por la red y marca el límite entre nuestro sistema y la red de distribución.

Luego, los medidores deben medir la energía producida por el sistema fotovoltaico que alimenta a la red. Para ello, se recomienda utilizar un contador de energía inteligente bidireccional trifásico de 100 A de la marca italiana ALGODUE - ELETTRÓNICA, modelo UPM209, diseñado para instalaciones fotovoltaicas, como se muestra en la Figura 2.20.

Figura 2. 20

Medidor Bidireccional.



Fuente: Medidor inteligente bidireccional trifásico ALGODUE UPM209 - 100 A.

2.3.8.13 Flujo de potencia de una generación fotovoltaica en Digsilent.

Uno de los procedimientos de cálculo más utilizados en el análisis de sistemas de potencia es el cálculo del flujo de potencia. La planificación, el diseño y la operación del sistema de energía requieren los siguientes cálculos para analizar el rendimiento de estado estable del sistema de energía en diversas condiciones de operación y para investigar los efectos de los cambios de configuración y equipo frente a la interconexión operativa de los sistemas fotovoltaicos (Gonzales, 2016).

La solución de flujo se realiza mediante un programa informático especialmente desarrollado para este fin como es el caso del Software Digsilent Power Factory versión 15.1.7. El problema básico del flujo de corriente es: dado el flujo de corriente consumido por todos los buses y la corriente producida por cada generador en una configuración conocida del sistema de potencia, encuentre el flujo de corriente y el voltaje en cada línea de red de interconexión y transformador y el tamaño de cada bus. ángulo de fase en la línea (Gonzales, 2016).

El análisis de la solución a este problema en múltiples condiciones puede ayudar a garantizar que el sistema de energía esté diseñado para cumplir con sus criterios de rendimiento al mismo tiempo que proporciona los costos operativos y de capital más favorables.

Algunos estudios de flujo de potencia son determinar lo siguiente:

- Componente o carga de circuitos.
- Voltajes de barra de régimen permanente.
- Corrientes en línea.
- Flujo de potencia reactiva.
- Ajuste de Tap's de transformadores
- Pérdidas del sistema

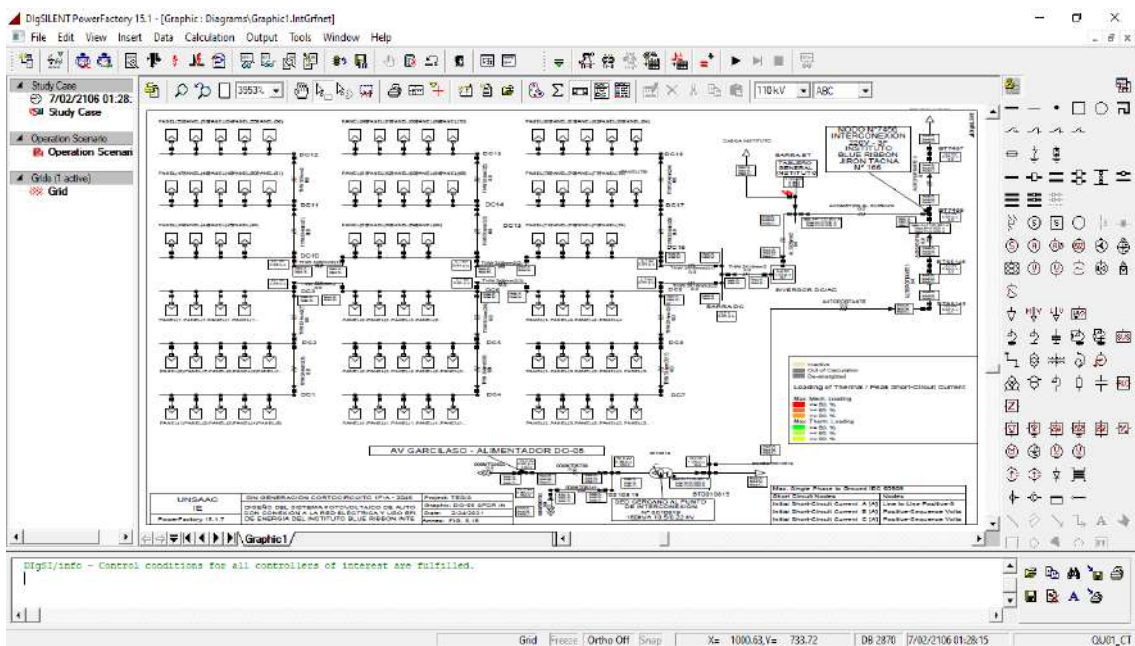
- Ajuste de voltaje de excitación del generador/regulador.
- El rendimiento en condiciones de emergencia.

La figura 21 muestra la interfaz del Software Digsilent Power Factory versión

15.1.7

Figura 2. 21

Interfaz Software Power Factory 15.1.7



Fuente: Elaboración propia.

2.3.8.14 Impactos eléctricos de la generación fotovoltaica de autoconsumo en BT.

Una vez iniciado la propuesta solar fotovoltaica con interconexión operativa al sistema eléctrico, ya sea en BT o MT, es necesario analizar los efectos positivos y negativos de esta generación en la red de distribución. Para una mejor comprensión, describimos algunos de los aspectos eléctricos que afectan a los pequeños generadores de energía renovable conectados a la red eléctrica. Esos son:

A nivel de flujos de potencia.

- Pérdidas técnicas.

- Corto circuito monofásico, bifásico o trifásico franco.
- Regulación del parámetro de voltaje en barra.
- Corrientes en línea.

Algunos otros aspectos que se considera son:

- Regulación de la frecuencia y potencia.
- Protecciones contra fallas técnicas y no técnicas.
- Calidad en el suministro energía.

2.3.9 Huella de carbono

La huella de carbono (HC) es un indicador que representa la cantidad de emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son producidas o absorbidas, bien de un modo directo o indirecto, como consecuencia de la actividad. Este indicador está formado por un inventario de emisiones de GEI donde se muestran las fuentes de emisión como las de absorción, y los recursos que son las responsables de estas emisiones.

Este indicador es considerado una de las herramientas más importantes de las que disponen las organizaciones para cuantificar los gases GEI, para así poder valorar el impacto que genera la realización de su actividad sobre el medio ambiente, concretamente su contribución al cambio climático. Además, permite establecer una relación entre la actividad productiva de una organización y las emisiones de GEI generadas, (Aguirrezabala, 2018)

$$HC = Consumo \times Factor \ de \ Emision \ kgCO_2 \quad (2.4)$$

Donde:

HC : Huella de carbono (kg CO₂)

Consumo : Demanda consumida en unidades kwh

Factor emisión : Cantidad de CO₂ emitido por cada unidad de kwh.(kgCO₂/kwh).

2.3.10 Bases legales

Tomando como referencia principal al Decreto Legislativo N° 1221 que hace mención a la generación distribuida; por lo que, se tiene:

2.3.10.1 Evaluación del Decreto Legislativo N° 1221

D. L. N°. 1221 (set. en 2015) “Decreto legislativo para mejorar la regulación de la distribución eléctrica y facilitar el suministro de energía eléctrica en Perú”: A diferencia de muchos países, Perú se ha enfocado con éxito a lo largo de los años en la construcción de instalaciones interconectadas a gran escala, que solo pueden hacerse a través de la cooperación de consorcios internacionales. Las conexiones individuales a la red nunca fueron reguladas. Aunque estos cambios han estado en proceso desde 2014, la falta de regulaciones mediante reglamentos impide las interconexiones individuales, que se han hecho posibles en 12 países de América Latina

El 24 de septiembre de 2015, el gobierno adoptó la orden ejecutiva No. 1221 para la mejora de la regulación de distribución de electricidad. El artículo 2 del decreto “Generación distribuida” incluye (Congreso de la Republica del Perú, 2015, 24 de septiembre):

2.1. Los consumidores de los servicios públicos de electricidad que dispongan de equipos de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, y que se encuentren dentro de los límites de la capacidad máxima determinada por cada tecnología, tienen derecho a utilizarlos para su propio consumo o pueden inyectar el excedente al sistema de distribución sin afectar su confiabilidad operativa al sistema de distribución al cual está conectado.

2.2 Las capacidades o potencias máximas indicadas en el numeral anterior, las condiciones técnicas, comerciales, de seguridad, regulatorias y la definición de tecnologías de energías renovables no convencionales que permitan la producción

fraccionada y demás aspectos necesarios se definen en la normativa específica sobre producción fraccionada aprobada por el Ministerio de Energía y Minas.

Cuando entren en vigencia (sujeto a la publicación de la normativa correspondiente), cualquier persona física o jurídica podrá instalar su propio sistema y conectarse a la red pública dentro de los límites especificados.

Este es un logro muy importante. Con esta conexión, se pueden utilizar sistemas sin batería para reducir los costos de instalación y, por lo tanto, ser económicamente viables en ubicaciones favorables. Esta generación distribuida, especialmente en zonas remotas, ayuda a estabilizar la red, además de otros beneficios como la reducción de huecos de tensión.

Según el decreto legislativo 1221, establece como requisito lo siguiente (MINEM, 2018):

2.3.10.2 Características técnicas de la generación distribuida Decreto

Legislativo N° 1221

En su capítulo I, (disposiciones generales), artículo 1 (definiciones), clasifica la generación distribuida como:

Mediana generación distribuida (MGD): “Instalación cuya base normativa corresponde a la ley, con capacidad mayor a 200 kW y menor o igual a 10 MW, que se conecta a la red de distribución en media tensión” (MINEM, 2018).

Microgeneración Distribuida (MCD): “Instalación de titularidad de un usuario del servicio público de electricidad, cuya base normativa corresponde al DL 1221 y que se conecta a la red de distribución en baja tensión o media tensión”. La potencia máxima de generación instalada corresponderá a la potencia del suministro contratada con la empresa de distribución eléctrica (EDE) y en ningún caso dicha potencia máxima superará los 200 kW (MINEM, 2018).

1. Comercialización de potencia y energía del MGD (artículo 14)

podrá vender la energía que produzca mediante contratos de suministro suscritos con la EDE para el abastecimiento a sus usuarios regulados.

La remuneración máxima será:

a) Por la energía, el Precio Básico de Energía determinado por OSINERGMIN en el proceso de fijación tarifaria; y,

b) Por la potencia, el Precio Básico de Potencia determinado por OSINERGMIN en el proceso de fijación tarifaria.

2. Comercialización de potencia y energía del MCD (artículo 20)

20.1 Por el consumo de energía MCD deberá pagar los peajes y cargos tarifarios correspondientes establecidos en la normativa vigente.

20.2 En caso de que en un determinado mes se generen excedentes de MCD, estos representaran un crédito de energía en favor del titular de la MCD, el cual podrá ser utilizado a cargo de su consumo de energía en los meses siguientes, teniendo como limite el periodo de un año calendario.

20.3 Los excedentes MCD que no hayan podido ser utilizados en el periodo de un año, pierden el derecho reconocido en el numeral 20.2 del presente Reglamento.
(MINEM, 2018)

3. Características técnicas para transferir energía excedente a la red de distribución de ELSE.

En el numeral 3.2.8.6 (control de potencia reactiva): Para la instalación del MCD el factor de potencia deberá ubicarse entre -0.95 y 0.95 (capacitivo e inductivo), a tensión de operación de la red eléctrica (MINEM, 2018).

Impacto técnico

i. **Inversión de los Flujos de Potencia.** Con la introducción de la Generación Distribuida aparecen flujos de potencia inversos, pasando la red de ser un sistema pasivo alimentando cargas a un sistema activo (donde los flujos de potencia y tensiones son determinados por generación y cargas). Incluso, en los casos en que la potencia generada por estas instalaciones es mayor que la consumida por las cargas conectadas, la potencia sobrante es transferida al sistema de distribución, lo cual puede presentar problemas en los transformadores para regular la tensión del distribuidor y del sistema en su conjunto siendo esta $\pm 5\%$.

ii. **Pérdidas de Potencia.** La Generación Distribuida también podría tener un impacto en las pérdidas de potencia en la red. Si bien un emplazamiento adecuado de la Generación Distribuida puede contribuir a la reducción de las pérdidas del sistema, un emplazamiento inadecuado puede incrementar dichas pérdidas. Así, junto con determinar un correcto nivel de penetración es importante establecer criterios para el emplazamiento de este nuevo paradigma de generación eléctrica caso típico ideal menores al 6%.

iii. **Variación en los Niveles de Tensión.** No debe perderse de vista que el arranque de la Generación Distribuida puede causar saltos bruscos de los niveles de tensión en la red de distribución. Este tipo de saltos bruscos de tensión también pueden ocurrir cuando un generador es desconectado bruscamente de la red debido a una falla u otro evento.

iv. **Contribución al Nivel de Fallas (Aspectos de Calidad).** El nivel de fallas cambiará con el tiempo, sobre todo a causa de cambios en la configuración de la red (generación – carga). De este modo, el número

(SAIFI) y duración (SAIDI) de las fallas variará en las redes del distribuidor según el momento y la ubicación (nodo). Dicha situación podría llevar la aplicación de penalidades y multas al distribuidor derivadas de perturbaciones introducidas por la Generación Distribuida.

2.3.11 Evaluación económica.

2.3.11.1 Perfil de la tarifa eléctrica.

Descripción de la tarifa BT5B.

Aplica únicamente para clientes de suministro de baja tensión con una demanda máxima (potencia instalada*factor de simultaneidad) de hasta 20 kW o clientes con limitador de potencia nominal instalado de hasta 20 kW.

- **Sistema y parámetros de medición:**

- A. Medición de una energía activa (1E).

- B. Energía: Total del mes.

- **Cargos de facturación.**

- A. Cargo fijo mensual.

- B. Cargo por energía activa.

CAPITULO III

III. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE LA EMPRESA

LAVANDERA HUANCARO

3.1 Introducción

En este capítulo, se diagnostica el sistema energético de la empresa Lavandera Huancaro, se toca puntos como los datos generales de la empresa, descripción de los equipos eléctricos que utiliza, cuadro de cargas, plano de ubicación, evaluación de la demanda máxima al 2022 real, factor de carga. Así como la proyección de la demanda máxima.

3.2 Características técnicas de la lavandería

3.2.1 Datos generales del suministro eléctrico

Se detalla en la tabla 3.1

Tabla 3. 1

Datos generales del suministro eléctrico lavandería Huancaro.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
RUTA:	0010709000536
CÓDIGO:	10010735135
NOMBRE:	MAYORGA ZARATE, JUAN MAURICIO URB. VILLA UNION HUANCARO AV.
DIRECCIÓN:	JOSE L. ORBEGOSO N°386
D.N.I.:	42643860
ALIMENTACIÓN:	Aérea
MAXÍMETRO:	Registrador
MARCA MEDIDOR:	STAR
FASES MEDIDOR:	3
ESTADO:	NORMAL
PRESC. MEDIDOR:	-
PRESC. CAJATOMA:	27660
PRESC. BORNERA:	-

SERIE MEDIDOR:	607634978
POT. CONTRATADA:	17 kW
POT. CONTRATADA HP:	0
POT. CONTRATADA HFP:	0
FACTOR EA:	1
FACTOR MD:	0
FACTOR ER:	0
TARIFA:	BT5B
NOMBRE SED:	VILLA UNIÓN HUANCARO II
Nº SED:	DO010386
TIPO:	TRIFASICO
CÓDIGO TÉCNICO ALIMNT:	DO02
POTENCIA INSTALADA	50 KVA
NIVEL DE TENSIÓN	10.5/0.22 KV

Fuente: Periodo 2017 a 2022 – Reporte base de datos SIELSE – ELSE.

Tabla 3. 2

Equipos eléctricos utilizados en la Lavandería.

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia Placa en (W)	Total, Potencia en (W)
1	ALUMBRADO GENERAL	56	36	2,000.00
2	TOMACORRIENTES	14	220	3,000.00
3	MOTOR 1 HP	3	745.7	2,237.10
4	MOTOR 2 HP	6	1491.4	8,948.40
5	MOTOR 2.5 HP	5	1864.25	9,321.25
6	MOTOR 5 HP	4	3728.5	14,914.00
			TOTAL =	40,420.75

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 1

Equipos de alumbrado interior lavandería.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 2

Tomacorrientes industriales para motores lavandería.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.3

Fotografías de las Lavadoras lavandería Huancaro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 4

Secadora lavandería Huancaro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 5

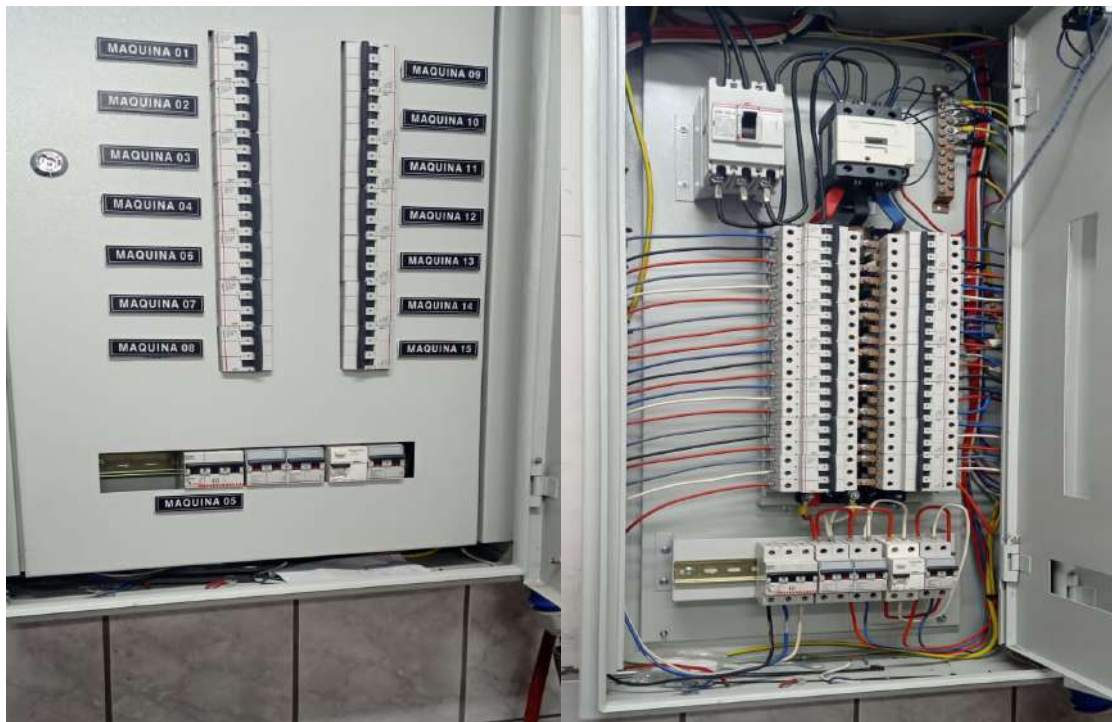
Caja toma medidor trifásico lavandería.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 6

Tablero general TGI lavandería Huancaro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 7

Tablero distribución TDI lavandería Huancaro.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Cuadro de carga lavandería Huancaro

Por un lado, la tabla 3.3, muestra la carga típica que tiene la lavandería actualmente

Tabla 3. 3

Cuadro de carga lavandería Huancaro.

CUADRO DE CARGAS - LAVANDERÍA				
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TD1)				
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA		FACTOR DE DEMANDA (F.D.)	MÁXIMA DEMANDA (W)
	(HP)	(W)		
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.		2,500.00		2,500.00
Iluminación ambiente 1	-	1,000.00	1.00	1,000.00
Tomacorrientes ambiente 1	-	1,500.00	1.00	1,500.00
iii) Cargas Especiales.		2,237.10		2,237.10
< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)				
Motor 1	1	745.70	1.00	745.70
Motor 2	1	745.70	1.00	745.70
Motor 3	1	745.70	1.00	745.70
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TG1)				
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA		FACTOR DE DEMANDA (F.D.)	MÁXIMA DEMANDA (W)
	(HP)	(W)		
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.		2,500.00		2,500.00
Iluminación ambiente 1	-	1,000.00	1.00	1,000.00
Tomacorrientes ambientes 1	-	1,500.00	1.00	1,500.00

iii) Cargas Especiales.		33,183.65		15,007.21
< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)		8,948.40		8,948.40
Motor 1	2	1,491.40	1.00	1,491.40
Motor 2	2	1,491.40	1.00	1,491.40
Motor 3	2	1,491.40	1.00	1,491.40
Motor 4	2	1,491.40	1.00	1,491.40
Motor 5	2	1,491.40	1.00	1,491.40
Motor 15	2	1,491.40	1.00	1,491.40
> 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)		24,235.25		6,058.81
Motor 6	2.5	1,864.25	0.25	466.06
Motor 7	2.5	1,864.25	0.25	466.06
Motor 8	2.5	1,864.25	0.25	466.06
Motor 9	2.5	1,864.25	0.25	466.06
Motor 10	2.5	1,864.25	0.25	466.06
Motor 11	5	3,728.50	0.25	932.13
Motor 12	5	3,728.50	0.25	932.13
Motor 13	5	3,728.50	0.25	932.13
Motor 14	5	3,728.50	0.25	932.13

POTENCIA INSTALADA (W)	MÁXIMA DEMANDA (W)	FACTOR DE SIMULTANEIDAD (F.S.)	POTENCIA A CONTRATAR (kW)
40,420.75	22,244.31	0.80	17.795

PROYECCIÓN

7.39				
22.24		r = 5.30%	Tasa crecimiento eléctrico lavandería. (Calculado tabla 3.7)	
F.S.	0.3321	Real	n = 20 años	Tiempo proyectado
F.S.	0.8	CNE		
		113,653.06	62,545.45	0.80
				50.036

Valores según cálculos

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 *Plano lavandería Huancaro*

Por otro lado, en el (**anexo 1**) se adjunta el plano general de las instalaciones eléctricas generales típica que tiene la lavandería Huancaro

3.2.4 *Diagrama unifilar lavandería Huancaro*

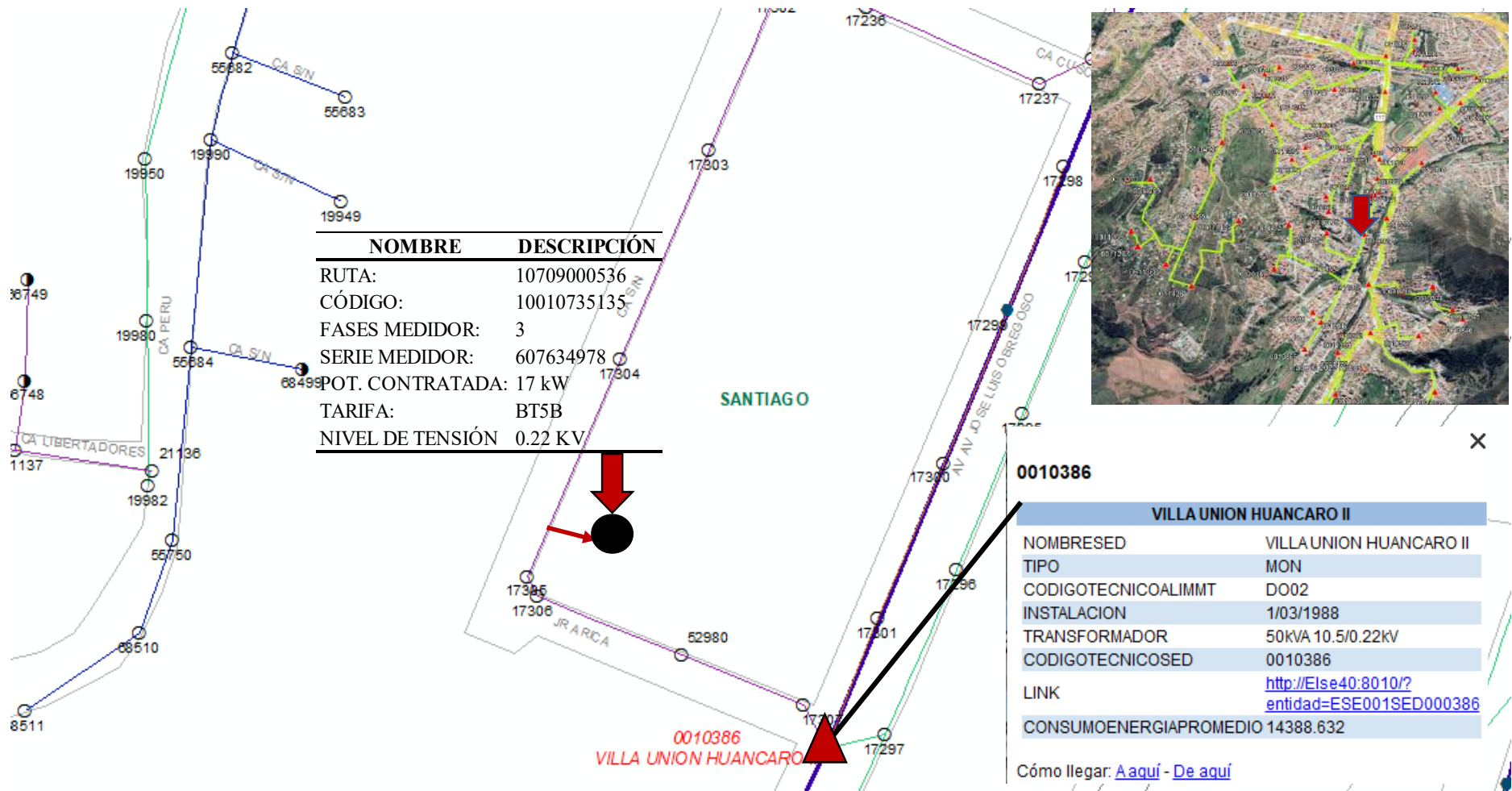
Finalmente, en el (**anexo 2**) se adjunta el diagrama unifilar que tiene la lavandería actualmente.

3.2.5 *Ubicación eléctrica lavandería Huancaro*

Se adjunta en la figura 3.8.

Figura 3. 8

Ubicación eléctrica lavandería Huancaro.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Análisis de la demanda máxima lavandería Huancaro

3.3.1 Resumen demanda máxima

A partir del estado de la cuenta corriente del usuario adjuntado en el (anexo 3). El resumen del consumo de la energía eléctrica periodo 2018-2022, así como el resumen de la potencia activa consumida se detalla en la tabla 3.4:

Tabla 3. 4

Resumen general y consumo de energía lavandería.

DATOS GENERALES DEL SUMINISTRO		
RUTA	:	0010709000536
SUMINISTRO	:	10010735135
PROPIETARIO	:	MAYORGA ZARATE, JUAN
DIRECCIÓN	:	MAURICIO
SERIE	:	URB. VILLA UNION HUNCARO AV. JOSE L.
MEDIDOR	:	ORBEGOSO N°386
SED	:	607634978
TIPO TARIFA	:	DO020386
	:	BT5B
RESUMEN DE PAGO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL PERIODO (2018 AL 2022)		
PAGOS - MENSUALES		
Pago máximo	S/ 2,517.60	soles
Pago promedio	S/ 1,424.28	soles
Pago mínimo	S/ 31.40	soles
CONSUMO ENERGÍA ACTIVA (CEA) - MENSUALES		
CEA máximo	2660.00	kW.h
CEA promedio	1562.95	kW.h
CEA mínimo	228.00	kW.h
CONSUMO ENERGÍA ACTIVA (CEA) - POR DÍA		
CEA máximo	88.67	kW.h/día
CEA promedio	52.10	kW.h/día
CEA mínimo	7.60	kW.h/día
CONSUMO ENERGÍA ACTIVA (CEA) CONSIDERADA - POR DÍA		
CEA máximo	88.67	kW.h/día

RESUMEN POTENCIA ACTIVA PERIODO (2018 AL 2022)

REGISTRO POTENCIA ACTIVA (CPA)

CPA máximo	7.39	kW
CPA promedio	4.34	kW
CPA mínimo	0.63	kW

REGISTRO POTENCIA ACTIVA (CPA)

CONSIDERADA

CPA máximo	7.39	kW
------------	-------------	-----------

Fuente: Periodo 2017 a 2022 – Reporte base de datos SIELSE – ELSE.

3.3.2 *Historial del consumo de energía eléctrica*

A partir del (**anexo 3**), el resumen se detalla en la tabla 3.5 y las figuras 3.9, 3.10 y 3.11:

Tabla 3. 5

Historial del consumo de energía eléctrica de la lavandería periodo 2017 al 2022.

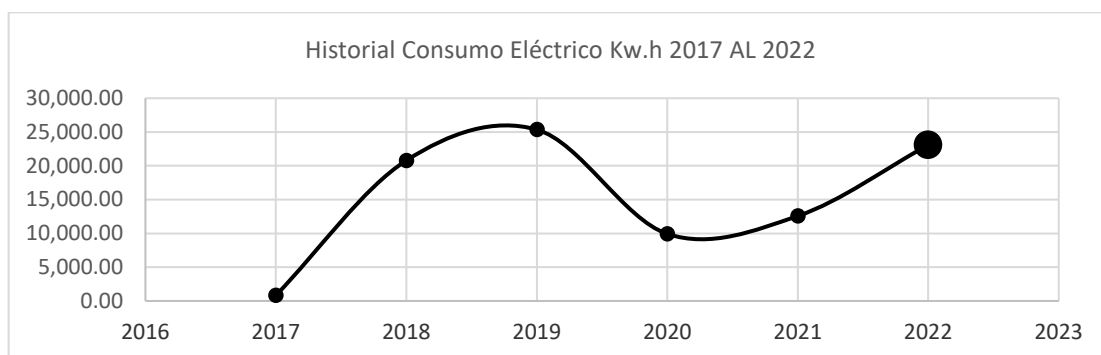
HISTORIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL PERIODO (2017 AL 2022)

AÑOS	MESES	CEA - ANUAL kW.h	SOLES S/	Promd. Tarifa S/ /kW.h
2023	1 mes	1,217.00	1397.10	1.1480
2022	12 meses	23,090.00	24,446.30	1.0587
2021	12 meses	12,574.00	14,609.80	1.1619
2020	12 meses	9,924.00	10,304.20	1.0383
2019	12 meses	25,351.00	20,140.80	0.7945
2018	12 meses	20,791.00	15,983.05	0.7687
2017	7 meses	830.00	667.55	0.8043

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 9

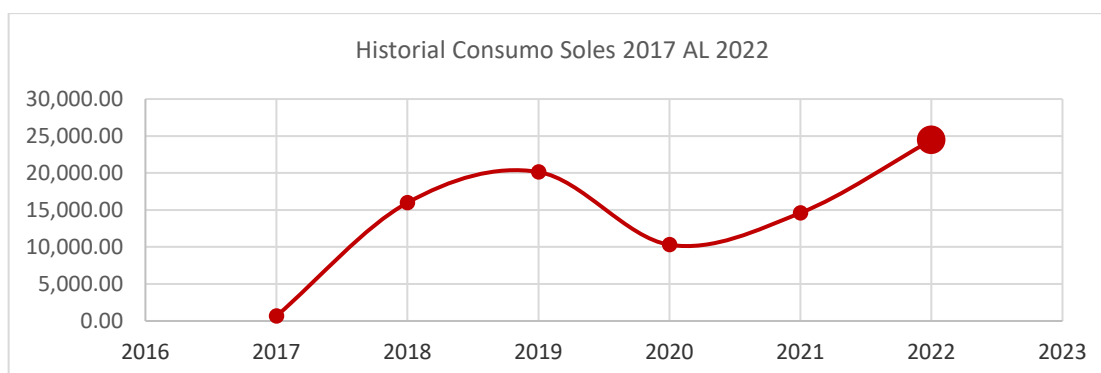
Consumo de energía activa kW.h lavandería.



Fuente: Dato correspondiente al último reporte de la base de datos SIELSE - ELSE.

Figura 3. 10

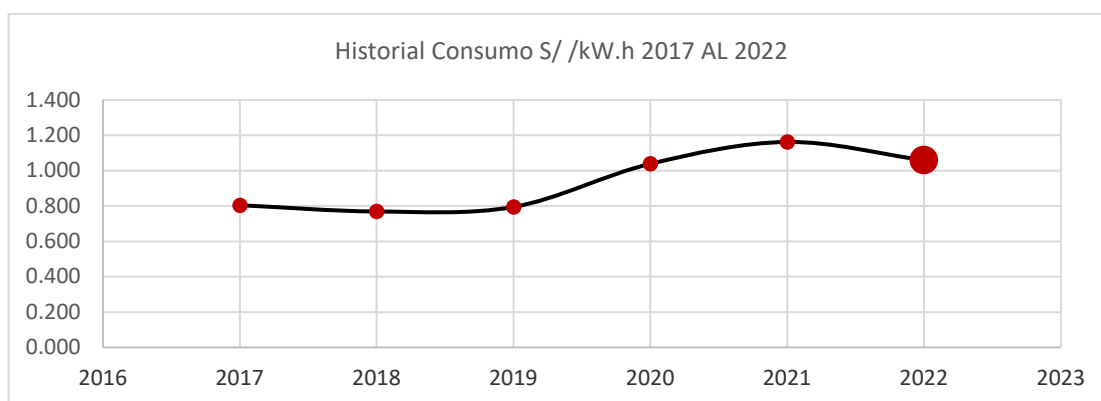
Consumo de energía activa S/. pagados lavandería.



Fuente: Dato correspondiente al último reporte de la base de datos SIELSE - ELSE.

Figura 3. 11

Consumo de energía activa S/ kW.h. pagados lavandería



Fuente: Dato correspondiente al último reporte de la base de datos SIELSE - ELSE.

3.3.3 Factor de carga lavandería Huancaro

A partir del (**anexo 3**), el resumen se detalla en la tabla 3.6:

Tabla 3. 6

Historial del consumo de energía eléctrica de la lavandería periodo 2017 al 2022.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CARGA PERIODO (2018 AL 2022)	
DEMANDA PROMEDIO	4.34 kW
DEMANDA MÁXIMA	7.39 kW
FACTOR DE CARGA	58.73%

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Proyección demanda máxima lavandería Huancaro

A partir del cuadro de carga y el (**anexo 3**), el resumen se detalla en la tabla 3.8:

Por lo que se concluye, la demanda máxima a considerar para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico es de 21 kW.

Cabe mencionar que los resultados de la tabla 3.8, son proyectados con la tasa de crecimiento eléctrico del 5.3%, este porcentaje fue calculado mediante el método de regresión lineal mostrada en la tabla 3.7.

Tabla 3. 7

Cálculo de la tasa de crecimiento eléctrico lavandería periodo 2023 al 2042

MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL - DEMANDA ELÉCTRICA LAVANDERÍA HUANCARO			
	X	Y	
HISTORIAL DE DEMANDA CONSUMIDA			
AÑO	Num	Energía kWh	
2017	1	830	
2018	2	20791	
2019	3	25351	
2020	4	9924	
2021	5	12574	
2022	6	23090	
PROMEDIO=	3.5	15426.67	
SUMA=	21	92560	
N=	6		

XY	X^2	Y^2	ȳ
PARAMETROS CALCULADOS			
(Adimensionales)			
830	1	688900	10339.38
41582	4	432265681	12374.30
76053	9	642673201	14409.21
39696	16	98485776	16444.12
62870	25	158105476	18479.04
138540	36	533148100	20513.95
59928.5	15.17	310894522.3	
359571	91	1865367134	

DEMANDA PROYECTADA	CURVA LINEAL		
	$Y = \beta_0 + \beta_1 x$		
AÑO	NUM	REGRESIÓN	PORCENTAJE
2017	1	10339.381	
2018	2	12374.295	19.707%
2019	3	14409.210	16.409%
2020	4	16444.124	14.106%
2021	5	18479.038	12.358%
2022	6	20513.952	10.995%
2023	7	22548.867	9.920%
2024	8	24583.781	9.024%
2025	9	26618.695	7.850%
2026	10	28653.610	7.250%
2027	11	30688.524	6.700%
2028	12	32723.438	6.100%
2029	13	34758.352	5.550%
2030	14	36793.267	5.450%
2031	15	38828.181	5.100%
2032	16	40863.095	4.850%
2033	17	42898.010	4.500%
2034	18	44932.924	4.350%
2035	19	46967.838	4.180%
2036	20	49002.752	3.980%
2037	21	51037.667	3.650%
2038	22	53072.581	3.550%
2039	23	55107.495	3.400%
2040	24	57142.410	3.693%
2041	25	59177.324	3.561%
2042	26	61212.238	3.439%
PROMEDIO (2023-2042), Tasa de crecimiento:			5.30%

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - \bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$\beta_1 = 2034.914286$$

$$\beta_0 = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\beta_0 = 8304.466667$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

$$y = 8304.467 + 2034.914X$$

Tabla 3. 8

Proyección de la demanda máxima lavandería periodo 2023 al 2042.

CUADRO DE CARGAS - LAVANDERÍA			
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TD1)			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (W)	MÁXIMA DEMANDA CALCULADA CNES (W)	MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA CNES (W)
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.	2,500.00	2,500.00	2,000.00
Iluminación ambiente 1	1,000.00	1,000.00	800.00
Tomacorrientes ambiente 1	1,500.00	1,500.00	1,200.00
iii) Cargas Especiales.	2,237.10	2,237.10	1,789.68
< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)			
Motor 1	745.70	745.70	596.56
Motor 2	745.70	745.70	596.56
Motor 3	745.70	745.70	596.56

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TG1)			
DESCRIPCIÓN	MÁXIMA DEMANDA CALCULADA CNES (W)	MÁXIMA DEMANDA CALCULADA CNES (W)	MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA CNES (W)
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.	2,500.00	2,500.00	2,000.00
Iluminación ambiente 1	1,000.00	1,000.00	800.00
Tomacorrientes ambiente 1	1,500.00	1,500.00	1,200.00
iii) Cargas Especiales.	33,183.65	15,007.21	12,005.77

CUADRO DE CARGAS CON PROYECCIÓN - LAVANDERÍA			
AL 2023	AL 2042	AL 2023	AL 2042
MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA (W)	MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA (W)	MÁXIMA DEMANDA REAL (W)	MÁXIMA DEMANDA REAL (W)
2,000.00	5,623.50	830.42	2,334.95
800.00	2,249.40	332.17	933.98
1,200.00	3,374.10	498.25	1,400.97
1,789.68	5,032.13	743.10	2,089.40
596.56	1,677.38	247.70	696.47
596.56	1,677.38	247.70	696.47
596.56	1,677.38	247.70	696.47

AL 2023	AL 2042	AL 2023	AL 2042
MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA (W)	MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA (W)	MÁXIMA DEMANDA REAL (W)	MÁXIMA DEMANDA REAL (W)
2,000.00	5,623.50	830.42	2,334.95
800.00	2,249.40	332.17	933.98
1,200.00	3,374.10	498.25	1,400.97
12,005.77	33,757.23	4,984.94	14,016.41

< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)	8,948.40	8,948.40	7,158.72	7,158.72	20,128.53	2,972.39	8,357.61
Motor 1	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
Motor 2	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
Motor 3	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
Motor 4	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
Motor 5	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
Motor 15	1,491.40	1,491.40	1,193.12	1,193.12	3,354.76	495.40	1,392.94
> 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)	24,235.25	6,058.81	4,847.05	4,847.05	13,628.69	2,012.55	5,658.80
Motor 6	1,864.25	466.06	372.85	372.85	1,048.36	154.81	435.29
Motor 7	1,864.25	466.06	372.85	372.85	1,048.36	154.81	435.29
Motor 8	1,864.25	466.06	372.85	372.85	1,048.36	154.81	435.29
Motor 9	1,864.25	466.06	372.85	372.85	1,048.36	154.81	435.29
Motor 10	1,864.25	466.06	372.85	372.85	1,048.36	154.81	435.29
Motor 11	3,728.50	932.13	745.70	745.70	2,096.72	309.62	870.58
Motor 12	3,728.50	932.13	745.70	745.70	2,096.72	309.62	870.58
Motor 13	3,728.50	932.13	745.70	745.70	2,096.72	309.62	870.58
Motor 14	3,728.50	932.13	745.70	745.70	2,096.72	309.62	870.58

F.S. 0.8	CNE	POTENCIA	DEMANDA	DEMANDA	DEMANDA	DEMANDA	MÁXIMA	MÁXIMA
F.S. 0.332169802	Real	INSTALADA	MÁXIMA	MÁXIMA	CONTRATADA	CONTRATADA	DEMANDA	DEMANDA
7.39		(kW)	CALCULADA	CONTRATADA	(kW)	(kW)	REAL (kW)	REAL (kW)
22.24		40.421	22.244	17.795	17.795	50.036	7.389	20.776

(21 kW) D_{máx}
 real Considerada
 para el
 dimensionamiento
 del sistema
 fotovoltaico

$$D_n = (1 + r)^n D_a \dots\dots \text{Ecuación para calcular la demanda proyectada para "n" años.}$$

Donde;

D_n: Demanda proyectada para un determinado tiempo.

r: Tasa de crecimiento para la demanda.

n: Periodo de tiempo.

D_a: Demanda actual.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 9*Tasa actual de pago por facturación mensual*

TASA DE PAGO POR FACTURACION MENSUAL (2018-2022)									
MESES	CEA-MENSUAL (kW.h)	PAGO MENSUAL SOLES (S/.)	TARIFA (S/.kW.h)	TASA DE PAGO (%)	MESES	CEA-MENSUAL (kW.h)	PAGO MENSUAL SOLES(S/.)	TARIFA (S/.kW.h)	TASA DE PAGO (%)
202212	1,695.00	1,920.30	1.133	7.86%	201912	1,952.00	1,629.70	0.835	8.09%
202211	2,180.00	2,363.10	1.084	9.67%	201911	2,283.00	1,849.80	0.810	9.18%
202210	2,123.00	2,269.40	1.069	9.28%	201910	2,660.00	2,075.90	0.780	10.31%
202209	2,112.00	2,260.20	1.070	9.25%	201909	2,620.00	2,041.30	0.779	10.14%
202208	2,276.00	2,425.20	1.066	9.92%	201908	2,639.00	2,083.20	0.789	10.34%
202207	2,414.00	2,517.60	1.043	10.30%	201907	2,421.00	1,942.30	0.802	9.64%
202206	2,287.00	2,387.90	1.044	9.77%	201906	2,452.00	1,943.30	0.793	9.65%
202205	2,158.00	2,236.90	1.037	9.15%	201905	2,307.00	1,800.00	0.780	8.94%
202204	1,639.00	1,723.40	1.051	7.05%	201904	1,758.00	1,384.10	0.787	6.87%
202203	1,273.00	1,332.80	1.047	5.45%	201903	1,255.00	1,006.50	0.802	5.00%
202202	1,261.00	1,306.60	1.036	5.34%	201902	1,292.00	1,024.90	0.793	5.09%
202201	1,672.00	1,702.90	1.018	6.97%	201901	1,712.00	1,359.80	0.794	6.75%
202112	1,792.00	1,801.20	1.005	12.33%	201812	1,526.00	1,198.45	0.785	7.50%
202111	1,781.00	1,797.60	1.009	12.30%	201811	2,114.00	1,627.30	0.770	10.18%
202110	1,582.00	1,549.90	0.980	10.61%	201810	2,483.00	1,855.65	0.747	11.61%
202109	1,404.00	1,340.90	0.955	9.18%	201809	2,239.00	1,679.80	0.750	10.51%
202108	1,170.00	1,112.50	0.951	7.61%	201808	2,105.00	1,616.55	0.768	10.11%
202107	780.00	725.90	0.931	4.97%	201807	1,651.00	1,255.45	0.760	7.85%
202106	746.00	680.30	0.912	4.66%	201806	1,890.00	1,427.30	0.755	8.93%
202105	556.00	1,029.70	1.852	7.05%	201805	1,757.00	1,362.60	0.776	8.53%
202104	518.00	1,000.50	1.931	6.85%	201804	1,451.00	1,158.15	0.798	7.25%
202103	469.00	927.40	1.977	6.35%	201803	1,143.00	918.25	0.803	5.75%
202102	696.00	1,139.10	1.637	7.80%	201802	1,196.00	926.30	0.774	5.80%
202101	1,080.00	1,504.80	1.393	10.30%	201801	1,236.00	957.25	0.774	5.99%
202012	576.00	1,052.00	1.826	10.21%					
202011	495.00	957.60	1.935	9.29%					
202010	360.00	867.10	2.409	8.42%					
202009	416.00	404.10	0.971	3.92%					
202008	445.00	427.80	0.961	4.15%					
202007	228.00	236.60	1.038	2.30%					
202006	-	49.00		0.48%					
202005	-	31.40		0.30%					
202004	2,043.00	1,721.10	0.842	16.70%					
202003	1,365.00	1,159.90	0.850	11.26%					
202002	1,821.00	1,544.00	0.848	14.98%					
202001	2,175.00	1,853.60	0.852	17.99%					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 10*Tasa actual de pago por facturación anual*

HISTORIAL DE TASA DE PAGO POR FACTURACION ANUAL (2018-2022)					
AÑOS	MESES	CEA – ANUAL (kW.h)	SOLES (S/)	Promd. Tarifa anual (S/ /kW.h)	TASA DE PAGO (%)
2022	12 meses	23090	24446.3	1.058739714	28.60%
2021	12 meses	12574	14609.8	1.161905519	17.09%
2020	12 meses	9924	10304.2	1.038311165	12.05%
2019	12 meses	25351	20140.8	0.794477535	23.56%
2018	12 meses	20791	15983.05	0.768748497	18.70%

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Armónicos en la red eléctrica de de la SED N° 10386 – Alimentador***Dololorespata DO-02, suministradas a la Empresa Lavandería Huancaro.***

A partir de la tabla 3.11 muestra los armónicos en la SED N° 10386 DO-02, valores de diferentes ordenes 1°, 3°, 5°, 7°, 9°, 11°, 13° y 15° de armónicos de la red eléctrica Electro Sur Este SAA, que suministra energía a la empresa lavandería Huancaro, se detalla en la tabla 3.11

Tabla 3. 11*Armónicos en la SED N° 10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro*

Armónico	V _{eficaz}	d%	Desfase
1°	230	100%	0
3°	7	3%	2.015
5°	15	7%	1.25
7°	5	2%	1.87
9°	6	3%	2.1
11°	2	1%	1.78
13°	3	1%	3.15
15°	7.5	3%	5.65

Fuente: Elaboración propia

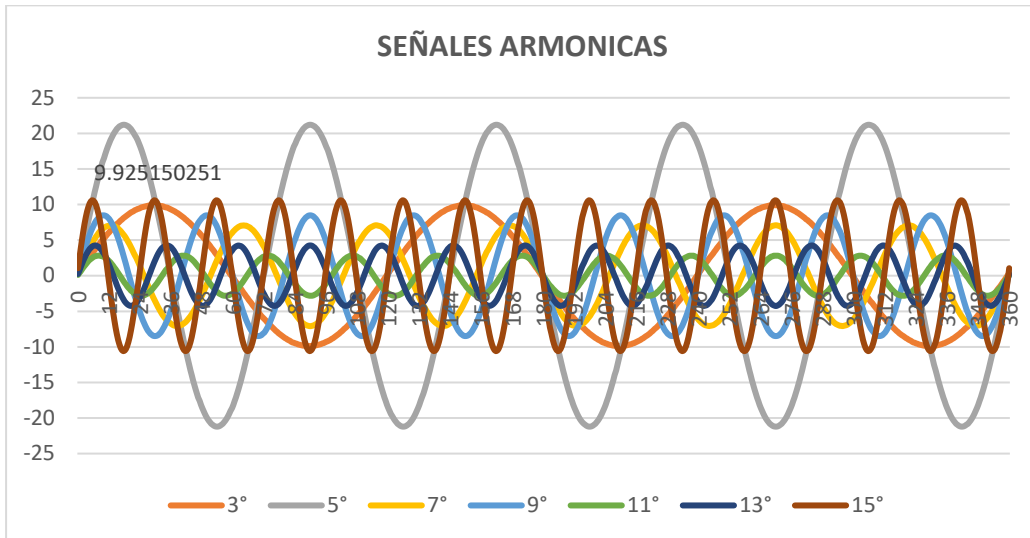
Determinación de la Distorsión Armónica Total (THD)

$$THD\% = \frac{\sqrt{V_{h1}^2 + V_{h3}^2 + V_{h5}^2 + \dots + V_{h(2n-1)}^2}}{V_{rms}} \times 100 \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

THD% = 8.742%

Figura 3. 12

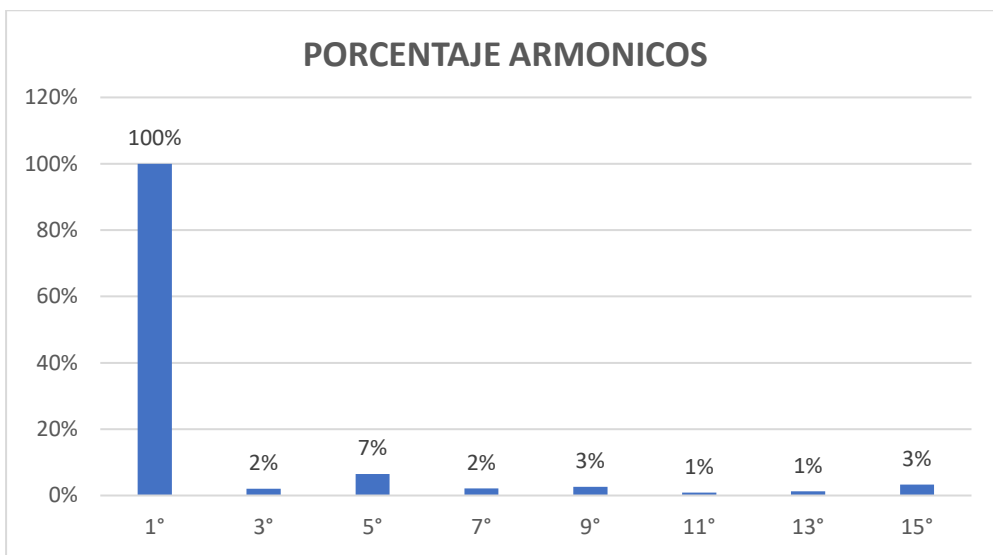
Señales Armónicas en la SED N° 10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 12

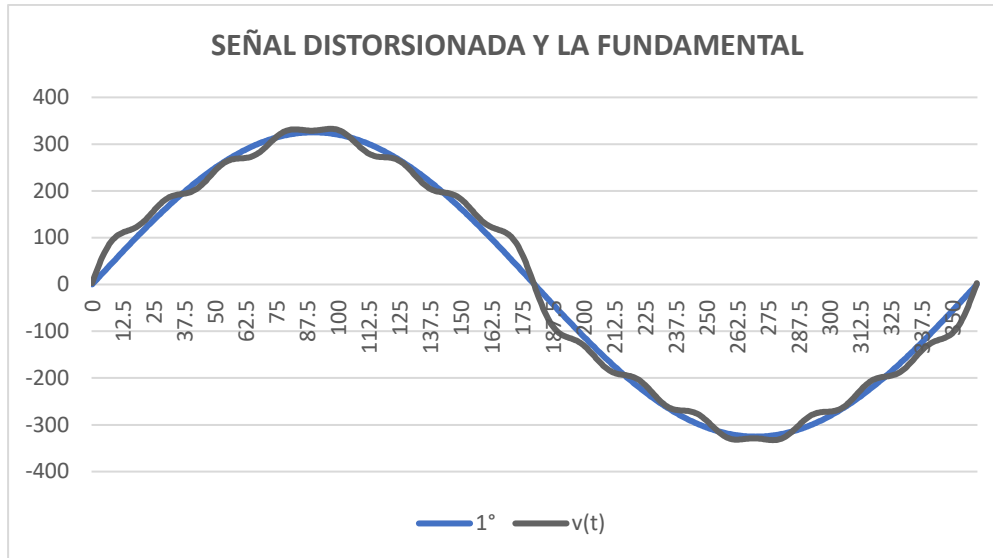
Porcentajes de señales armónicas en la SED N°10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 13

Señal distorsionada y la Fundamental en la SED N°10386 –Dololorespata DO-02-Hunacaro.



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la tabla 3.11 muestra los datos actuales de armónicos encontrados en la red eléctrica existente y la figura 3.12, tabla 3.12 y figura 3.13, son las señales armónicas (1° , 2° , 3° , ..., 15°) en gráficas, porcentajes y comparación de señal distorsionada y la fundamental. suministrados a la lavandería, consumo eléctrico. Todo esta data informativa se obtuvo en base a la instalación de un analizador de redes en punto de estudio, durante un periodo de 24 horas.

CAPITULO IV

IV. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE LA GENERACIÓN

FOTOVOLTAICA

4.1 Introducción

Inicialmente, se ha identificado la zona de estudio como es el caso de la lavandería ubicada en la provincia del cusco tanto para la evaluación de la trayectoria del sol que nos permite orientar el módulo fotovoltaico y la evolución de la radiación solar para determinar la potencia pico instalada del sistema fotovoltaico. A primera instancia se usó el Gps Garmin para la ubicación de coordenadas geográficas del punto y exportar la base de datos a Sun Earth Tools.Com (2023) ya que nos permite ubicar o crear un pequeño mapa de la ubicación del proyecto de tesis y determinar los parámetros como latitud, longitud, altura, etc. como se muestra en la figura 4.1 para posterior a ello estimar la radiación solar con Atmospheric Science Data Center-Nasa.

4.2 Parámetros de irradiación

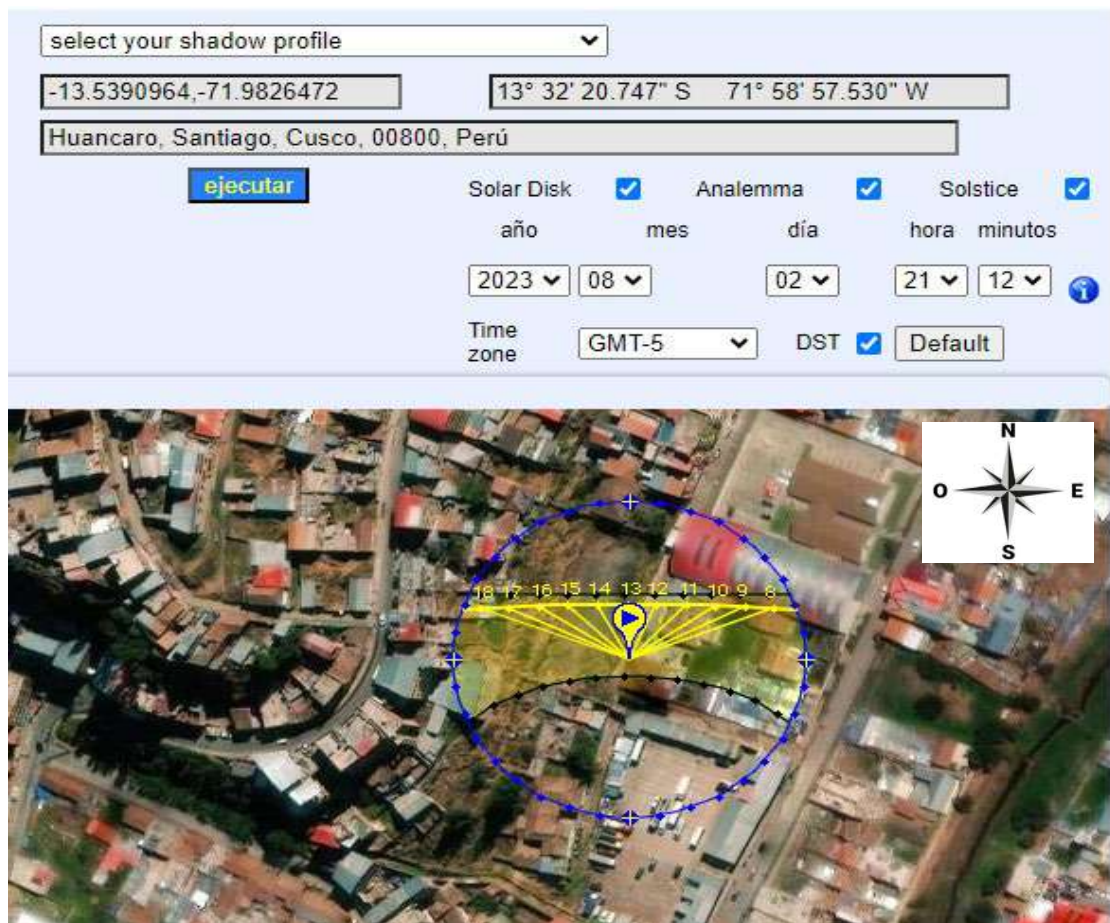
4.2.1 Evaluación de la trayectoria del sol

Inicialmente se definió la trayectoria del sol en la Urb. Villa Unión Huncaro Av. José L. Orbegoso N°386, con el fin de elegir adecuadamente el Azimut y tener una buena orientación de los módulos fotovoltaicos. Para las coordenadas geográficas. Latitud Sur $13^{\circ} 32' 20.74''$ S, Longitud Oeste $71^{\circ} 58' 57.47''$ O. Datum WGS-84 (Zona: 18 Sur).

Concluyendo que la orientación será hacia el Norte (N) tal cual se detalla en la figura 4.1.

Figura 4. 1

Trayectoria del sol punto de estudio lavandería Huancaro



Fuente: Base de datos de Sun Earth Tools.Com (2023), azimut = orientación = hacia el Norte.

4.2.2 Evaluación de la Irradiación solar

La fuente principal para determinar la radiación es:

- Fuente principal: Atmospheric Science Data Center- NASA-BETA-2023.

Dicha fuente se ha utilizado para estimar la radiación solar en la provincia del cusco y como punto específico en la Urb. Villa Unión Huncaro Av. José L. Orbegoso N°386. A partir del punto GPS que se obtuvo (Gepeo), permitió estimar la irradiación en el lugar de estudio. teniendo como resultado la tabla 4.1:

Tabla 4. 1

Determinación de la Irradiación solar Lavandería Huancaro.

ESTIMACIÓN DE LA IRRADIACIÓN DISPONIBLE LAVANDERÍA HUANCARO													
LATITUD (S)	13° 32' 20.74" S			-13.54									
LONGITUD (W)	71° 58' 57.47" O.			-71.98									
ELEVACIÓN (msnm)	3384												
CUSCO, Urb. Villa Unión Huncaro Av. José L. Orbegoso N°386 (13° 32' 20.74" S, 71° 58' 57.47" O)													
Descripción	1 Ene	2 Feb	3 Mar	4 Abr	5 May	6 Jun	7 Jul	8 Ago	9 Sep	10 Oct	11 Nov	12 Dic	TOTAL
Días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas totales por mes	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Horas disponibles de Irradiación diario	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Horas totales disponibles de Irradiación mensual	372	336	372	360	372	360	372	372	360	372	360	372	
Temperatura de la Tierra													Anual
Earth Skin Temperature (°C)	10.58	9.68	9.16	9.66	8.99	7.48	10.06	10.57	11.95	13.48	13.98	11.55	10.60
Earth Skin Temperature Maximum (°C)	19.54	15.51	15.23	16.30	15.69	17.26	18.20	18.67	20.20	21.85	22.49	20.14	22.49
Earth Skin Temperature Minimum (°C)	2.12	2.73	1.62	2.2	1.48	-3.67	1.09	-0.44	1.69	2.33	2.53	1.67	-3.67
Temperature at 2 Meters Range (°C)	17.41	12.79	13.60	14.09	14.20	20.92	17.11	19.11	18.52	19.52	19.96	18.47	20.92
Humedad Relativa (%)	80.12	84.56	86.75	84.81	82.50	76.25	75.56	72.38	71.19	67.94	65.38	73.50	76.75
Presión atmosférica (kPa)	65.05	65.05	65.07	65.15	65.21	65.18	65.24	65.20	65.17	65.10	65.10	65.01	65.13
Velocidad del viento (m/s)	80.29	66.36	72.23	60.60	63.24	66.30	71.30	81.22	83.10	89.28	93.60	76.88	75.37
Precipitación (mm)	126.7	853.8	110.8	38.13	5.98	0.47	4.39	1.53	11.24	2.16	15.98	104.20	1275.36

Direct Normal Irradiance (kW-hr/m ² /day)	4.33	4.2	4.53	5.94	6.70	8.30	8.14	7.02	5.53	6.25	6.60	5.07	6.05	
Direct Normal Irradiance Maximum (kW-hr/m ² /day)	11.46	11.29	10.78	10.00	9.16	8.75	8.90	9.47	9.95	11.14	11.44	11.52	10.32	960 W/m²
Direct Normal Irradiance Minimum (kW-hr/m ² /day)	4.57	4.38	4.74	5.08	4.72	4.97	5.12	5.19	4.94	5.62	6.03	4.80	5.01	
Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)														-14.60
Solar Irradiance Titled Surface Orientation (N/S)														N
Radiation Diseño disponible todo el año (kWh/m ² /d)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Diferencia entre la radiación normal y diseño (kWh/m ² /d)	0.13	0	0.33	1.74	2.50	4.10	3.94	2.82	1.33	2.05	2.40	0.87	1.85	

Fuente: Data Center- NASA-BETA-2023.

Con base a la tabla 4.1, se puede concluir que el valor de irradiación máxima a nivel del sitio de estudio es de 11.52 kWh/m²/día y el valor de irradiación horizontal normal mínimo es de 4.2 kWh/m²/día. Esto es importante considerando que valores iguales o superiores a 4 kWh/m²/día hacen atractivo el uso de tecnologías de generación de electricidad a base de celdas solares. Para el sitio de estudio, la irradiación promedio máxima es de 10.32 kWh/m²/día y la irradiación promedio mínima es de 5.01 kWh/m²/día.

Por lo que, para el presente proyecto de tesis se tomó en cuenta el valor de irradiación horizontal normal mínimo perteneciente a la lavandería Huancaro de 4.2 kWh/m²/día, siendo esta el valor mínimo de la tabla 4.1.

4.2.3 Evaluación de la hora solar pico HSP.

En este ítem demostraremos cómo determinar la HSP a partir de la irradiancia, correspondiente al valor obtenido durante el mes de febrero, según una tabla 4.1. Datos extraídos del sitio web de la DATA CENTER NASA.

La fuente principal para determinar la HSP es:

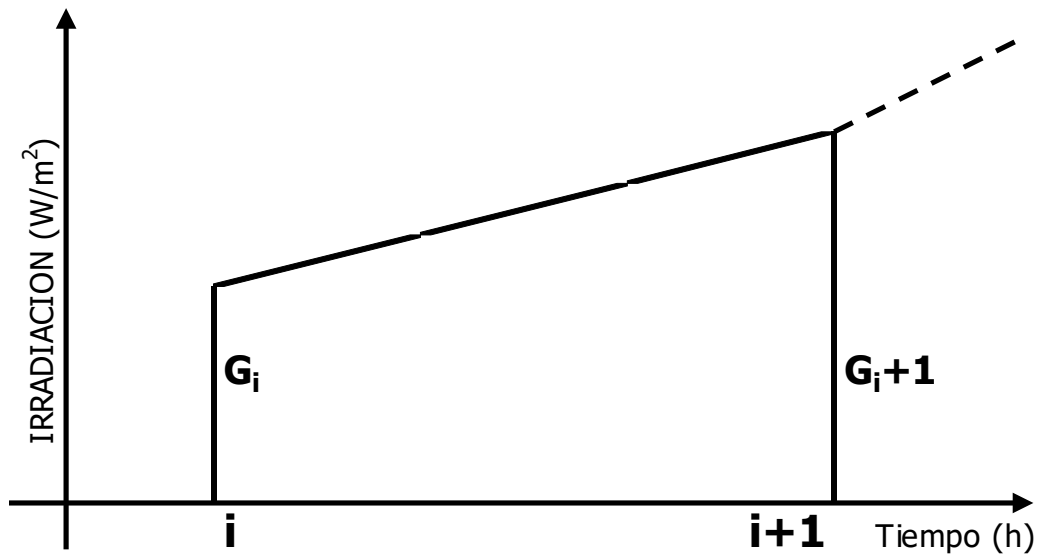
- Fuente principal: Estación Kayra.

Para determinar la HSP, es simplemente el área bajo la curva de la radiación disponible en una hora (energía), su unidad es Wh/m² o kWh/m². Por tanto, analizaremos esta energía en intervalos horarios disponibles durante un período de 24 horas. De la base de datos de la estación Kayra, se obtiene la irradiación promedio por cada hora (sumatoria bajo la curva), posterior a ello, se suma para determinar lo disponible en 24 horas; es decir, un día. Este análisis se hace para cada día y mes del año, para este caso se consideró los valores correspondientes al mes de febrero 28 tomas una para cada día. La Tabla 4.2 muestra el resumen de dichos valores:

Finalmente, para determinar la HSP en (kWh/m²/día “energía”), se obtiene el cálculo del área bajo la curva. Siendo necesario realizar aproximaciones de áreas trapezoidales punto a punto, figura 4.2, según la ecuación aproximada 4.1:

Figura 4. 2

Aproximaciones en secciones trapezoidales



Fuente: Propia.

$$H = \sum_{i=1}^n \frac{G_i + G_{i+1}}{2} * (t_{i+1} - t_i) \quad (\text{IV.1})$$

Donde:

H: Irradiación Solar en kW.h/m²/día

n: Número de horas

G_i: Irradiación en una determinada hora.

t_i: tiempo en horas.

i: Intervalos 1 a 24.

Tabla 4. 2

Historial de la irradiación disponible por horas.

HISTORIAL DE IRRADIANCIA EN KW/m ² (24 HORAS)																									
Ítems	HORAS NO DISPONIBLES						HORAS DISPONIBLES DE IRRADIACIÓN												HORAS NO DISPONIBLES						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Horas del día	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Irradiación en kW/m ²	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.135	0.239	0.339	0.406	0.453	0.487	0.498	0.484	0.450	0.373	0.272	0.131	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.000 kW/m2						Disponible irradiancia solar 4.267 kW/m2												0.000 kW/m2						

Para Obtener en kWh/m²/día: es necesario realizar el cálculo del área bajo la curva con aproximaciones trapezoidales según la formula:

$$H = \sum_{t=1}^{n-1} \frac{G_i + G_{i+1}}{2} * (t_{i+1} - t_i)$$



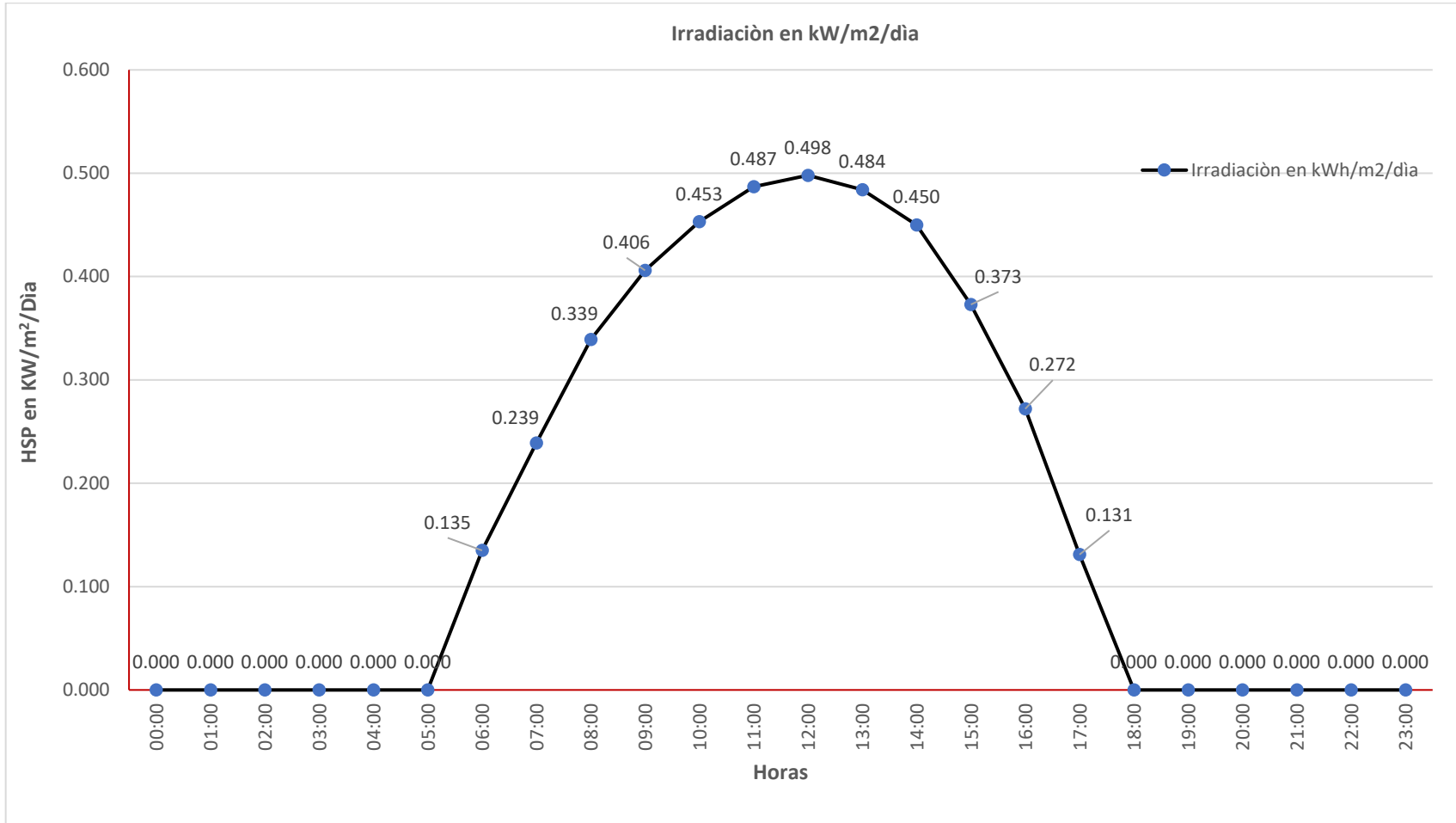
Donde :
 G_i: Irradiancia en una hora determinada
 t: Tiempo en horas
 i Intervalos 1 a 24

Fuente: Estación Kayra.

A partir de la tabla 4.2 (datos obtenidos de la estación Kayra) y figura 4.3, curva obtenida de estos mismos. Se ha realizado las sumatorias en software Excel y se obtuvieron las HSP en KW.h/m2/día como se muestra en la tabla 4.3:

Figura 4. 3

Figura irradiación disponible en kW/m2/día.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3*Resultado hora solar pico.*

HISTORIAL DE IRRADIACIÓN EN kWh/m ² /Día (24 HORAS)																								
HORAS NO DISPONIBLES						HORAS DISPONIBLES DE IRRADIACIÓN												HORAS NO DISPONIBLES						
Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Horas del día	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	H ₁₄	H ₁₅	H ₁₆	H ₁₇	H ₁₈	H ₁₉	H ₂₀	H ₂₁	H ₂₂	H ₂₃	H ₂₄
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.19	0.29	0.37	0.43	0.47	0.49	0.49	0.47	0.41	0.32	0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.000 kWh/m ² /día						Disponible irradiación solar												0.000 kWh/m ² /día					
							4.200 kWh/m²/día																	

Datos analizados para el mes de febrero (mes más bajo de irradiancia)

Fuente: Data estación Kayra.

Por lo que, para el presente proyecto de tesis se tomó en cuenta el valor de irradiación normal mínimo perteneciente a la lavandería Huancaro de 4.2 kWh/m²/día, siendo esta el valor mínimo de la tabla 4.1. y obtenido de las páginas de DATA CENTER NASA, así como dicho valor es demostrado con la tabla 4.3 (estación Kayra)

4.3 Simulación en Matlab-Simulink

4.3.1 Modelo matemático del módulo fotovoltaico

A partir de la ecuación presentada por (Gil, 2008) para la relación I-V de un panel solar (Capítulo II, ítems 2.3.5.1):

$$I(V) = \frac{I_X}{1 - e^{\left(\frac{-1}{b}\right)}} \left[1 - e^{\left(\frac{V}{bV_X} - \frac{1}{b}\right)} \right] \quad (4.1)$$

Siendo:

$$V_X = S \frac{E_i}{E_{iN}} TC_V (T - T_N) + S V_{max} - S (V_{max} - V_{min}) e^{\left(\frac{E_i}{E_{iN}} \ln\left(\frac{V_{max} - V_{OC}}{V_{max} - V_{min}}\right)\right)} \quad (4.2)$$

$$I_X = P \frac{E_i}{E_{iN}} [I_{SC} + TC_i (T - T_N)] \quad (4.3)$$

Representamos el modelo matemático (ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3) como un diagrama de bloques en Matlab-Simulink. Los bloques a utilizar son los mismos descritos en el capítulo II ítems 2.3.6.1, tabla 2.1:

4.3.2 Implementación del modelo matemático en diagramas de bloques

Se trata de implementar un subsistema 1 en Sumulink a partir del modelo matemático del módulo fotovoltaico.

Las entradas al subsistema corresponden a dos parámetros: La irradiancia operativa en kW-h/m²/día sobre la cara del módulo que recibe de la luz solar, así como la temperatura en °C que tiene el módulo fotovoltaico a dicha exposición de luz.

Estos dos parámetros serán los impactos en los voltajes, corrientes y potencia entregados por el módulo fotovoltaico; es decir, Voltaje vs Corriente y Voltaje vs Maxpotencia que dependen de los parámetros de irradiación y la temperatura de

trabajo, estos son obtenidos a través de dos graficas V-I y V-Pmax.cabe mencionar que los valores de corriente, voltaje y potencia son valores distintos para cada valor de irradiancia y temperatura de operación.

El modelo matemático que ha sido implementado en el subsistema 1, es a partir de la ecuación 4.1, y esta a su vez está compuesto por dos subsistemas más, uno que corresponde a la ecuación 4.2 y el otro a la ecuación 4.3. Estos dos subsistemas conforman el subsistema 1 a manera de resumen.

4.3.2.1 Implementación del Subsistema 1

El diagrama de bloques se implementa a partir de la ecuación 4.1, que relaciona la corriente en función del voltaje.

Donde:

b: es una constante característica del panel.

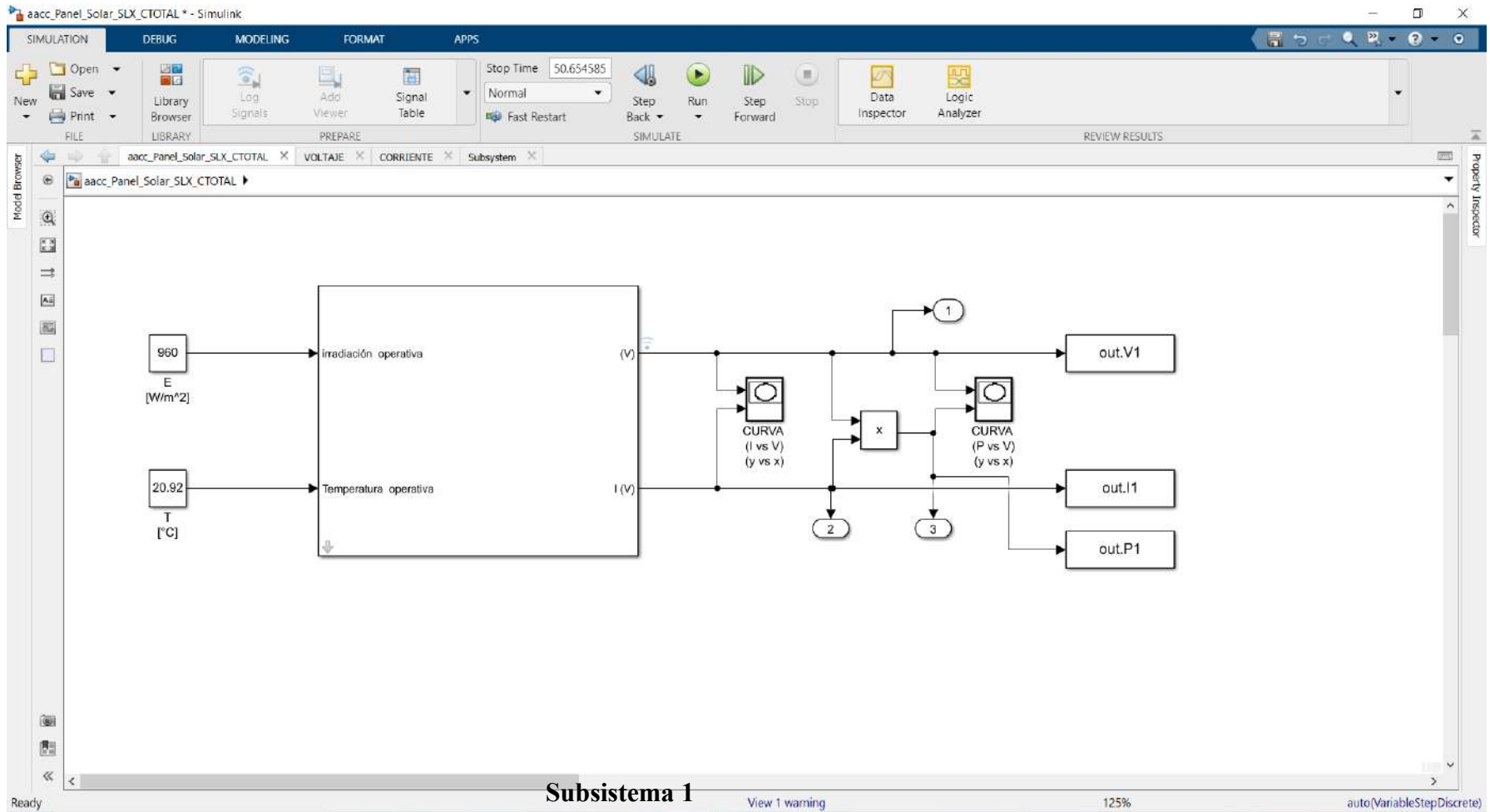
V: es la variable independiente que nosotros tomamos en un rango de 0 a 50 voltios o más (criterio) siendo el eje x definido para la gráfica de la corriente en función del voltaje.

V_x e I_x son dos valores calculados mediante las ecuaciones 4.2 y 4.3.

Este modelo matemático es el que se implementa en Matlab-Simulink. Figura 4.4 y 4.5.

Figura 4.4

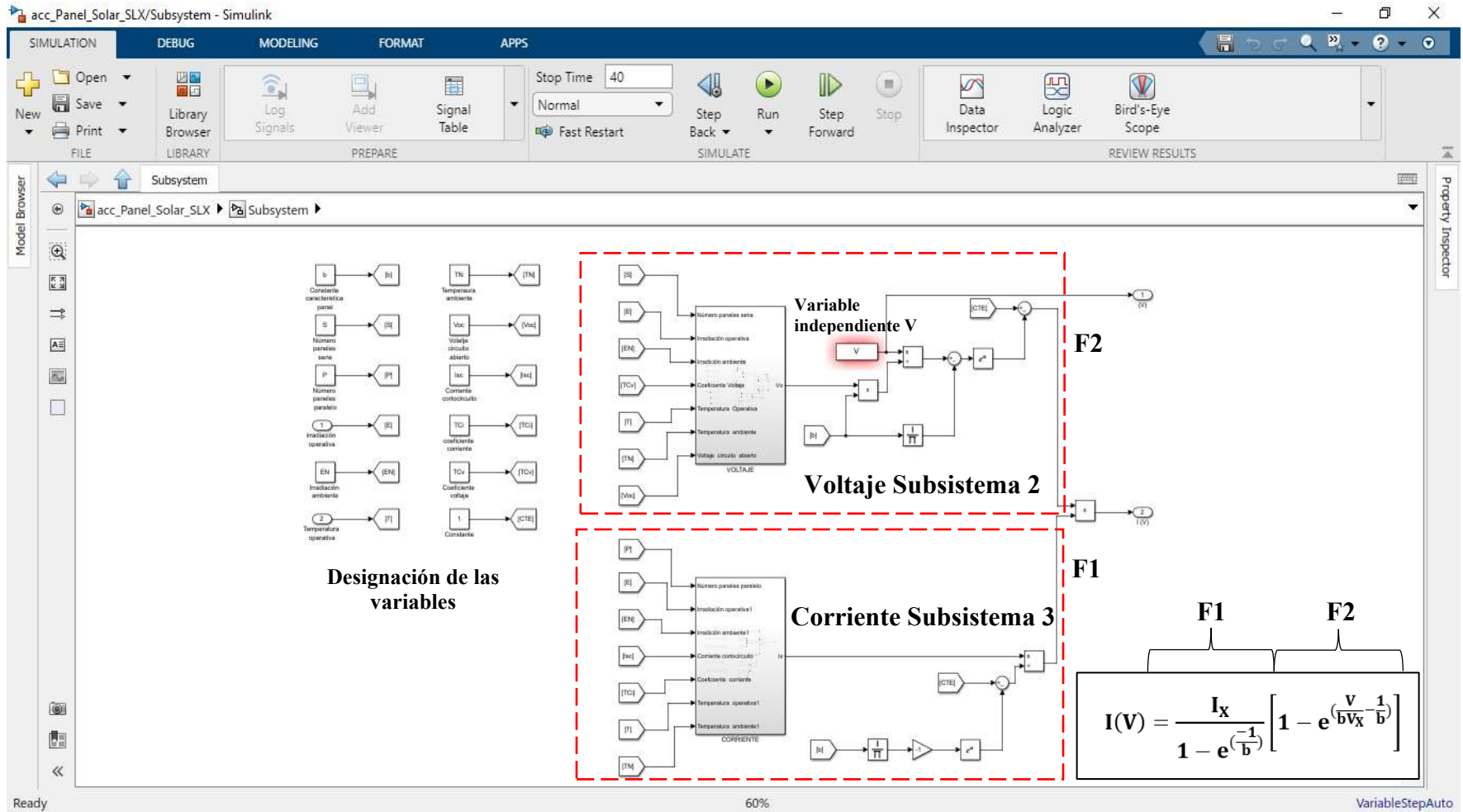
Implementación del Subsistema 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5

Conformación del Subsistema 1.



Fuente: Elaboración propia.

1. Designación de las variables

A primera instancia, se designa las variables y se define todos los valores que se van a procesar dentro del resto de los bloques; es decir, los que se van a procesar por los bloques. Por lo que se tiene la tabla 4.4 y la figura 4.6:

Tabla 4. 4

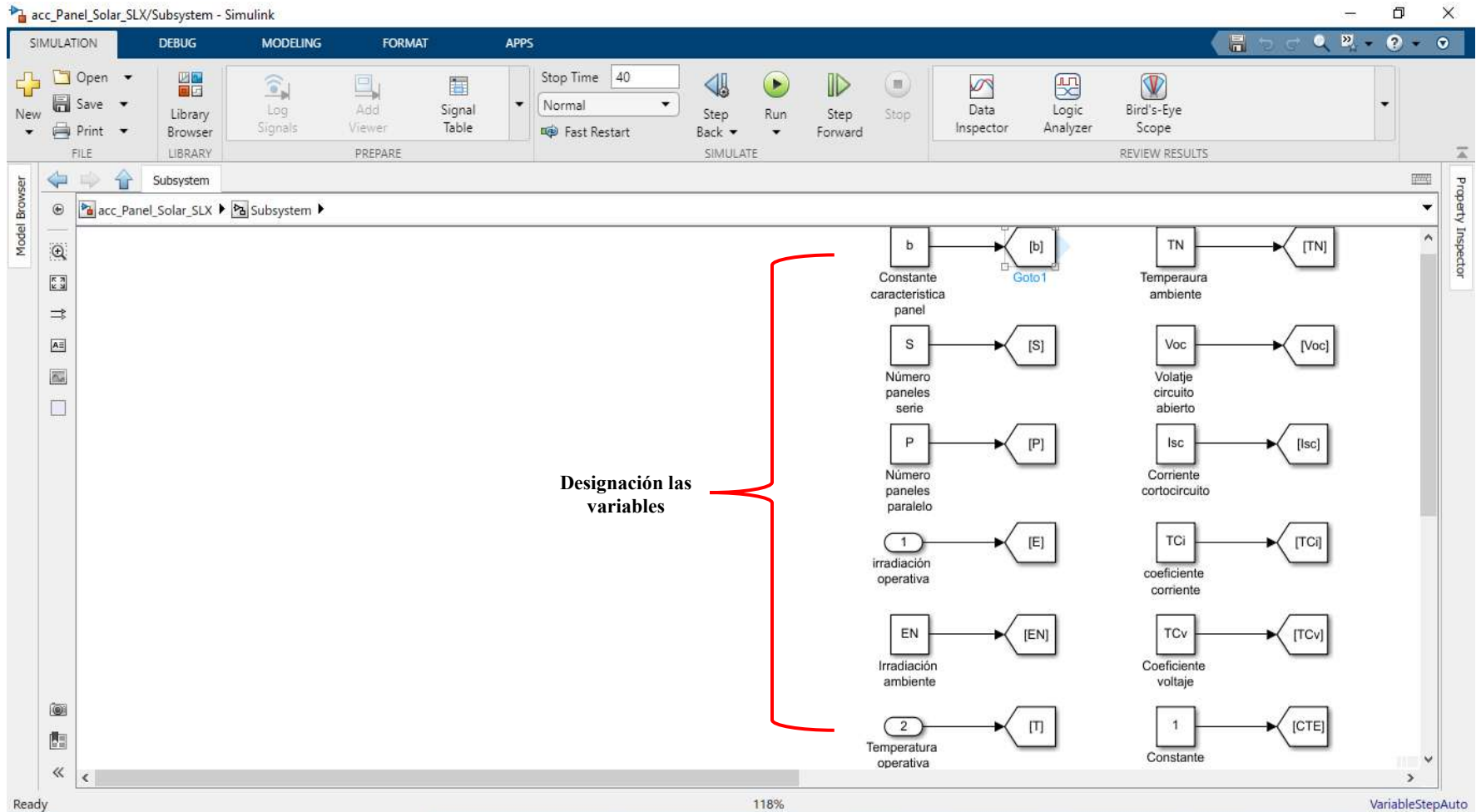
Designación de las variables para procesar los bloques.

Ítems	Parámetro	Descripción	Símbolo
1	b	Constante características panel	|b|
2	S	Número paneles serie	|S|
3	P	Número paneles paralelo	|P|
4	1	Irradiación operativa	|E|
5	EN	Constante de irradiación (Irradiancia ambiente)	|EN|
6	2	Temperatura operativa	|T|
7	TN	Temperatura ambiente	|TN|
8	Voc	Voltaje circuito abierto	|Voc|
9	Isc	Corriente cortocircuito	|Isc|
10	TCi	Coeficiente corriente	|TCi|
11	TCv	Coeficiente voltaje	|TCv|
12	1	Constante	|CTE|

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 6

Designación de las variables para procesar los bloques en Simulink.



Fuente: Elaboración propia.

2. Descripción de los factores que conforman el subsistema 1

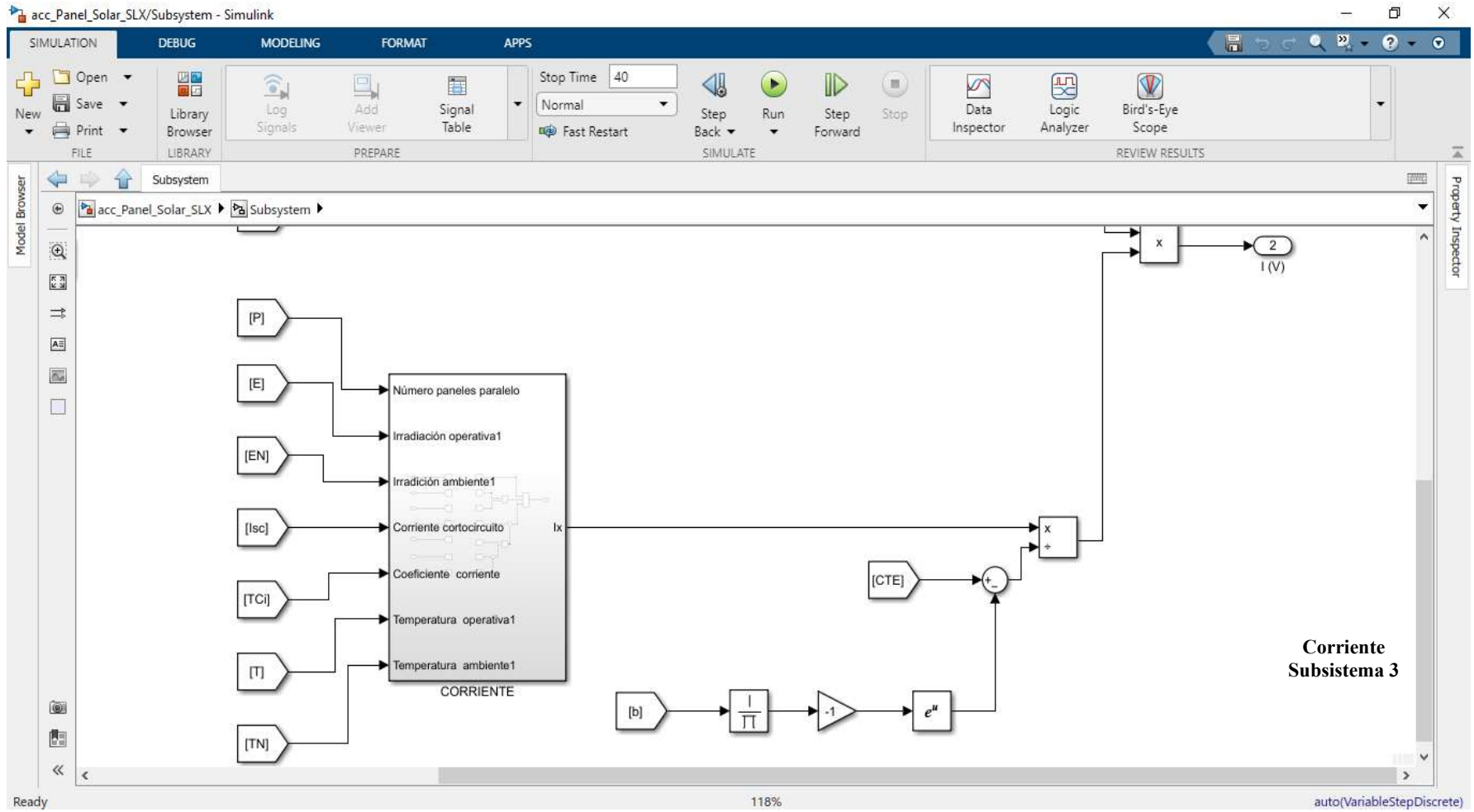
En la figura 4.6, se muestra de cómo se designa las variables para implementar en el diagrama de bloques de Matlab-Simulink.

De la figura 4.7, el factor F1 es el valor I_x (Subsistema 3 “Corriente”) que va dividido en una diferencia de 1 menos Euler elevado a la -1 sobre b (esta constante 1 viene representado por el $\text{from} = |\text{CTE}|$ y b la constante característica del panel, $\text{from} = |b|$). Siendo esta el argumento de Euler.

De la figura 4.8 el factor F2 es la diferencia de $\text{from} = |\text{CTE}|$ menos Euler cuyo argumento es la diferencia entre el cociente la variable independiente “V” y un producto de la constante característica del panel con el valor V_x (Subsistema 2 “Voltaje”), menos el cociente entre 1 y la constante característica del panel “b”.

Figura 4. 7

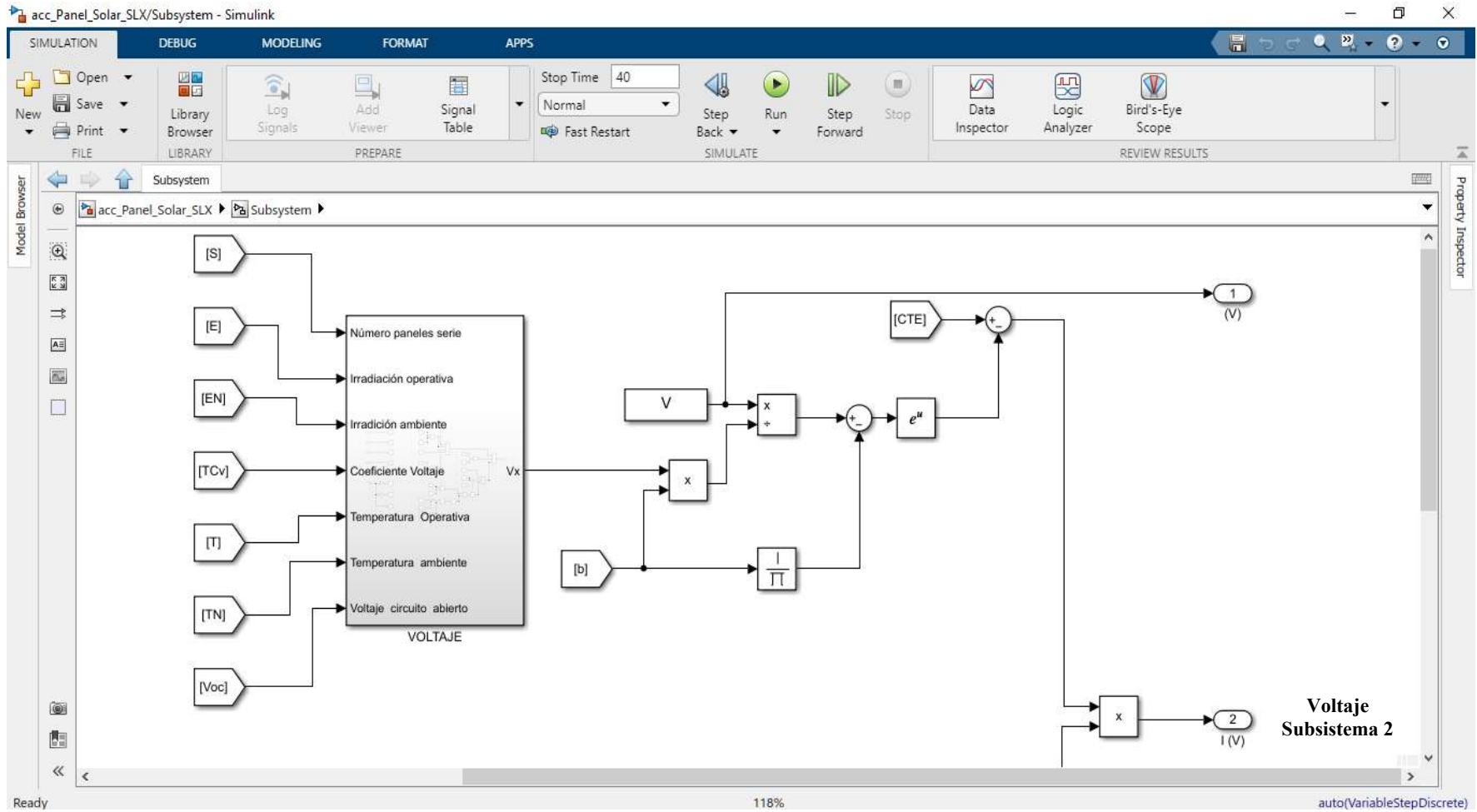
Diagrama de bloques Factor 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 8

Diagrama de bloques Factor 2.

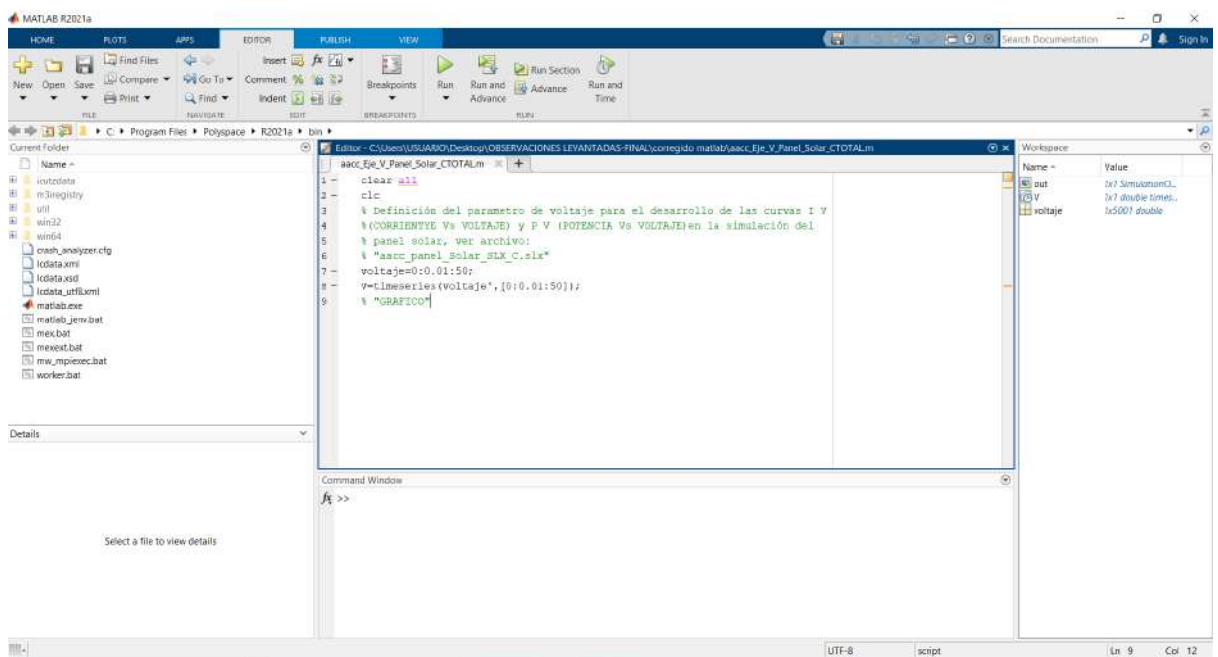


Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la variable independiente “V” Figura 4.9, es la variable que se define desde el Workspace que para poder graficar es necesario pasar por una serie de tiempo. Una de las formas para obtener la serie de tiempo es haciendo un script en Matlab. Ya que define un voltaje que varía de 0 a 50 V con intervalos de 0,01 V con el comando timeseries. Es decir:

Figura 4.9

Script para la variable independiente V.



Fuente: Elaboración propia.

Esta variable debe ser ejecutada y almacenada en el Workspace para obtener las gráficas V-I y V-Pmáx. El script implementado es:

```

clear all
clc
% Definición del parametro de voltaje para el desarrollo de las curvas I V
% (CORRIENTE Vs VOLTAJE) y P V (POTENCIA Vs VOLTAJE) en la simulación del
% panel solar, ver archivo:
% "ac_panel_solar_SLX_v2.slx"
voltaje=0:0.01:50;
V=timeseries(voltaje',[0:0.01:50]);

```

Por lo que, la multiplicación de los factores $F1 \times F2$ conforma el subsistema 1, es así como se implementa el modelo matemático de la ecuación 1 en bloques dentro de Matlab-Simulink.

Entonces viene la pregunta ¿Qué contienen por dentro los subsistemas 2 y 3?, como están vinculados o configurados los diferentes componentes para obtener los valores de V_x e I_x , es así que:

4.3.2.2 Implementación del Subsistema 2 (Subsistema de Voltaje V_x)

El diagrama de bloques se implementa a partir de la ecuación 4.2 tal cual se muestra en la figura 4.10, que relaciona varias variables. En este subsistema definimos las variables de entrada tales como: el número de paneles en serie, irradiación operativa, irradiación ambiente, coeficiente de voltaje, temperatura operativa, temperatura ambiente y el voltaje de circuito abierto, siendo V_{\max} igual al 103% de V_{oc} y V_{\min} equivalente al 85% de V_{oc} .

Tabla 4. 5

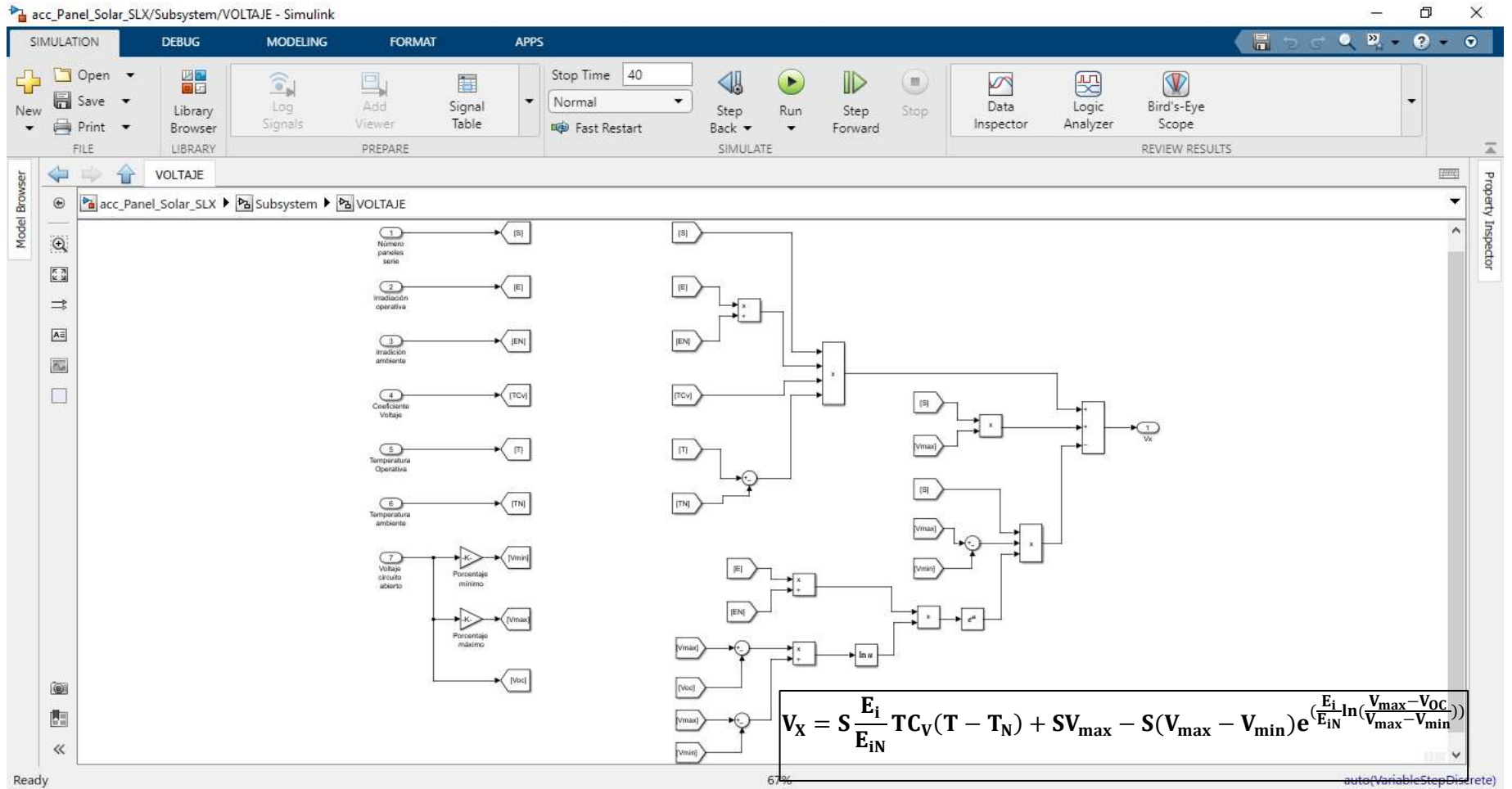
Variables consideradas subsistema 2.

Ítems	Parámetro	Descripción	Símbolo
1	S	Número paneles serie	|S|
2	1	Irradiación operativa	|E|
3	EN	Constante de irradiación (Irradiancia ambiente)	|EN|
4	TCv	Coeficiente voltaje	|TCv|
5	2	Temperatura operativa	|T|
6	TN	Temperatura ambiente	|TN|
7	Voc	Voltaje circuito abierto	|Voc|

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 10

Subsistema 2 (Subsistema de Voltaje Vx)



Fuente: Elaboración propia.

1. Descripción de los factores que conforman el subsistema 2

Para el procesamiento de los datos del subsistema 2 (Voltaje V_x), se debe multiplicar el número de paneles en serie $|S|$ por la razón entre la Irradiación operativa $|E|$ y la irradiación ambiente $|EN|$, a su vez se multiplica con el coeficiente de voltaje $|TCv|$ multiplicado por el cuarto factor que es la diferencia entre la temperatura de operación $|T|$ y la temperatura de ambiente $|TN|$. Posterior a ello, se adiciona el producto del número de paneles en serie $|S|$ por el voltaje máximo $V_{\text{máx}}$, se resta el producto del número de paneles en serie $|S|$ por la diferencia del voltaje máximo $V_{\text{máx}}$ y el voltaje mínimo V_{min} seguidamente multiplicada por Euler cuyo argumento es el producto por una razón entre la Irradiación operativa $|E|$ y la irradiación ambiente $|EN|$ y el logaritmo natural de una razón entre la diferencia del voltaje máximo $V_{\text{máx}}$ y el voltaje de circuito abierto $|V_{oc}|$ y la diferencia del voltaje máximo $V_{\text{máx}}$ y el voltaje mínimo V_{min} . Cuya salida de esta expresión matemática es V_x .

4.3.2.3 Implementación del Subsistema 3 (Subsistema de Corriente I_x)

El diagrama de bloques se implementa a partir de la ecuación 4.3 tal cual se muestra en la figura 4.11. En este subsistema definimos las variables de entrada tales como: el número de paneles en paralelo, irradiación operativa, irradiación ambiente, corriente de cortocircuito, coeficiente de corriente, temperatura operativa, temperatura ambiente, tal como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4. 6

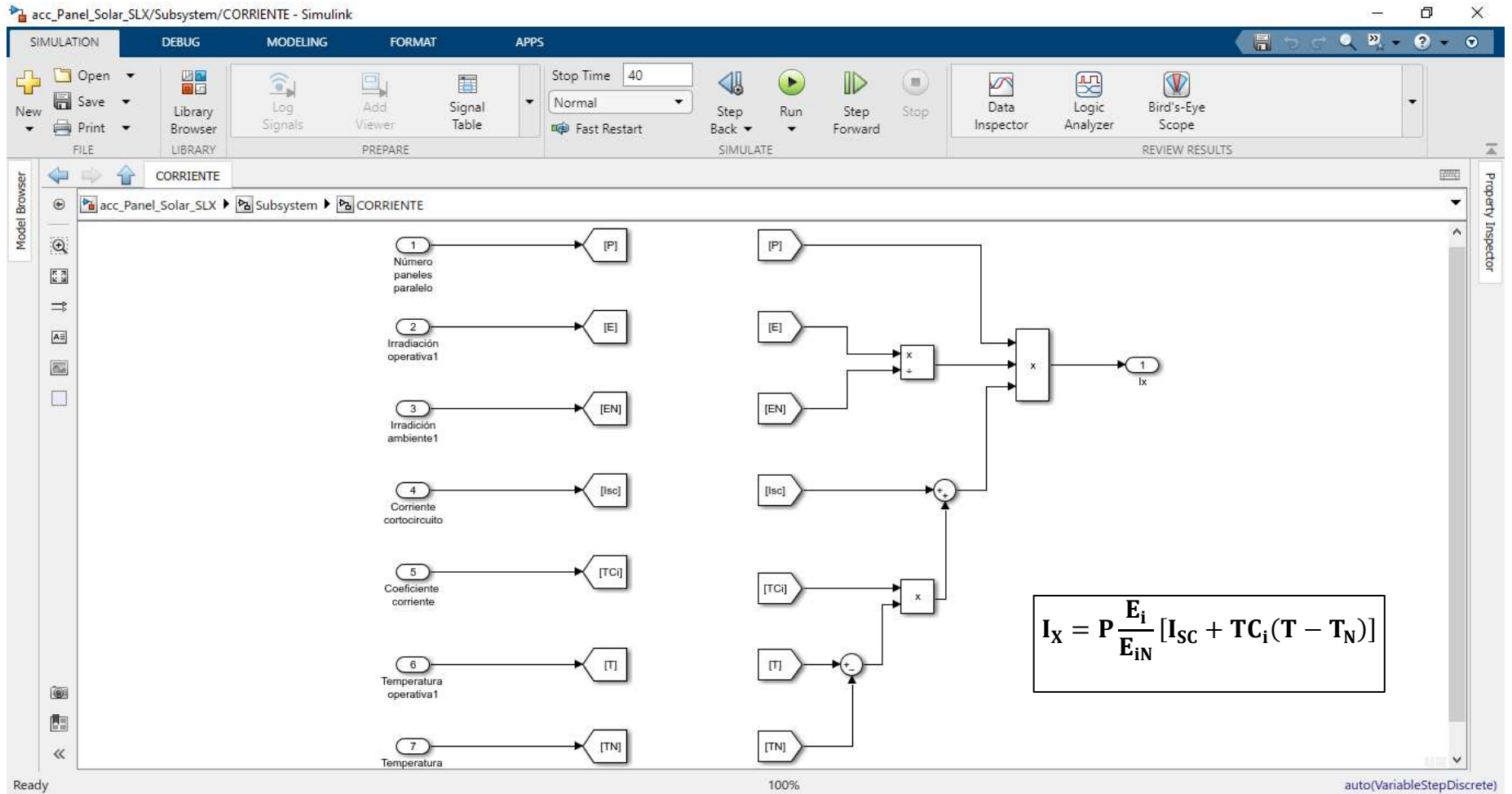
Variables consideradas subsistema 3.

ítems	Parámetro	Descripción	Símbolo
1	P	Número paneles paralelo	|P|
2	1	Irradiación operativa	|E|
3	EN	Constante de irradiación (Irradiancia ambiente)	|EN|
4	Isc	Corriente cortocircuito	|Isc|
5	TCi	Coefficiente corriente	|TCi|
6	2	Temperatura operativa	|T|
7	TN	Temperatura ambiente	|TN|

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. 11

Subsistema 3 (Subsistema de Corriente Ix)



Fuente: Elaboración propia.

1. Descripción de los factores que conforman el subsistema 3

Para el procesamiento de los datos del subsistema 3 (Corriente V_x), se debe multiplicar el número de paneles en paralelo $|P|$ por la razón entre la Irradiación operativa $|E|$ y la irradiación ambiente $|EN|$, a su vez se multiplica por la suma de la corriente de cortocircuito $|Isc|$ y el producto del coeficiente de corriente $|TCi|$ y la diferencia de la temperatura de operación $|T|$ y la temperatura de ambiente $|TN|$. Cuya salida de esta expresión matemática es I_x .

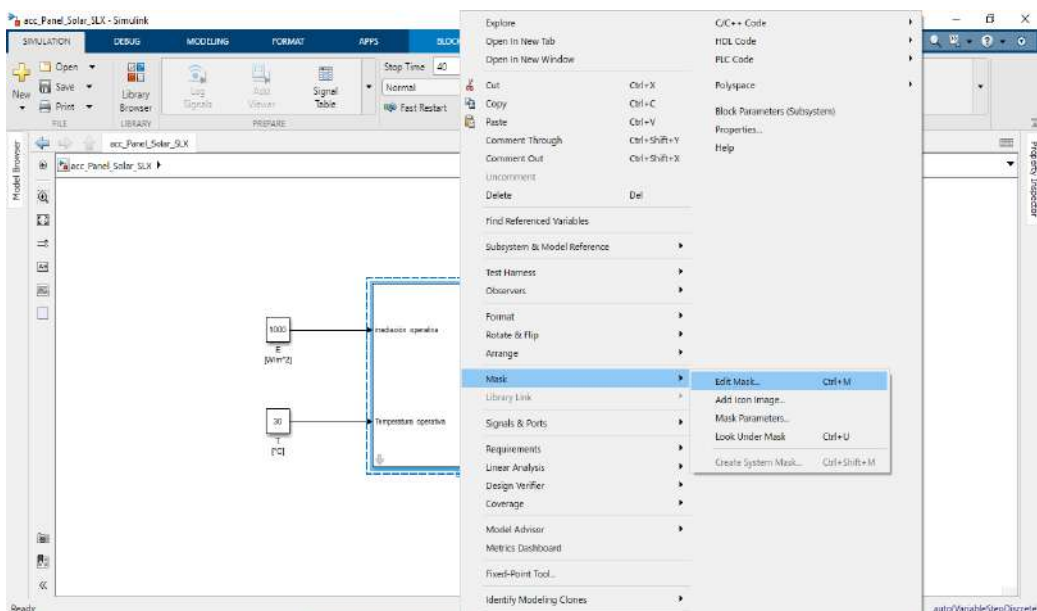
Finalmente, solo queda enmascarar del subsistema 1 para ello procedemos de la siguiente manera:

4.3.3 Implementación de la mascara

Se procede a la edición de la máscara haciendo clic izquierdo al subsistema 1, el cual apertura una pestaña eligiendo la opción Mask y Edición Mask, figura 4.12:

Figura 4. 12

Apertura de la ventana de edición de la máscara.

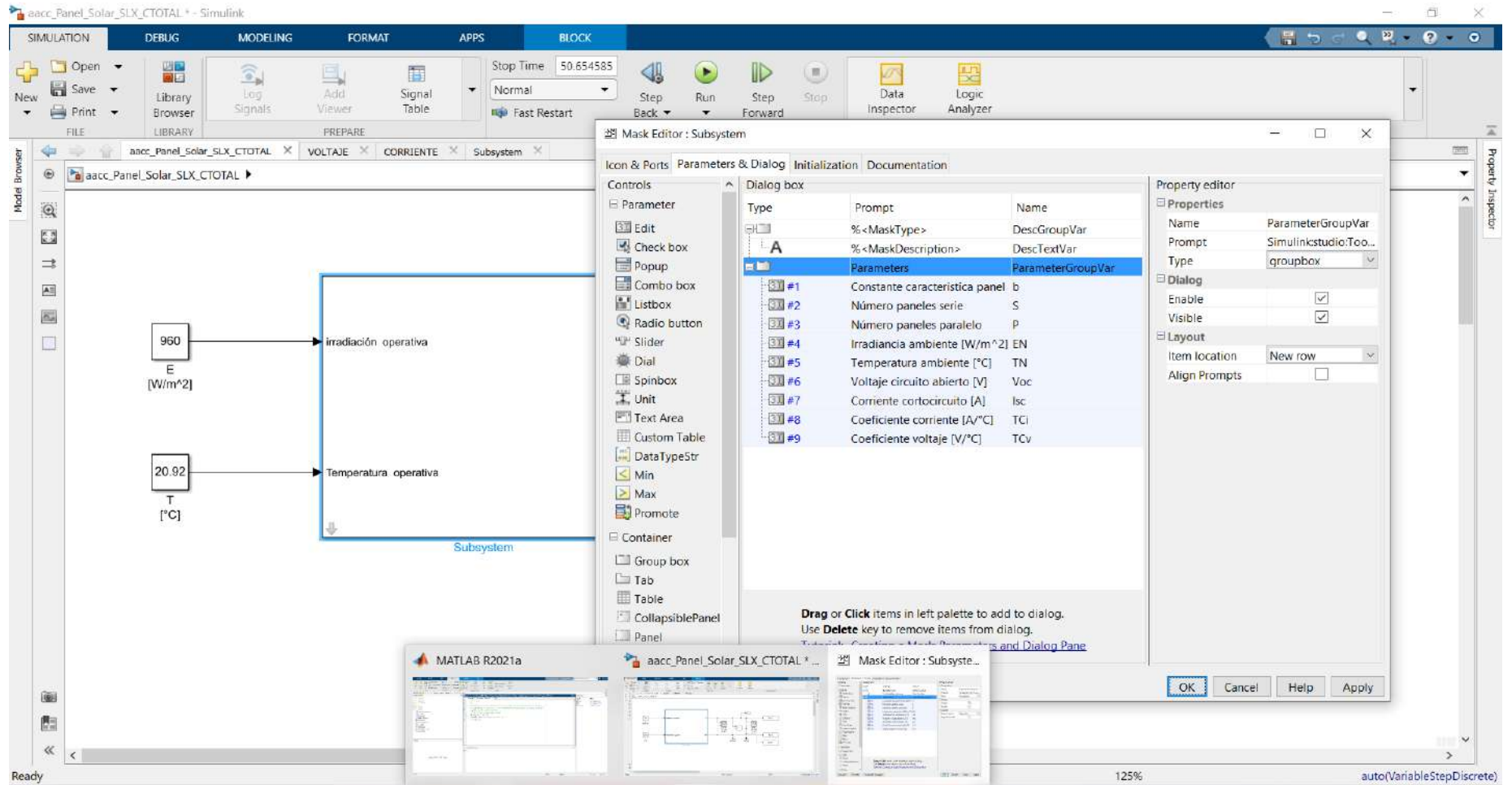


Fuente: Elaboración propia.

Se despliega una ventana para editar las variables de la máscara (pestaña Parameters & dialog), figura 4.13:

Figura 4. 13

Edición de la máscara.



Fuente: Elaboración propia.

1. Definición de las variables requeridas en la máscara

La máscara consta de 9 pestañas editables y no editables tales como se muestra en la tabla 4.7:

Tabla 4. 7

Definición de las variables de la máscara.

#1	Variable 1	Observaciones
properties		
Name	B	
Value	0.05378	Valor propuesto por fabricante
Prompt	Constante característica panel	
Type	Edit	
Atribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	No	No editable por el usuario
Visible	Yes	
#2	Variable 2	Observaciones
properties		
Name	S	
Value	1, 2, etc	Elección libre del usuario
Prompt	Número paneles serie	
Type	Edit	
Atribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	
#3	Variable 3	Observaciones
properties		
Name	P	
Value	1, 2, etc	Elección libre del usuario
Prompt	Número paneles paralelo	
Type	Edit	
Atribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	

#4	Variable 4	Observaciones
properties		
Name	EN	
Value	1000	
Prompt	Irradiancia ambiente [W/m ²]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	No	No editable por el usuario
Visible	Yes	

#5	Variable 5	Observaciones
properties		
Name	TN	
Value	25	
Prompt	Temperatura ambiente [°C]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	No	No editable por el usuario
Visible	Yes	

#6	Variable 6	Observaciones
properties		
Name	Voc	
Value	49.7	Según ficha técnica panel
Prompt	Voltaje circuito abierto [V]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	

#7	Variable 7	Observaciones
properties		
Name	Isc	
Value	11.36	Según ficha técnica panel
Prompt	Corriente cortocircuito [A]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	

#8	Variable 8	Observaciones
properties		
Name	TCi	
Value	0.044	Según ficha técnica panel
Prompt	Coeficiente corriente [A/°C]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	

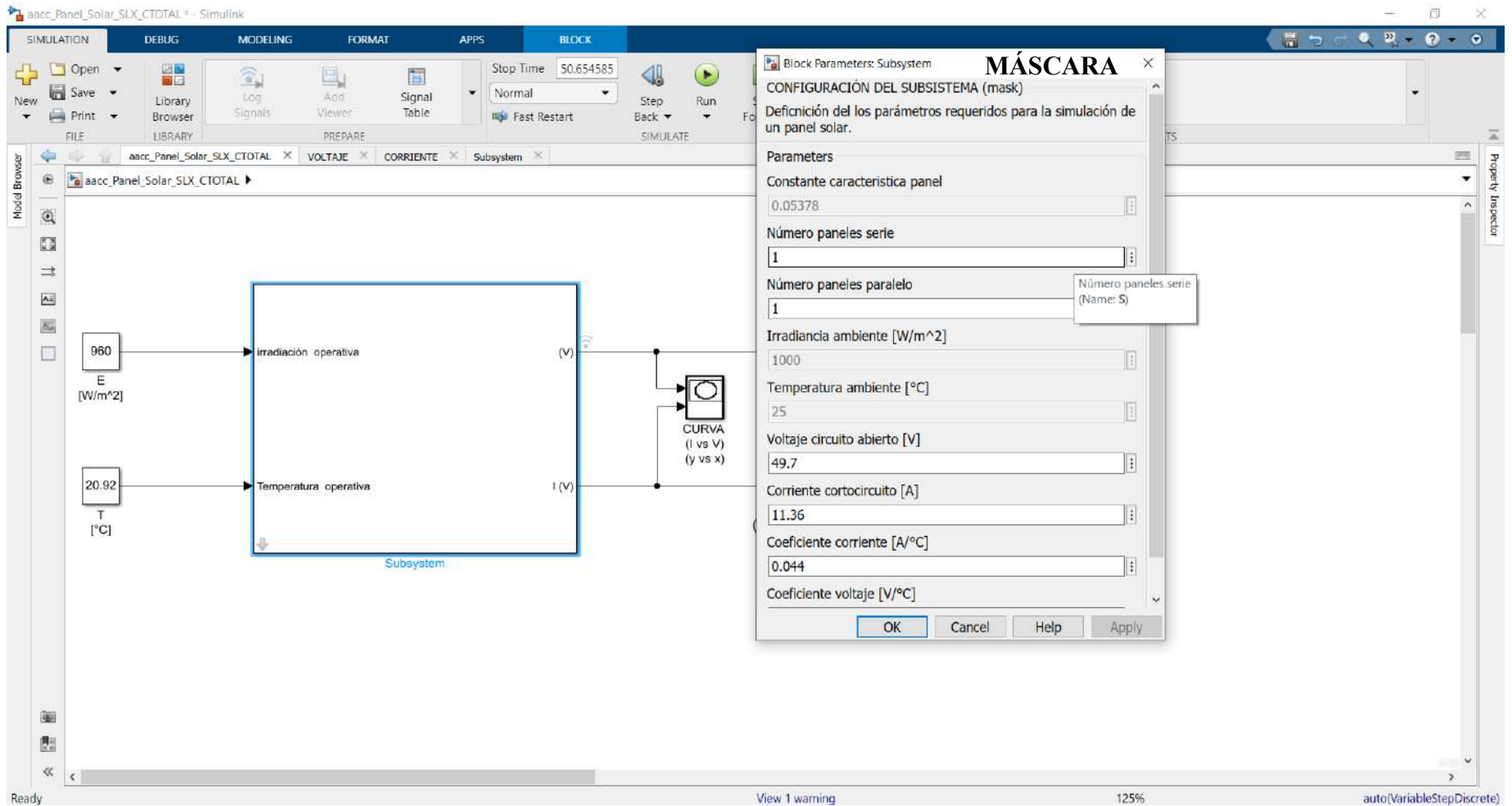
#9	Variable 9	Observaciones
properties		
Name	TCv	
Value	-0.272	Según ficha técnica panel
Prompt	Coeficiente voltaje [V/°C]	
Type	Edit	
Attribute		
Evaluate	Yes	
Tunable	On	
Dialog		
Enable	Yes	Editable por el usuario
Visible	Yes	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la máscara queda según la figura 4.14:

Figura 4. 14

Implementación final de la máscara.



Fuente: Elaboración propia

4.4 Simulación en Digsilent Power Factory

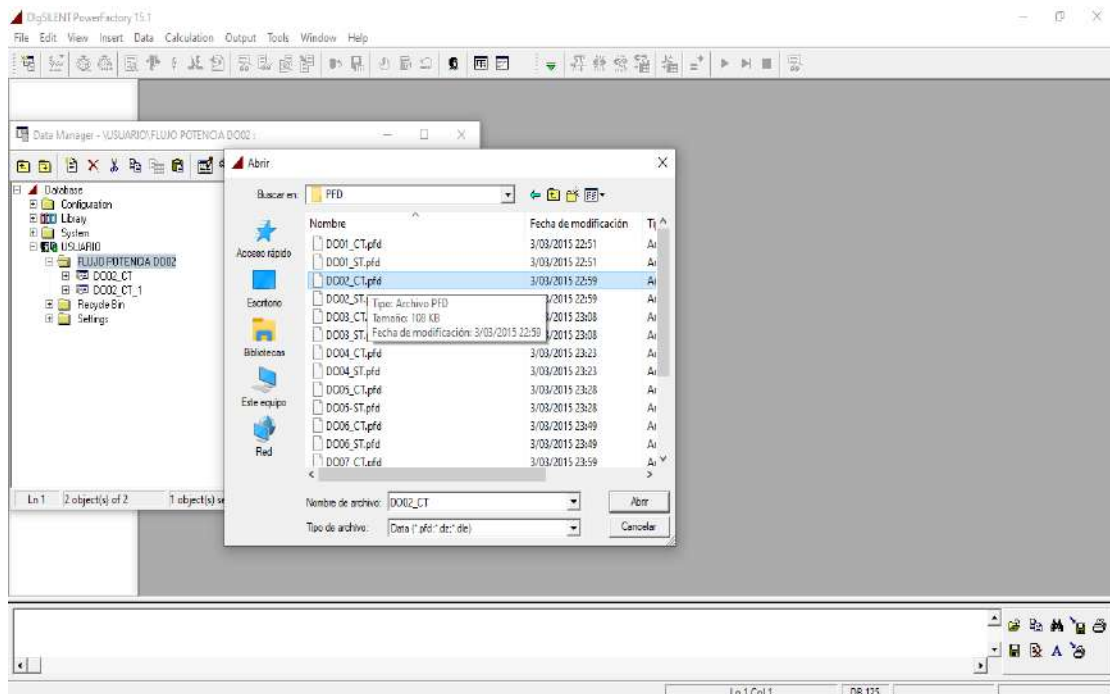
4.4.1 Implementación del panel fotovoltaico en Digsilent

El análisis de flujo de potencia se realiza con el software DlgSILENT Power Factory versión 15.1.7 con el objetivo de simular el comportamiento del alimentador DO-02 frente a la interconexión operativa del sistema fotovoltaico.

Para ello, la empresa Electro Sur Este S.A.A. nos facilitó la topología del alimentador en mención en formato PFD. Esta se importa a la interfaz del software DlgSILENT para posteriormente redibujarla en una nueva ventana los equipos eléctricos necesarios y cercanos al punto de interconexión tales como la SED N° 0010386, el nodo en media tensión MT0010386, el nodo de baja tensión BT0010386 y la carga respectiva de la SED DO02BT0010386, figura 4.16.

Figura 4. 15

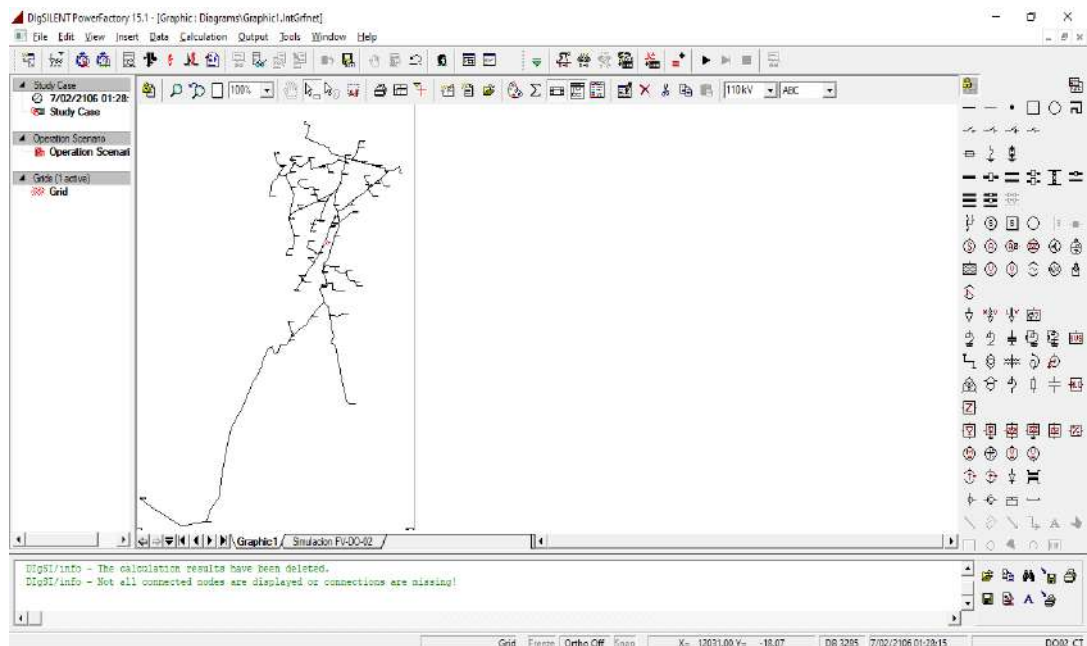
Importación de la data PFD en DlgSILENT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 16

Data PFD Importada en DigSILENT.

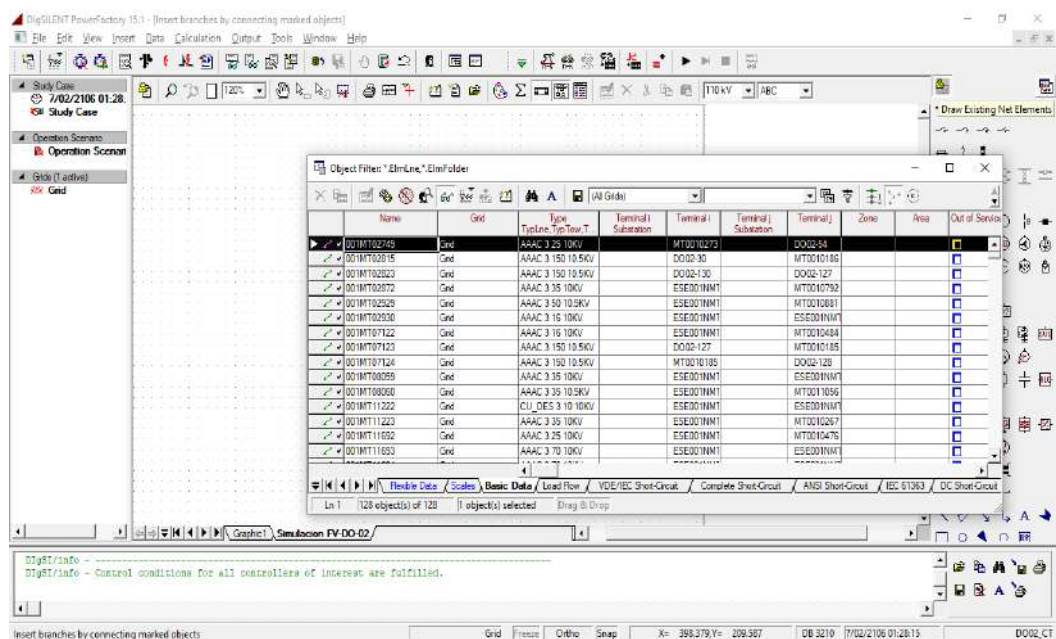


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente redibujamos la red eléctrica a partir de la topología importada con el comando Draw Existing Net Elements en una nueva ventana de trabajo.

Figura 4. 17

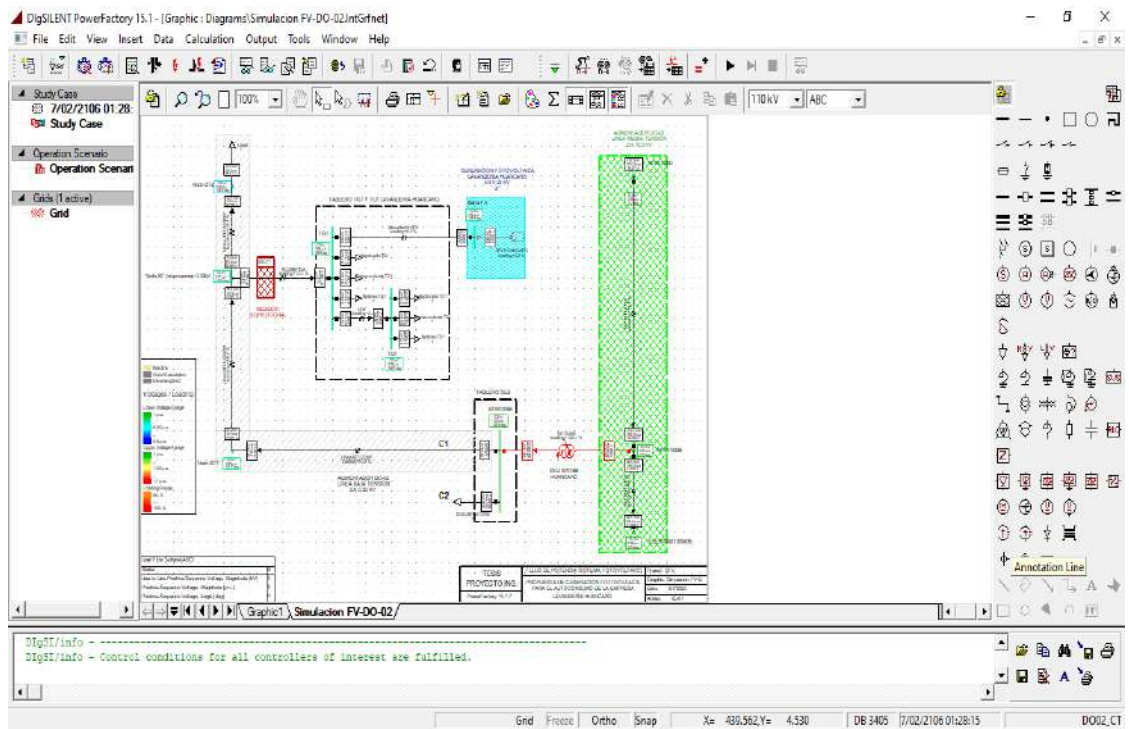
Redibujado de la red eléctrica en DigSILENT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. 18

Dibujo del sistema fotovoltaico en DIgSILENT.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

5.1 Introducción

Finalmente, en el presente capítulo se muestra los resultados obtenidos tanto con la simulación en Matlab – Simulink; así como en el software Digsilent Power Factory y la Huella de Carbón.

5.2 Resultados

5.2.1 *Resultados de la simulación en Matlab-Simulink*

5.2.1.1 Descripción del módulo fotovoltaico a utilizar

Para la generación fotovoltaica de autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro y su inserción al Alimentador Dolorespata DO-02, se propone paneles monocristalinos ya que:

Los paneles solares monocristalinos proporcionan el voltaje ideal para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo con conexiones a la red. Los paneles solares fabricados con silicio monocristalino son los más utilizados debido a su alta producción y alta eficiencia. La energía solar está al alcance. Estos paneles solares se ofrecen con una garantía de energía de 25 años.

Las características principales que definen a un módulo solar monocristalino son:

1. Funcionan en altas temperaturas.
2. Buena eficiencia.
3. Abarcan mayor espacio para la captación de la irradiación solar.
4. Es costoso.
5. Genera energía en áreas sombreadas. (captación de radiaciones difusas)
6. En cuanto a su mantenimiento no requieren una limpieza constante.

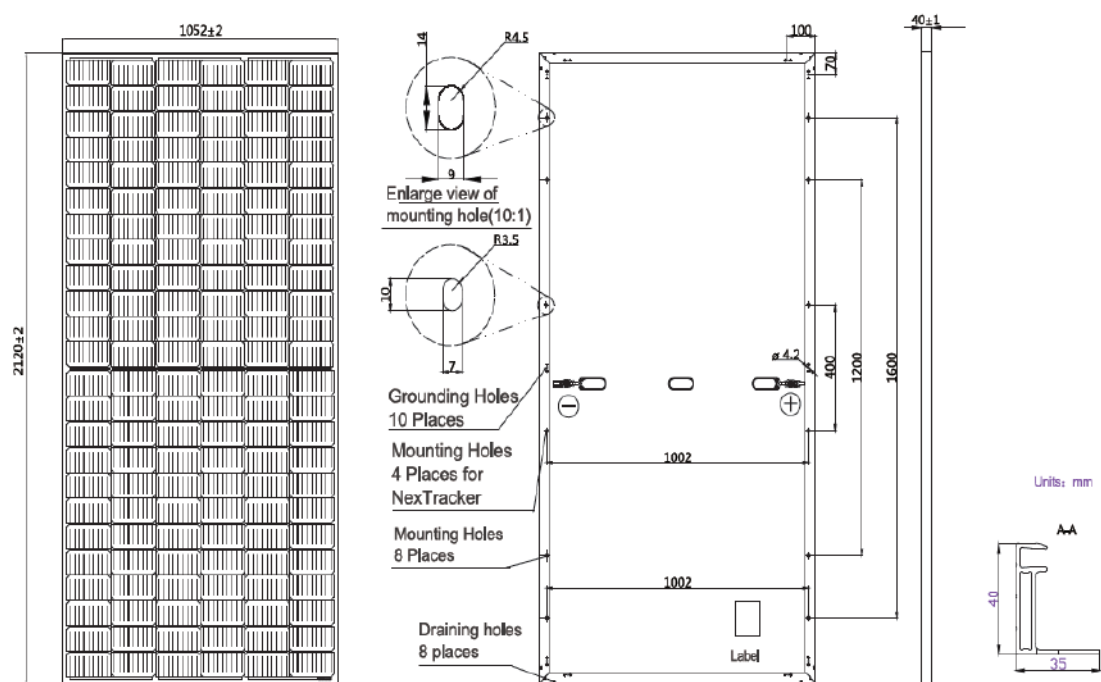
Según (Auto Solar, 2015), tiene una larga vida útil y conserva la mayor parte de su rendimiento a lo largo del tiempo (85% de la eficiencia original después de 20 años).

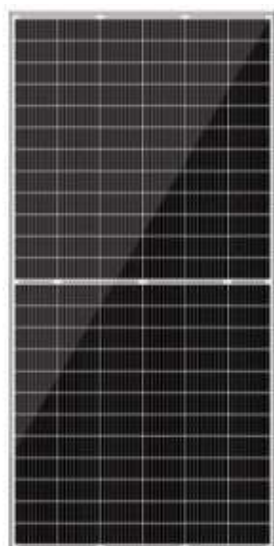
La mayor parte del rendimiento se conserva en el tiempo (85% de la eficiencia original después de 20 años) y tiene una vida útil de 25 años, por lo que la mayoría de los proyectistas consideran a utilizar paneles monocristalinos que policristalinos porque son más eficientes en su producción de energía y obtienen mayores propiedades en el largo plazo.

Las características técnicas en cuanto al modelo y dimensiones del módulo fotovoltaico a utilizar se tienen:

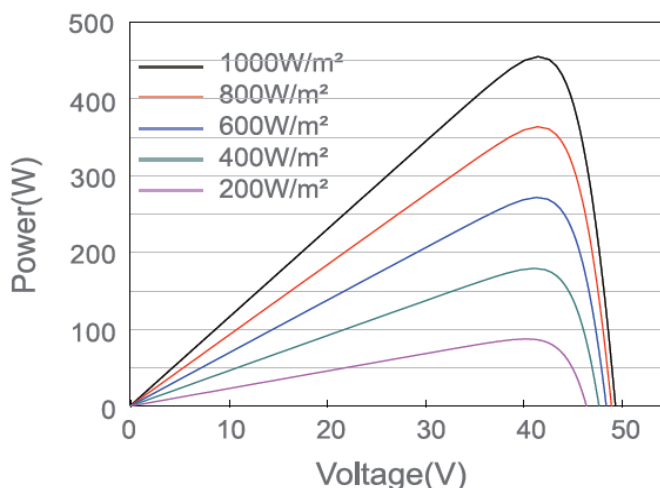
Figura 5. 1

Modulo fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR





Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Características eléctricas del módulo propuesto

La ficha técnica se adjunta en el (**anexo 4**), a continuación, se detalla el resumen general en la tabla 5.1:

Tabla 5. 1

Características eléctricas del módulo fotovoltaico propuesto.

Características del Producto Modulo Fotovoltaico 450 Wp		
FABRICANTE	AUTO SOLAR	
MODELO	JAM72S20-450/MR	
TIPO DE CÉLULA	MONOCRISTALINO	
No. de Modelo	JAM72S20-450/MR	Observación
Características Eléctricas en STC	Valor	Unidad
Potencia Máxima (Pmax)	450	Wp
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	41.52	V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	10.84	A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	49.7	V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.36	A
Eficiencia	20.2	%
Tolerancia de Potencia (+)	0~+5	W
<i>Condiciones de prueba estándar (STC): Masa de aire AM 1,5, radiación 1000W/m2, temperatura de célula 25°C,</i>		
Características Eléctricas en NOCT		
Temperatura	45±2	°C

<i>Temperatura en condiciones normales de operación (NOCT): 800W/m², AM 1,5, velocidad del viento de 1m/s, temperatura ambiente de 20°C</i>		
Características Térmicas		
Rango de Temperatura	-40~85	-40~85
Coefficiente de Temperatura de Pmax	-0.350	%/°C
Coefficiente de Temperatura de Voc	-0.272	%/°C
Coefficiente de Temperatura de Isc	0.044	%/°C
Parámetros del Sistema		
Tensión Máxima del Sistema	1500	V
Límite de Corriente	20	A
Características Mecánicas		
Dimensiones (A/A/F)	2120+-2mmx1052+-2mmx40+-1mm	
Peso	25 kg +-3%	
Tipo de Células	Monocristalino	
Tamaño de las Células	Monocrystalline (182x91 mm)	
Numero de Células	144 (6x24)	
Tipo de Vidrio	Templado	
Tipo de Trama	Aleación de Aluminio Anodizado	
Largo de Cable	Portrait: 300mm (+) / 400mm (-); Landscape: 1200mm (+) / 1200mm (-)	

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Determinación de la potencia máxima pico para un módulo fotovoltaico en Matlab-Simulink.

Para obtener la potencia máxima pico en el punto de estudio, simulamos considerando las condiciones reales, a la radiación 960W/m², y temperatura de célula de trabajo según el lugar de 20.92°C (tabla 4.1) y según el modelo implementado en la figura 5.2.

En la figura 5.2 se muestra la introducción de los datos en la Máscara, implementado en Matlab-Simulink. Según los resultados de la figura 5.3, se obtiene las curvas de la tensión vs corriente, tensión vs potencia máxima corregida a la temperatura en el punto del lugar por módulo fotovoltaico:

Una vez simulado en Simulink, los datos de salida son guardados automáticamente en el Workspace de Matlab con el nombre de “out” gracias al bloque de To Workspace. Posterior a ello se obtiene los puntos de las curvas en simulación (figura 5.4). Se puede graficar utilizando el comando plot en Matlab, es decir: **plot(out.V1,out.I1), plot(out.V1,out.P1)**; caso contrario, los exportamos a Excel para graficar en una sola ventana y obtener los nuevos parámetros corregidos. Tal como se muestra en la figura 5.6 y figura 5.7

Como resultado se tiene la potencia máxima de generación, tensión de circuito abierto (V_{oc}) y la corriente de cortocircuito (I_{sc}) óptimo por módulo fotovoltaico a temperatura corregida de 20.92°C , figura 5.5, el resumen se muestra en la tabla 5.2:

Figura 5. 2

Introducción de los parámetros del módulo fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR, para un panel.

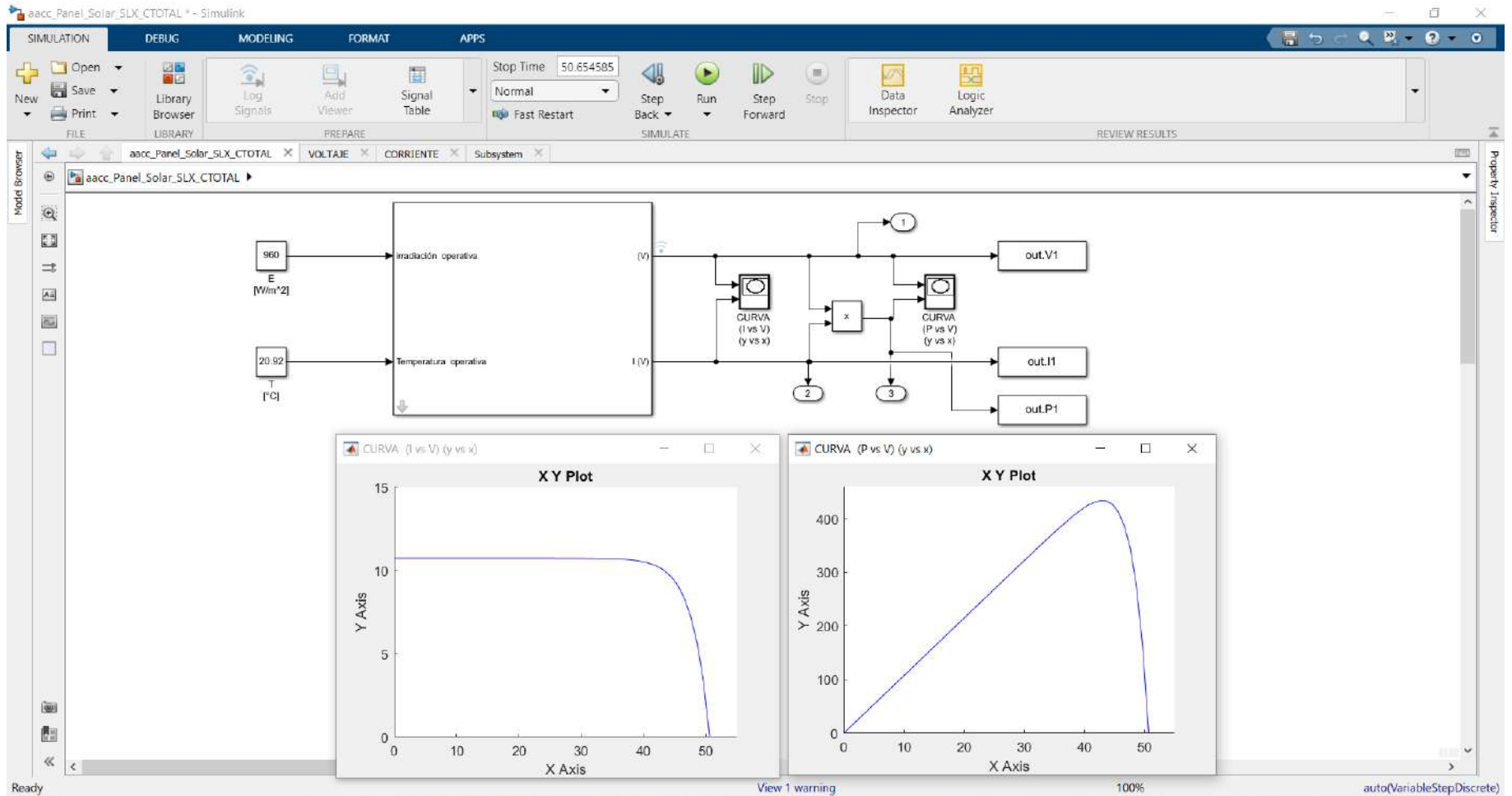
The screenshot shows the Simulink environment with a solar panel model. The main workspace contains a subsystem block labeled 'Subsystem' with two input ports: 'Irradiación operativa' (E [W/m²]) and 'Temperatura operativa' (T [°C]). The subsystem is connected to a circuit model consisting of two 'CURVA' blocks (one for current vs voltage, one for power vs voltage), a multiplier block 'x', and three output blocks: 'out.V1', 'out.I1', and 'out.P1'. A 'Block Parameters: Subsystem' dialog box is open on the right, displaying the following parameters:

Parameter	Value
Constante característica panel	0.05378
Número paneles serie	1
Número paneles paralelo	1
Irradiancia ambiente [W/m ²]	1000
Temperatura ambiente [°C]	25
Voltaje circuito abierto [V]	49.7
Corriente cortocircuito [A]	11.36
Coeficiente corriente [A/°C]	0.044
Coeficiente voltaje [V/°C]	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.3

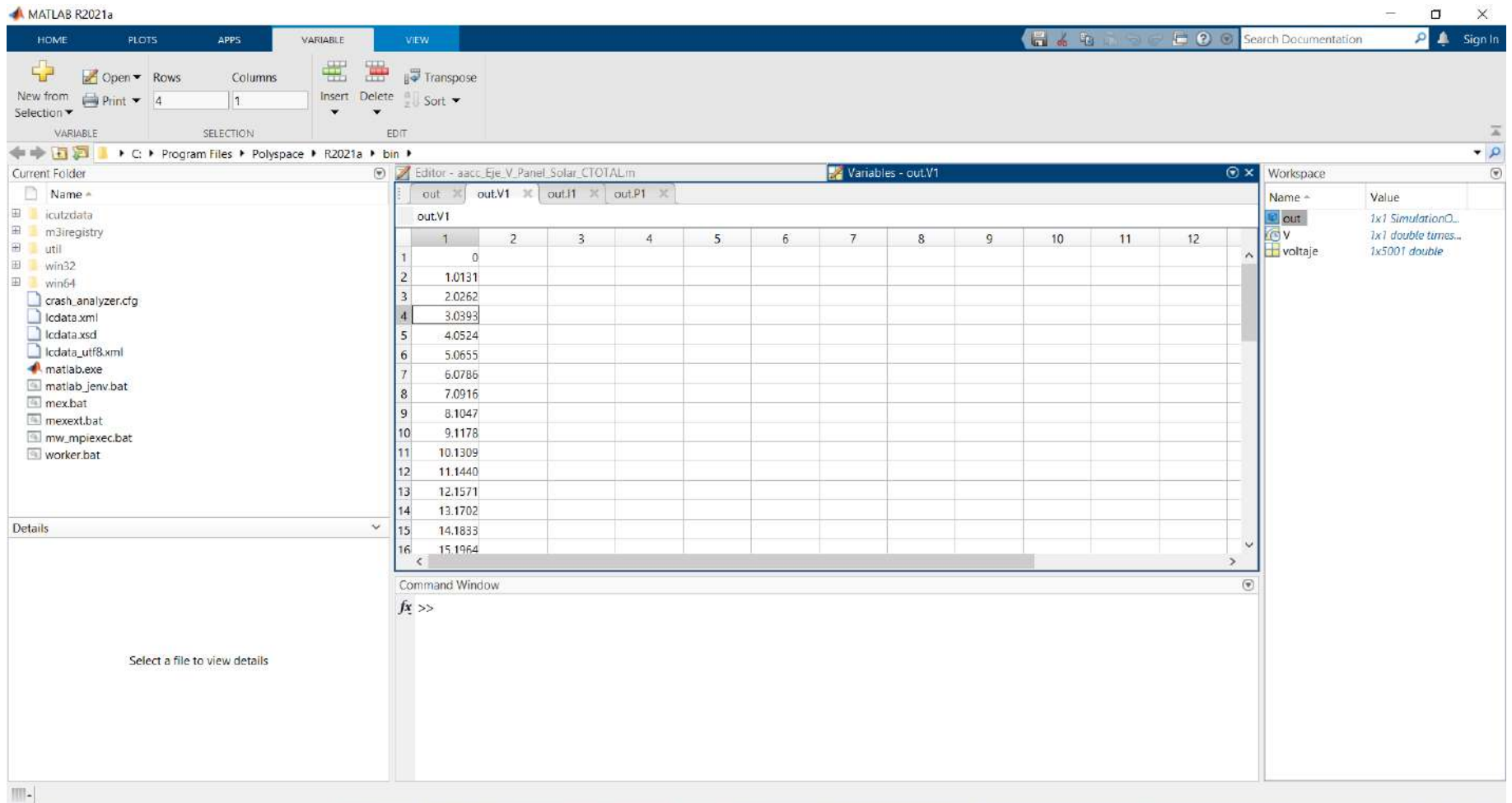
Obtención de las curvas V vs I , V vs $P_{m\grave{a}x}$.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 4

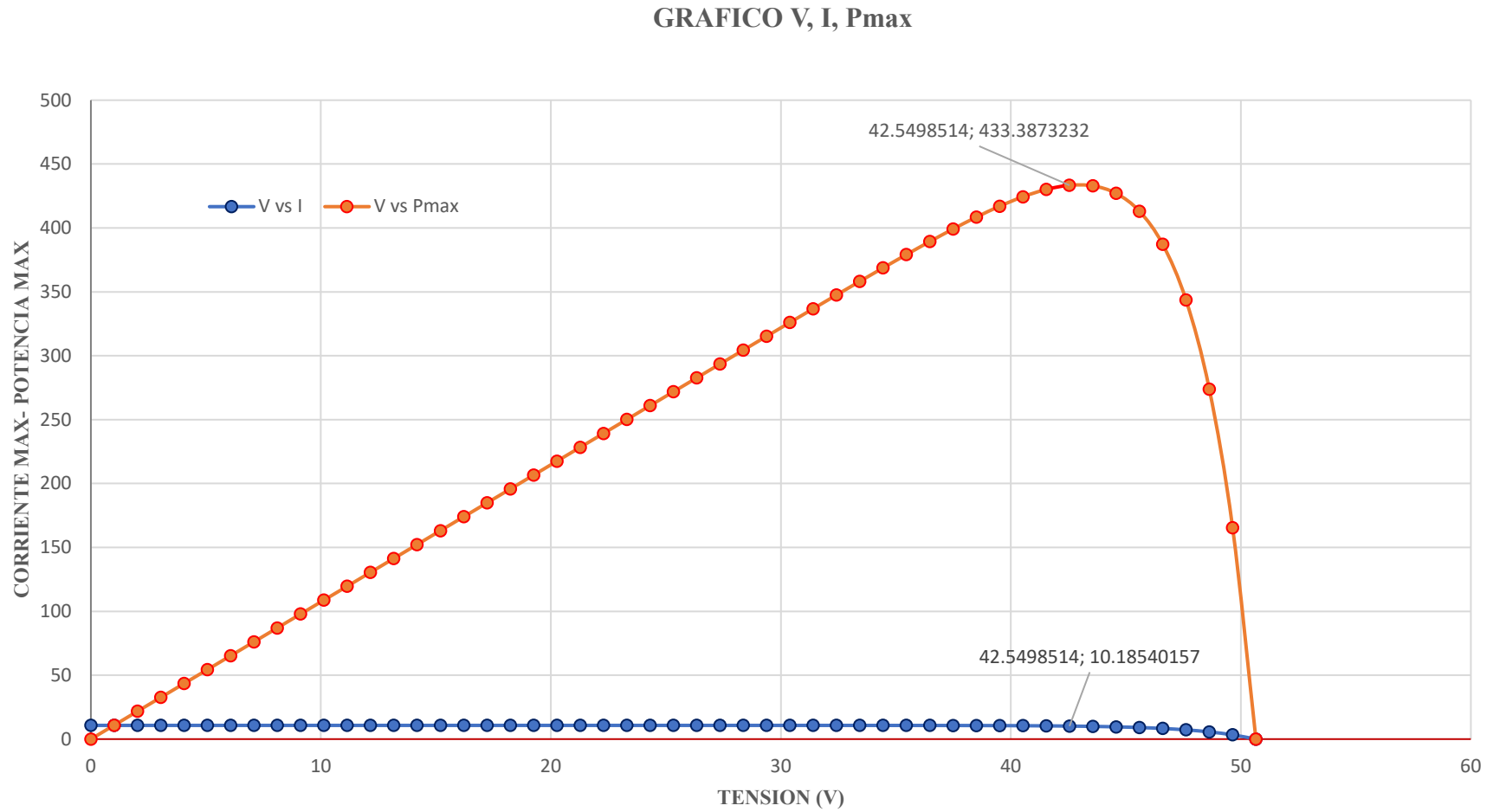
Salida de los puntos x,y de las curvas V vs I , V vs $P_{m\grave{a}x}$



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.5

Obtención de las curvas V vs I , V vs P_{\max} .



Fuente:

Elaboración

propia.

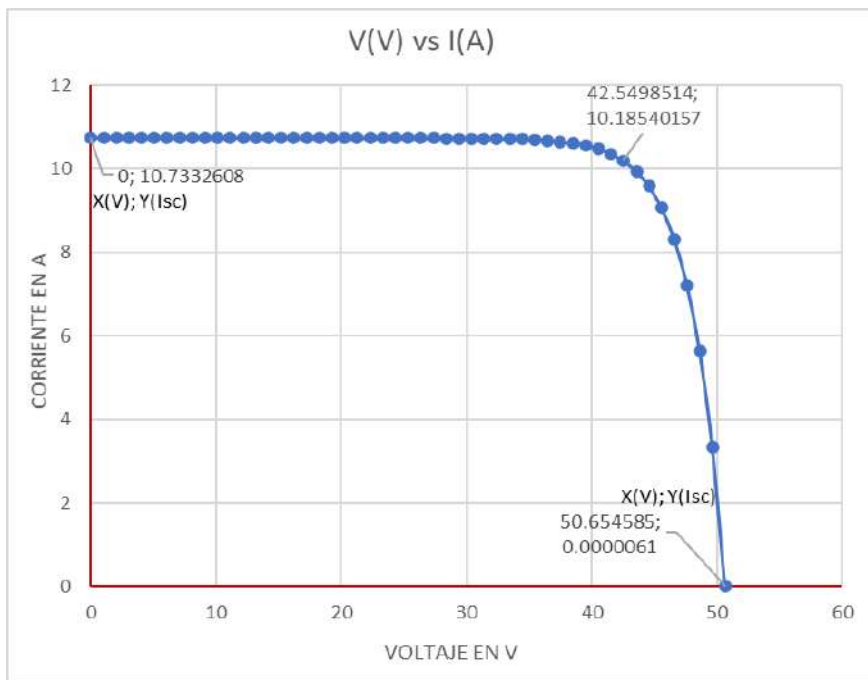
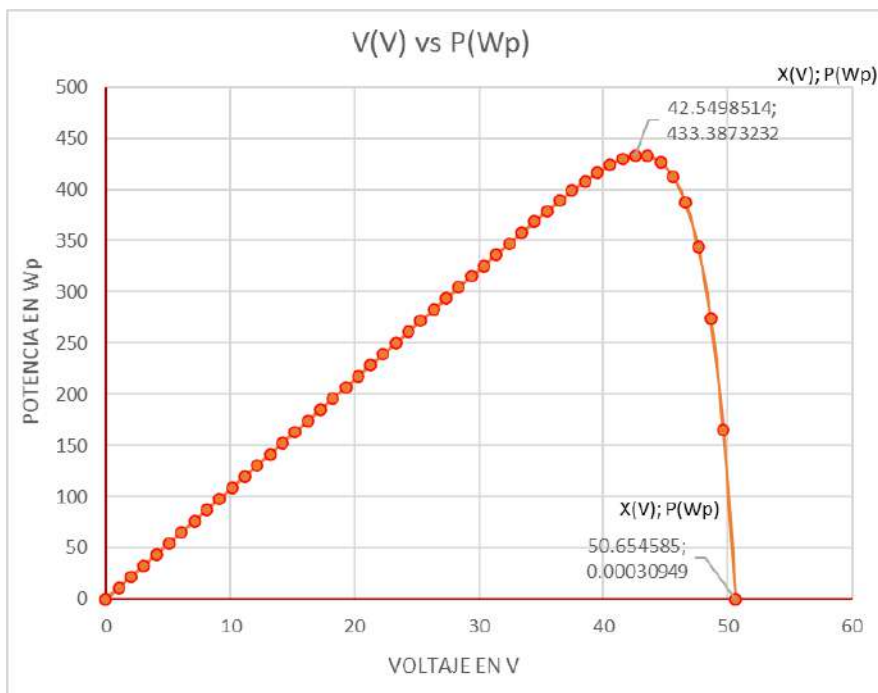
Figura 5.6*Obtención de las curvas V vs I* *Fuente: Elaboración propia.***Figura 5.7***Obtención de las curvas V vs P_{max} .**Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 5. 2

Características eléctricas del módulo fotovoltaico óptimo.

Características del Producto Modulo Fotovoltaico 450 Wp Corregido			
FABRICANTE	AUTO SOLAR		
MODELO	JAM72S20-450/MR		
TIPO DE CÉLULA	MONOCRISTALINO		
No. de Modelo	JAM72S20-450/MR		Observación
Características Eléctricas en STC	Valor	Unidad	
Potencia Máxima (Pmax)	433.39	Wp	Resultado
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	42.55	V	Resultado
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	10.19	A	Resultado
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	50.65	V	Resultado
Corriente de cortocircuito (Isc)	10.73	A	Resultado
Eficiencia	20.2	%	
Tolerancia de Potencia (+)	0~+5	W	
<i>Condiciones reales del punto estudio: radiación 960W/m2, temperatura de célula 20.92°C.</i>			

Fuente: Elaboración propia.

Con estos parámetros se pueden calcular el factor de reducción de la potencia por módulo fotovoltaico; para $P_{m\grave{a}x} = 450 \text{ Wp}$ (Dato fabricante a $25 \text{ }^\circ\text{C}$) y $P_{m\grave{a}x} = 433.39 \text{ Wp}$ (Corregido a $20.92 \text{ }^\circ\text{C}$).

5.2.1.4 Determinación de la potencia máxima pico para el sistema fotovoltaico en Matlab-Simulink.

Para obtener la potencia máxima pico del sistema fotovoltaico en el punto de estudio, simulamos considerando las condiciones reales del lugar: a la radiación 960W/m² y temperatura de célula de trabajo según el lugar de 20.92°C (tabla 4.1) y según el modelo implementado en la figura 5.8.

En la figura 5.8 se muestra la introducción de los datos en la Máscara, implementado en Matlab-Simulink. Según los resultados de la figura 5.9, se obtiene las curvas de la tensión vs corriente, tensión vs potencia máxima corregida a la temperatura en el punto de estudio del sistema fotovoltaico:

Una vez simulado en Simulink, los datos de salida son guardados automáticamente en el Workspace de Matlab con el nombre de “out” gracias al bloque de To Workspace. Posterior a ello se obtiene los puntos de las curvas en simulación (figura 5.9). Se puede graficar utilizando el comando plot en Matlab, es decir: **plot(out.V1,out.I1), plot(out.V1,out.P1)**; caso contrario, los exportamos a Excel para graficar en una sola ventana y obtener los nuevos parámetros corregidos. Tal como se muestra en la figura 5.12 y figura 5.13

Como resultado se tiene la potencia máxima (Pmax) de generación, Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax) y la Corriente en el punto de máxima potencia (Imax) optimo por modulo fotovoltaico a temperatura de 20.92°C, figura 5.11, el resumen se muestra en la tabla 5.3:

Figura 5. 8

Introducción de los parámetros del sistema fotovoltaico 450 Wp-modelo JAM72S20-450/MR, con 16 en serie y 4 en paralelo.

The screenshot shows the Simulink environment with a solar panel model. The main window displays a block diagram with the following components and connections:

- Inputs:**
 - Irradiación operativa: 900 [W/m²]
 - Temperatura operativa: 20.92 [°C]
- Subsystem:** A large block labeled 'Subsystem' receives the two inputs.
- Internal Blocks:**
 - Two 'CURVA' blocks: one for current (I vs V) and one for power (P vs V).
 - A multiplication block (x) that takes the output of the current block and a constant value (1) as input.
 - A summing junction (2) that adds the output of the multiplication block to the output of the power block.
 - A summing junction (3) that adds the output of the power block to the output of the current block.
- Outputs:**
 - out.V1: Voltage output
 - out.I1: Current output
 - out.P1: Power output

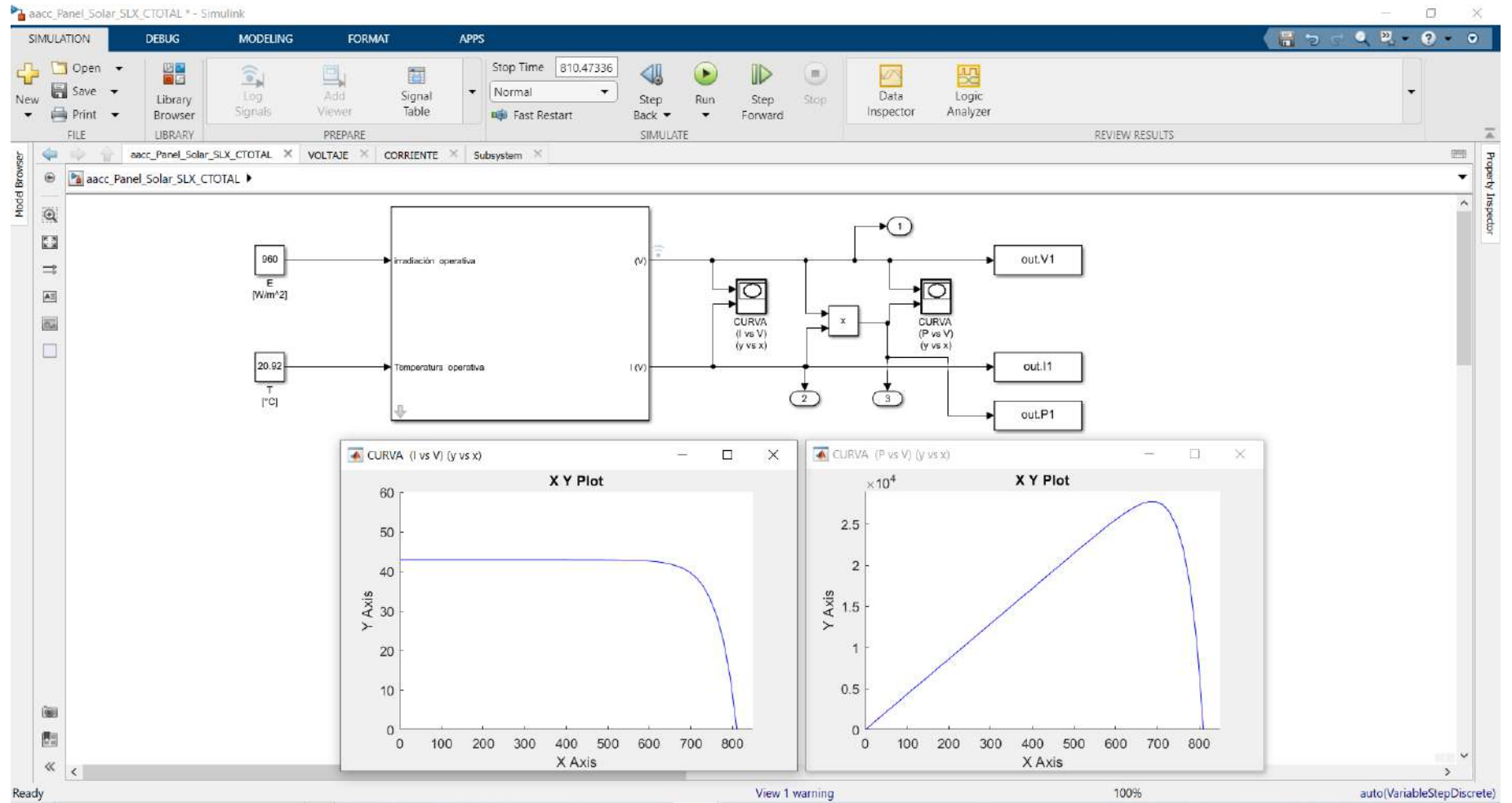
The 'Block Parameters: Subsystem' dialog box is open, showing the configuration for the solar panel subsystem. The parameters are as follows:

Parameter	Value
Constante característica panel	0.05378
Número paneles serie	16
Número paneles paralelo	4
Irradiancia ambiente [W/m ²]	1000
Temperatura ambiente [°C]	25
Voltaje circuito abierto [V]	49.7
Corriente cortocircuito [A]	11.36
Coefficiente corriente [A/°C]	0.044
Coefficiente voltaje [V/°C]	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.9

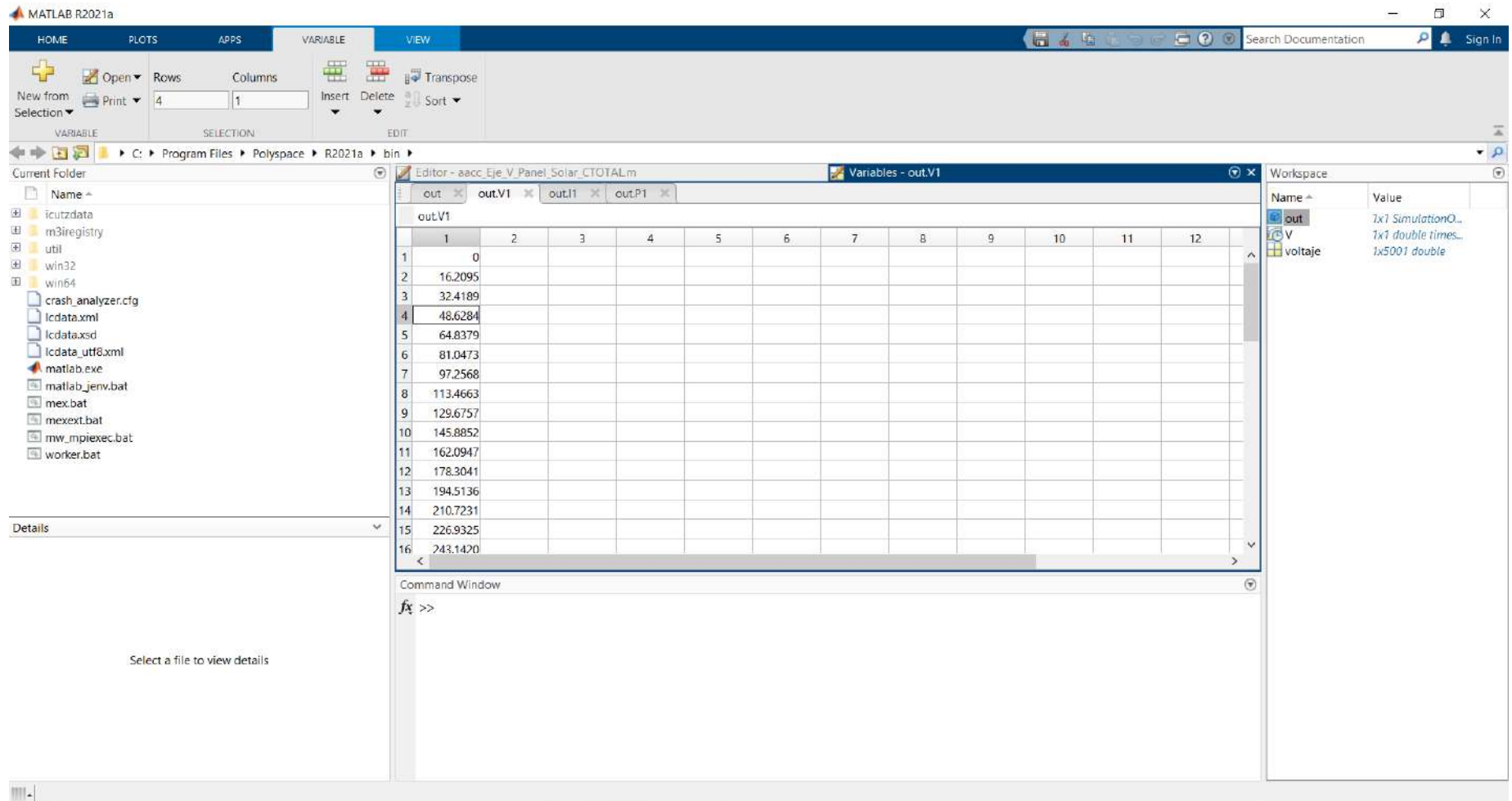
Obtención de las curvas V vs I , V vs $P_{m\grave{a}x}$



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 10

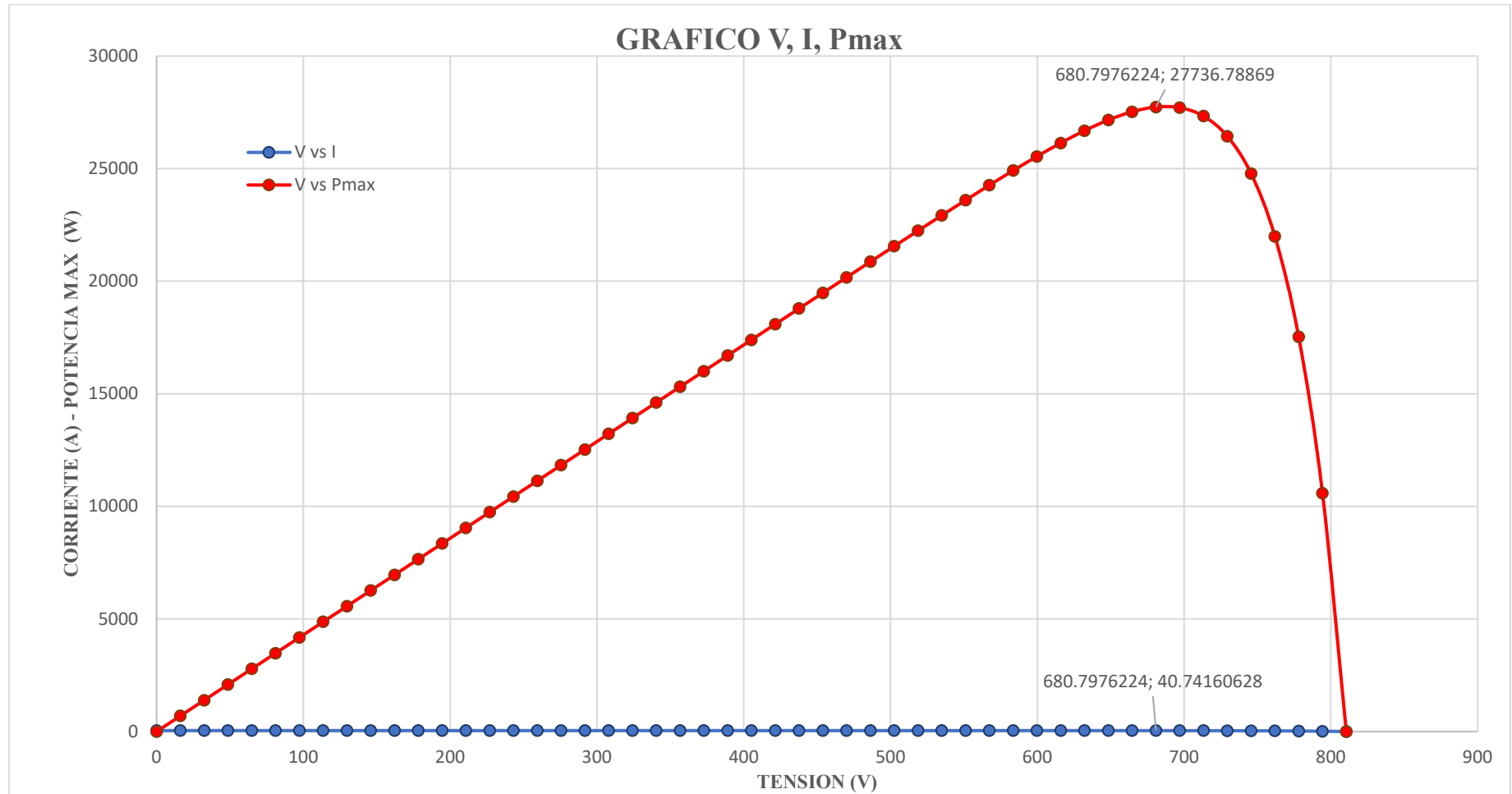
Salida de los puntos x,y de las curvas V vs I , V vs $P_{m\grave{a}x}$.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 11

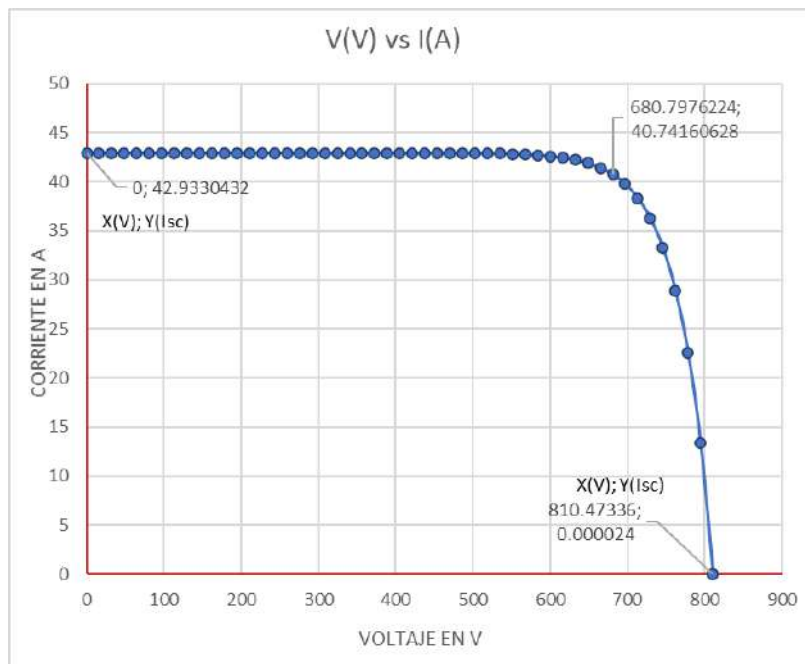
Obtención de las curvas V vs I , V vs P_{\max} .



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 12

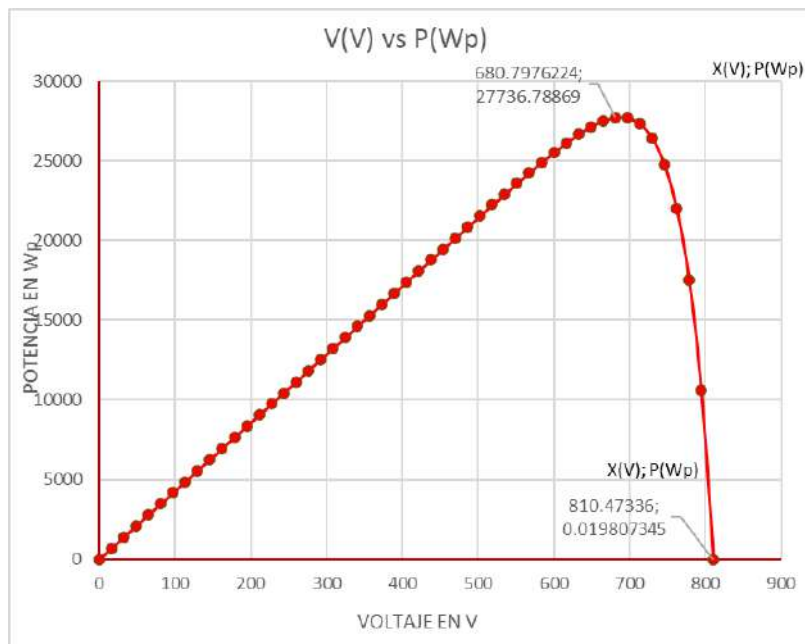
Obtención de las curvas V vs I



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 13

Obtención de las curvas V vs P_{max} .



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. 3

Características eléctricas del módulo fotovoltaico óptimo.

Características del Producto Modulo Fotovoltaico 450 Wp Corregido			
FABRICANTE	AUTO SOLAR		
MODELO	JAM72S20-450/MR		
TIPO DE CÉLULA	MONOCRISTALINO		
No. de Modelo	JAM72S20-450/MR		Observación
Características Eléctricas en STC	Valor	Unidad	
Potencia Máxima (Pmax)	27,736.79	Wp	Resultado
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	680.80	V	Resultado
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	40.74	A	Resultado
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	810.473	V	
Corriente de cortocircuito (Isc)	42.933	A	
Eficiencia	20.2	%	
Tolerancia de Potencia (+)	0~+5	W	
<i>Condiciones reales del punto de estudio: radiación 960 W/m², temperatura de célula 20.92°C.</i>			

Fuente: Elaboración propia.

Con estos parámetros se pueden calcular el factor de reducción de la potencia del sistema fotovoltaico; para $P_{m\grave{a}x} = 28,800.00$ Wp (Dato fabricante a 25 °C) y $P_{m\grave{a}x} = 27,736.79$ Wp (Corregido a 20.92 °C), como resultado se tiene de 0.0383. Con esta potencia corregida optima procedemos a la selección de inversor a un 80% de su potencia de salida ($27,736.79W \times 0.8$), este resultando de 22,189.60W, se elige el siguiente superior de 25,000W por cuestión de elección técnicas comerciales. Posteriormente se procede a calcular los diferentes parámetros eléctricos utilizando el inversor seleccionado según se detalla en la tabla 5.4.

5.2.1.5 Características eléctricas del inversor propuesto

La ficha técnica se adjunta en el (anexo 5), a continuación, se detalla el resumen general en la tabla 5.4:

Tabla 5. 4

Características eléctricas del inversor propuesto.

Características del Producto Inversor 25 KW		
FABRICANTE	FRONIUS ECO	
MODELO	Inversor Interconexión Fronius ECO Light 25kW	
CARACTERÍSTICA	inversor Trifásico	
No. de Modelo	FRONIUS ECO 25.0-3-S	Observación
DATOS DE ENTRADA (DC)		
Características Eléctricas en DC	Valor	Unidad
Máxima corriente de entrada (Idc máx.)	44	A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	65.9	A
Mínima tensión de entrada (Udc mín.)	580	V
Tensión CC mínima de puesta en servicio (Udc arranque)	520	V
Tensión de entrada nominal (Udc,r)	580	V
Máxima tensión de entrada (Udc máx.)	1000	V
Rango de tensión MPP (Umpp mín. – Umpp máx.)	580 - 850	V
mín. – Umpp máx.) 580 - 850 V Número de seguidores MPP	1	
Número de entradas CC	6	
DATOS DE SALIDA (AC)		
Características Eléctricas en AC	Valor	Unidad
Potencia nominal CA (Pac,r)	25000	W
Máxima potencia de salida	25000	VA
Máxima corriente de salida (Iac máx.)	39.9	A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3~NPE 380 V / 220 V o 3~NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no línea	< 2.0 %	
Factor de potencia (cos φac,r)	0 - 1	ind. / cap.
Datos Generales		
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225	mm
Peso	38	kg
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) 2)	2 / 3	

Consumo nocturno	< 1	W
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	40 - +60	°C
Humedad de aire admisible	0 a 100	%
Máxima altitud	2.000	m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ² ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	
Certificados y cumplimiento de normas		
Rendimiento		
Máximo rendimiento	98.2	%
Rendimiento europeo (η_{EU})	97.9	%
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9	%
Equipamiento de Seguridad		
Medición del aislamiento CC	si	
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC	si	

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.6 Cálculo de la generación fotovoltaica

Los diferentes cálculos, así como la validación de estos resultados se detalla en la tabla 5.5, teniendo una potencia de entrada de la generación fotovoltaica de 27.73679 kWp y de salida en 25 kW para una inclinación de 15 ° y un azimut de -14.60 hacia el Norte:

Tabla 5. 5

Justificación de los cálculos de la generación fotovoltaica.

CALCULO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS			
1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS ZONA DE ESTUDIO			
LATITUD SUR (S)	13 °	32 ‘	20.74 “
	-13.539096		
LONGITUD OESTE (W)	71 °	58 ‘	57.47 “
	-		
	71.9826472		
ELEVACIÓN	3384	msnm	
2 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN ÓPTIMA			
Fórmula Utilizada			
$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|\varphi|$			
Donde:		Valor	Unidad
φ =	Latitud del lugar	-13.5391	-
β_{opt} =	Inclinación Óptima módulo fotovoltaico	13.041976	°
	Inclinación Óptima (Recomendado)	15	°
	Latitud en grados	Angulo β_{opt} recomendado	
	0° a 15°	15°	
	15° a 25°	La misma	Inclinación recomendada para evitar estancamientos por las lluvias
	25° a 30°	LA	
	30° a 35°	LA + 5°	
	35° a 40°	LA + 10°	
	40° a mas	LA + 15°	
		LA + 20°	
3 CALCULO DE LA ORIENTACIÓN ÓPTIMA			
Según la tabla de irradiación			
Donde:		Valor	Unidad
α_{opt} =	Inclinación Óptima módulo fotovoltaico	-14.60	°
	Con dirección hacia el norte (azimut)		→ N

4 CALCULO DE LA ENERGÍA REQUERIDA

Fórmula Utilizada

$$E_p = G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{mfvc} * PR / G_{CEM}$$

Donde:	Valor	Unidad
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Irradiación Normal	4.2	kWh/m ² /día
P_{mfvc} = Potencia max del módulo fotovoltaico corregida en kWp	0.43339	kWp
PR = Rendimiento de la instalación fotovoltaica (80% a 85%)	80%	%
G_{CEM} = Irradiación en condición estándar(1000W/m ² =1kW/m ²)	1	kW/m ²
E_p = Energía requerida	1.4561904	kWh/día

5 CALCULO DEL NUMERO TOTAL DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Fórmula Utilizada

$$N_{fv} = \frac{E}{E_p}$$

Donde:	Valor	Unidad
E = Energía requerida por día (demanda)	88.67	kWh/día
E_p = Energía producida por día (modulo)	1.4561904	kWh/día
N_{fv} = Número de módulos fotovoltaicos	61	Unidad
	Criterio técnico	64
		Unidad

6 CALCULO PARÁMETROS ELÉCTRICOS MODULO FOTOVOLTAICO

6.1 Corrección de tensiones de los módulos fotovoltaicos a temperatura de trabajo

Fórmula

Utilizada
$$V_{0^{\circ}C} = V_{op^{\circ}C} + TC_v * \frac{V_{op^{\circ}C}}{100} * (0^{\circ}C - T_{op^{\circ}C})$$

$$V_{70^{\circ}C} = V_{op^{\circ}C} + TC_v * \frac{V_{op^{\circ}C}}{100} * (70^{\circ}C - T_{op^{\circ}C})$$

Donde:	Valor	Unidad
$V_{oc20.92^{\circ}C}$ = Tensión en Circuito Abierto corregida	50.65	V
$V_{mp20.92^{\circ}C}$ = Tensión corregida el punto Max.Potencia($V_{op^{\circ}C}$)	42.55	V
TC _v = Coeficiente de temperatura de Tensión	-0.272	%/°C
T _{op} °C = Temperatura de operación (20.92 °C.)	20.92	°C
$V_{70^{\circ}C}$ = Tensión mínima en el punto de máxima potencia	36.87	V
$I_{mp20.92^{\circ}C}$ = Corriente corregida en Punto Máxima Potencia	10.19	A
$I_{sc20.92^{\circ}C}$ = Corriente de cortocircuito corregida modulo fv	10.73	A

7 ARREGLO MODULO FOTOVOLTAICO

Fórmula

$$N_{PS} = \frac{V_{\text{entrada inverter}}}{V_{\text{max. circuito abierto}}} = \frac{\text{Max. DC voltage}}{V_{oc \text{ max}}}$$

Donde:		Valor	Unidad
$U_{dc \text{ max}}$	Máxima tensión de entrada (Udc máx.)	1000	V
$V_{oc \text{ max}}$	Tensión máxima en circuito abierto.	50.65	V
N_{PS}	Máximo número de módulos en serie	19.74	Unidad
N_{PS}	Máximo número de módulos en serie	20	Unidad
N_{PS}	Numero de módulos en serie (criterio técnico)	16	serie
N_{PP}	Numero de módulos en paralelo (criterio técnico)	4	paralelo

7.1 Calculo parámetros eléctricos para los 16 módulos fotovoltaicos en serie por 4 en paralelo

Tensión máxima en el punto de máxima potencia.	$V_{mp} =$	680.80	V
Tensión mínima en el punto de máxima potencia	$V_{(70^{\circ}C) \text{ min}} =$	589.91	V
Tensión máxima en circuito abierto	V_{oc}	810.40	V
Corriente cortocircuito máxima 4 SFV	$I_{sc} =$	42.92	A
Corriente máxima en el punto de máxima potencia.	$I_{mp} =$	40.76	A

8 VALIDACIÓN DE RESULTADOS DE ELECCION DEL INVERSOR

Descripción	Valor	Condición	Observación
Potencia total pico modulo fotovoltaico	27,736.79 W	$P_{inv} > 80\%PGFV$	22,189.4 W
Potencia Inversor seleccionado	25,000.0 W		CUMPLE
Corriente máxima admisible (I_{sc})	42.92 A	$I_{sc} < I_{cc \text{ màx}}$	CUMPLE
Corriente máxima de cortocircuito inverter en DC ($I_{cc \text{ máx.}}$)	65.9 A		
Corriente máxima admisible (I_{mp})	40.76 A	$I_{mp} < I_{dc \text{ màx}}$	CUMPLE
Corriente máxima inverter en DC ($I_{dc \text{ máx.}}$)	44.0 A		
Tensión máxima en circuito abierto (V_{oc})	810.40 V	$V_{oc} < U_{ocdc \text{ máx.}}$	CUMPLE
Máxima tensión en circuito abierto de entrada inverter DC ($U_{ocdc \text{ máx.}}$)	1,000.0 V		

Tensión mínima en el punto de máxima potencia ($V(70^{\circ}\text{C})_{\text{min}}$)	589.91 V	$V(70^{\circ}\text{C})_{\text{min}} > U_{\text{dc}} \text{ mín.}$	CUMPLE
Mínima tensión inv. de entrada ($U_{\text{dc}} \text{ mín.}$)	580.0 V		
Tensión máxima en el punto de máxima potencia (V_{mp})	680.80	$V_{\text{mp}} < U_{\text{mpp}} \text{ max}$	CUMPLE
Rango de tensión MPP($U_{\text{mpp}} \text{ mín}-U_{\text{mpp}} \text{ máx}$)	850.0 V		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. 6

Cuadro Comparativo de Características eléctricas de un módulo fotovoltaico propuesto y de resultados obtenidos según Simulación en Matlab para condiciones reales del lugar

Características del Producto Modulo Fotovoltaico 450 Wp (Resultados Obtenidos según Simulación para condiciones reales del lugar)							
FABRICANTE	AUTO SOLAR						
MODELO	JAM72S20-450/MR						
TIPO DE CELULA	MONOCRISTALINO						
No. de Modelo	JAM72S20-450/MR (VALOR TEÒRICO)		JAM72S20-450/MR (VALOR SIMULADO)		Error Relativo (%)		Observación
Características Eléctricas en STC	Valor	Unidad	Corregido	Unidad	Valor	Unidad	
Potencia Máxima (Pmax)	450	Wp	433.39	Wp	-3.83	%	Rpta Simulink
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	41.52	V	42.55	V	2.42	%	Rpta Simulink
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	10.84	A	10.19	A	-6.43	%	Rpta Simulink
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	49.7	V	50.65	V	1.88	%	Rpta Simulink
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.36	A	10.73	A	-5.84	%	Rpta Simulink
Eficiencia	20.2	%	20.2	%	-	-	
Tolerancia de Potencia (+)	0~+5	W	0~+5	W	-	-	

*Condiciones reales del punto de estudio:
radiación 960W/m2, temperatura de célula 20.92°C,*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. 7

Cuadro Comparativo de Características eléctricas del sistema fotovoltaico propuesto y de resultados obtenidos según Simulación en Matlab para condiciones reales del lugar

Características del Producto Modulo Fotovoltaico 450 Wp (Resultados Obtenidos según Simulación para condiciones reales del lugar)							
FABRICANTE	AUTO SOLAR						
MODELO	JAM72S20-450/MR						
TIPO DE CELULA	MONOCRISTALINO						
No. de Modelo	JAM72S20-450/MR (VALOR (TEÒRICO))		JAM72S20-450/MR (VALOR SIMULADO)		Error Relativo (%)		Observacion
Características Eléctricas en STC	Valor	Unidad	Corregido	Unidad	Valor	Unidad	
Potencia Máxima (Pmax)	28800	Wp	27,736.79	Wp	-3.83	%	Rpta Simulink
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	664.32	V	680.80	V	2.42	%	Rpta Simulink
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	43.36	A	40.74	A	-6.43	%	Rpta Simulink
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	795.20	V	810.473	V	1.88	%	Rpta Simulink
Corriente de cortocircuito (Isc)	45.44	A	42.933	A	-5.84	%	Rpta Simulink
Eficiencia	20.2	%	20.2	%	-	-	
Tolerancia de Potencia (+)	0~+5	W	0~+5	W	-	-	

*Condiciones reales del punto de estudio:
radiación 960W/m², temperatura de célula 20.92°C,*

Fuente: Elaboración propia

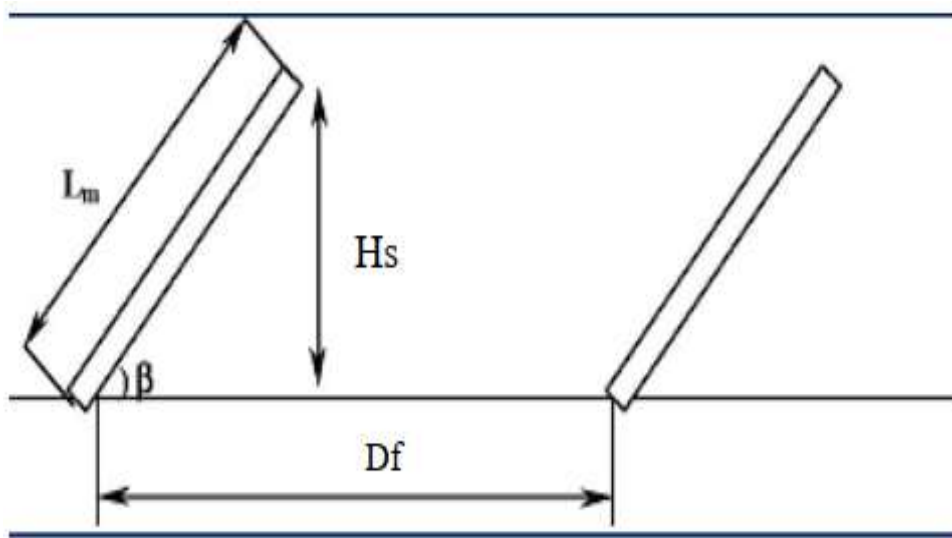
5.2.1.7 Distancia mínima entre filas de paneles solares (D_f).

Para tener una buena producción de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos es conveniente que su superficie quede libre de sombras.

Para evitar estas sombras proyectadas de una fila a la otra se determinará la distancia mínima de separación:

Figura 5. 14

Distancia entre filas de módulos fotovoltaicos.



Fuente: (Quispe & Pocori., 2021)

$$D_f = L_m * \cos\beta^\circ + \frac{L_m * \sin\beta^\circ}{\operatorname{tg}H_s}$$

Donde:

D_f : Distancia mínima entre 2 filas consecutivas, en metros m

L_m : Longitud del módulo fotovoltaico en metros m, **2.120 m**

β° : Inclinación del módulo fotovoltaico con respecto al plano horizontal de montaje, **15°**

H_s : Altura solar, ($H = 90^\circ - \beta^\circ$) = **75°**

$D_f = 2.2653$ m

5.2.1.8 Cálculo del calibre de conductores de la generación fotovoltaica.

El cableado fotovoltaico, se dimensionó considerando conductores unipolares de cobre, de 0,6/1 kV con aislamiento de polietileno reticulado a diferentes capacidades de corriente de funcionamiento.

La determinación de la intensidad máxima transportada en cada serie o string es la corriente de corto circuito del módulo fotovoltaico (I_{sc}) dimensionada al 125%, la intensidad de su capacidad nominal calculada, por lo quedaría justificado en la siguiente figura 5.15, figura 5.15, tabla 5.8 y tabla 5.9

Figura 5. 15 *Dimensionamiento de Conductores*

Figura 5. 16 *Esquema Unifilar de los módulos fotovoltaicos*

DIMENSIONAMIENTOS DE CONDUCTORES

SALIDA AC

$I_{sc} = 72.898 \text{ A}$
 $I_d = 91.12 \text{ A}$
 $S_{cond} = 25 \text{ mm}^2$
 $S_{cond} \text{ Final} = \text{CRITERIO} = 25 \text{ mm}^2$
TECNICO

SECCION DE CABLE	INTENSIDAD MAXIMA
0.5 mm ²	6
0.75 mm ²	9
1.0 mm ²	11
1.5 mm ²	14
2.0 mm ²	16
2.5 mm ²	20
4.0 mm ²	28
6.0 mm ²	37
8.0 mm ²	48
10.0 mm ²	53
16.0 mm ²	75
25.0 mm ²	100
35.0 mm ²	125
50.0 mm ²	160

**INVERSOR
 ECO-25000
 FRONIUS**

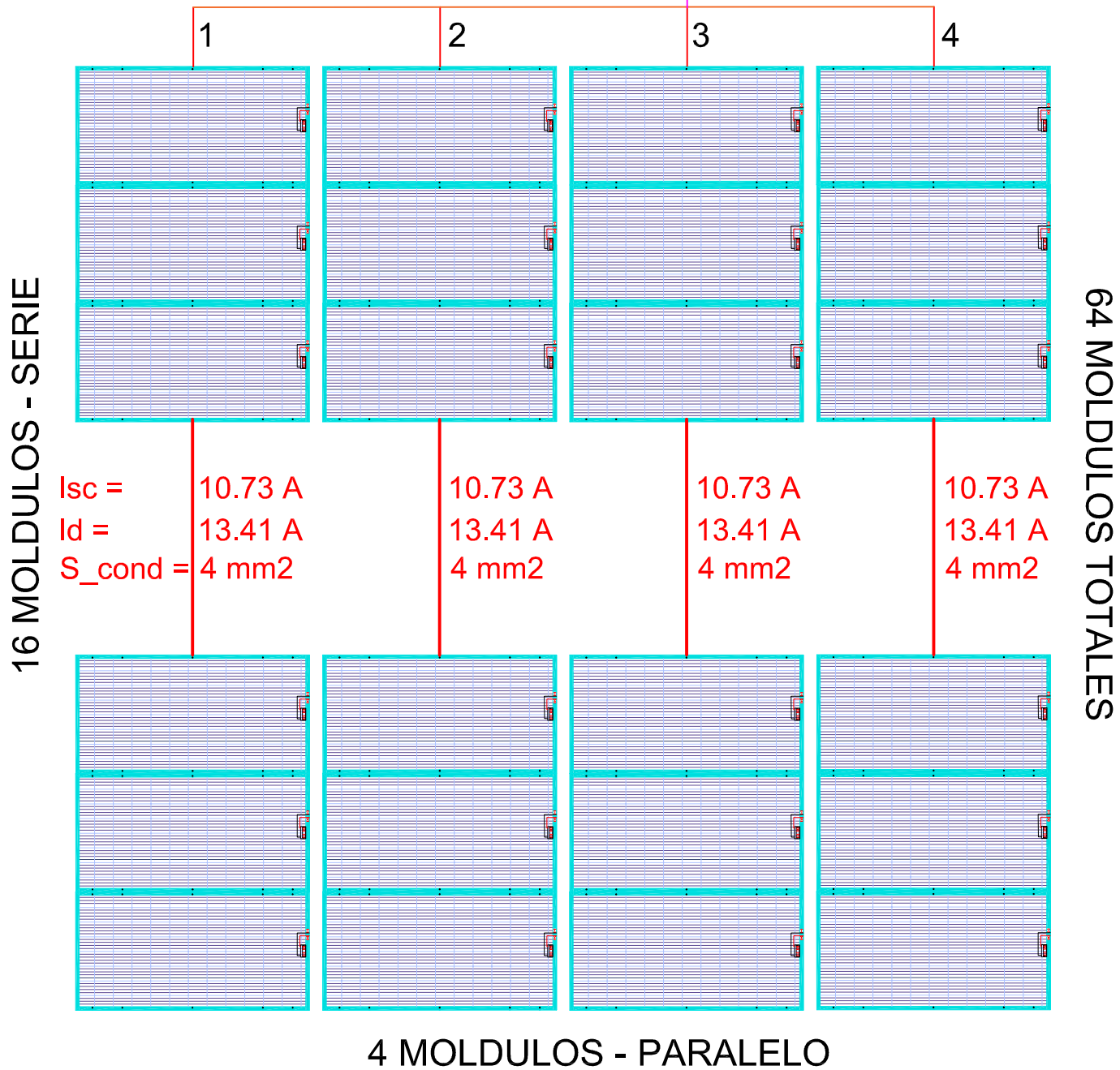


ENTRADA DC

$I_{sc} = 42.92 \text{ A}$
 $I_d = 53.65 \text{ A}$
 $S_{cond} = 16 \text{ mm}^2$

$I_d = 1.25 * I_{sc}$

$I_{sc} = 21.46 \text{ A}$
 $I_d = 26.825 \text{ A}$
 $S_{cond} = 6 \text{ mm}^2$



REVISION N	DISENO: F.C.L. Y R.A.I.Q.
VOL. N°01	SUPERVISOR: - - - -
ANEX-N°	DIBUJO: F.C.L. Y R.A.I.Q.
ESTADO: PENDIENTE	FECHA: 10/10/2023
	ESC:INDICADA

PLANOS Y DIAGRAMAS ELECTRICOS SFCR.
 DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR

LAMINA N° :
FIGURA 5.15

ESQUEMA UNIFILAR

INVERSOR 3F
ECO -25000

A 220 V conexion delta en AC

ENTRADA DC

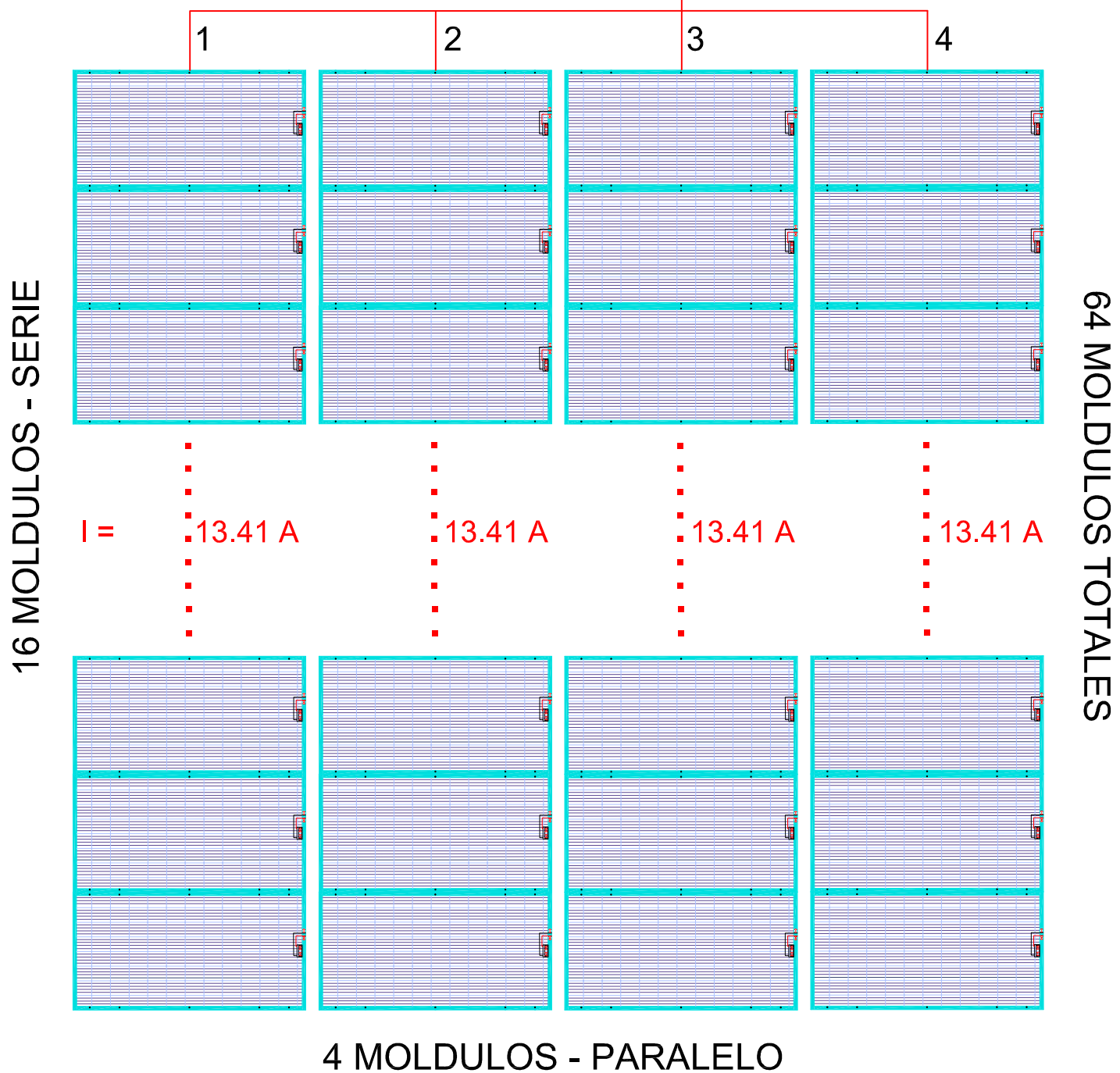
P = 27736 W
I = 53.65 A
V = 810.40 V



SALIDA AC

P = 25000 W
I = 72.898 A
V = 220 V

P = 6934.2W	6934.2W	6934.2W	6934.2W
I = 13.41 A	13.41 A	13.41 A	13.41 A
V = 810.40V	810.40V	810.40V	810.40V



REVISION N	VOL. N°01	ANEX-N°	ESTADO:	PENDIENTE	DISENO. F.C.L. Y R.A.I.Q.
					SUPERVISOR: ----
					DIBUJO: F.C.L. Y R.A.I.Q.
					FECHA: 10/10/2023 ESC:INDICADA

PLANOS Y DIAGRAMAS ELECTRICOS SFCR.
ESQUEMA UNIFILAR DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO

LAMINA N° :
FIGURA 5.16

Tabla 5. 8

Conductores de Entrada en DC del SGFV

PARA CORRIENTE
CONTINUA:

SISTEMA CONTINUO									
	N° PANELES	Isc	Id	Vmp	V(70°C)min	Voc	CARACTERÍSTICAS PROTECCIÓN BORNERAS		
STRING 1	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	FUSIBLE	14 A - 750 V	BORNERA A
STRING 2	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	FUSIBLE	14 A - 750 V	BORNERA B
STRING 3	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	FUSIBLE	14 A - 750 V	BORNERA C
STRING 4	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	FUSIBLE	14 A - 750 V	BORNERA D
	N° PANELES	Isc	Id	Vmp	V(70°C)min	Voc	CARACTERÍSTICAS PROTECCIÓN TD -DC		
STRING 1	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	TM-DC-1	16 A - 750 V	
STRING 2	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	TM-DC-2	16 A - 750 V	
STRING 3	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	TM-DC-3	16 A - 750 V	
STRING 4	16	10.73	13.41	680.80	589.91	810.40	TM-DC-4	16 A - 750 V	
TOTAL	64	42.92	53.65	680.80	589.91	810.40	TM-DC	63 A - 750 V	PRINCIPAL
	64	42.92	53.65	680.80	589.91	810.40	SPD-DC		PRINCIPAL
				Voltaje de trabajo permanente			Vc =	850 Vdc	
				Voltaje máx. instantáneo			Vp =	1.00 kV	
				Corriente máx. descarga			Imp =	20 kA	
				Corriente nominal de descarga			In =	10 kA	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. 9*Conductores de Salida en AC del SGFV*

<u>PARA CORRIENTE ALTERNA:</u>										
	PA-INV	IN	Id	V	SISTEMA	CARACTERISTICAS PROTECCION TD - AC				
LLEGADA INVERSOR	25000 W	72.898	91.12	220	3 ϕ	TM-AC	100 A -	230 V	PRINCIPAL	
						Dif-AC	30 mA -	230 V	PRINCIPAL	
						SPD-AC				
						Vc =	600	Vdc		
						Vp =	0.6 - 1	kV		
						Imp =	20	kA		
						In =	10	kA		
LLEGADA MEDIDOR						TM-AC	100 A -	230 V	PRINCIPAL	
ENTRADA MEDIDOR						TM-AC	100 A -	230 V	PRINCIPAL	

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.9 Planos de los cálculos justificativo.

Finalmente, se adjunta los detalles de los planos dibujados según resultados, en el siguiente orden:

Figura 5. 17 *Orientación de los módulos Fotovoltaicos*

Figura 5. 18 *Instalación de los módulos Fotovoltaicos*

Figura 5. 19 *Estructura y detalles de la instalación de los módulos Fotovoltaicos*

Figura 5. 20 *Vista Frontal de Arreglo Fotovoltaico de los Modulos.*

Figura 5. 21 *Conexionado de los módulos fotovoltaicos String1.*

Figura 5. 22 *Conexionado de los módulos fotovoltaicos String2.*

Figura 5. 23 *Conexionado de los módulos fotovoltaicos String3.*

Figura 5. 24 *Conexionado de los módulos fotovoltaicos String4*

Figura 5. 25 *Diagrama Unifilar de los módulos fotovoltaicos por String*

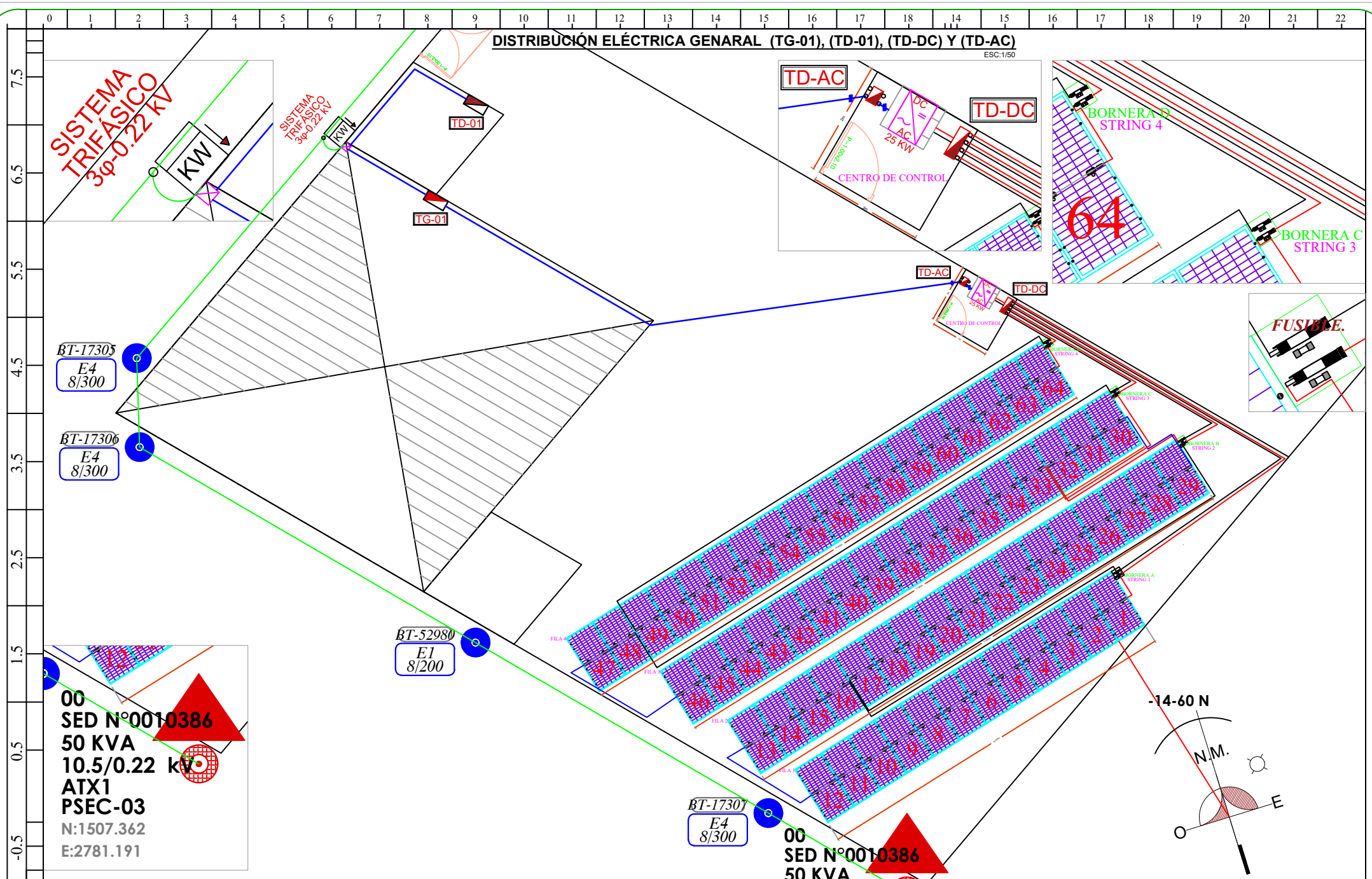
Figura 5. 26 *Conexionado de los módulos fotovoltaicos hacia la barra principal del TGD - Lavandería*

Figura 5. 27 *Diagrama Unifilar y Sistema de Protección del SGFV*

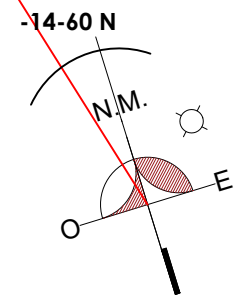
Figura 5. 28 *Diagrama de Conexionado de Medidor Bidireccional.*

DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA GENERAL (TG-01), (TD-01), (TD-DC) Y (TD-AC)

ESC:1/50



00
 SED N°0010386
 50 KVA
 10.5/0.22 kV
 ATX1
 PSEC-03
 N:1507.362
 E:2781.191



REVISIÓN N°	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. N°1	SUPERVISOR:
ANEX - N°42	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
PENDIENTE	ESC: INDICADA

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO: RAIQ. - FCL	CORREGIDO POR: RAIQ. - FCL	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
FECHA: DIC-2023	FECHA: DIC-2023	FECHA:	FECHA:	FECHA:

UBICACIÓN:
 URB. VILLA UNION HUANCARO
 DEPTO : CUSCO
 PROVINCIA : CUSCO
 DISTRITO : SANTIAGO

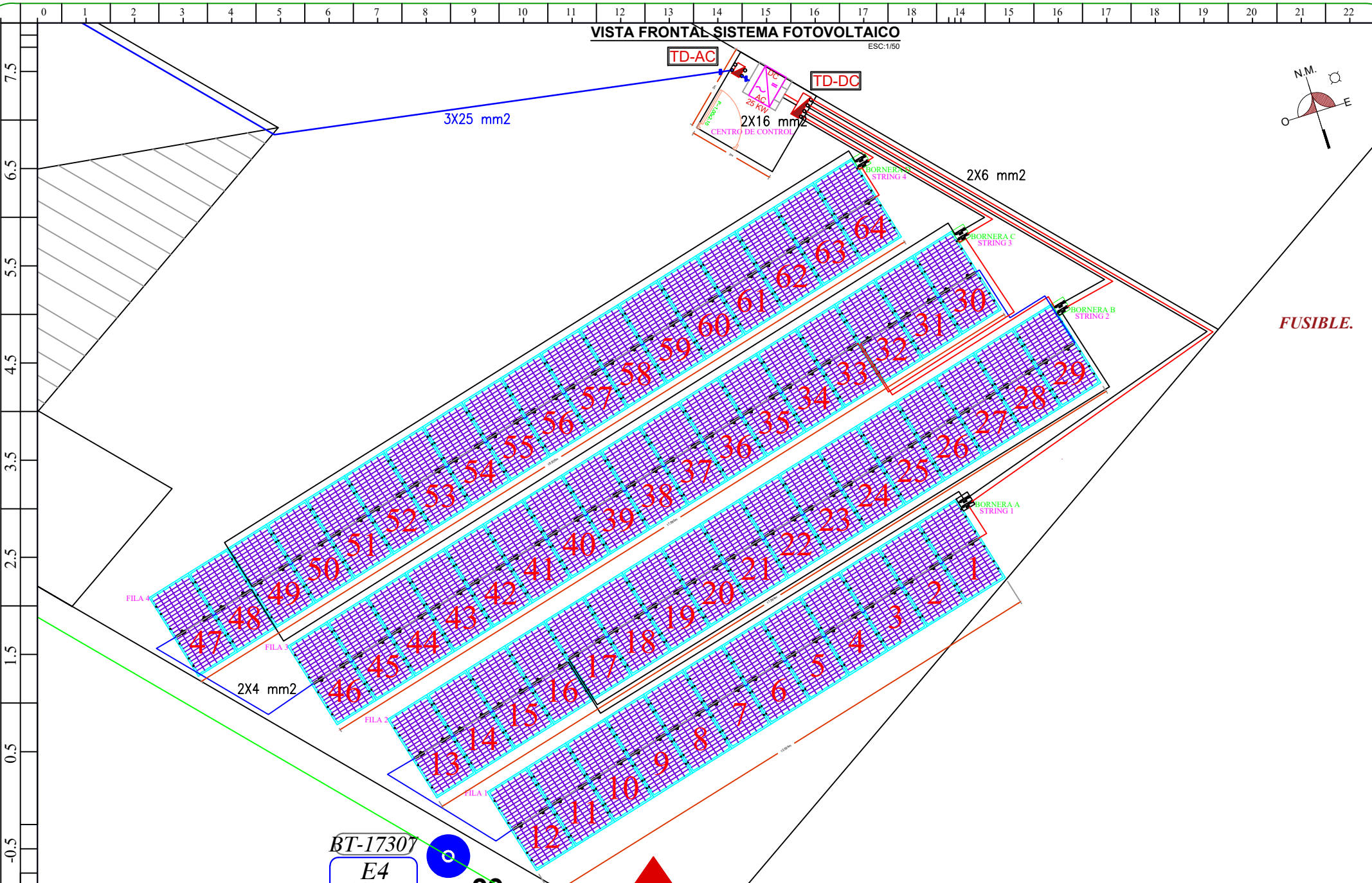
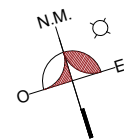
NOMBRE DE PLANO:
**DETALLE DE LA INSTALACIÓN
 FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA**

ESCALA:
 1/50

CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.17

VISTA FRONTAL SISTEMA FOTOVOLTAICO

ESC: 1/50



FUSIBLE.

BT-17307
E4

REVISION Nº	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº 1	SUPERVISOR:
ANEX - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA
PENDIENTE	

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO: RAIQ. - FCL	CORREGIDO POR: RAIQ. - FCL	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
FECHA: DIC-2023	FECHA: DIC-2023	FECHA:	FECHA:	FECHA:

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

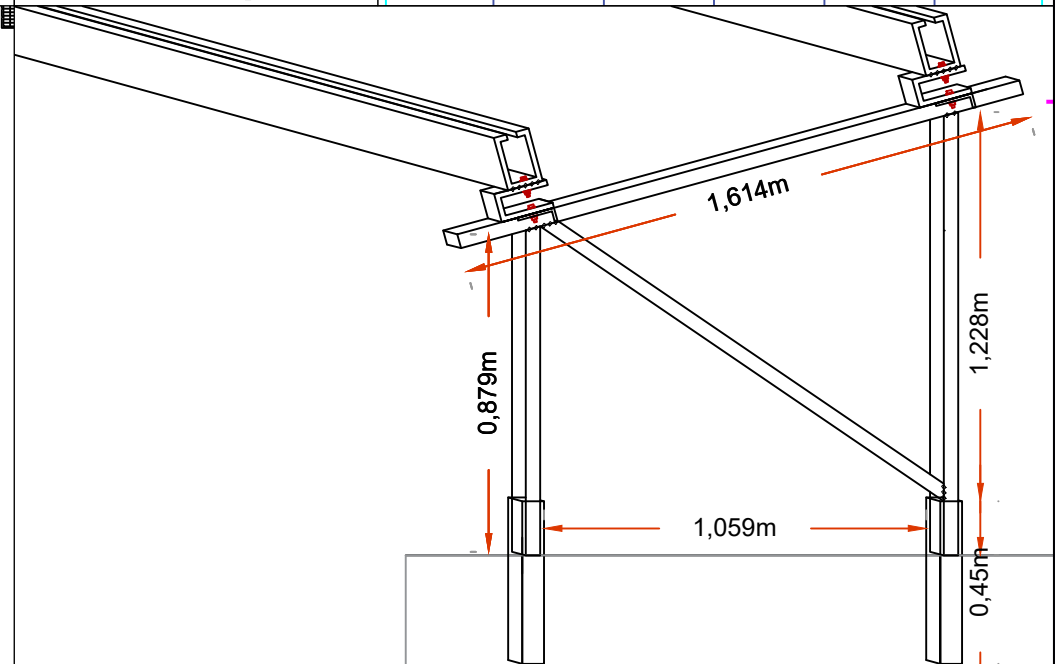
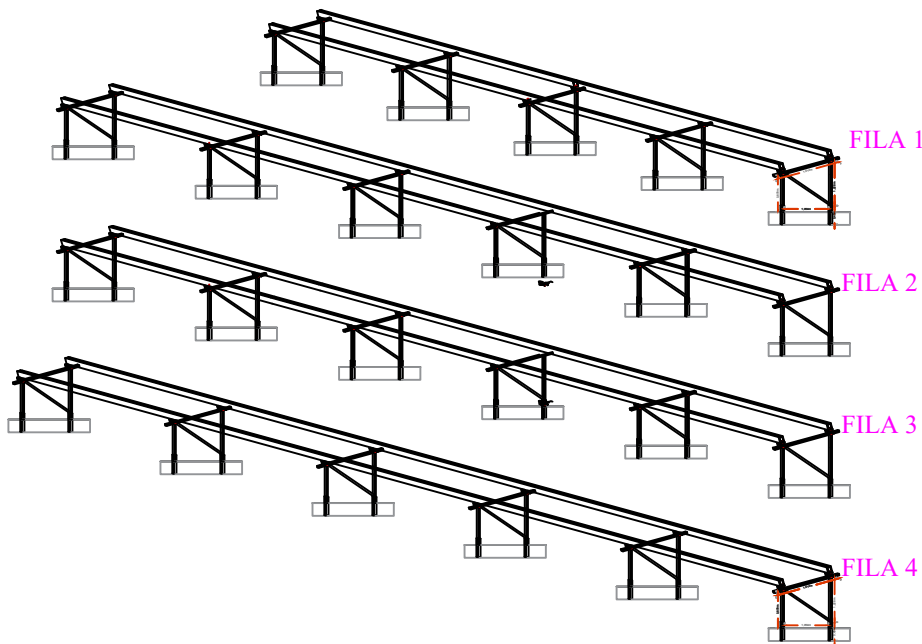
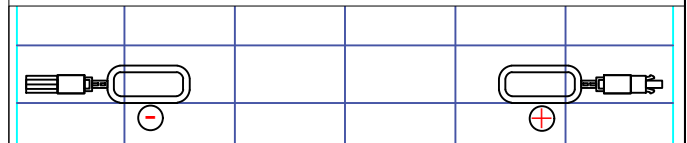
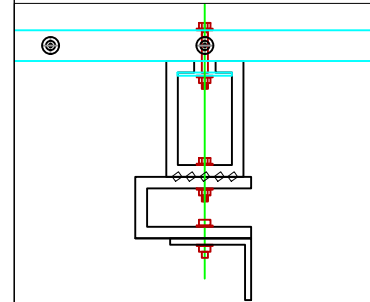
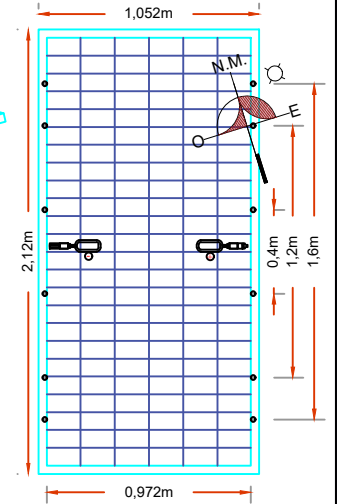
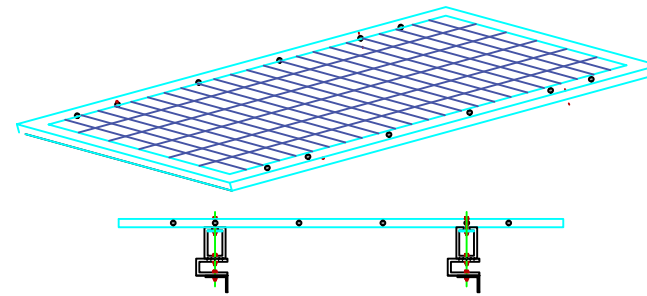
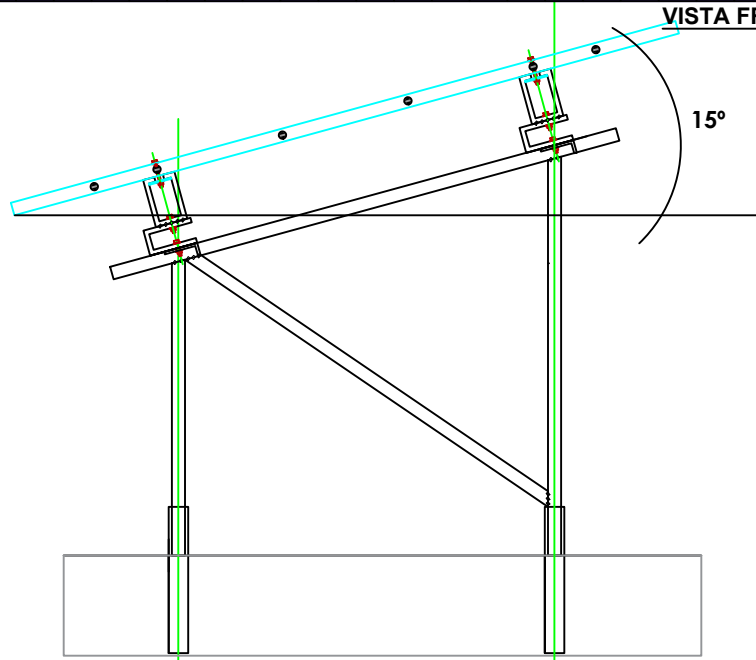
NOMBRE DE PLANO:
**DETALLE DE LA INSTALACION
FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA**

ESCALA:
1/50

CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.18

VISTA FRONTAL ESTRUCTURAS Y DETALLE MODULO FOTOVOLTAICO

ESC:1/50



REVISION Nº	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº 1	SUPERVISOR:
ANEX - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO: RAIQ - FCL	CORREGIDO POR: RAIQ - FCL	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
FECHA: DIC-2023	FECHA: DIC-2023	FECHA:	FECHA:	FECHA:

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

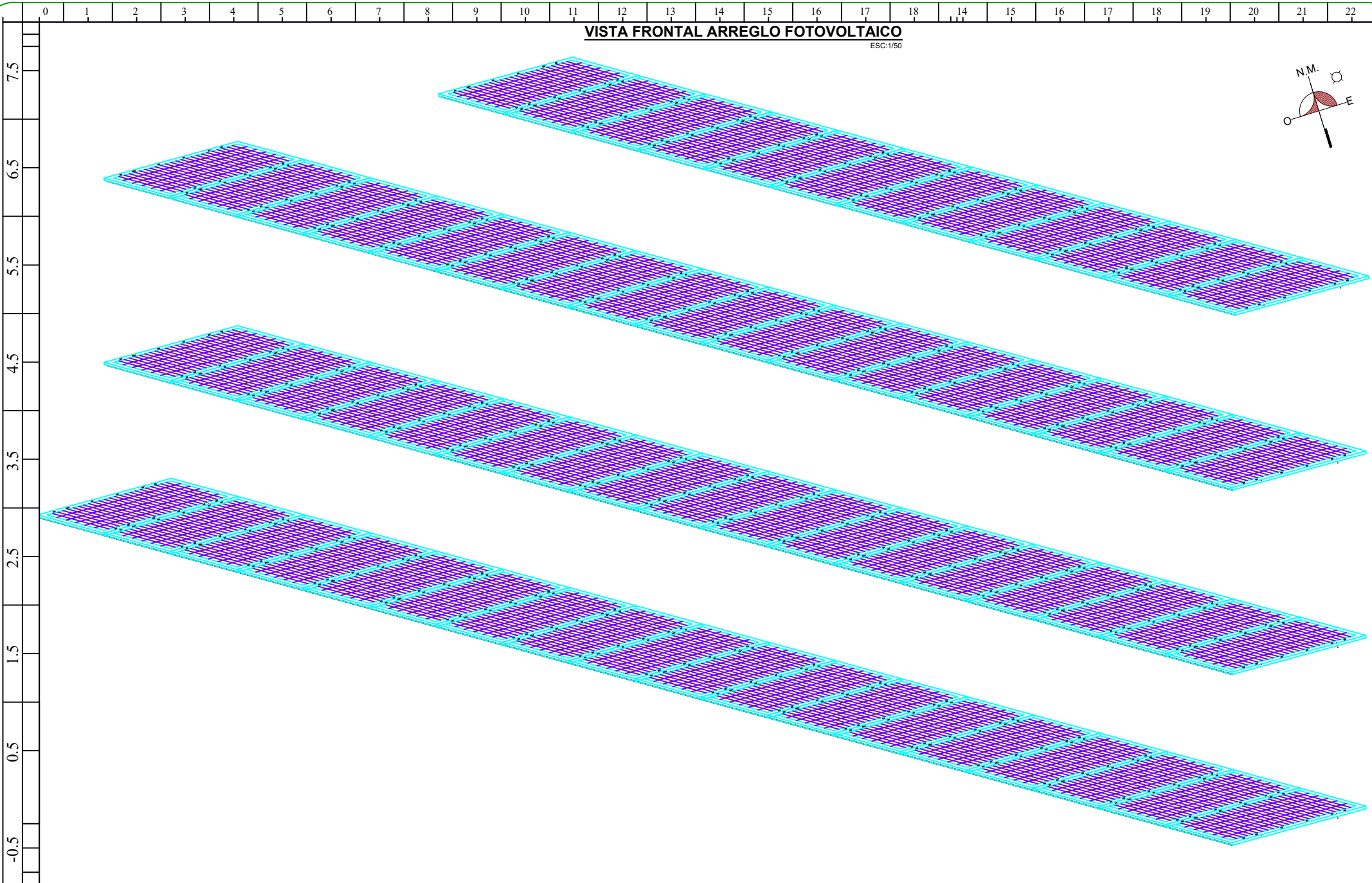
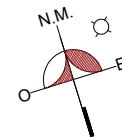
NOMBRE DE PLANO:
**DETALLE DE LA INSTALACION
FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA**

ESCALA:
1/50

CODIGO DE PLANO:
FIGURA-5.19

VISTA FRONTAL ARREGLO FOTOVOLTAICO

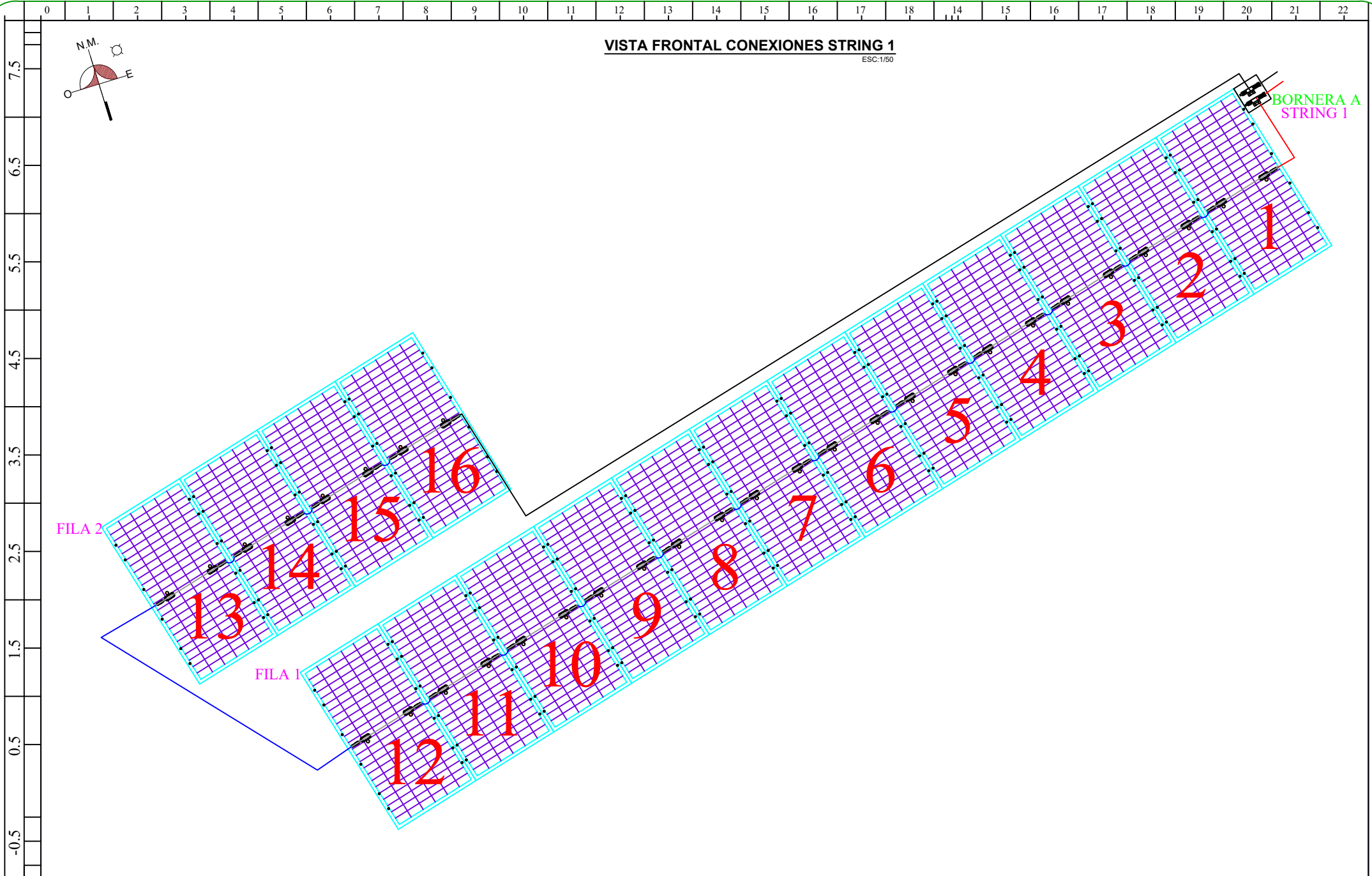
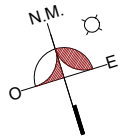
ESC:1/50



REVISION N°	VOL. N°1	ANEX. N° 4.2	ARCHIVO:	ESTADO:	PENDIENTE	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.		ESTADO:	ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:	UBICACIÓN:	NOMBRE DE PLANO:	ESCALA:	CÓDIGO DE PLANO:						
						SUPERVISOR:												APROBADO	RAIQ. - FCL	RAIQ. - FCL	FECHA:	FECHA:	FECHA:	URB. VILLA UNION HUANCARO	DETALLE DE LA INSTALACION	1/50	FIGURA-5.20
DIBUJO:		R.A.I.Q y F.C.L.		FECHA:		01/12/2023		ESC:		INDICADA		FECHA:		FECHA:		FECHA:		PROVINCIA : CUSCO		FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA			
FECHA:		01/12/2023		ESC:		INDICADA		FECHA:		FECHA:		FECHA:		DISTRITO : SANTIAGO									

VISTA FRONTAL CONEXIONES STRING 1

ESC:1/50



REVISION Nº	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº1	SUPERVISOR:
ANEX. - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA
PENDIENTE	

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ. - FCL	RAIQ. - FCL	FECHA:	FECHA:	FECHA:
DIC-2023	DIC-2023	.....	.....	.....

UBICACIÓN:
 URB. VILLA UNION HUANCARO
 DEPTO : CUSCO
 PROVINCIA : CUSCO
 DISTRITO : SANTIAGO

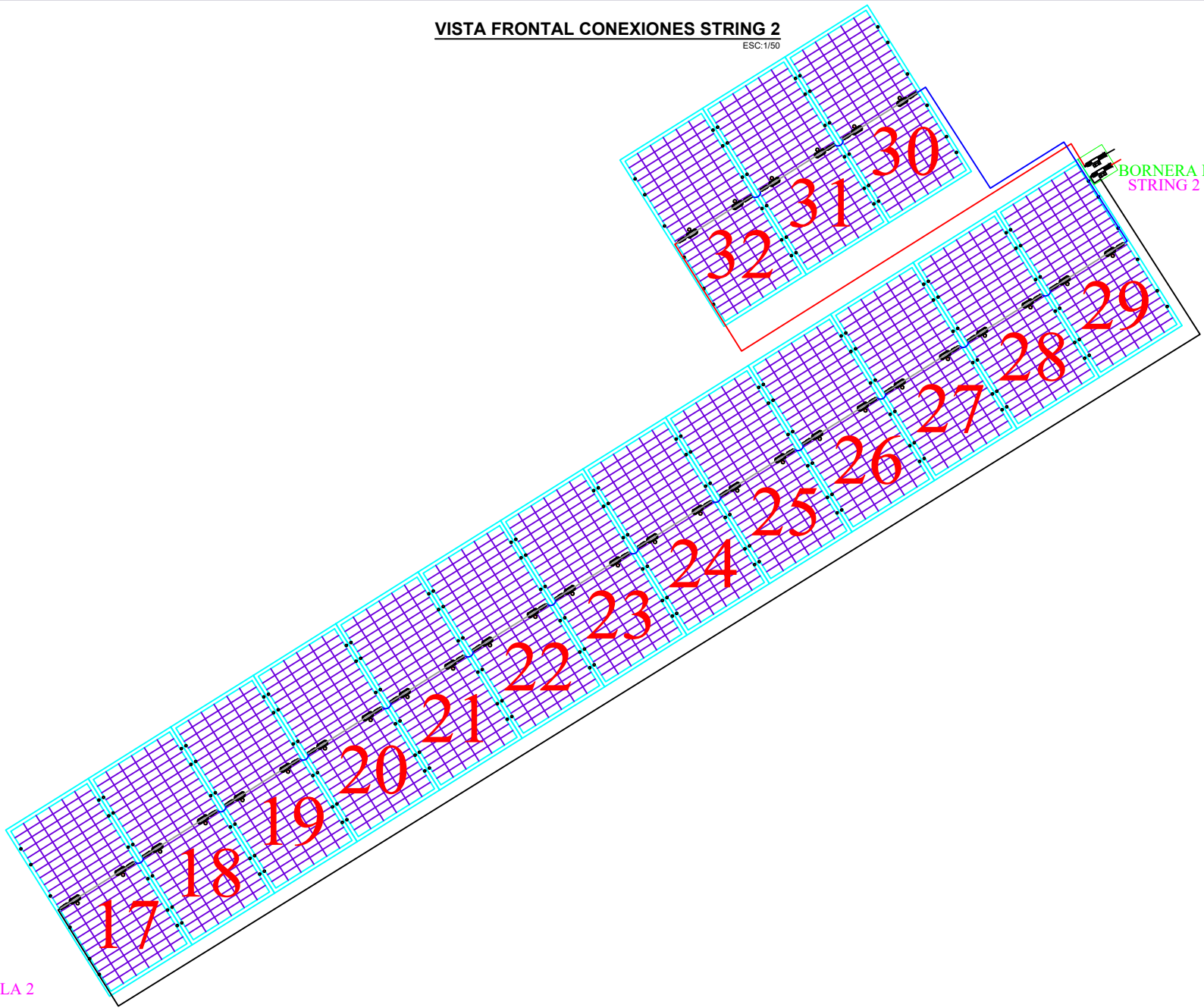
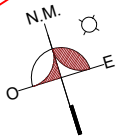
NOMBRE DE PLANO:
DETALLE DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA

ESCALA:
1/50

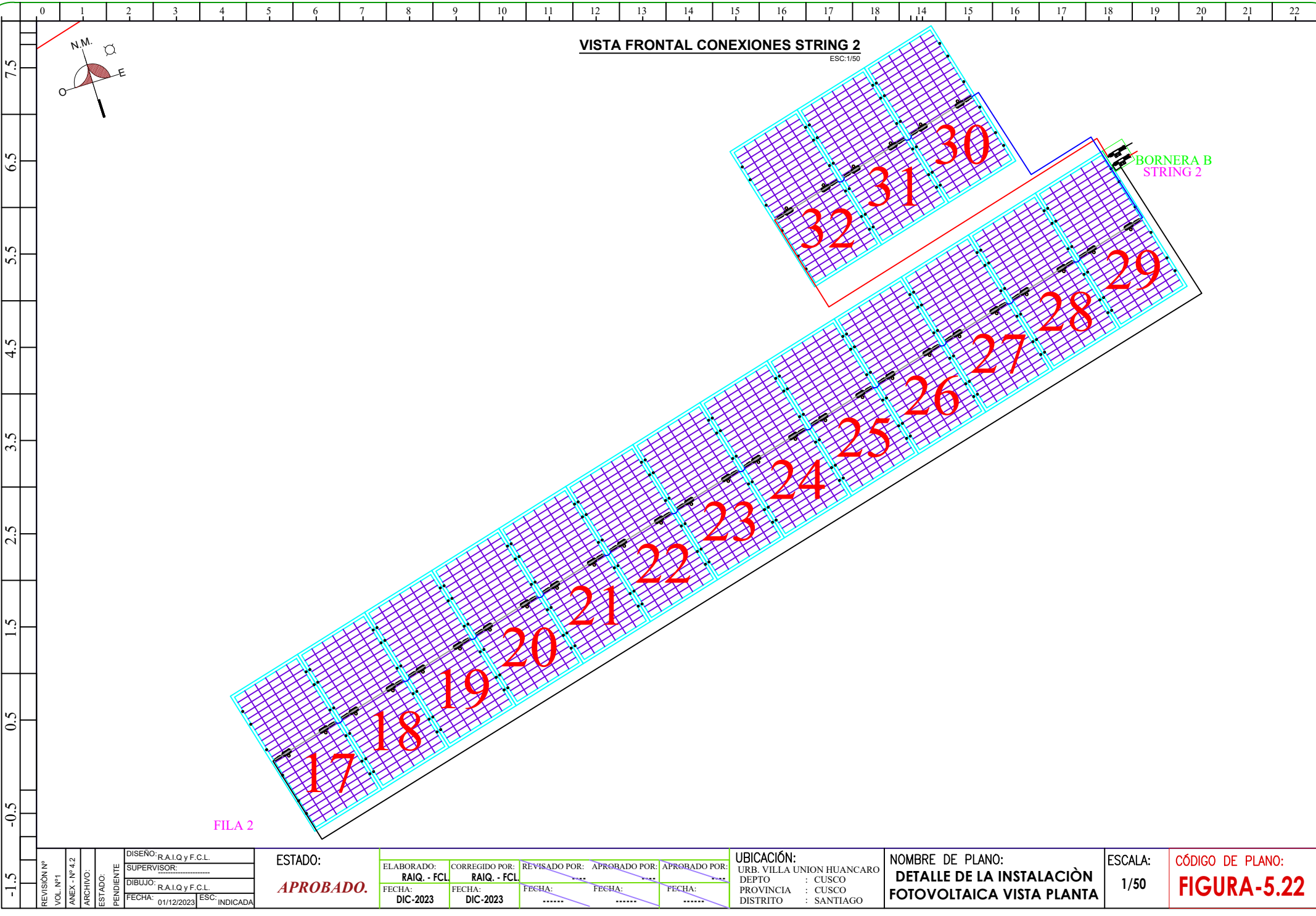
CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.21

VISTA FRONTAL CONEXIONES STRING 2

ESC:1/50



FILA 2



REVISIÓN N°	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. N°1	SUPERVISOR:
ANEX - N° 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ - FCL	RAIQ - FCL	.....	.....	.....
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
DIC-2023	DIC-2023	.....	.....	.....

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

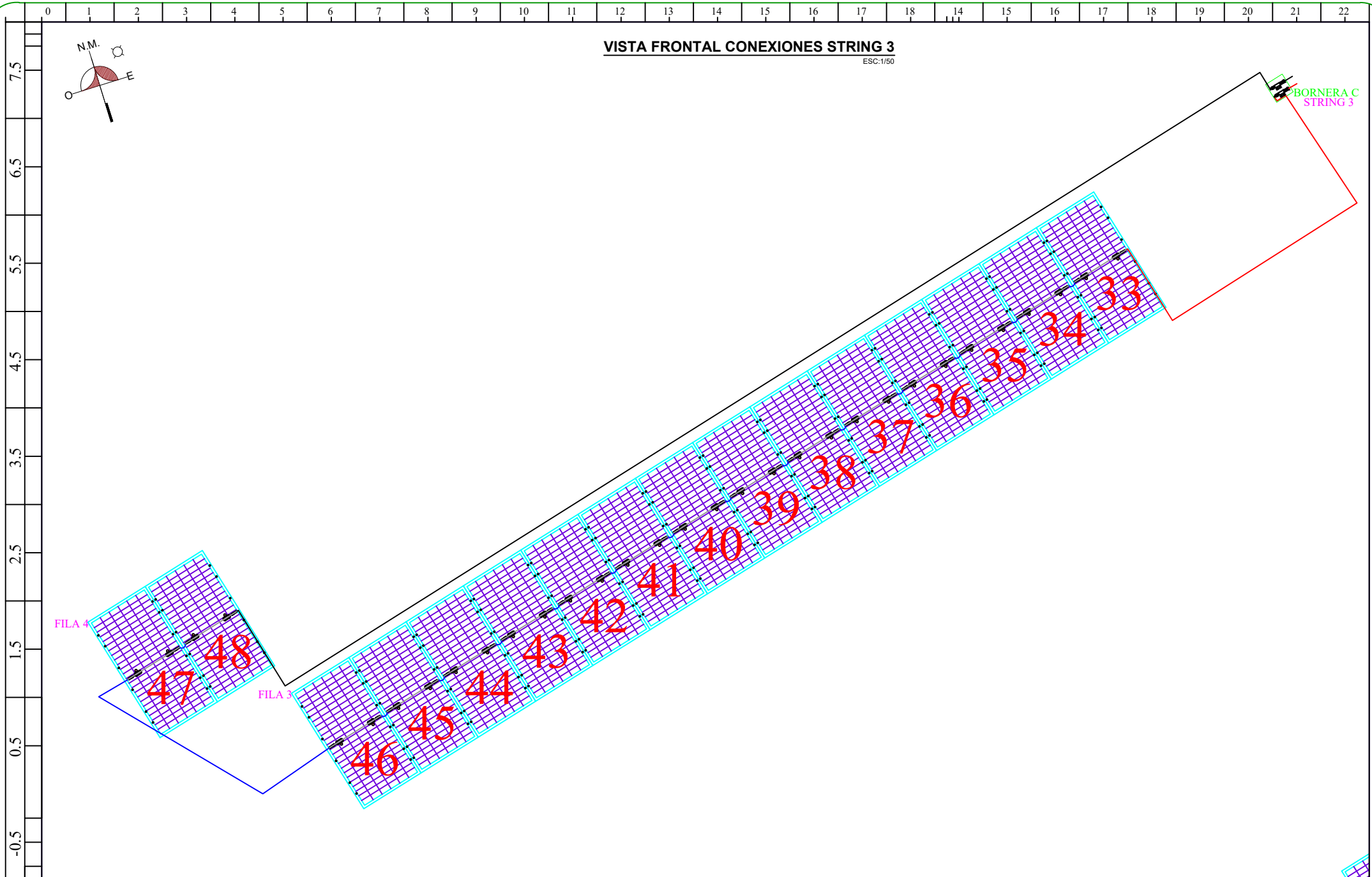
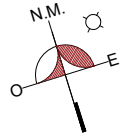
NOMBRE DE PLANO:
DETALLE DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA

ESCALA:
1/50

CODIGO DE PLANO:
FIGURA-5.22

VISTA FRONTAL CONEXIONES STRING 3

ESC:1/50



REVISION Nº	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº1	SUPERVISOR:
ANEX - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA
PENDIENTE	

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ. - FCL	RAIQ. - FCL			
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
DIC-2023	DIC-2023	.....	.....	.....

UBICACIÓN:
 URB. VILLA UNION HUANCARO
 DEPTO : CUSCO
 PROVINCIA : CUSCO
 DISTRITO : SANTIAGO

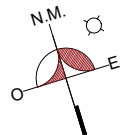
NOMBRE DE PLANO:
DETALLE DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA

ESCALA:
 1/50

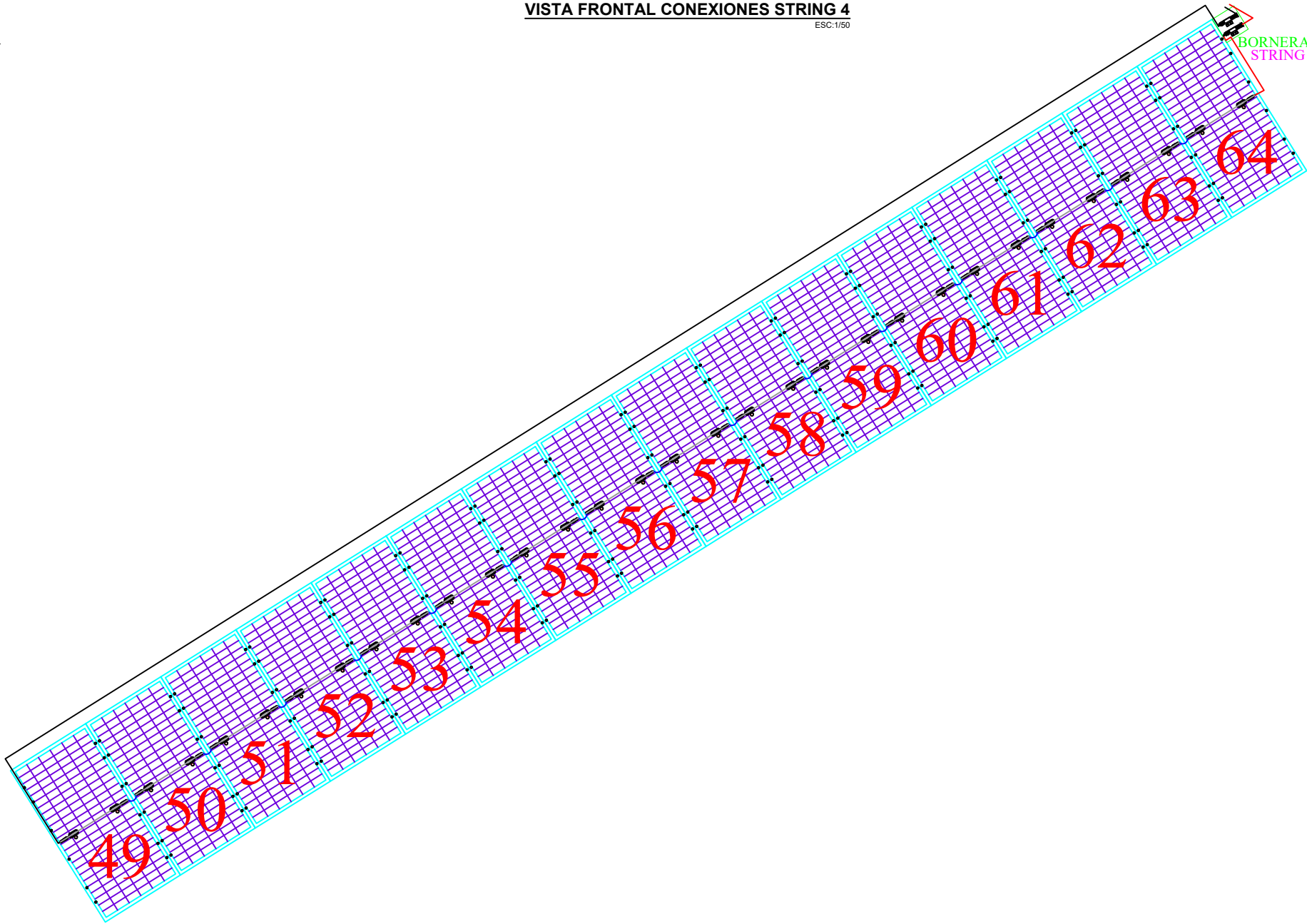
CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.23

VISTA FRONTAL CONEXIONES STRING 4

ESC:1/50



BORNERA D
STRING 4



FILA 4

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 14 15 16 17 18 19 20 21 22

7.5
6.5
5.5
4.5
3.5
2.5
1.5
0.5
-0.5
-1.5

REVISIÓN N°	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. N°1	SUPERVISOR:
ANEX- N° 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA
PENDIENTE	

ESTADO:
APROBADO.

ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ. - FCL	RAIQ. - FCL			
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
DIC-2023	DIC-2023	.....	.....	.....

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

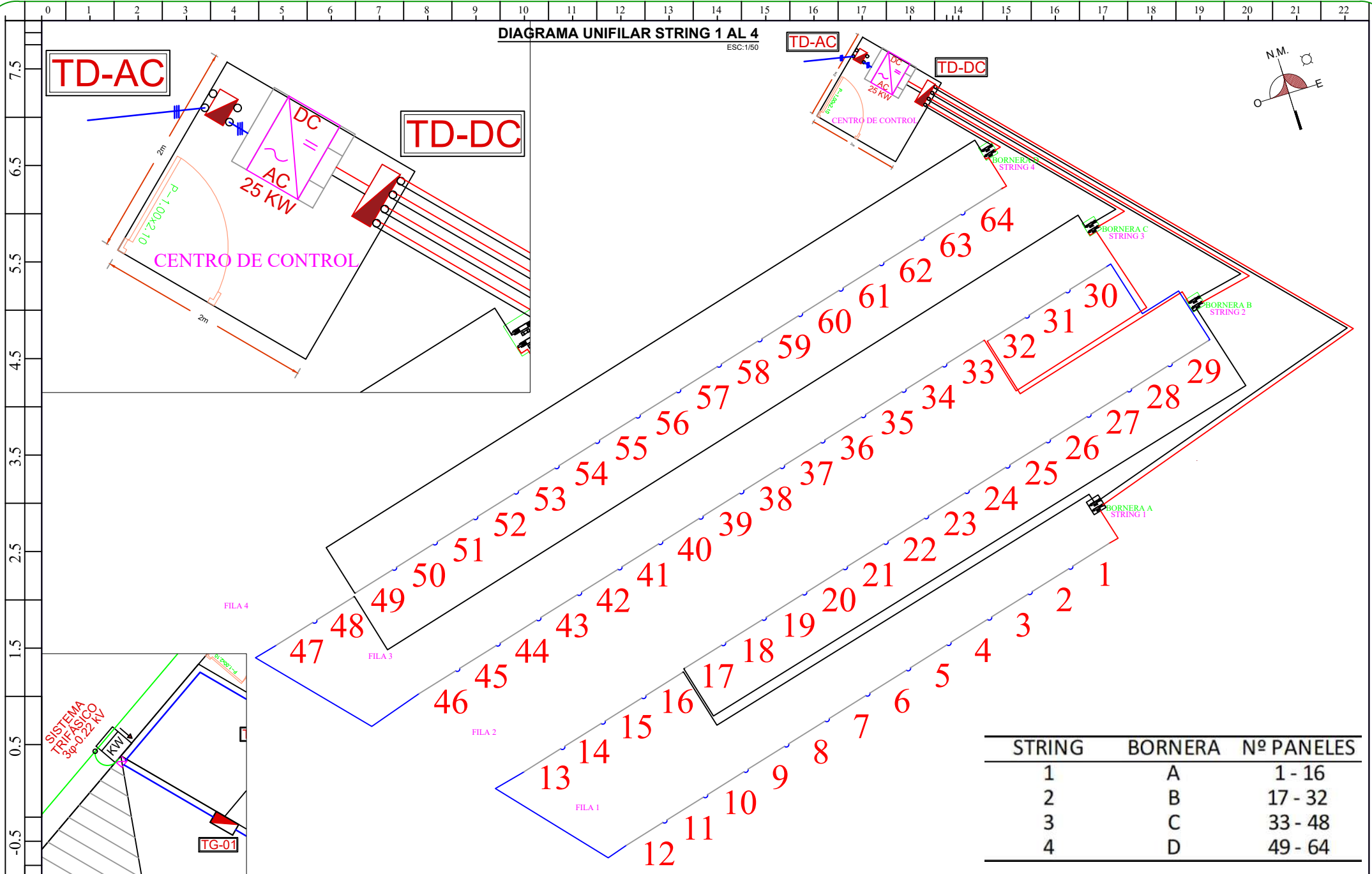
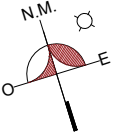
NOMBRE DE PLANO:
DETALLE DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA

ESCALA:
1/50

CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.24

DIAGRAMA UNIFILAR STRING 1 AL 4

ESC:1/50



TD-AC

TD-DC

TD-AC

TD-DC

CENTRO DE CONTROL

DC
AC
25 KW

FILA 4

FILA 3

FILA 2

FILA 1

BORNERA A
STRING 1

BORNERA B
STRING 2

BORNERA C
STRING 3

BORNERA D
STRING 4

SISTEMA
TRIFASICO
3φ-V-222KV

TG-01

STRING	BORNERA	Nº PANELES
1	A	1 - 16
2	B	17 - 32
3	C	33 - 48
4	D	49 - 64

REVISIÓN Nº	DISÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº1	SUPERVISOR:
ANEX - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 01/12/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA
PENDIENTE	

ESTADO:
APROBADO.

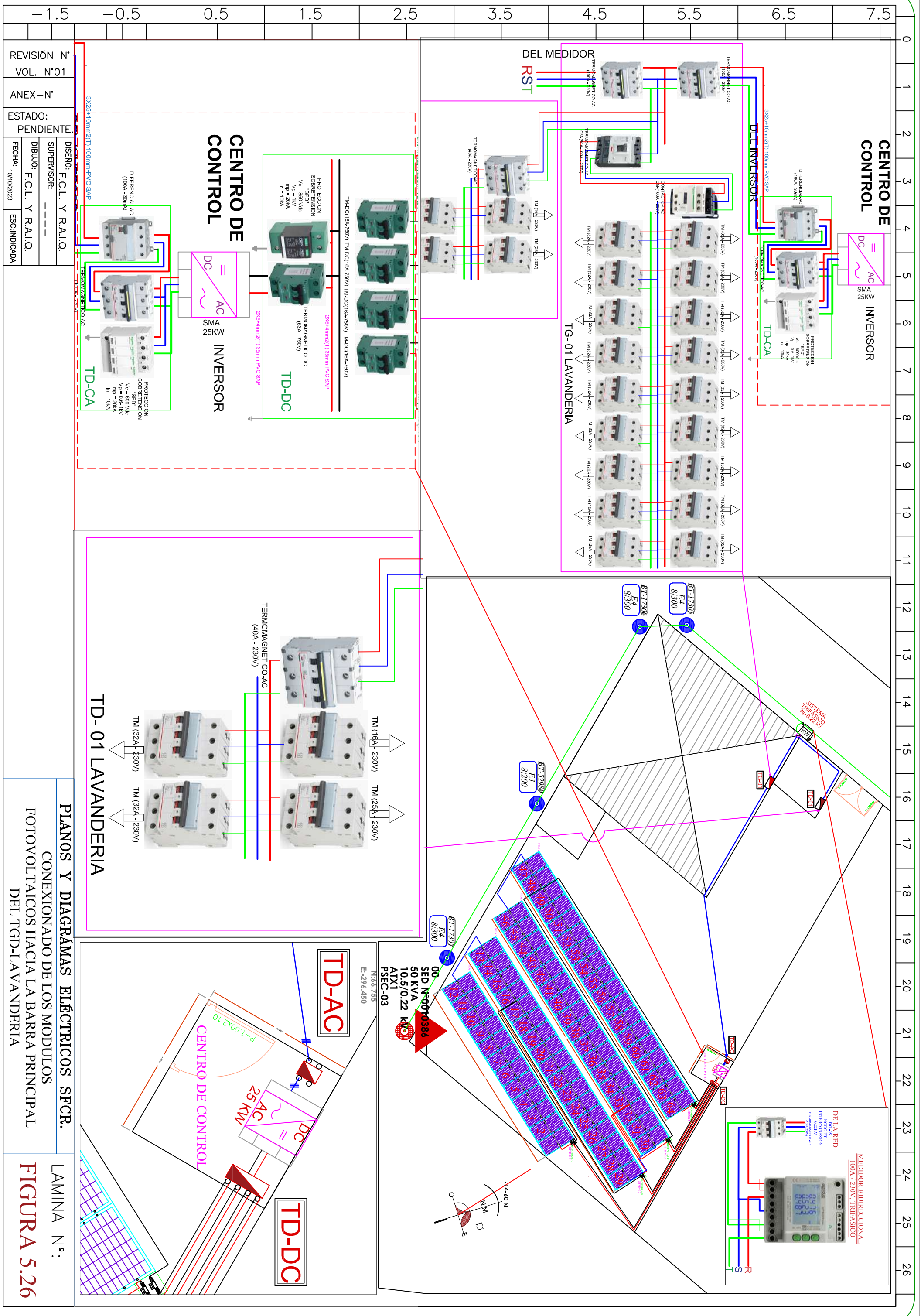
ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ. - FCL	RAIQ. - FCL			
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
DIC-2023	DIC-2023	.....	.....	.....

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

NOMBRE DE PLANO:
**DETALLE DE LA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA**

ESCALA:
1/50

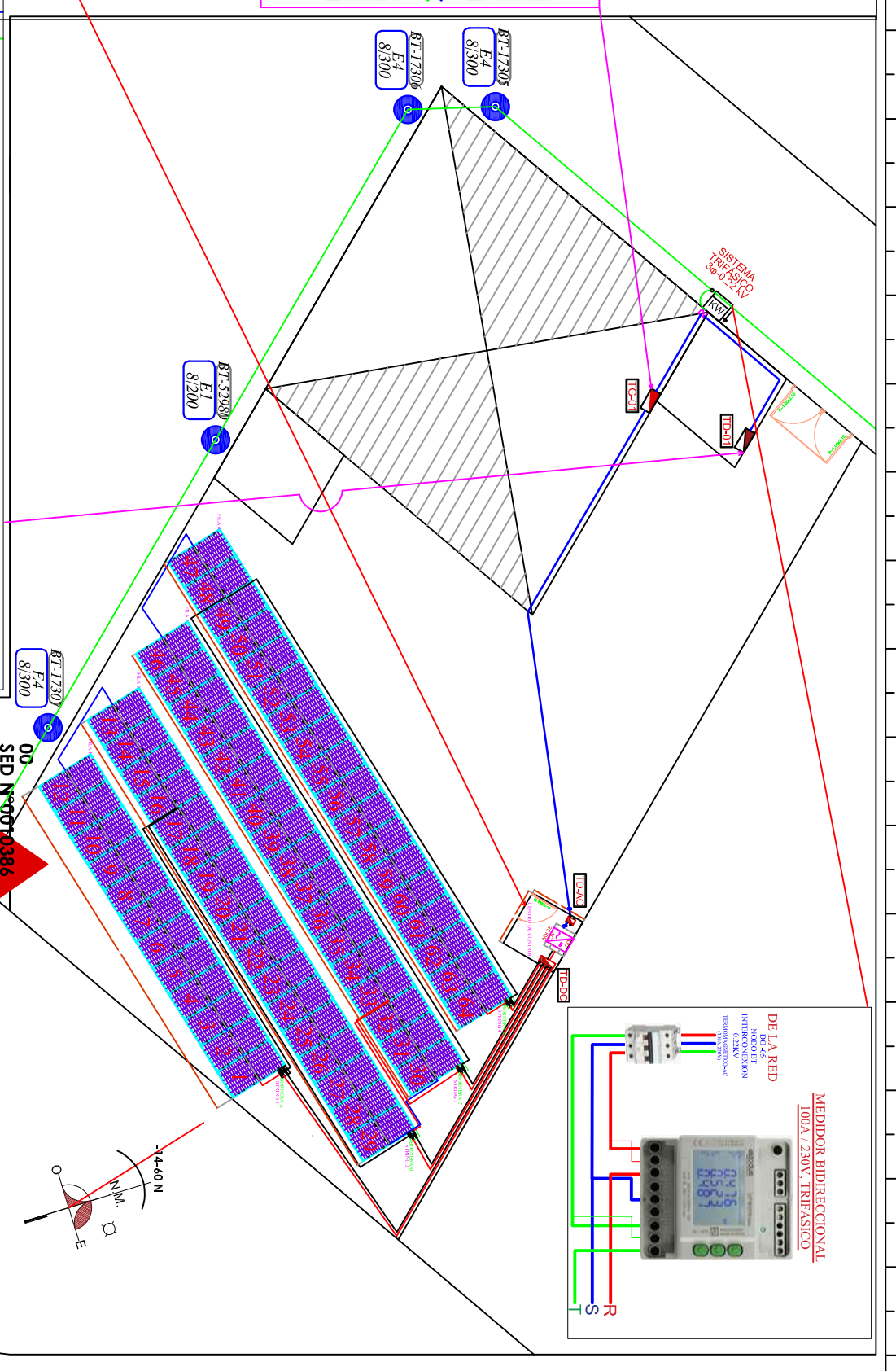
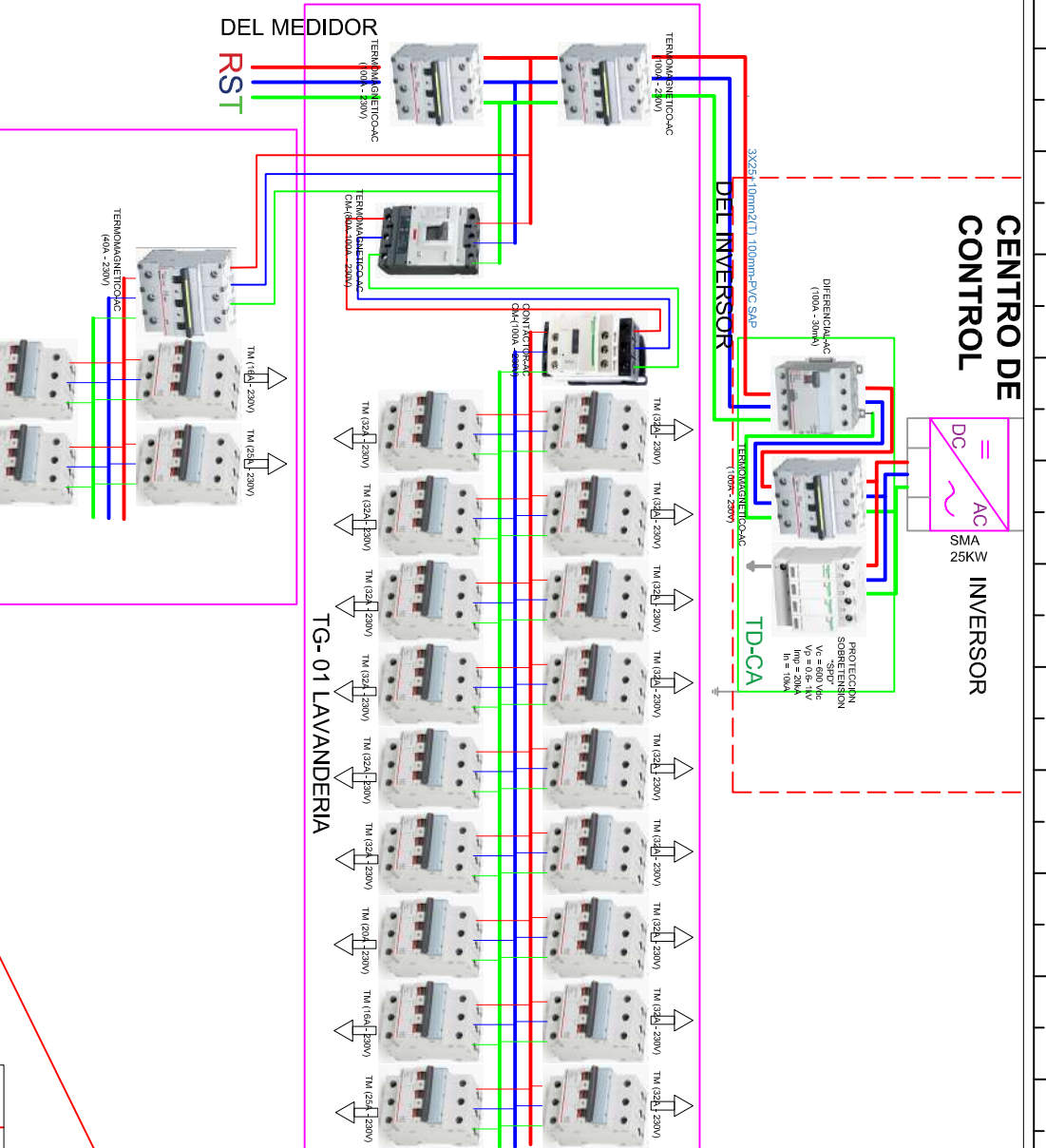
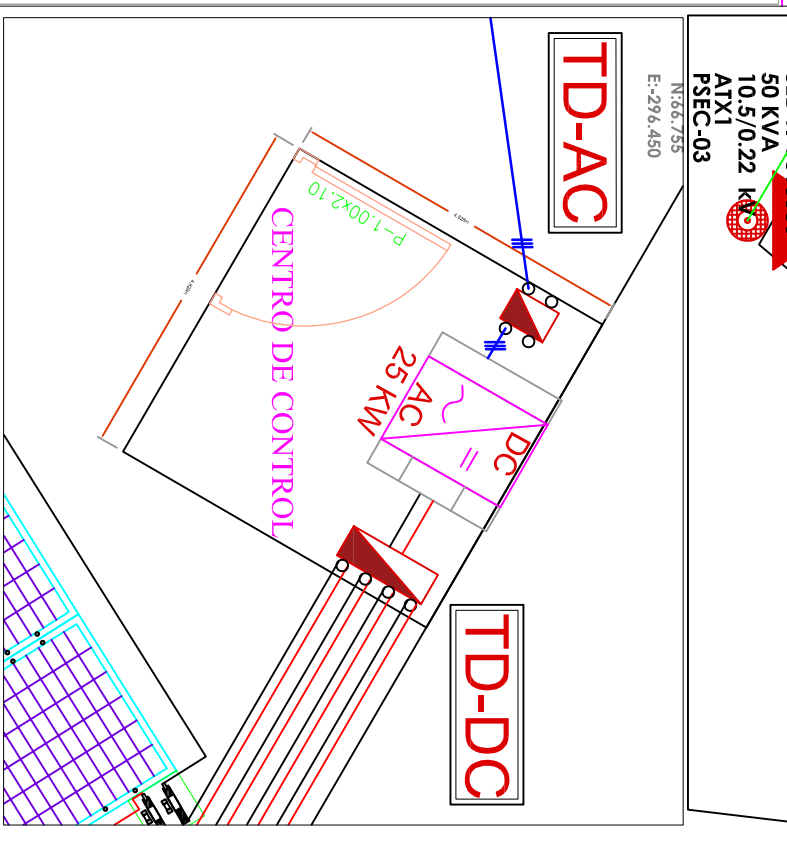
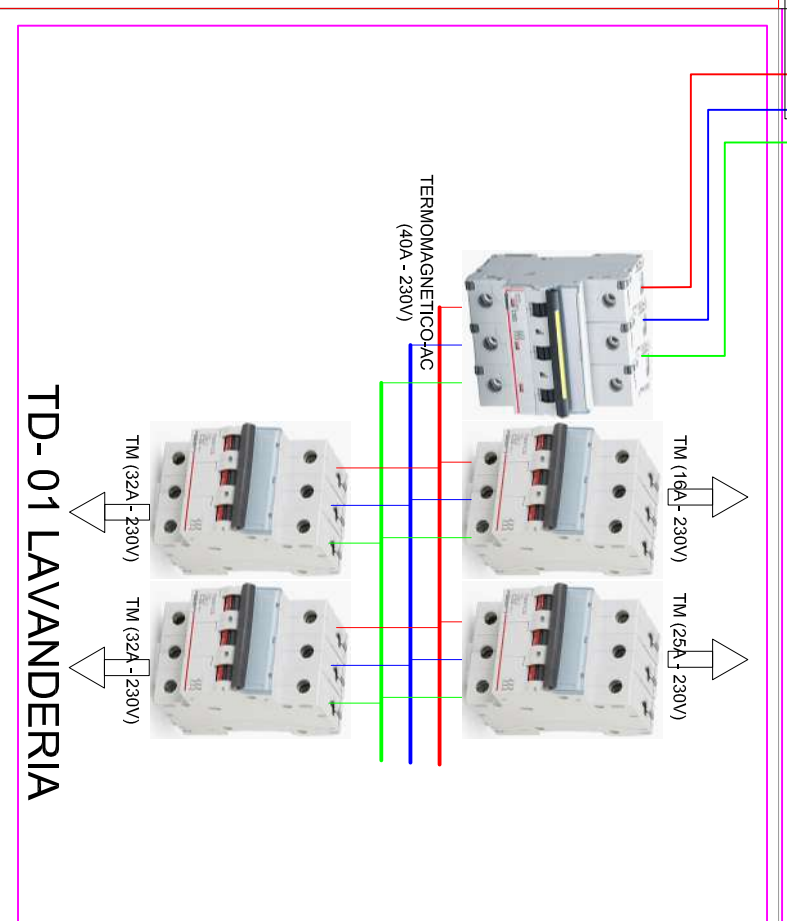
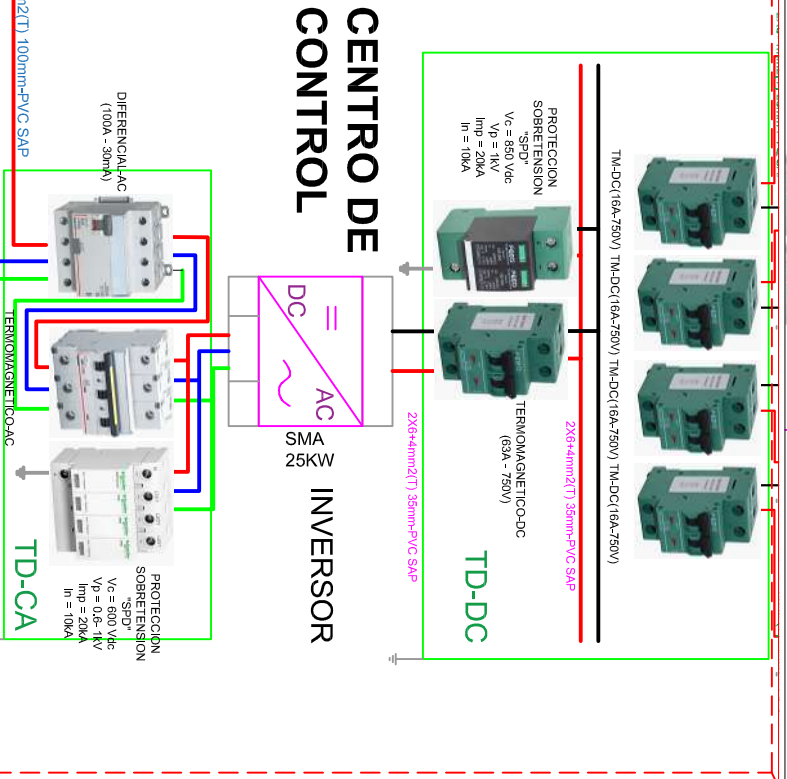
CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.25

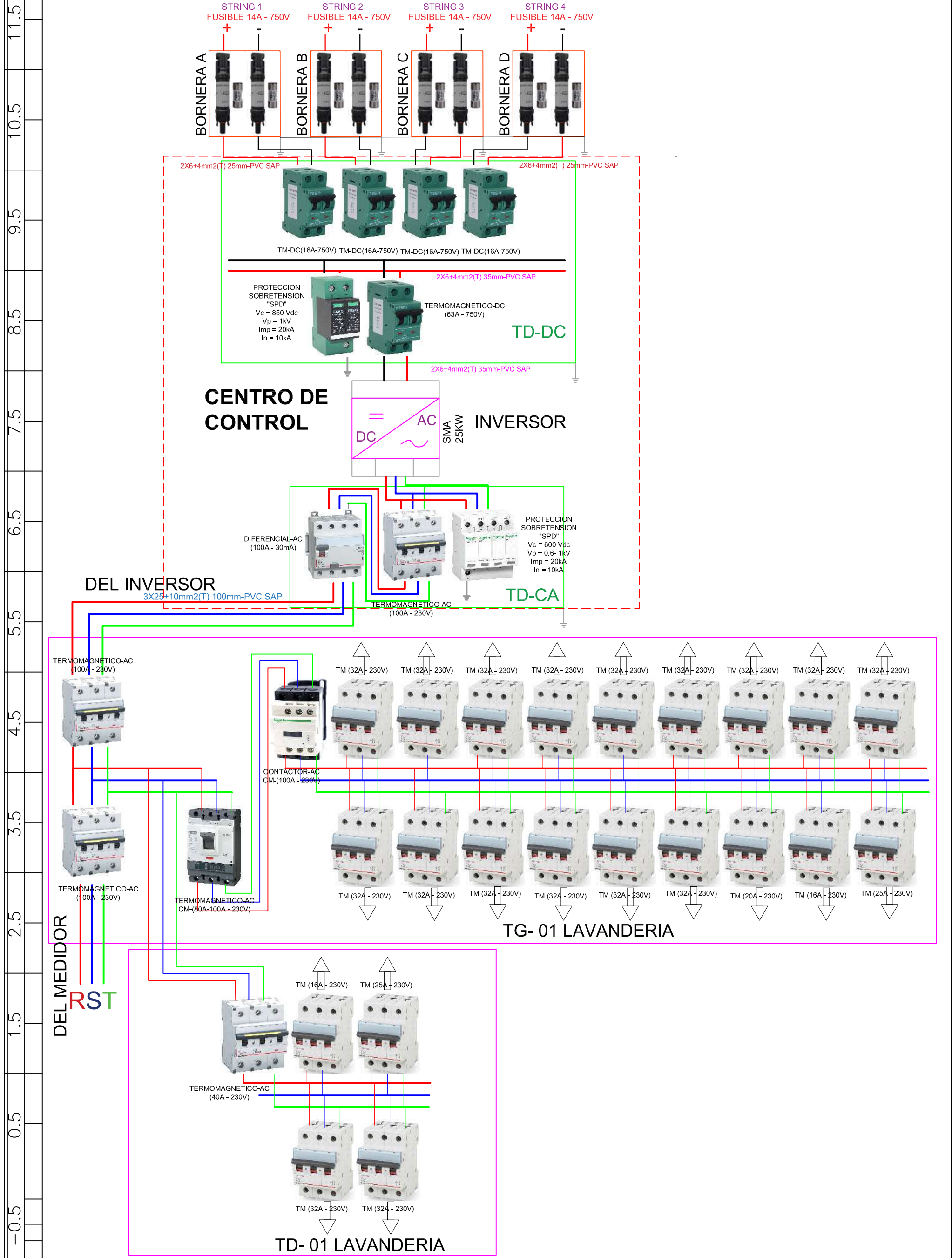


REVISIÓN N°	VOL. N°01
ANEX-N°	
ESTADO:	PENDIENTE
DISEÑO:	F.C.L. Y R.A.I.Q.
SUPERVISOR:	
DIBUJO:	F.C.L. Y R.A.I.Q.
FECHA:	10/10/2023
ESC:	INDICADA

PLANOS Y DIAGRAMAS ELÉCTRICOS SFCCR.
CONEXIONADO DE LOS MÓDULOS FOTVOLTAICOS HACIA LA BARRA PRINCIPAL DEL TGD-LAVANDERIA

LAMINA N°:
FIGURA 5.26





REVISIÓN N°	DISEÑO: F.C.L. Y R.A.I.Q.
VOL. N°01	SUPERVISOR: - - - -
ANEX - N°	DIBUJO: F.C.L. Y R.A.I.Q.
ESTADO: PENDIENTE.	FECHA: 10/10/2023
	ESC: INDICADA

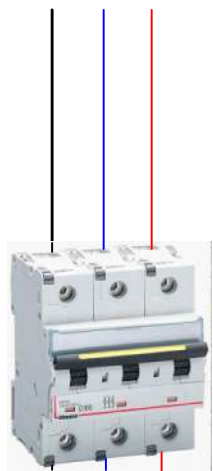
PLANOS Y DIAGRAMAS ELECTRICOS SFCR.
 DIAGRAMA UNIFILAR Y SISTEMA PROTECCION DEL SGFV

LAMINA N° :
FIGURA 5.27

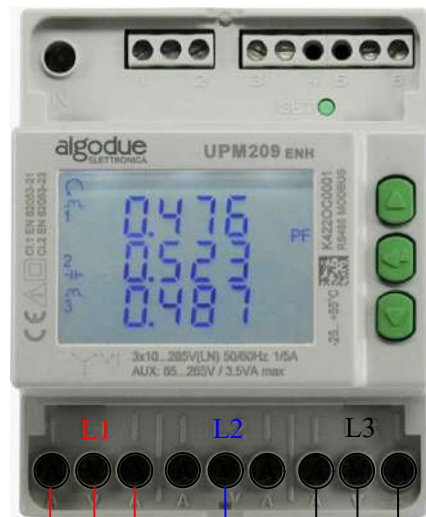


DE LA ACOMETIDA BT

MEDIDOR BIDIIECCIONAL



TERMOMAGNÈTICO
TM-AC (100 A - 230 V)



R
S
T

HACIA EL TG-01
LAVANDERIA

CAJATOMA ELSE

REVISIÓN Nº	DISEÑO: R.A.I.Q y F.C.L.
VOL. Nº1	SUPERVISOR:
ANEX - Nº 4.2	DIBUJO: R.A.I.Q y F.C.L.
ARCHIVO:	FECHA: 28/10/2023
ESTADO:	ESC: INDICADA

ESTADO:
APROBADO.

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO

NOMBRE DE PLANO:
DETALLE DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA VISTA PLANTA

ESCALA:
1/50

CÓDIGO DE PLANO:
FIGURA-5.28

5.2.2 Resultados de la simulación en Digsilent

5.2.2.1 Introducción

Teniendo en cuenta que la norma indica que el factor de potencia debería estar en los rangos de: -0.95 a 0.95, capacitivo e inductivo respectivamente. El inversor propuesto se puede ajustar de 0 a 1 tanto inductivo y capacitivo, para este evento regulamos el inversor con un factor de potencia $fp = 0.95$ (inductivo), a tensión de operación de la red eléctrica en 0.22 kV trifásico.

Para evaluar los impactos técnicos que produce la interconexión operativa de la generación fotovoltaica se simuló en el software Digsilent Power factory versión 15.1.7. analizando los siguientes impactos:

- i. Inversión de los Flujos de Potencia: hacia la red eléctrica.
- ii. Regulación de la tensión del distribuidor (caída de tensión): siendo esta $\pm 5\%$.
- iii. Pérdidas de Potencia: caso típico ideal menores al 6%.
- iv. Variación en los Niveles de Tensión: saltos bruscos de la tensión (sobretensión o subtensión transitorio).

5.2.2.2 Diagrama unifilar implementado en Digsilent

El diagrama unifilar implantado se presenta en la figura 5.29:

Figura 5. 29

Diagrama unifilar generación fotovoltaica.

5.2.2.3 Análisis de flujo de potencia sin la interconexión del sistema fotovoltaico al 2023

La Tabla 5.10 muestra los componentes eléctricos utilizados para el análisis de simulación de flujo de potencia sin conexión operativa al alimentador DO-02 al 2022.

Tabla 5. 10

Representación de los componentes eléctricos a analizar.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
MT0010386	Nodo media tensión alta del transformador
SED 0010386	Subestación de distribución cercana
BT0010386	Nodo baja tensión alta del transformador
Nodo BT1	Nodo baja tensión 1
Nodo BT	
Interconexión 0.22kV	Nodo de interconexión operativa
Nodo BT2	Nodo de baja tensión cola
TG1	Barra tablero general lavandería
Barra FV	Barra de generación fotovoltaica
Alimentador SFV	Línea BT de interconexión al tablero general
ACOMETIDA	Línea BT de interconexión hacia la red de BT del alimentador DO-02
Línea BT 0.22KV2	Línea BT del alimentador DO-02
Línea BT 0.22KV1	Línea BT del alimentador DO-02
Línea BT 0.22KV	Línea BT del alimentador DO-02

Fuente: Elaboración propia.

1. Flujos de potencia y cargabilidad sin la generación fotovoltaica

Suponiendo que no existe la generación fotovoltaica, toda la energía consumida por la carga de la lavandería viene de la red ELSE, teniendo en cuenta la demanda máxima mensual al 2022 de 7.4 kW por día que se muestra en el historial de consumo (Anexo 3), los resultados del flujo de potencia y las pérdidas técnicas se muestran en la tabla 5.11, y la figura 5.30, siendo esta última el plano de los resultados del flujo de potencia. Cabe mencionar que los perfiles de tensión se analizan en las barras y nodos, mientras la potencia activa, reactiva, corriente y cargabilidad en la línea eléctrica.

Según los resultados más resaltantes, la tensión del bus de la barra BT0010386 es de 1.02 pu, en el nodo BT Interconexión 0.22kV es de 0.97 pu, en la barra TG1 de 0.96 con consumo de potencia de -7.39 Kw (potencia consumida). Corriente consumida de 21.166 A, cargabilidad de 12.38%, mientras que el transformador N° 0010386 tiene una cargabilidad de 130,40%.

Tabla 5. 11

Flujo de potencia sin la generación fotovoltaica.

ANÁLISIS DEL FLUJO DE POTENCIA SIN SGFV		DiGSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: SGFV Date: 8/10/2023		
NODOS	PERFIL DE TENSIÓN		POTENCIAS		PERFIL DE CORRIENTE	CARGABILIDAD
	KV	PU	KW	KVAR	A	%
MT0010386	10.4	0.99				
SED 0010386			54.3	35	3.585	130.4
BT0010386	0.22	1.02				
Nodo BT1	0.22	0.98				
Nodo BT						
Interconexión 0.22kV	0.21	0.97				
Nodo BT2	0.21	0.95				
TG1	0.21	0.96				
Barra FV	0.21	0.96				
Alimentador SFV			0.00	0.00	0.00	0.00
ACOMETIDA			7.41	2.43	21.166	12.38
Línea BT 0.22KV2			20.47	6.58	58.395	34.15
Línea BT 0.22KV1			28.3	9.02	79.561	46.53
Línea BT 0.22KV			29.46	9.03	79.56	46.53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. 30

Flujo de potencia sin la interconexión de la generación fotovoltaica

2. Pérdidas técnicas sin la generación fotovoltaica

Las pérdidas técnicas totales de la alimentación DO-02 son del 1.80%, la eficiencia de este escenario es del 98,20% tal cual se muestra en la tabla 5.12.

Tabla 5. 12

Perdidas técnicas sin la generación fotovoltaica.

		PÉRDIDAS TÉCNICAS SIN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA (SGFV) - 2023		DIgSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: SGFV Date: 8/10/2023	
Load Flow Calculation				Total, System Summary			
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)		Automatic Model Adaptation for Convergence		No			
Automatic Tap Adjust of Transformers		No		Max. Acceptable Load Flow Error for			
Consider Reactive Power Limits		No		Nodes		1.00 kVA	
				Model Equations		0.10%	
Total System Summary				Study Case: Study Case		Annex: / 1	
No. of Substations No.		0		No. of Busbars		194	
of 2-w Trfs.		61		No. Of 3-w Trfs.		0	
No. of Loads		68		No. Of Shunts		0	
Generation		= 0.00 KW		0.00 kvar			
External Infeed		= 3333.26 KW		1340.26 kvar			
Load P(U)		= 3273.39 KW		1592.2 kvar			
Load P(Un)		= 3273.39 KW		1592.2 kvar			
Load P(Un-U)		= 0.00 KW		0.00 kvar			
Motor Load		= 0.00 KW		0.00 kvar			
Grid Losses		= 59.98 KW		-251.94 kvar			
Line Charging		= KW		-252.99 kvar			
Compensation ind.		= KW		0.00 kvar			
Compensation cap.		= KW		0.00 kvar			
Installed Capacity		= 0.00 KW		Potencia generada:		0.00 KW	
Spinning Reserve		= 0.00 KW		Alimentación externa. (DO-02):		3333.26 KW	
				Potencia consumida por las cargas:		3273.39 KW	
				Las pérdidas de Potencia de toda la red:		59.87 KW	
				La eficiencia del sistema es:		98.20%	
				El porcentaje de pérdidas técnicas:		1.80%	
Total Power Factor:							
Generation		= 0.00 [-]					
Load/Motor		= 0.90 / 0.00 [-]					

Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis de cortocircuito trifásico sin la generación fotovoltaica

Por otra parte, los niveles de corto circuito en BT0010386 es de 389920.628A, para la barra TG1 es de 1979.100 A. El detalle se muestra en la tabla 5.13 y la figura 5.31:

Tabla 5. 13

Análisis de cortocircuito trifásico sin la generación fotovoltaica.

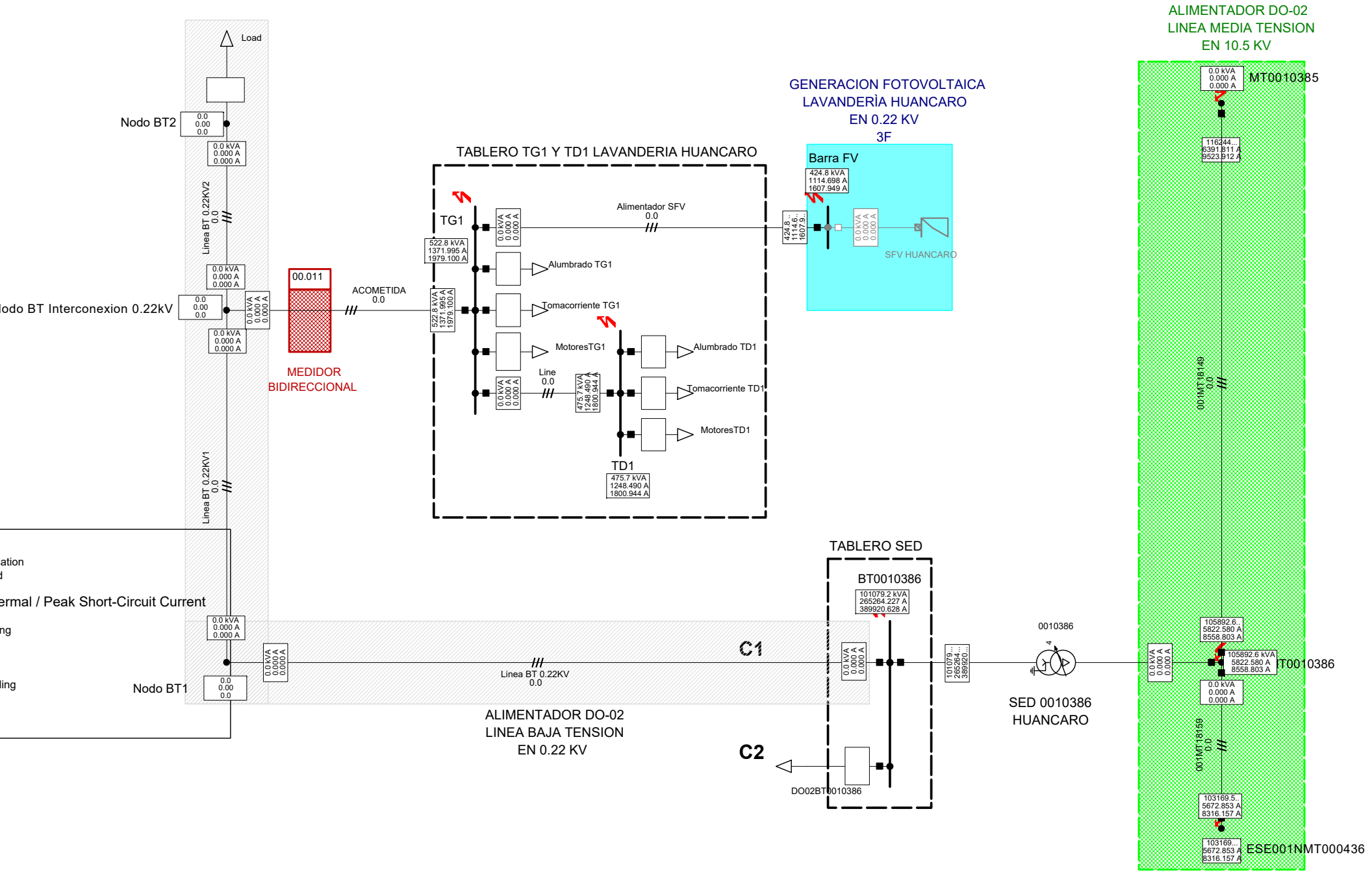
ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LAS PRINCIPALES BARRAS SIN SGFV		DIgSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: SGFV Date: 8/10/2023		
NODOS	PERFIL DE TENSIÓN		POTENCIA DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO		CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO A	CARGABILIDAD %
	KV	PU	KW	KVA		
MT0010386			105892.6		8558.803	-
SED 0010386			-		-	-
BT0010386			101079.2		389920.628	-
Nodo BT1			-		-	-
Nodo BT						
Interconexión 0.22kV			-		-	-
Nodo BT2			-		-	-
TG1			522.8		1979.1	-
Barra FV			424.8		1607.949	-
Alimentador SFV			-		-	-
ACOMETIDA			-		-	-
Línea BT 0.22KV2			-		-	-
Línea BT 0.22KV1			-		-	-
Línea BT 0.22KV			-		-	-

Fuente: Elaboración propia.

COMENTARIOS: La potencia en la barra “TG1” es de 7.4 kW, por lo que no existe potencia inyectada a la red. **La regulación de la tensión en barras y nodos (caída de tensión): están dentro del rango del +-5%. Al igual que las pérdidas técnicas se encuentran dentro del rango; es decir menores al 6%, se tiene una corriente de cortocircuito trifásico en la barra principal del tablero TG1 de 1979.100 A.**

Figura 5. 31

Cortocircuito trifásico sin la interconexión de la generación fotovoltaica.



Max. 3-Phase Short-Circuit VDE 0102	
Short Circuit Nodes	Branches
Initial Short-Circuit Power [kVA]	Initial Short-Circuit Powe
Initial Short-Circuit Current [A]	Initial Short-Circuit Curr
Peak Short-Circuit Current [A]	Peak Short-Circuit Current

TESIS PROYECTO ING. PowerFactory 15.1.7	CORTO CIRCUITO TRIFASICO SIN SGFV	Project: SFV
	PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO	Graphic: Simulación FV-D Date: 8/10/2023 Annex: FIGURA 5.31

5.2.2.4 Análisis de flujo de potencia con la interconexión del sistema fotovoltaico al 2022

Los componentes eléctricos utilizados para el análisis de simulación de flujo de potencia con la interconexión operativa al alimentador D0-02 al 2022 son los mismos detallados en la tabla 5.10, por lo que:

1. Flujos de potencia y cargabilidad con la generación fotovoltaica

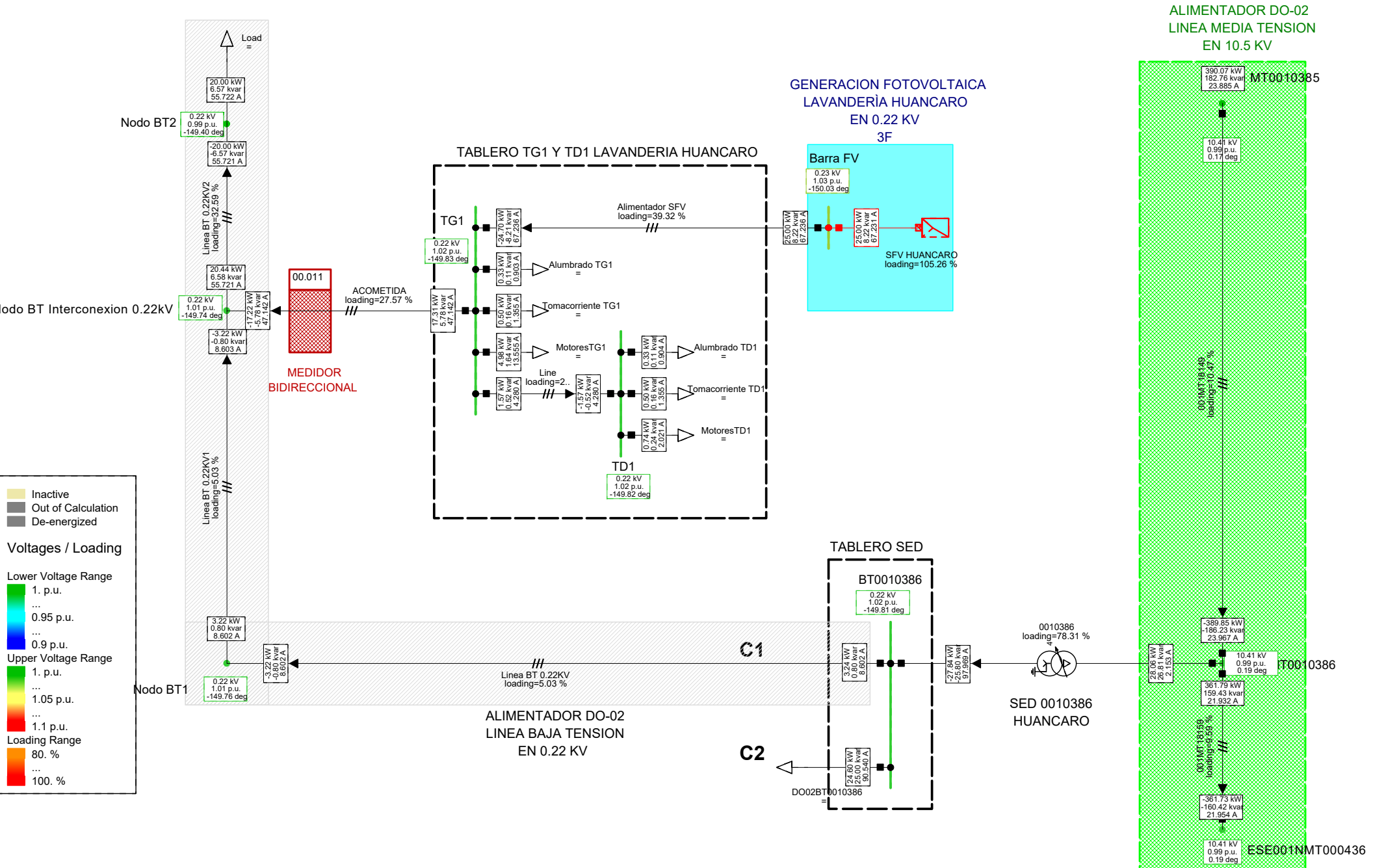
Para este evento, existe la generación fotovoltaica, toda la energía consumida por la carga de la lavandería es cubierta por la generación fotovoltaica y no por ELSE, nuevamente teniendo en cuenta la demanda máxima mensual al 2022 de 7.4 kW por día que se muestra en el historial de consumo (Tabla 3.8), los resultados del flujo de potencia y las pérdidas técnicas se muestran en las tablas 5.14, y la figura 5.32, siendo esta última el plano de los resultados del flujo de potencia. Cabe mencionar que los perfiles de tensión se analizan en las barras y nodos, mientras la potencia activa, reactiva, corriente y cargabilidad en la línea eléctrica.

Según los resultados más resaltantes, la tensión del bus de la barra BT0010386 es de 1.02 pu, en el nodo BT Interconexión 0.22 kV es de 1.01 pu (mejora la caída de tensión con respecto sin SGFV), en la barra TG1 de 1.02, inyección de potencia de 17.22 kW (potencia inyectada a la red de BT). Corriente inyectada de 47.142 A, cargabilidad de 27.57%, mientras que el transformador N° 0010386 disminuye su cargabilidad a 78.31%. Por lo que la generación fotovoltaica contribuye de manera positiva al alimentador de DO-02.

Tabla 5. 14*Flujo de potencia con la generación fotovoltaica.*

ANÁLISIS DEL FLUJO DE POTENCIA CON SGFV		DigSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: SGFV Date: 8/10/2023		
NODOS	PERFIL DE TENSIÓN		POTENCIAS		PERFIL DE CORRIENTE	CARGABILIDAD
	KV	PU	KW	KVAR	A	%
MT0010386	10.41	0.99				
SED 0010386			28.06	26.81	2.153	78.31
BT0010386	0.22	1.02				
Nodo BT1	0.22	1.01				
Nodo BT						
Interconexión 0.22kV	0.22	1.01				
Nodo BT2	0.22	0.99				
TG1	0.22	1.02				
Barra FV Alimentador SFV	0.23	1.03	25.00	8.22	67.236	39.32
ACOMETIDA			17.22	5.78	47.142	27.57
Línea BT 0.22KV2			20.00	6.57	55.722	32.59
Línea BT 0.22KV1			28.3	9.02	79.561	5.03
Línea BT 0.22KV			3.24	0.8	8.602	5.03

*Fuente: Elaboración propia.***Figura 5. 32***Flujo de potencia con la interconexión de la generación fotovoltaica.*



Load Flow 3-phase(ABC)	
Nodes	B
Line to Line Positive-Sequence Voltage, Magnitude [kV]	T
Positive-Sequence Voltage, Magnitude [p.u.]	T
Positive-Sequence Voltage, Angle [deg]	P

TESIS PROYECTO ING.	FLUJO DE POTENCIA CON SGFV	Project: SFV
	PowerFactory 15.1.7	PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO	Graphic: Simulacion FV-D
		Date: 8/11/2023
		Annex: FIGURA 5.32

2. Pérdidas técnicas con la generación fotovoltaica

Las pérdidas técnicas totales de la alimentación DO-02 mejoran del 1.80% al 1% sin y con generación fotovoltaica respectivamente, la eficiencia de este escenario es del 99,00% tal cual se muestra en la tabla 5.15.

Tabla 5. 15

Perdidas técnicas con la generación fotovoltaica.

		PÉRDIDAS TÉCNICAS CON LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA (SGFV) - 2023		DigSILENT PowerFactory 15.1.7	Project: SGFV Date: 8/10/2023
Load Flow Calculation				Total System Summary	
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)		Automatic Model Adaptation for Convergence		No	
Automatic Tap Adjust of Transformers		No		Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider Reactive Power Limits		No		Nodes	
				1.00 kVA	
				Model Equations	
				0.10%	
Total System Summary			Study Case: Study Case		Annex: / 1
No. of Substations No.	0	No. Of Busbars	194	No. of Terminals	3
of 2-w Trfs.	61	No. Of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	0
No. of Loads	68	No. Of Shunts	0	No. of SVS	0
Generation	= 25.00 KW		8.22 kvar		
External Infeed	= 3306.51 KW		1331.96 kvar		
Load P(U)	= 3273.39 KW		1592.2 kvar		
Load P(Un)	= 3273.39 KW		1592.2 kvar		
Load P(Un-U)	= 0.00 KW		0.00 kvar		
Motor Load	= 0.00 KW		0.00 kvar		
Grid Losses	= 58.22 KW		-252.02 kvar		
Line Charging	= KW		-253.03 kvar		
Compensation ind.	= KW		0.00 kvar		
Compensation cap.	= KW		0.00 kvar		
Installed Capacity	= 0.00 KW			Potencia generada:	25.00 KW
Spinning Reserve	= 0.00 KW			Alimentación externa. (DO-02):	3306.51 KW
				Potencia consumida por las cargas:	3273.39 KW
				Las pérdidas de Potencia de toda la red:	33.12 KW
				La eficiencia del sistema es:	99.00%
				El porcentaje de pérdidas técnicas:	1.00%
Total, Power Factor:					
Generation	= 0.95 [-]				
Load/Motor	= 0.90 / 0.00 [-]				

Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis de cortocircuito trifásico con la generación fotovoltaica

Por otra parte, los niveles de corto circuito en BT0010386 es de 389920.628A, para la barra TG1 es de 1979.100 A. valores similares en el escenario sin la generación fotovoltaica por lo que no tiene impacto negativo su interconexión en cuanto al sistema de protección que actualmente viene implementado. El detalle se muestra en la tabla 5.16 y la figura 5.33:

Tabla 5. 16

Análisis de cortocircuito trifásico con la generación fotovoltaica.

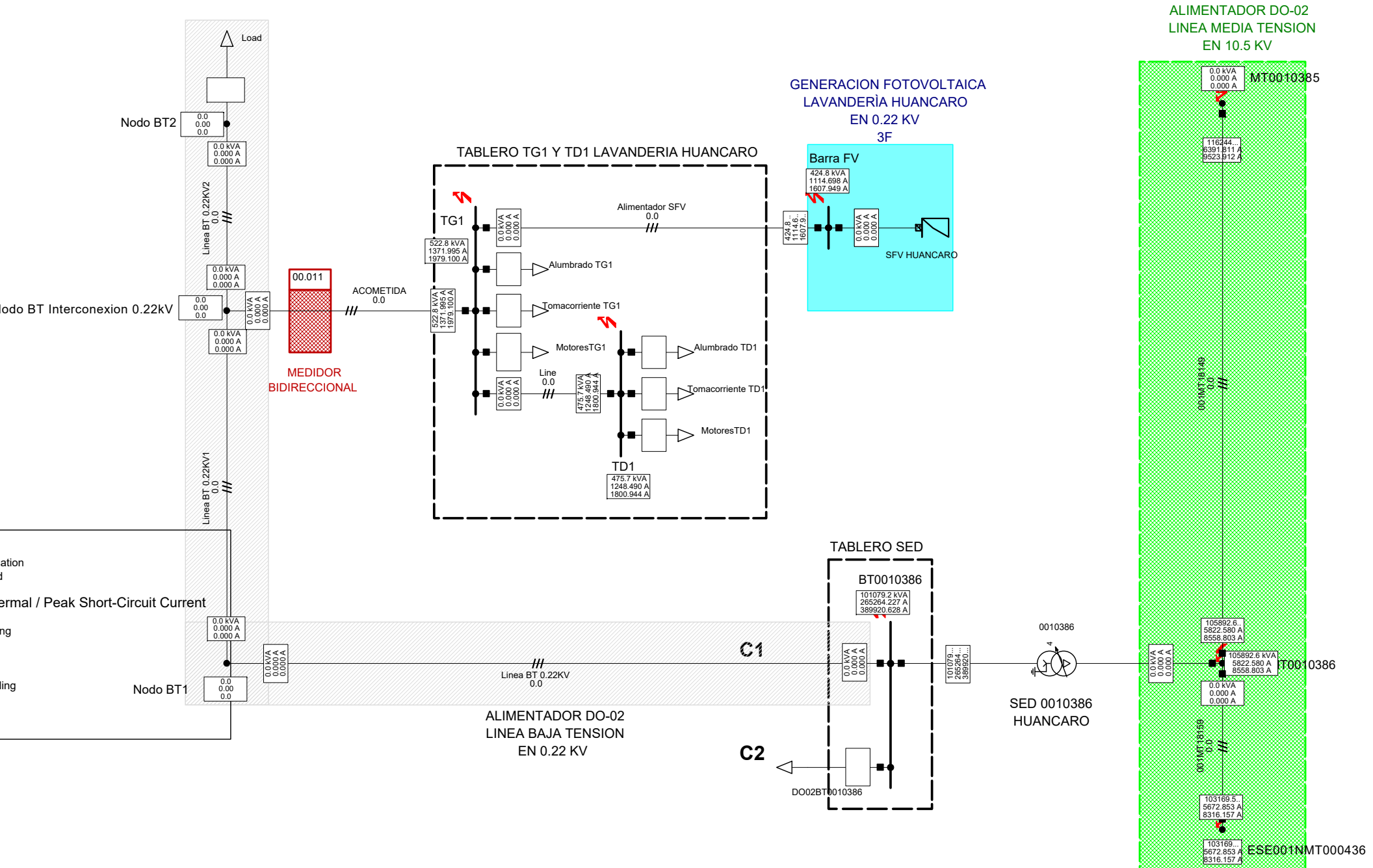
ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LAS PRINCIPALES BARRAS		DIGSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: SGFV Date: 8/10/2023		
NODOS	PERFIL DE TENSIÓN		POTENCIA DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO		CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO	
	KV	PU	KW	KVA	A	
					CARGABILIDAD	
					%	
MT0010386				105892.6	8558.803	-
SED 0010386				-	-	-
BT0010386				101079.2	389920.628	-
Nodo BT1				-	-	-
Nodo BT						
Interconexión				-	-	-
0.22kV						
Nodo BT2				-	-	-
TG1				522.8	1979.1	-
Barra FV				424.8	1607.949	-
Alimentador SFV				-	-	-
ACOMETIDA				-	-	-
Línea BT						
0.22KV2				-	-	-
Línea BT						
0.22KV1				-	-	-
Línea BT 0.22KV				-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

COMENTARIOS: La potencia en la barra “TG1” es de 17.22 kW, por lo que existe potencia inyectada a la red. **La regulación de la tensión en barras y nodos (caída de tensión): están dentro del rango del +-5% (con mejora). Al igual que las pérdidas técnicas mejoran y se encuentran dentro del rango; es decir menores al 6%, se tiene una corriente de cortocircuito trifásico en la barra principal del tablero TG1 de 1979.100 A valor igual al de sin propuesta fotovoltaica.**

Figura 5. 33

Cortocircuito trifásico con la interconexión de la generación fotovoltaica.



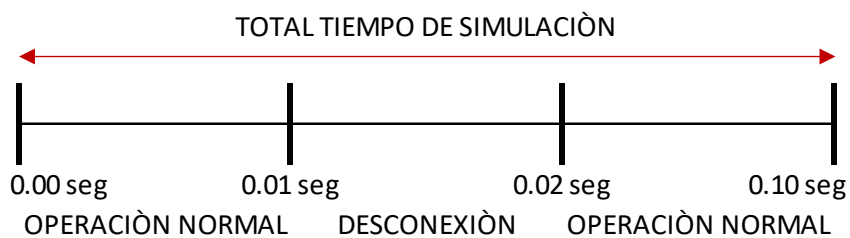
Max. 3-Phase Short-Circuit VDE 0102	
Short Circuit Nodes	Branches
Initial Short-Circuit Power [kVA]	Initial Short-Circuit Powe
Initial Short-Circuit Current [A]	Initial Short-Circuit Curr
Peak Short-Circuit Current [A]	Peak Short-Circuit Current

TESIS PROYECTO ING. PowerFactory 15.1.7	CORTO CIRCUITO TRIFASICO CON SGFV	Project: SFV
	PROPUESTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE LA EMPRESA LAVANDERÍA HUANCARO	Graphic: Simulacion FV-D Date: 8/11/2023 Annex: FIGURA 5.33

4. Análisis de transitorios con la generación fotovoltaica

Finalmente, en la figura 5.34 se puede observar un ligero transitorio cuando el SFCR se interconecta y desconecta repentinamente. La duración de estas perturbaciones es pequeña en comparación con el voltaje y la corriente (Variación en un 4.8% promedio entre las fases R, S y T con respecto a la operación normal y la conexión repentina), la existencia de un transitorio se puede ver en milésimas de segundo y luego se reanuda la onda sinusoidal pura. Por lo que la conexión y desconexión repentina de la generación fotovoltaica no afecta o no tiene impacto negativo en la variación en los niveles de tensión: saltos bruscos de la tensión (sobretensión o subtensión transitorio).

El tiempo de simulación en valores instantáneos son:



El plano de simulación se muestra en la figura 5.34:

Figura 5. 34

Gráfico de los transitorios con y sin la interconexión operativa de la generación fotovoltaica.

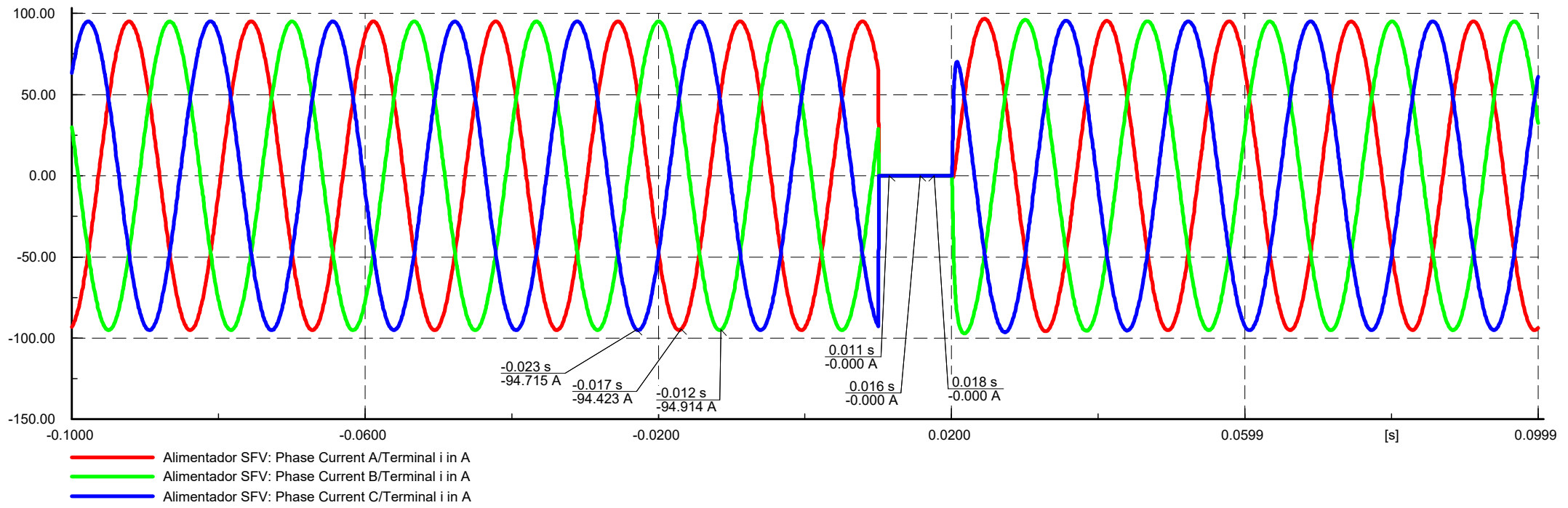
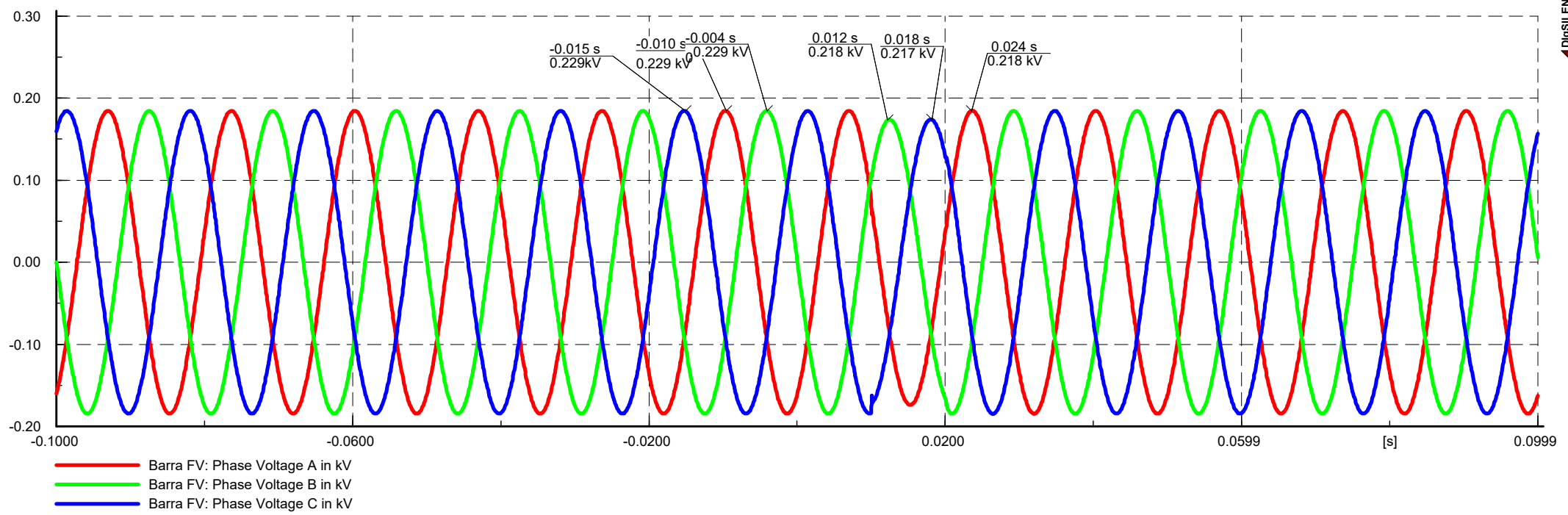


FIGURA 5.34

ANALISIS DE TRANSITORIO CON Y SIN SGFV

LAVANDERIA HUANCARO

ALIMENTADOR DO-02

Simulacion FV-DO-02(1)

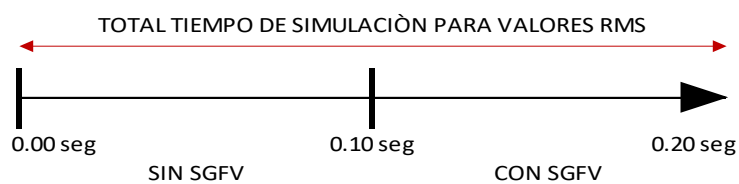
Date: 8/11/2023

Annex: TRANSITORI /1

5. Análisis gráfico de los parámetros eléctricos en operación normal.

La Figura 5.35 muestra el comportamiento de los parámetros de potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, frecuencia, corriente y tensión en el nodo de interconexión Nodo BT Interconexión 0.22kV (red) en valores RMS y la Figura 5.36 muestra valores instantáneos. Las gráficas resultantes tienen el siguiente criterio de simulación:

El tiempo de simulación en valores RMS son:



El tiempo de simulación en valores instantáneos son:



En el tiempo $t=0.1$ s, los paneles fotovoltaicos y la red de BT comienzan a operar, y se observan transitorios en milésimas de segundo para cada parámetro analizado, después de lo cual el sistema se estabiliza.

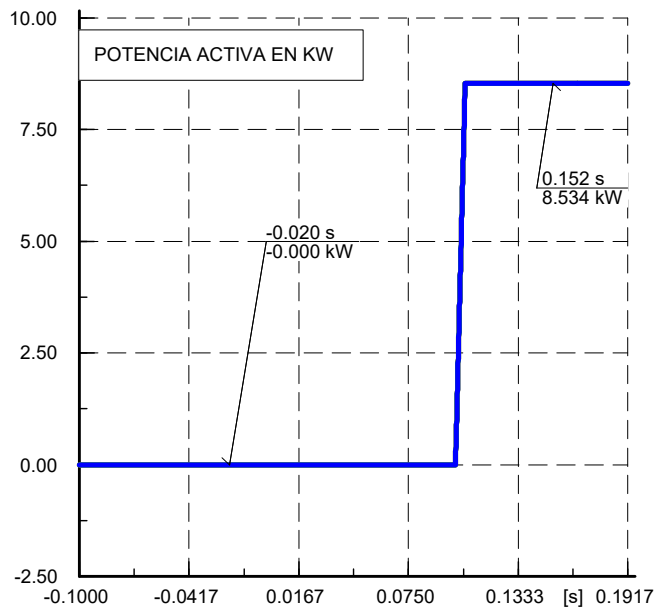
El plano de simulación se muestra en la figura 5.35 y 5.36 en valores RMS e instantáneos respectivamente:

Figura 5. 35

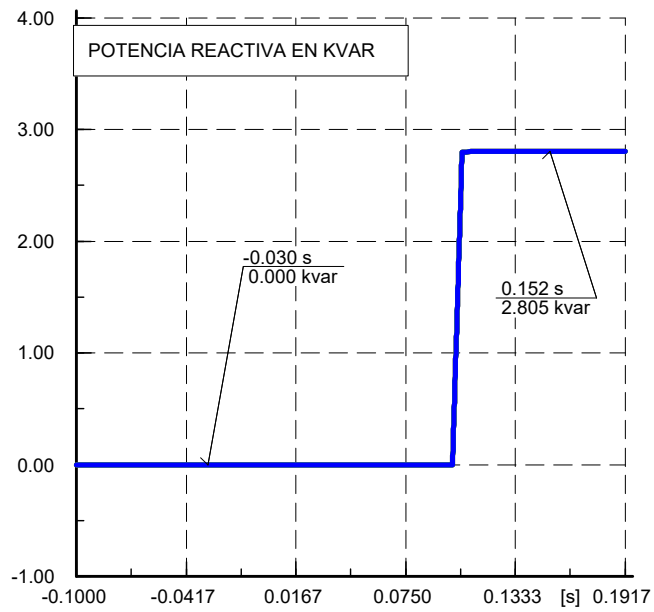
Gráfico de los parámetros eléctrico en valores RMS en operación normal del SGFV.

Figura 5. 36

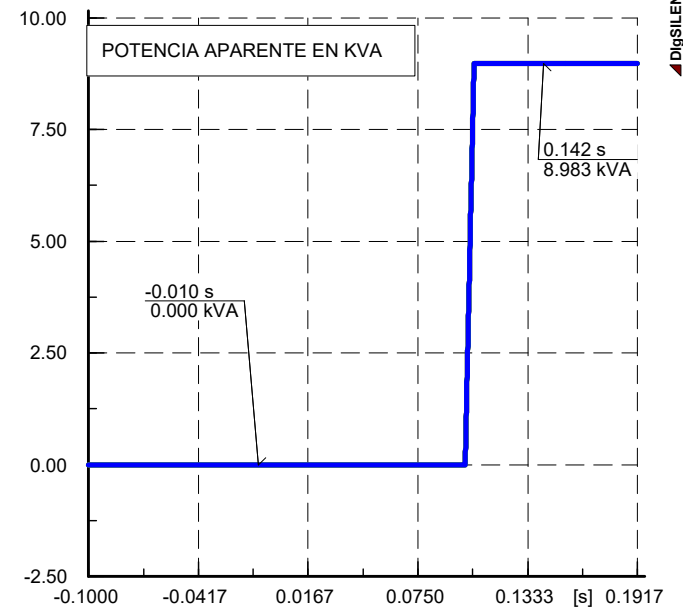
Gráfico de los parámetros eléctrico en valores instantáneos en operación normal del SGFV.



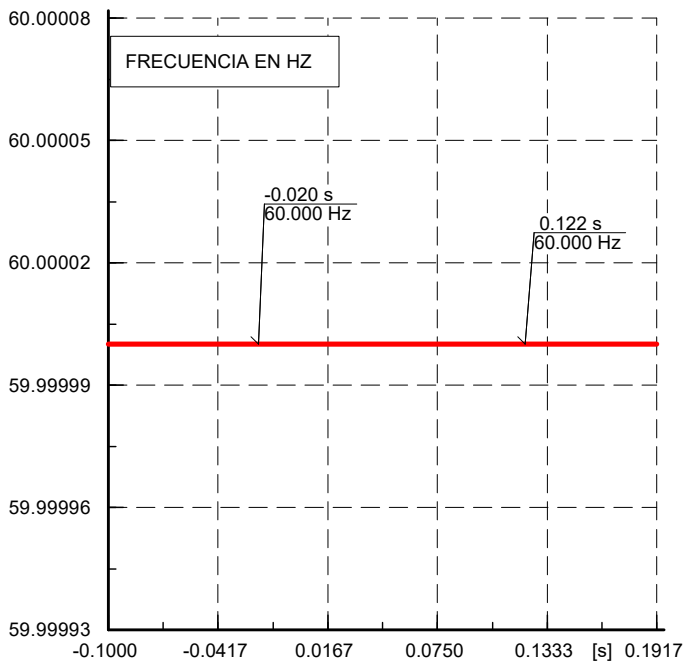
- Alimentador SFV: Active Power A/Terminal i in kW
- Alimentador SFV: Active Power B/Terminal i in kW
- Alimentador SFV: Active Power C/Terminal i in kW



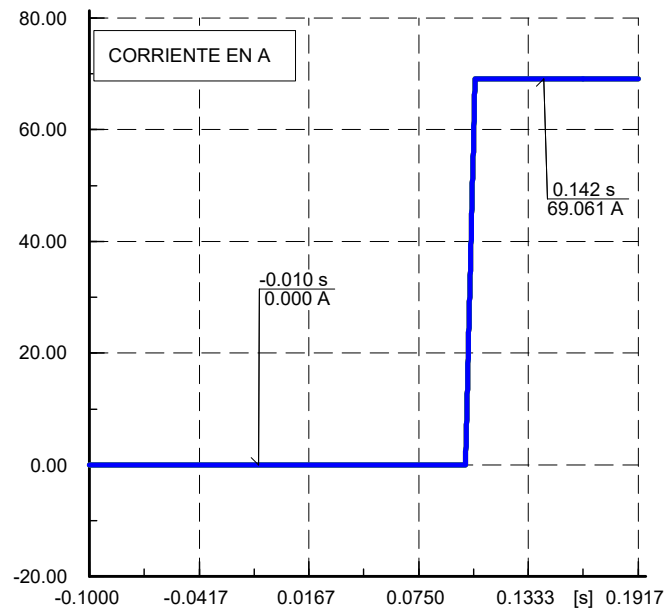
- Alimentador SFV: Reactive Power A/Terminal i in kvar
- Alimentador SFV: Reactive Power B/Terminal i in kvar
- Alimentador SFV: Reactive Power C/Terminal i in kvar



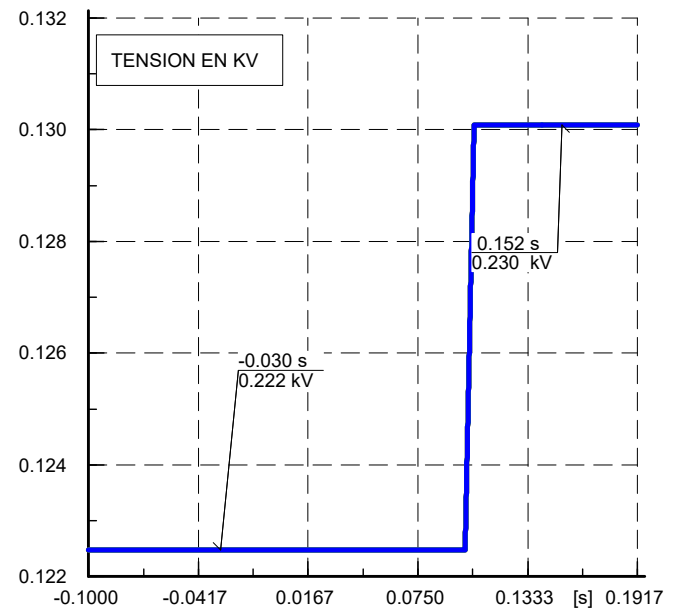
- Alimentador SFV: Apparent Power A/Terminal i in kVA
- Alimentador SFV: Apparent Power B/Terminal i in kVA
- Alimentador SFV: Apparent Power C/Terminal i in kVA



- Alimentador SFV: Nominal frequency in Hz

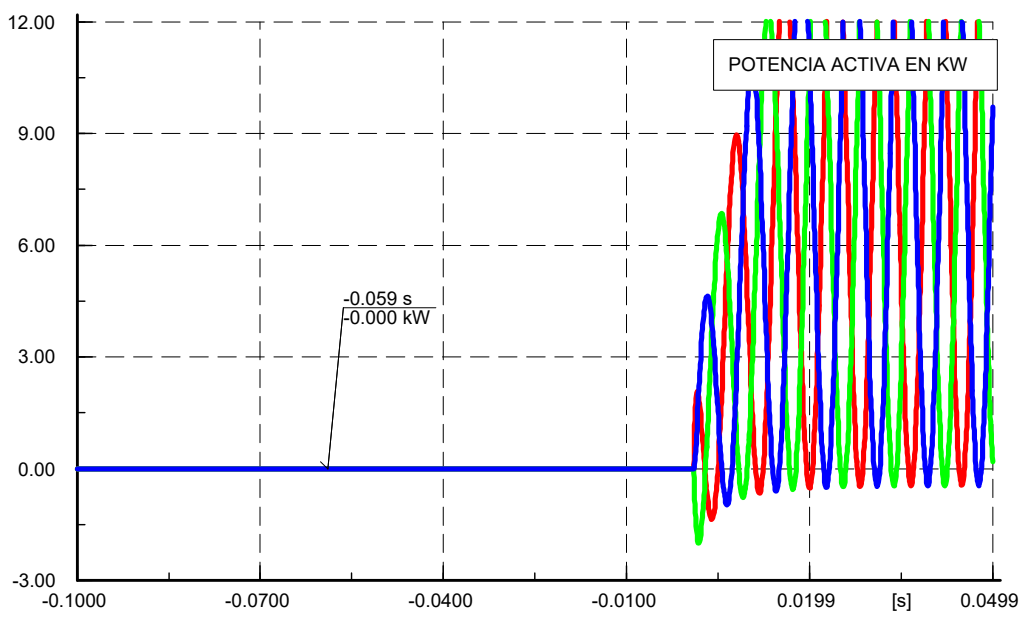


- Alimentador SFV: Phase Current, Magnitude A/Terminal i in A
- Alimentador SFV: Phase Current, Magnitude B/Terminal i in A
- Alimentador SFV: Phase Current, Magnitude C/Terminal i in A

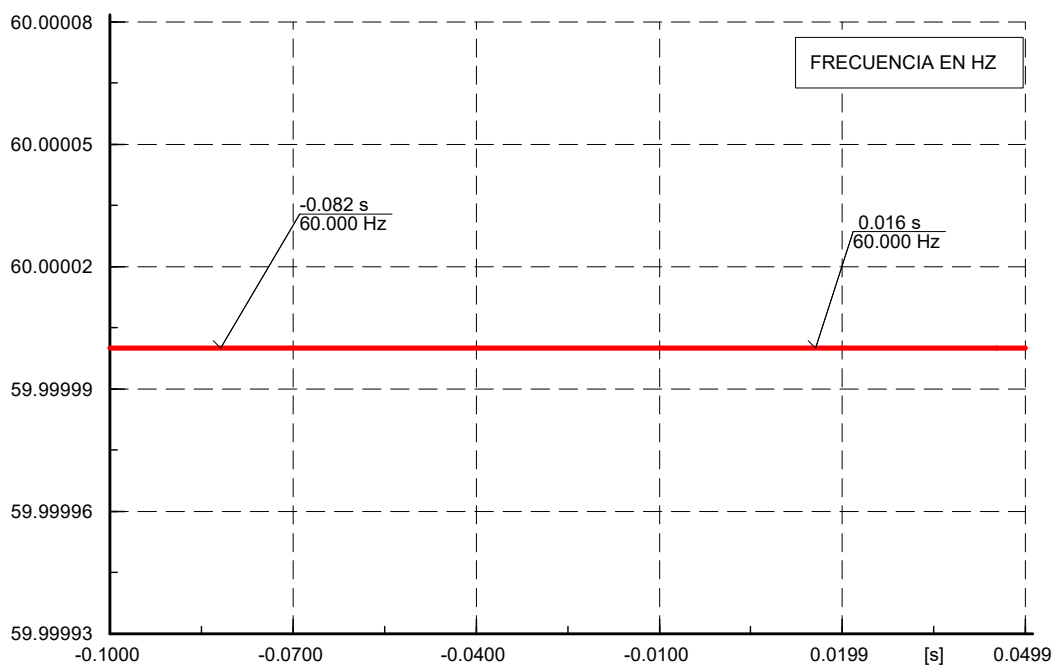


- Barra FV: Line-Ground Voltage, Magnitude A in kV
- Barra FV: Line-Ground Voltage, Magnitude B in kV
- Barra FV: Line-Ground Voltage, Magnitude C in kV

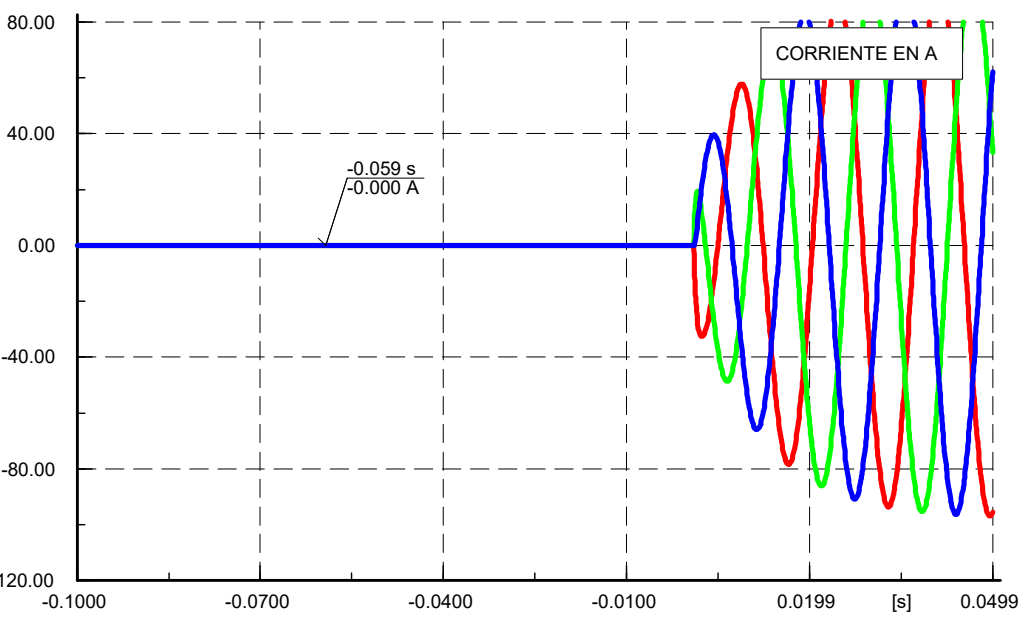
FIGURA 5.35



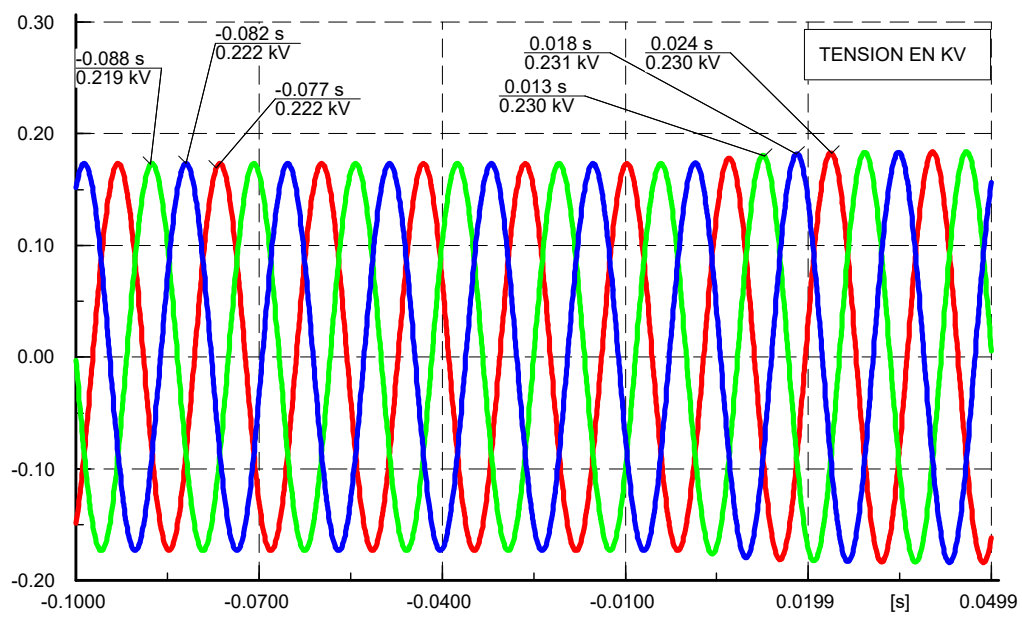
- Alimentador SFV: Active Power A/Terminal i in kW
- Alimentador SFV: Active Power B/Terminal i in kW
- Alimentador SFV: Active Power C/Terminal i in kW



- Alimentador SFV: Nominal frequency in Hz



- Alimentador SFV: Phase Current A/Terminal i in A
- Alimentador SFV: Phase Current B/Terminal i in A
- Alimentador SFV: Phase Current C/Terminal i in A



- Barra FV: Phase Voltage A in kV
- Barra FV: Phase Voltage B in kV
- Barra FV: Phase Voltage C in kV

FIGURA 5.36

5.2.3 Resultados de la huella de carbono

5.2.3.1 Descripción de la huella de carbono

Para determinar el resultado de la huella de carbono de la generación fotovoltaica de autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro, se utilizó como datos la energía consumida actual (2022) y la energía consumida proyectada en 20 años (2042), acuerdo a sus cargas instaladas actuales y proyectadas. Utilizados estos datos se logra obtener mediante la fórmula de la huella de carbono de 0.688 tCO₂ para el año 2022 y 1.966 tCO₂ para el año 2042. Se muestra los resultados obtenidos en la tabla 5.17.

$$HC = Consumo \times Factor \ de \ Emision \ tCO_2$$

Tabla 5. 17

Cálculo de la huella de carbono de la Generación fotovoltaica.

	Energía Solar	gr CO ₂ /kWh	kg CO ₂ /kWh	t CO ₂ /kWh
Factor de emisión	Fotovoltaica	29.8	0.0298	0.0000298

AÑO	kWh	Huella de carbono (kg CO ₂)	Huella de carbon (t CO ₂)
2042	65962.66	1965.7	1.966
2022	23090.00	688.1	0.688

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Evaluación económica generación fotovoltaica.

5.2.4.1 Horizonte de tiempo.

Para la evaluación económica se estima un horizonte de tiempo 20 años.

5.2.4.2 Perfil de tarifa eléctrica.

Actualmente la empresa lavandería Huancaro cuenta con la tarifa BT5B y para obtener las proyecciones de crecimiento del consumo y tarifas eléctricas consideraremos la hora solar pico e historial de pago respectivamente de la lavandería utilizando la ecuación 5.1.

5.2.4.3 Perfil de generación de energía para irradiación de diseño.

El análisis de la energía generada por el sistema fotovoltaico se realiza teniendo en cuenta la menor irradiación disponible en el lugar de estudio correspondiente al mes de febrero 2022 y se muestra en la tabla 5.18.

Tabla 5. 18

Evaluación de la generación fotovoltaica y su inserción a la red en un día promedio.

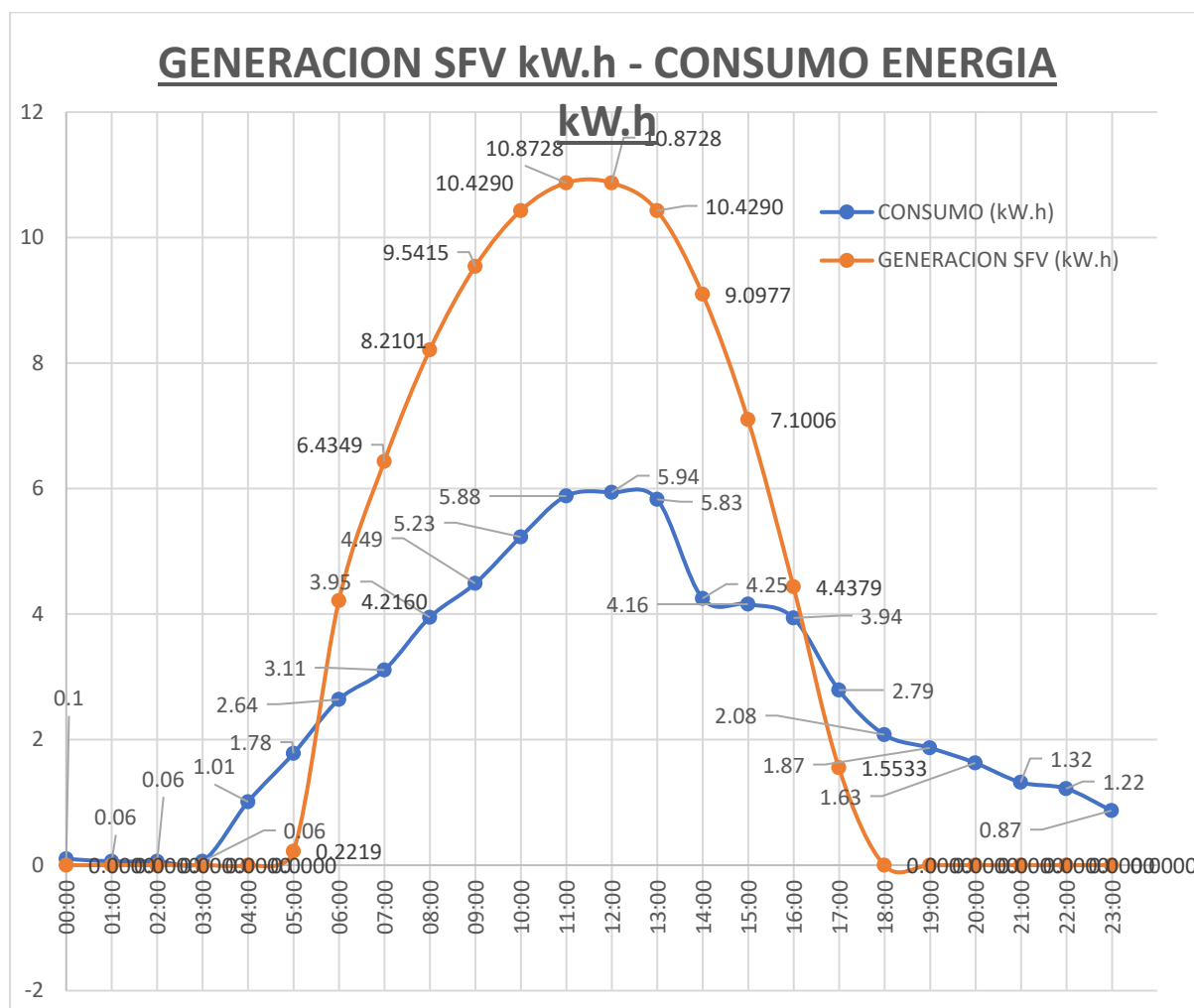
Ítem	Horas	Potencia Suministrada (W)	Irradiación Estación Kayra (kW.h/m ²)	Consumo de Energía Lavandería (kW.h)	Generación de SGFV (kW.h)	Recepción e Inserción Energía con SGFV (kW.h)	ESTADO ENERGIA
1	00:00	22189.432	0	0.10	0.0000	-0.1000	RECEPCION ELSE
2	01:00	22189.432	0	0.06	0.0000	-0.0600	RECEPCION ELSE
3	02:00	22189.432	0	0.06	0.0000	-0.0600	RECEPCION ELSE
4	03:00	22189.432	0	0.06	0.0000	-0.0600	RECEPCION ELSE
5	04:00	22189.432	0	1.01	0.0000	-1.0100	RECEPCION ELSE
6	05:00	22189.432	0.01	1.78	0.2219	-1.5581	RECEPCION ELSE
7	06:00	22189.432	0.19	2.64	4.2160	1.5760	INSERCION
8	07:00	22189.432	0.29	3.11	6.4349	3.3249	INSERCION
9	08:00	22189.432	0.37	3.95	8.2101	4.2601	INSERCION
10	09:00	22189.432	0.43	4.49	9.5415	5.0515	INSERCION
11	10:00	22189.432	0.47	5.23	10.4290	5.1990	INSERCION
12	11:00	22189.432	0.49	5.88	10.8728	4.9898	INSERCION
13	12:00	22189.432	0.49	5.94	10.8728	4.9328	INSERCION
14	13:00	22189.432	0.47	5.83	10.4290	4.5990	INSERCION
15	14:00	22189.432	0.41	4.25	9.0977	4.8477	INSERCION
16	15:00	22189.432	0.32	4.16	7.1006	2.9446	INSERCION
17	16:00	22189.432	0.2	3.94	4.4379	0.4979	INSERCION
18	17:00	22189.432	0.07	2.79	1.5533	-1.2367	RECEPCION ELSE
19	18:00	22189.432	0	2.08	0.0000	-2.0800	RECEPCION ELSE
20	19:00	22189.432	0	1.87	0.0000	-1.8730	RECEPCION ELSE
21	20:00	22189.432	0	1.63	0.0000	-1.6300	RECEPCION ELSE
22	21:00	22189.432	0	1.32	0.0000	-1.3200	RECEPCION ELSE
23	22:00	22189.432	0	1.22	0.0000	-1.2200	RECEPCION ELSE
24	23:00	22189.432	0	0.87	0.0000	-0.8710	RECEPCION ELSE
Total		22189.432	4.2	64.273	93.41750872	29.14450872	INSERCION

Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos realizados en la tabla 5.18 se consideró la irradiación mínima de 4.2 kWh/día, con lo cual se obtiene energía generada por el sistema fotovoltaico de 93.417 kWh/día, esto cubriendo su consumo de la lavandería y con 29.145 kW.h de energía excedente la cual será insertada a la red de Electro Sur Este SAA, En la figura 5.37 se muestra la comparación de generación vs consumo.

Figura 5.37

Generación del sistema fotovoltaico y su inserción a la red existente.



Fuente: elaboración propia

En la figura 5.37 se muestra la diferencia de curvas entre el consumo de la lavandería en un día promedio (curva azul), entre la generación del sistema fotovoltaico propuesto para autoconsumo de lavandería Huancaro (curva naranja), por consiguiente, existe energía excedente que servirá para la inserción a la red de ELSE, por otra parte, la tabla 5.19 muestra el cálculo de la energía en un año a insertar a la red.

Tabla 5. 19*Generación del SFV y su inserción a la red existente año 2023*

Ítems	meses	días de meses	Consumo (kW.h)	Generación (kW.h)	Inserción a Red existente (kW.h)	utilidad (S/.)	Tarifa proyectada (S./kwh)
1	enero	31	1992.46	2895.94	903.480	802.17	0.8879
2	febrero	28	1799.64	2615.69	816.046	731.44	0.8963
3	marzo	31	1992.46	2895.94	903.480	817.51	0.9048
4	abril	30	1928.19	2802.53	874.335	798.67	0.9135
5	mayo	31	1992.46	2895.94	903.480	833.15	0.9222
6	junio	30	1928.19	2802.53	874.335	813.94	0.9309
7	julio	31	1992.46	2895.94	903.480	849.08	0.9398
8	agosto	31	1992.46	2895.94	903.480	857.16	0.9487
9	setiembre	30	1928.19	2802.53	874.335	837.41	0.9578
10	octubre	31	1992.46	2895.94	903.480	873.55	0.9669
11	noviembre	30	1928.19	2802.53	874.335	853.42	0.9761
12	diciembre	31	1992.46	2895.94	903.480	890.26	0.9854
TOTAL			23459.65	34097.39	10637.75	9957.77	0.9358

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.19 se proyectó la tarifa eléctrica para un año haciendo uso de la siguiente formula;

$$T_n = (1 + r)^n \times T_a \dots\dots\dots (5.1)$$

Donde;

Tn: Tarifa proyectada para un determinado tiempo.

r: Tasa de crecimiento para la tarifa (0.952%). (evaluado para el año 2022)

n: Periodo de tiempo.

Ta: Tarifa actual (S/.0.8795/kwh, Tarifa mes diciembre 2022).

Tanto la generación y el consumo es el producto de los valores de la tabla 5.18 con los días que trae cada mes, resultando 23,459.65KW.h mientras la generación 34,097.39KW.h siendo la diferencia la energía excedente para insertar a la red, que resulta 10,637.39KW.h, para analizar la inserción en soles se proyecta la tarifa para

un año de la manera antes descrito resultando S/. 9,957.77, estimación que será para la proyección de 20 años que es nuestro horizonte de tiempo

5.2.4.4 Costo de inversión.

Se han determinado los precios para los componentes fotovoltaicos incluyendo el IGV.

Cabe señalar que, se tomó en cuenta la experiencia en la inversión que se realiza para el sistema fotovoltaico, siendo esta el 78% de la inversión inicial para los componentes fotovoltaicos y el 22% para los componentes eléctricos, estructuras y costos de instalación. Por otra parte, se consideraron una vida útil de 20 años para los módulos fotovoltaicos que garanticen el 80% de rendimiento, y a partir de ello se pierda un 0.8% cada año transcurrido.

La tabla 5.20 muestra el cálculo de los costos de inversión de los componentes fotovoltaicos así mismo la sustitución de los componentes cuando estos cumplan su tiempo de vida útil, cabe señalar que incluye el regulador de carga para su posible implementación cuando se requiera.

Tabla 5. 20

Cálculo del costo de los componentes fotovoltaicos.

COMPONENTES FOTOVOLTAICOS	UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL	
PANEL MONOCRISTALINO DE 450 Wp	940.12	64	S/ 60,167.68	
BATERÍA DE 250Ah/12v	1432.66	0	S/ 0.00	
REGULADOR DE CARGA DE 100A/220V	2342.41	1	S/ 2,342.41	
MEDIDOR BIDIRECCIONAL ELSTER 5(100)A 230/400V	1285.37	1	S/ 1,285.37	
INVERSOR DE 25.00kW	19588	1	S/ 19,588.00	
		TOTAL =	S/ 83,383.46	

SUSTITUCIÓN DE COMPONENTES FOTOVOLTAICOS	CANTIDAD	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	NÚMERO DE SUSTITUCION	PRECIO TOTAL
PANEL MONOCRISTALINO DE 450 Wp	64	25 años	NINGUNA	S/ 0.00
BATERÍA DE 250Ah/12v	0	8 años	0	S/ 0.00
REGULADOR DE CARGA DE 100A/220V	1	10 años	1	S/ 2,342.41

INVERSOR DE 25.00kW	1	10 años	1	S/ 19,588.00
			TOTAL =	S/ 21,930.41
DESCRIPCIÓN			COSTO	%
COSTO POR COMPONENTES ELÉCTRICOS SFV			S/ 83,383.46	78%
COSTO POR INSUMOS ELÉCTRICOS - ESTRUCTURAS E INSTALACIÓN			S/ 23,518.41	22%
COSTO POR INVERSIÓN INICIAL DEL SFV			S/ 106,901.87	100%
COSTO POR SUSTITUCIÓN COMPONENTES SFV			S/ 21,930.41	
			TOTAL =	S/ 128,832.28

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.5 Evaluación económica a precios privados.

Esta parte de la evaluación a nivel privada tiene en cuenta varios ajustes por mano de obra calificada y no calificada, así como la clasificación de los bienes que se utilizarán en el proyecto, e identifica los bienes comercializables y no comercializables a los que se aplican los factores según SNIP actualmente llamada INVIERTE. PE (con un tipo de interés del 12% a precios privados). Suponiendo que las inversiones se realizan el 2022 y la producción de energía comienza entre el 2023 al 2042.

En base a esto y los valores de la tabla 5.19 y 5.21 se estimará la energía insertada a la red y consecuentemente el tiempo de recupero de la inversión en una proyección de 20 años horizonte de tiempo de la tesis. Estos valores descritos se muestran en la tabla 5.22

Tabla 5. 21*Perfil de generación de energía para irradiación de diseño.*

ESTIMACIÓN DE LA IRRADIACION DISPONIBLE LAVANDERÍA HUANCARO													
LATITUD (S)	13° 32' 20.74" S			-13.5391									
LONGITUD (W)	71° 58' 57.47" O.			71.98265									
ELEVACIÓN (msnm)	3384												
CUSCO, Urb. Villa Unión Huncaro Av. José L. Orbegoso N°386 (13° 32' 20.74" S, 71° 58' 57.47" O)													
Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Dias por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Horas totales por mes	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Horas disponibles de Irradiación diario	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Horas totales disponibles de Irradiación mensual	372	336	372	360	372	360	372	372	360	372	360	372	
Temperatura de la Tierra													ANN
Earth Skin Temperature (C)	10.58	9.68	9.16	9.66	8.99	7.48	10.06	10.57	11.95	13.48	13.98	11.55	10.60
Earth Skin Temperature Maximum (C)	19.54	15.51	15.23	16.3	15.69	17.26	18.2	18.67	20.2	21.85	22.49	20.14	22.49
Earth Skin Temperature Minimum (C)	2.12	2.73	1.62	2.2	1.48	-3.67	1.09	-0.44	1.69	2.33	2.53	1.67	-3.67
Temperature at 2 Meters Range (C)	17.41	12.79	13.6	14.09	14.2	20.92	17.11	19.11	18.52	19.52	19.96	18.47	
Humedad Relativa (%)	80.12	84.56	86.75	84.81	82.5	76.25	75.56	72.38	71.19	67.94	65.38	73.5	76.75
Presión atmosférica (kPa)	65.05	65.05	65.07	65.15	65.21	65.18	65.24	65.2	65.17	65.1	65.1	65.01	65.13
Velocidad del viento (m/s)	80.29	66.36	72.23	60.6	63.24	66.3	71.3	81.22	83.1	89.28	93.6	76.88	75.37
Precipitación (mm)	126.71	853.82	110.75	38.13	5.98	0.47	4.39	1.53	11.24	2.16	15.98	104.2	1275.36
Direct Normal Irradiance (kW-hr/m ² /day)	4.33	4.2	4.53	5.94	6.7	8.3	8.14	7.02	5.53	6.25	6.6	5.07	6.05
Direct Normal Irradiance Maximum (kW-hr/m ² /day)	11.46	11.29	10.78	10	9.16	8.75	8.9	9.47	9.95	11.14	11.44		10.32
Direct Normal Irradiance Minimum (kW-hr/m ² /day)	4.57	4.38	4.74	5.08	4.72	4.97	5.12	5.19	4.94	5.62	6.03	4.8	5.01

Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)														
Solar Irradiance Titled Surface Orientation (N/S)														N
Radiación Diseño disponible todo el año (kWh/m ² /d)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Diferencia entre la radiación normal y diseño (kWh/m ² /d)	0.13	0	0.33	1.74	2.5	4.1	3.94	2.82	1.33	2.05	2.4	0.87		1.85
Hora solar pico disponible (kWh/día)	4.33	4.20	4.53	5.94	6.70	8.30	8.14	7.02	5.53	6.25	6.60	5.07		
Energía Generada Para Irradiación (kWh/día)	96.08	93.20	100.52	131.81	148.67	184.17	180.62	155.77	122.71	138.68	146.45	112.50		
Energía Generada Para Irradiación de Disponible (kWh/mes)	2978.49	2609.48	3116.06	3954.16	4608.75	5525.17	5599.28	4828.86	3681.23	4299.20	4393.51	3487.51	49081.692	

Fuente: Data Center-NASA-BETA-2023

Tabla 5. 22*Evaluación anual de la energía insertada a la red existente para 20 años proyectados*

Año	Consumo (kW.h)	Generación (kW.h)	Inserción (kW.h)	Utilidad (S/.)	Flujo neto acumulado	N°	Tarifa promedio (S/.kW.h)
2022				Inversión	S/ 128,832.28		
2023	23459.6450	49081.69	25622.05	S/ 23,978.37	-S/ 104,853.91	1	S/ 0.9358
2024	26014.7173	49081.69	23066.97	S/ 21,587.21	-S/ 83,266.70	2	S/ 0.9358
2025	27394.7883	49081.69	21686.90	S/ 20,295.67	-S/ 62,971.02	3	S/ 0.9358
2026	28848.0715	49081.69	20233.62	S/ 18,935.62	-S/ 44,035.41	4	S/ 0.9358
2027	30378.4509	49081.69	18703.24	S/ 17,503.41	-S/ 26,531.99	5	S/ 0.9358
2028	31990.0163	49081.69	17091.68	S/ 15,995.23	-S/ 10,536.76	6	S/ 0.9358
2029	33687.0746	49081.69	15394.62	S/ 14,407.04	S/ 3,870.28	7	S/ 0.9358
2030	35474.1612	49081.69	13607.53	S/ 12,734.60	S/ 16,604.88	8	S/ 0.9358
2031	37356.0522	49081.69	11725.64	S/ 10,973.43	S/ 27,578.31	9	S/ 0.9358
2032	39337.7767	49081.69	9743.92	S/ 9,118.84	S/ 36,697.15	10	S/ 0.9358
2033	41424.6310	49081.69	7657.06	S/ 7,165.85	S/ 43,863.00	11	S/ 0.9358
2034	43622.1921	49081.69	5459.50	S/ 5,109.27	S/ 48,972.27	12	S/ 0.9358
2035	45936.3329	49081.69	3145.36	S/ 2,943.58	S/ 51,915.85	13	S/ 0.9358
2036	48373.2381	49081.69	708.45	S/ 663.01	S/ 52,578.86	14	S/ 0.9358
2037	50939.4203	49081.69	-1857.73	-S/ 1,738.55	S/ 50,840.30	15	S/ 0.9358
2038	53641.7373	49081.69	-4560.05	-S/ 4,267.51	S/ 46,572.79	16	S/ 0.9358
2039	56487.4114	49081.69	-7405.72	-S/ 6,930.64	S/ 39,642.15	17	S/ 0.9358
2040	59484.0473	49081.69	-10402.36	-S/ 9,735.04	S/ 29,907.12	18	S/ 0.9358
2041	62639.6537	49081.69	-13557.96	-S/ 12,688.21	S/ 17,218.91	19	S/ 0.9358
2042	65962.6637	49081.69	-16880.97	-S/ 15,798.04	S/ 1,420.86	20	S/ 0.9358

Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos de la tabla 5.22 se considera la generación 49,081.69kW.h de la tabla 5.21 información de Data Center NASA que son valores anuales para mayor precisión, sin embargo, para la proyección de consumo de lavandería se realizó utilizando la ecuación 5.1 y la tasa de crecimiento eléctrico de demanda 5.30% (capítulo III tabla 3.8), y para su estimación de la energía insertada en soles se usó la tarifa promedio de la tabla 5.19 que es 0.9358 S/.kW. h.

La generación del sistema fotovoltaico propuesto para lavandería cubrirá su consumo y el excedente se insertará a la red existente hasta el año 2036 en consecuencia a este se podrá recuperar la inversión en su totalidad en un periodo de en 7 años.

5.3 Discusiones

5.3.1 *Respeto a los resultados de la Simulación en Matlab Simulink*

La propuesta de generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa Lavandería Huancaro y su inserción al Alimentador Dolorespata DO-02, cusco 2022 se sustenta en:

De las bases teóricas: Teniendo en cuenta que la generación fotovoltaica para el consumo propio y con interconexión operativa a la red eléctrica para el abastecimiento de las diversas demandas eléctricas conectadas a esta reducción de la actual dependencia energética, previenen y revierten los impactos ambientales locales y globales, y que son resultantes del actual sistema de producción y consumo de energía. Por otro lado, asegura la cobertura y el acceso equitativo de toda la población a los recursos y servicios energéticos para garantizar la participación democrática de la población en los procesos de decisión sobre las políticas y proyectos energéticos como describe el Decreto Legislativo N° 1221. Por lo que, a partir del modelo matemático, su implementación en Matlab-Simulink utilizando los bloques necesarios para tal fin. Hacen posible el cálculo de la potencia óptima del módulo fotovoltaico a partir de los datos de entrada como la Irradiancia y la temperatura de trabajo en la zona de estudio, así como todas las características de los parámetros como la tensión de cortocircuito, la tensión de circuito abierto, los coeficientes de tensión y corriente propios del módulo fotovoltaico.

De los antecedentes: la investigación descrita en la presente tesis concluye que la generación fotovoltaica de autoconsumo con conexión a la red eléctrica, siempre será la alternativa más viable implementar en cuanto a la contaminación ambiental, contribución de mejora en los parámetros eléctricos, mejora de las pérdidas

técnicas del sistema eléctrico en el cual se encuentra conectada y así causar impactos positivos con la implementación de este.

De las simulaciones: así mismo las simulaciones con el software Matlab-Simulink arrojan los resultados como la potencia óptima para el lugar de estudio, siendo esta una de las naturalezas de nuestro tema de tesis. Es decir: al proponer un módulo fotovoltaico con 450 Wp watt pico de potencia y para el sistema fotovoltaico 28800 Wp a temperatura ambiente de 25°C tal cual describe el fabricante a la radiancia de 1000 W/m², estas potencias se reducen a 433.39 Wp (un módulo) y 27,736.79Wp (total módulos) a la irradiancia de 960 W/m² y temperatura de 20.92 °C (zona de estudio). por ello, la potencia alterna de salida del inversor es de 25 kW. Estas constan de 64 paneles con 16 en serie y 4 en paralelo con inclinación de 15° y un azimut de -14.60° con dirección hacia el norte, para una demanda real al 2022 de 7.39 kW y una energía máxima consumida en el periodo del 2018 al 2022 de 88.67 kW.h/día. Cabe mencionar que, previamente estos resultados son validados en los cálculos justificativos de la presente tesis.

5.3.2 Respeto a los resultados de la Simulación en Digsilent

Nuevamente la propuesta de generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa Lavandería Huancaro y su inserción al Alimentador Dolorespata DO-02 - cusco 2022 se sustenta en:

De las bases teóricas: el cálculo del flujo de potencia y mediante simulación permite predecir el funcionamiento óptimo de la red eléctrica en simulación; es decir, saber el comportamiento de los parámetros de tensión, corriente, la direccionalidad o la inversión del sentido de la corriente, las pérdidas técnicas, y los niveles de tensión que se encuentre en un rango establecido por la norma a utilizar. Evaluar la existencia

de transitorios, variaciones de los niveles de tensión, cortocircuitos y demás evaluaciones propias de este tema.

De los antecedentes: de los antecedentes descritas en la presente tesis, los investigadores concluyen que la evaluación del flujo de potencia permite predecir el funcionamiento óptimo de una red eléctrica ya sea en baja tensión, media tensión y alta tensión a nivel de estudios preoperativos y operativos para la toma de decisiones adecuadas y su posterior funcionamiento correcto del sistema eléctrico.

De las simulaciones: a partir de los datos obtenidos en las simulaciones de Matlab-Simulink. estos datos son cargados al software Digsilent Power Factory versión 15.1.7. para simularlos y evaluar los diferentes parámetros eléctricos y el comportamiento de la generación fotovoltaica con sin interconexión a la red eléctrica de ELSE. Teniendo resultados satisfactorios en cuanto a la cargabilidad de la SED N° 0010386, se alivia de 130.40% a 78.31%, los niveles de tensión se mejoran y sobre todo las pérdidas técnicas se reducen de 1.8% a 1%, lo cual nos indica que la generación fotovoltaica produce impactos positivos, la eficiencia del sistema mejora de 98.20% a 99%, en cuanto a los niveles de cortocircuito con y sin interconexión no varían en lo absoluto al igual que los transitorios con desconexiones repentinas no existen picos elevados de tensión que perjudique el sistema de protección del sistema eléctrico en general.

CONCLUSIONES

1. Se Logró proponer la generación fotovoltaica para el autoconsumo de la empresa lavandería Huancaro y su inserción al alimentador Dolorespata DO-02, Con ello permite reducir los costos por pago de consumo, ya que la demanda máxima real de proyección a 21 kW es suministrada por la alternativa propuesta y que la energía excedente sea vendida a la concesionaria Electro Sur Este S.A.A, al amparo del decreto Legislativo 1221.

2. Se evaluó el consumo de la energía eléctrica y la demanda máxima, así como su tasa de pago por facturación actual de la empresa de lavandería Huancaro. Por lo que, se tiene entre los años 2018 al 2022 una energía máxima consumida de 88.67 kW.h/día, para una demanda máxima real de 7.39 kW proyectado al 2042 de 21 kW y las tasas de pago por facturación anuales, para el 2018 de 18.70% , 2019 de 23.56%, 2020 de 12.05%, 2021 de 17.09% y 2022 a 28.60%.

3. A partir del diagrama de bloques implementados en Matlab, se determinó la potencia óptima de generación fotovoltaica, siendo esta de 27,736.79 Wp a temperatura de 20.92 °C e irradiancia de 960W/m² (zona de estudio). Por lo que se obtuvo una selección de potencia de 25 kW a la salida del inversor y un THD de 2% de la generación, este contando con 64 módulos fotovoltaicos de 16 en serie por 4 en paralelo y ello satisfaciendo la demanda máxima para la empresa de lavandería Huancaro.

4. Con las simulaciones en DIgSILENT, se evalúa los impactos eléctricos, así como el impacto económico que produce la generación fotovoltaica de autoconsumo con inserción al alimentador Dolorespata DO-02 en la empresa de lavandería Huancaro. Estos son positivos ya que mejora la cargabilidad del transformador más cercano de 130.40% a 78.31%, las pérdidas técnicas se reducen de 1.85 a 1%, los niveles de tensión se mejoran en un 5%, los niveles de cortocircuito con y sin interconexión no varían en lo absoluto al igual que los

transitorios con desconexiones repentinas no existen picos elevados de tensión que perjudique el sistema de protección del sistema eléctrico en general. Finalmente, con respecto a su generación, esta insertará y cubrirá su demanda energética anual en su totalidad hasta el año 2036, a una generación de 49,081.69 kW.h, está insertando en el primer año 2023 de 25,622.05 kW.h y en el año 2036 de 708.45 kWh. Esto se va reduciendo debido a su creciente demanda energética anual. Posterior a esto, para el año 2037 con demanda 50,939.42 kW.h, este se suministrará energía de la red eléctrica Electro Sur Este SAA de 1,857.73 kW.h y para el año 2042 a una demanda 65,962.66 kW.h este se suministrará energía de 16,880.97 kWh. Sin embargo, la totalidad de su inversión será recuperable con la inserción para el año 2029 siendo esto 7 años desde su puesta en servicio.

SUGERENCIAS

1. Desarrollar un estudio para optimizar la generación de energía con nuestra propuesta solar, mediante un sistema de seguimiento solar de dos ejes para así extraer la máxima potencia a lo largo del día.

2. Implementar un lenguaje de programación en el lenguaje DPL donde se puedan simular paneles solares, inversores a partir de los datos de entrada como la irradiación, temperatura y demás parámetros eléctricos propios de los módulos fotovoltaicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auto Solar. (4 de junio de 2015). *Energía Solar y Bombas de agua*. Obtenido de Wikiregstral Sunarp: <https://autosolar.pe/blog>
- AUTOSOLAR. (2013). *Autosolar Energía del Perú S.A.C. RUC 20602492118*. Obtenido de <https://autosolar.pe/inversores-cargadores-48v/inversor-cargador-growatt-spf-5000-es-48v-100a>
- Barrionuevo, Rocca, & Rujel. (2022). *Generación Distribuida Fotovoltaica para Mejorar la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico de Lunahuaná – 2021 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/6670>
- Briones, W. (2017). *Propuesta Técnica Económica De Un Sistema Fotovoltaico Para Generación De Energía Eléctrica, Del Caserío De Tumbadén Grande - San Pablo – 2017 [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/17295>
- COES. (28 de enero de 2023). *Portal COES Máxima Demanda*. Obtenido de Reportes Máximas Demandas: <https://www.coes.org.pe/Portal/portalinformacion/demanda?indicador=maxima>
- Cóndor, H. (2020). *Generación distribuida con energías renovables en Perú [Tesis de Maestría, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4782>
- Congreso de la Republica del Perú. (2015, 24 de septiembre). *Decreto Legislativo N° 1221*. Diario Oficial EL Peruano. Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc03_2011.nsf/dff31fef3f6852be05257e22000b22a3/381e5d069336646905257ecf0000889a/\\$FILE/DL122120150925.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc03_2011.nsf/dff31fef3f6852be05257e22000b22a3/381e5d069336646905257ecf0000889a/$FILE/DL122120150925.pdf)

- García Olano, E. (22 de agosto de 2022). *PLUS G ECONOMÍA*. Obtenido de Tarifa eléctrica se mantendría al alza el 2023 y podría subir hasta 12%:
<https://gestion.pe/economia/tarifa-electrica-se-mantendria-al-alza-el-2023-y-podria-subir-hasta-12-noticia/?ref=gesr>
- Gil, O. (2008). *Modelado y simulación de dispositivos fotovoltaicos [Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico. San Juan]*. Repositorio Institucional.
- Gonzales, F. M. (2016). *Flujo de Potencia* (Primera Edición ed.). McGRAW-HILL. Obtenido de
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Capitulo3%20flujo%20de%20potencia_unlocked.pdf
- Hernandez, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición ed.). McGRAW-HILL. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- HOGARSENSE. (2 de FEBRERO de 2023). *HOGARSENSE*. Obtenido de Presupuesto sin compromiso para tu instalación de placas solares: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/radiacion-solar-directa-e-indirecta>
- MANRIQUE, A. (18 de AGOSTO de 2017). *TRAZZA ORGANIC CITY LIVING*. Obtenido de Cómo lograr la mejor orientación para un edificio:
<https://www.trazza.com.ar/post/2017/08/18/c%C3%B3mo-lograr-la-mejor-orientaci%C3%B3n-para-un-edificio>
- MEF. (10 de diciembre de 2022). *Normatividades*. Obtenido de Glosario:
https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=category&id=672&Itemid=100357&lang=es

- MINEM. (2018). *MINEM-Decreto Supremo que apruebe la Generación Distribuida*. Diario Oficial EL Peruano. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/archivos/prepublicacion-313zz3h1r1m56f625.pdf>
- Pareja, A. M. (2015). *Energía Solar Fotovoltaica* (Tercera Edición ed.). Marcombo.
- Quispe, & Pociori. (2021). *Mejorar estudio del sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a la red eléctrica y uso eficiente de energía del instituto Blue Ribbon Internacional Cusco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6088>
- Rivera Espinosa, M. D. (2018). *Diseño e Implementación de un Algoritmo para Obtener el Máximo Punto de Potencia en Paneles Solares* [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://200.188.131.162:8080/jspui/handle/123456789/58>
- Romero, J. (2015). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26396/memoria.pdf>
- SciELO.org. (JULIO de 2014). *SciELO.org*. Obtenido de Ingeniería Energética: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300007
- SOLAR, W. (1 de JUNIO de 2018). *ENERGIA SOLAR* . Obtenido de Usar paneles solares en serie o en paralelo: <https://www.wccsolar.net/post/usar-paneles-solares-en-serie-o-en-paralelo>
- TES, E. e. (julio de 2020). *Espíritu emprendedor TES-ISSS 2612-8093*. Obtenido de Tipos de justificación en la investigación científica: <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>

Villegas, E., & Alcivar, L. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación Básica Simón Bolívar en la Comunidad Masa 2 Golfo de Guayaquil [Tesis de Pregrado, Universidad Politecnica Salesiana Ecuador]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19525/1/UPS-GT003047.pdf>

Villón Farach, L. U. (2017). *Generación Distribuida en Redes Secundarias en Arequipa [Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4334>

ANEXOS

1. Anexos

Anexo 1 Plano General Instalaciones Eléctricas Generales Lavandería Huancaro.

Anexo 2 Diagrama Unifilar Lavandería Huancaro.

Anexo 3 Historial Consumo Energía periodos 2017 a 2023.

Anexo 4 Ficha técnica módulo fotovoltaico modelo JAM72S20-450/MR.

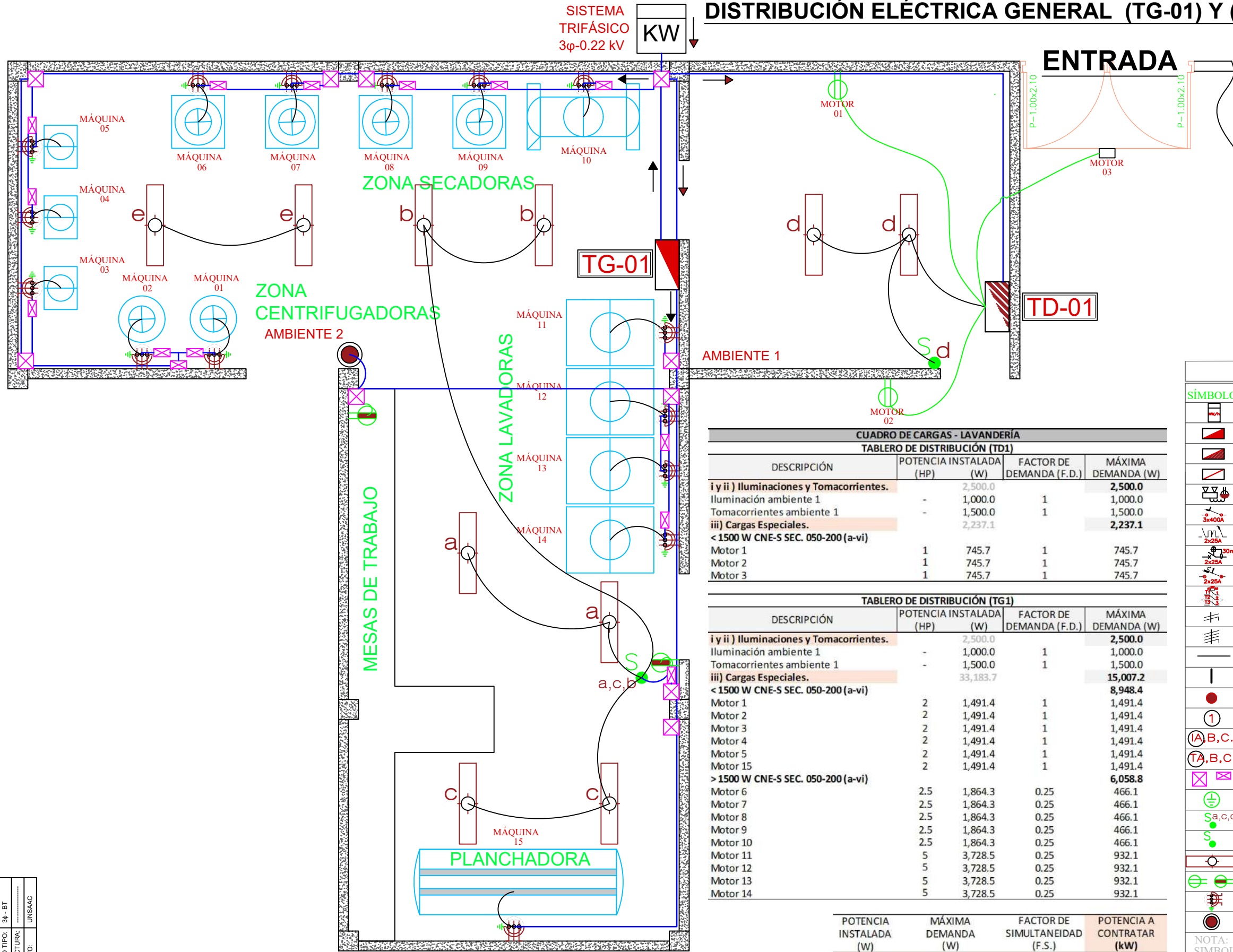
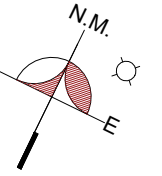
Anexo 5 Ficha técnica inversor modelo Fronius ECO Light 25kW.

Anexo 6 Ficha técnica medidor inteligente bidireccional trifásico ALGODUE
UPM209-100A,

DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA GENERAL (TG-01) Y (TD-1) PRIMER NIVEL

ESC:1/50

ANEXO 1



CUADRO DE CARGAS - LAVANDERÍA			
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TD1)			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (HP)	FACTOR DE DEMANDA (F.D.)	MÁXIMA DEMANDA (W)
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.	2,500.0		2,500.0
Iluminación ambiente 1	1,000.0	1	1,000.0
Tomacorrientes ambiente 1	1,500.0	1	1,500.0
iii) Cargas Especiales.	2,237.1		2,237.1
< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)			
Motor 1	1	745.7	745.7
Motor 2	1	745.7	745.7
Motor 3	1	745.7	745.7

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TG1)			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (HP)	FACTOR DE DEMANDA (F.D.)	MÁXIMA DEMANDA (W)
i y ii) Iluminaciones y Tomacorrientes.	2,500.0		2,500.0
Iluminación ambiente 1	1,000.0	1	1,000.0
Tomacorrientes ambiente 1	1,500.0	1	1,500.0
iii) Cargas Especiales.	33,183.7		15,007.2
< 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)			
Motor 1	2	1,491.4	1,491.4
Motor 2	2	1,491.4	1,491.4
Motor 3	2	1,491.4	1,491.4
Motor 4	2	1,491.4	1,491.4
Motor 5	2	1,491.4	1,491.4
Motor 15	2	1,491.4	1,491.4
> 1500 W CNE-S SEC. 050-200 (a-vi)			
Motor 6	2.5	1,864.3	466.1
Motor 7	2.5	1,864.3	466.1
Motor 8	2.5	1,864.3	466.1
Motor 9	2.5	1,864.3	466.1
Motor 10	2.5	1,864.3	466.1
Motor 11	5	3,728.5	932.1
Motor 12	5	3,728.5	932.1
Motor 13	5	3,728.5	932.1
Motor 14	5	3,728.5	932.1

POTENCIA INSTALADA (W)	MÁXIMA DEMANDA (W)	FACTOR DE SIMULTANEIDAD (F.S.)	POTENCIA A CONTRATAR (kW)
40,420.8	22,244.3	0.8	17.80

LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	CAJA PORTAMEDIDOR MULTIFUNCION ELSTER	01
	TABLERO GENERAL	01
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	01
	SUB-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	--
	LUCES DE EMERGENCIA	04
	INTERRUPTOR TRIPOLAR	01
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 10kA-24W	--
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 30mA	--
	INTERRUPTOR DE PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN	--
	CONTACTOR TRIPOLAR	--
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	--
	CIRCUITO TRIFÁSICO	--
	CONDUCTOR SEGÚN REQUERIMIENTO	--
	BARRA TABLEROS EN 0.22 kV	--
	PUNTO DE CONEXIÓN	--
	IDENTIFICACIÓN TIPO/CALIBRE CONDUCTOR	--
	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN POR AMBIENTE	--
	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE POR AMBIENTE	--
	CAJA DE PASO	--
	POZO DE TOMA A TIERRA	--
	INTERRUPTOR TRIPLE	--
	INTERRUPTOR SIMPLE	--
	LUMINARIA ADOSADA EN TECHO 2X36W	--
	TOMACORRIENTE MONOFÁSICO SIMPLE Y DOBLE	--
	TOMACORRIENTE TRIFÁSICO INDUSTRIAL +T	--
	PULSADOR	--

NOTA: SIMBOLOGÍA ACORDE AL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SEGÚN LA R.M. N° 091-2002 EM/VME - PUBLICAA EL 30-03 2002

TENSIÓN:	0.22 kV
CODIGO TIPO:	3φ - BT
ESTRUCTURA:	UNSAAC
ARCHIVO:	

REV.	REVISIÓN INTERNA	APROBADO	REFERENCIA
A	1RO INFORME PRELIMINAR	15-08-2023	DATUM:
B	2DO INFORME PRELIMINAR	15-08-2023	PROYECCIÓN UTM - ZONA 19 SUR
C	LEV. DE OBSERVACIONES	15-08-2023	DATUM: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL
D	ESTADO INFORME FINAL	15-08-2023	WGS 84

DATUM:
PROYECCIÓN UTM - ZONA 19 SUR
DATUM: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL
WGS 84



ESTADO:
APROBADO.

DIBUJO:
RAIQ-FCL

UBICACIÓN:
URB. VILLA UNION HUANCARO
DEPTO : CUSCO
PROVINCIA : CUSCO
DISTRITO : SANTIAGO
URB :
MANZANA :
LOTE :

PROPIETARIO:
LAVANDERÍA
NOMBRE DE PLANO:
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA GENERAL

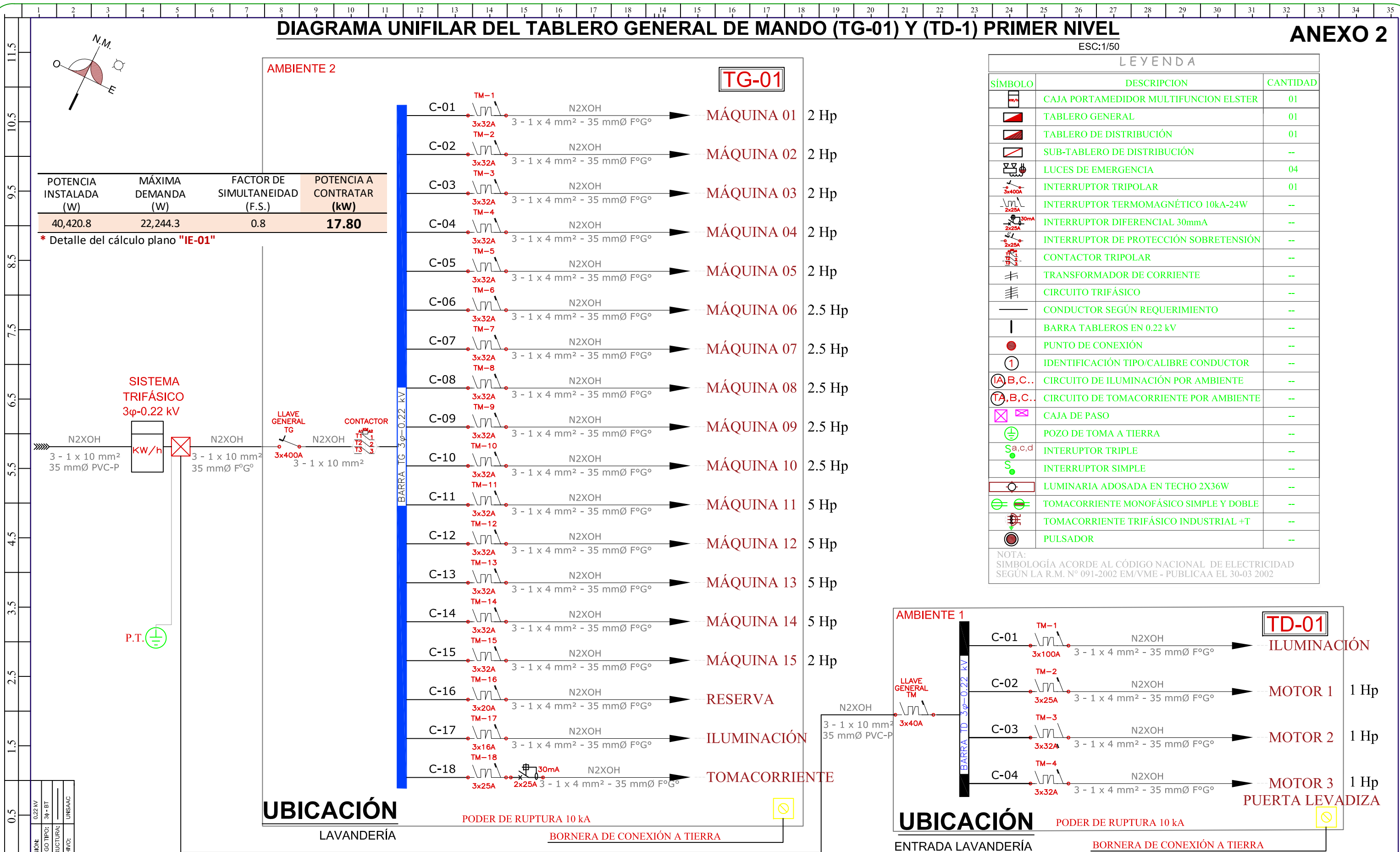
CÓDIGO DE PLANO:
IE-01
FECHA: **AGOSTO-2023**
ESCALA: **1/50**

ELABORADO POR:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
RAIQ - FCL	RAIQ - FCL			
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
AGOSTO-2023	AGOSTO-2023			

DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL DE MANDO (TG-01) Y (TD-1) PRIMER NIVEL

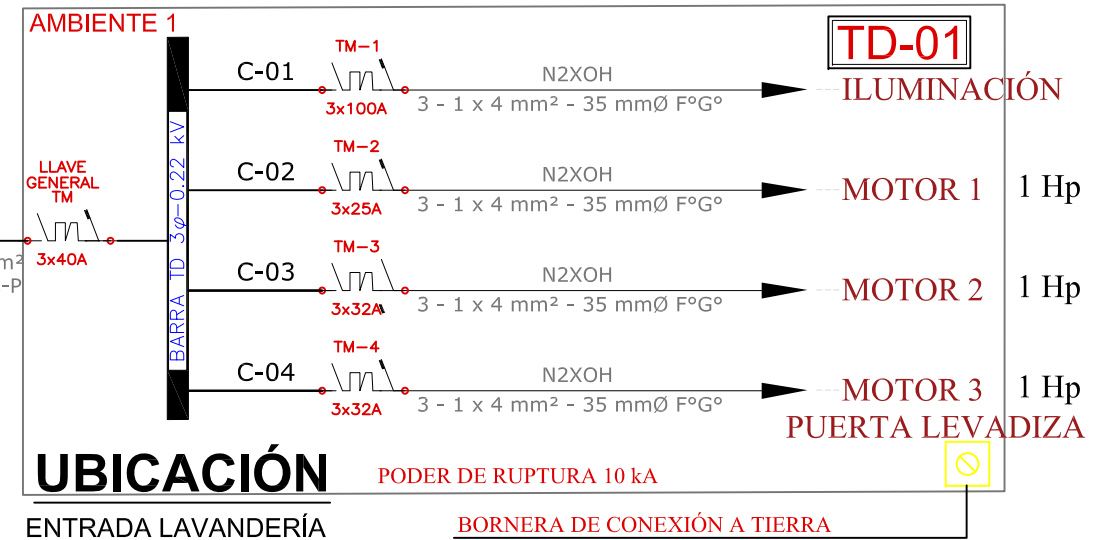
ANEXO 2

ESC:1/50

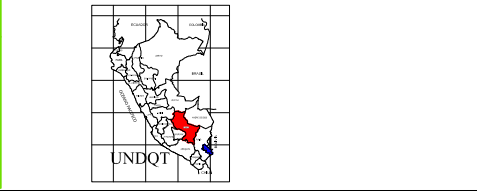


LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCION	CANTIDAD
[Symbol]	CAJA PORTAMEDIDOR MULTIFUNCION ELSTER	01
[Symbol]	TABLERO GENERAL	01
[Symbol]	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	01
[Symbol]	SUB-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	--
[Symbol]	LUCES DE EMERGENCIA	04
[Symbol]	INTERRUPTOR TRIPOLAR	01
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 10kA-24W	--
[Symbol]	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 30mA	--
[Symbol]	INTERRUPTOR DE PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN	--
[Symbol]	CONTACTOR TRIPOLAR	--
[Symbol]	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	--
[Symbol]	CIRCUITO TRIFÁSICO	--
[Symbol]	CONDUCTOR SEGÚN REQUERIMIENTO	--
[Symbol]	BARRA TABLEROS EN 0.22 kV	--
[Symbol]	PUNTO DE CONEXIÓN	--
[Symbol]	IDENTIFICACIÓN TIPO/CALIBRE CONDUCTOR	--
[Symbol]	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN POR AMBIENTE	--
[Symbol]	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE POR AMBIENTE	--
[Symbol]	CAJA DE PASO	--
[Symbol]	POZO DE TOMA A TIERRA	--
[Symbol]	INTERRUPTOR TRIPLE	--
[Symbol]	INTERRUPTOR SIMPLE	--
[Symbol]	LUMINARIA ADOSADA EN TECHO 2X36W	--
[Symbol]	TOMACORRIENTE MONOFÁSICO SIMPLE Y DOBLE	--
[Symbol]	TOMACORRIENTE TRIFÁSICO INDUSTRIAL +T	--
[Symbol]	PULSADOR	--

NOTA: SIMBOLOGÍA ACORDE AL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SEGÚN LA R.M. N° 091-2002 EM/VME - PUBLICAA EL 30-03 2002



REV.	REVISIÓN INTERNA	APROBADO	REFERENCIA
A	1RO INFORME PRELIMINAR	15-08-2023	DATUM:
B	2DO INFORME PRELIMINAR	15-08-2023	PROYECCIÓN UTM - ZONA 19 SUR
C	LEV. DE OBSERVACIONES	15-08-2023	DATUM: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS 84
D	ESTADO INFORME FINAL	15-08-2023	



ESTADO:		DIBUJO:		UBICACIÓN:		PROPIETARIO:		CÓDIGO DE PLANO:	
APROBADO.		RAIQ-FCL.		URB. VILLA UNION HUANCARO		LAVANDERÍA		IE-02	
ELABORADO:	CORREGIDO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:	DEPTO :	NOMBRE DE PLANO:		FECHA:	ESCALA:
RAIQ - FCL	RAIQ - FCL				CUSCO	DIAGRAMA UNIFILAR		AGOSTO-2023	1/50
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	PROVINCIA :				
AGOSTO-2023	AGOSTO-2023				SANTIAGO				
					DISTRITO :				
					URB :				
					MANZANA :				
					LOTE :				

ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

ANEXO 3

Operador: uarce

RUTA: 0010709000536
CODIGO: 10010735135
NOMBRE: MAYORGA ZARATE, JUAN MAURICIO
DIRECCION: URB. VILLA UNION HUNCARO AV. JOSE L. ORBEGOSO
D.N.I.: 42643860

ALIMENTACION:
MAXIMETRO:
MARCA MEDIDOR:
FASES MEDIDOR:
ESTADO:

Aerea
Registrador
STAR
3
NORMAL

PRESC. MEDIDOR: -
PRESC. CAJATOMA: 27660
PRESC. BORNERRA: -
SERIE MEDIDOR: 607634978
SISTEMA ELECTRICO:

POT. CONTRATADA: 17.00
POT. CONTRATADA HP: 0.00
POT. CONTRATADA HFP: 0.00
SED: DO020386
FACTOR EA: 1.00
FACTOR MD: 0.00
FACTOR ER: 0.00
TARIFA: BT5B

Table with columns for Tarifa, LECTURAS (Fecha, Tipo, Kw EA Cuenta, EA (Lecturas), CEA (kWh) a Actual_Mes, CEA (kWh) a Actual_Dia, CPA Potencia (kW), Demanda Maxima/hora), MONTOS(S) (Energia, Potencia, Cargo Fijo, AP, Mito, Interes, Otros Afecto, Sub Total, IGV, Otros No Afecto, Deuda), Total INCLUYE deuda de Mes Anterior, Total NO INCLUYE Deuda de Mes Anterior, MD Real, Nro Recibo, Re fact, Fecha Pago, Tipo Pago.

ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

RUTA: 0010709000536
CODIGO: 10010735135
NOMBRE: MAYORGA ZARATE, JUAN MAURICIO
DIRECCION: URB. VILLA UNION HUNCARO AV. JOSE L. ORBEGOSO
D.N.I.: 42643860

ALIMENTACION:
MAXIMETRO:
MARCA MEDIDOR:
FASES MEDIDOR:
ESTADO:

Aerea
Registrador
STAR
3
NORMAL

PRESC. MEDIDOR: -
PRESC. CAJATOMA: 27660
PRESC. BORNERA: -
SERIE MEDIDOR: 607634978
SISTEMA ELECTRICO:

POT. CONTRATADA: 17.00
POT. CONTRATADA HP: 0.00
POT. CONTRATADA HFP: 0.00
SED: DO020386

FACTOR EA: 1.00
FACTOR MD: 0.00
FACTOR ER: 0.00
TARIFA: BT5B

Periodo	Tarifa	Situacion	Corte	Factor	LECTURAS							MONTOS(S)											Total INCLUYE deuda de Mes Anterior	Total NO INCLUYE Deuda de Mes Anterior	MD	MD Real	Nro Recibo	Re fact	Fecha Pago	Tipo Pago
					Fecha	Tipo	Kw EA Cuenta	EA (Lecturas)	CEA (kWh)_Energí a Actual_Mes	CEA (kWh)_Energí a Actual_Día	CPA Potencia (kW)	Demanda (Maxima/hora)	Energia	Potencia	Cargo Fijo	AP	Mtto.	Interes	Otros Afecto	Sub Total	IGV	Otros No Afecto									Deuda
201812	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-12-18	OK_	0	21,621	1,526.00	50.87	4.24	921.09	0.00	3.23	73.98	1.52	4.67	0.21	1,004.70	180.85	12.90	1,627.30	2,825.75	1,198.45	1	1	750-976141	0	05/01/2019	VISA
201811	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-11-18	OK_	0	20,095	2,114.00	70.47	5.87	1,260.58	0.00	3.22	73.72	1.50	7.80	16.43	1,363.25	245.39	18.66	0.00	1,627.30	1,627.30	0	0	750-960080	0		
201810	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	15-10-18	OK_	0	17,981	2,483.00	82.77	6.90	1,474.16	0.00	3.22	70.84	1.50	5.19	0.00	1,554.91	279.88	20.86	1,679.80	3,535.45	1,855.65	1	1	750-944076	0	07/11/2018	VISA
201809	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-09-18	OK_	0	15,498	2,239.00	74.63	6.22	1,329.29	0.00	3.22	72.72	1.50	1.06	0.00	1,407.79	253.40	18.61	0.00	1,679.80	1,679.80	0	0	750-928120	0		
201808	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	13-08-18	OK_	0	13,259	2,105.00	70.17	5.85	1,250.37	0.00	3.22	76.22	1.50	6.80	16.22	1,354.33	243.78	18.44	0.00	1,616.55	1,616.55	0	0	750-912229	0	07/09/2018	VISA
201807	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	13-07-18	OK_	0	11,154	1,651.00	55.03	4.59	976.90	0.00	3.20	69.54	1.48	4.03	-2.96	1,052.19	189.39	13.87	1,427.30	2,682.75	1,255.45	1	1	750-896385	0	07/08/2018	VISA
201806	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	13-06-18	OK_	0	9,503	1,890.00	63.00	5.25	1,118.50	0.00	3.19	67.72	1.48	4.77	0.00	1,195.66	215.22	16.42	0.00	1,427.30	1,427.30	0	0	750-880603	0		
201805	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-05-18	OK_	0	7,613	1,757.00	58.57	4.88	1,068.26	0.00	3.17	65.80	1.48	3.52	0.00	1,142.23	205.60	14.77	1,158.15	2,520.75	1,362.60	1	1	750-864869	0	05/06/2018	EFFECTIVO
201804	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	13-04-18	OK_	0	5,856	1,451.00	48.37	4.03	898.89	0.00	3.16	67.07	1.48	0.62	0.00	971.22	174.82	12.11	0.00	1,158.15	1,158.15	0	0	750-849188	0		
201803	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-03-18	OK_	0	4,405	1,143.00	38.10	3.18	704.09	0.00	3.15	58.40	1.47	2.88	0.00	769.99	138.60	9.66	926.30	1,844.55	918.25	1	1	750-833538	0	22/03/2018	EFFECTIVO
201802	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	12-02-18	OK_	0	3,262	1,196.00	39.87	3.32	718.20	0.00	3.14	51.02	1.47	2.47	0.00	776.30	139.73	10.27	0.00	926.30	926.30	0	0	750-817901	0		
201801	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	12-01-18	OK_	0	2,066	1,236.00	41.20	3.43	733.81	0.00	3.13	57.40	1.47	1.24	5.48	802.53	144.46	10.26	635.75	1,593.00	957.25	1	1	750-802342	0	01/02/2018	EFFECTIVO
201712	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-12-17	OK_	0	830	830.00	27.67	2.31	482.98	0.00	3.13	36.34	1.47	0.03	9.10	533.05	95.95	6.75	0.00	635.75	635.75	0	0	750-786820	0		
201711	BT5	NORMAL	TIPO CORTE	1.00	13-11-17	LC_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.45	1.48	0.12	0.00	5.09	0.92	-0.01	25.80	31.80	6.00	3	3	750-771391	0	20/11/2017	EFFECTIVO
201710	BT5	NORMAL	TIPO CORTE	1.00	13-10-17	NE_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.45	1.48	0.06	6.91	11.94	2.15	0.01	11.70	25.80	14.10	2	2	750-756072	0		
201709	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	14-09-17	OK_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.45	1.48	0.02	0.00	4.99	0.90	0.01	5.80	11.70	5.90	1	1	750-740904	0		
201708	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	15-08-17	OK_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.42	1.48	0.00	0.00	4.94	0.89	-0.03	0.00	5.80	5.80	0	0	750-725848	0		
201707	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	03-07-17	IN_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	28/06/2017		
201706	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	03-07-17	IN_	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	28/06/2017		

Preliminary

Harvest the Sunshine

Mono

465W MBB Half-Cell Module

JAM72S20 440-465/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



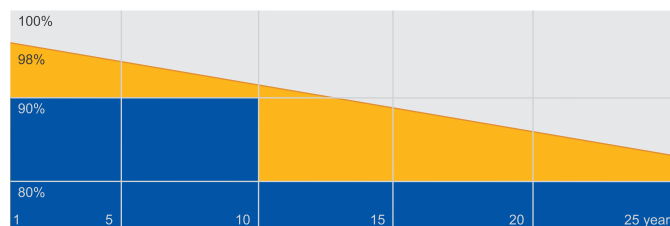
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



JA SOLAR

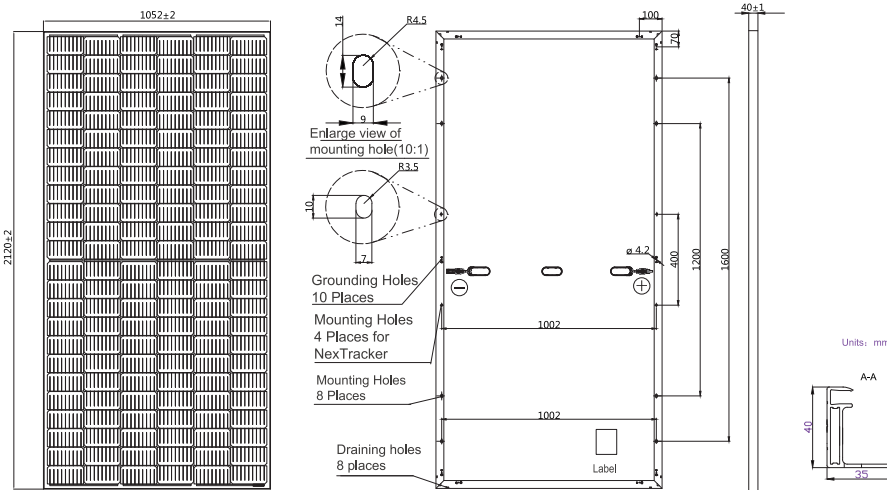
www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS

SPECIFICATIONS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

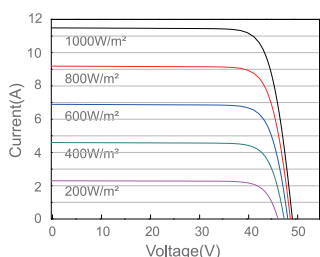
OPERATING CONDITIONS

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR		
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90	Maximum Series Fuse	20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38	Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81	Maximum Static Load,Back*	2400Pa
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						NOCT	45±2°C
							Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

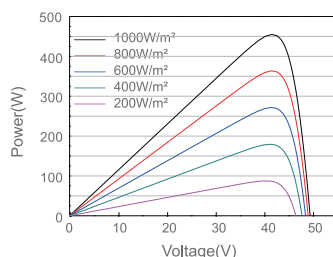
*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

CHARACTERISTICS

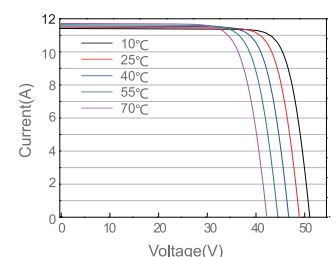
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS ECO

/ El inversor compacto para proyectos con el máximo rendimiento



/ Concepto de cambio de circuitos impresos



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Smart Grid Ready

DISPONIBLE A PARTIR DEL Q2 DE 2015



/ El inversor trifásico Fronius Eco con las categorías de potencia entre 25,0 y 27,0 kW, ha sido especialmente diseñado para instalaciones de gran potencia. Este inversor sin transformador, con un peso muy ligero y sistema de montaje SnapINverter, permite una instalación muy rápida y sencilla tanto Indoor como Outdoor. Además, presume de un tipo de protección IP 66. Gracias al portafusibles y a la protección contra sobretensiones (opcional) integrados, no se necesitan cajas de conexión CC o de concentración.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO¹⁾

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.}$)	44 A	47,5 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	65,9 A	71,3 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		620 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPP		1
Número de entradas CC		6
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	39,9 A	42,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2.0 %	
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	38 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾	2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

¹⁾ Información preliminar. ²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN para protección contra sobretensiones (tipo 2) incluido.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO¹⁾

RENDIMIENTO	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máximo rendimiento		98,2 %
Rendimiento europeo (η_{EU})		97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Medición del aislamiento CC		Si
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Si
INTERFACES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda	
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB	
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net	
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)	
Datalogger y Servidor web	Incluido	
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión	
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador	

¹⁾ Información preliminar. ²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 850 patentes activas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v02 Feb 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Industrial La Laguna
Calle Arroyo del Soto 17
28914 Leganés (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

UPM209 <1/5A CT, 100A direct>

4 DIN modules multifunction three-phase meter

- 4 DIN modules compact version
- Fully bi-directional four quadrants measurements for all energies and powers
- Main electrical parameters measured and displayed for a cost-effective consumption analysis
- Version for 1 or 5A CT or for direct connection up to 100A
- Possibility to connect by PT
- Up to 8 MB for data recording (ENH version)
- Possibility to record all energy counters (ENH version)
- Up to 24 parameters selectable among real time measurements for MIN/AVG/MAX recording (ENH version)
- MODBUS RTU/ASCII communication by RS485 port or MODBUS TCP communication by Ethernet port
- Possibility to manage the instrument in remote mode by WintoolNET software or by Web interface



» General features

UPM209 is an innovative instrument for measurement and recording of the electrical parameters. It is particularly suitable for consumption analysis and control, with an excellent quality/price ratio.

UPM209 is the ideal instrument to establish the measurement points on the plant.

The instrument can communicate through the RS485 serial port by MODBUS RTU/ASCII protocol or through Ethernet port by MODBUS TCP protocol.

Furthermore, it is available the WintoolNET software for the instrument remote management. Web interface is also available in case of instrument with Ethernet port: a very useful function that gives the possibility to manage the instrument by any PC connected on the network.

» Benefits

- UPM209 provides fully and accurate information on the load in the measurement point and it allows to calculate the costs of the energy consumption.
- Data read by PC allows to generate consumption profiles, recorded values trend, alarms/events report and costs calculation as well as critical values identification.
- Available the remote firmware upgrade of the instrument.

» Applications

- Energy audit.
- Monitoring system and energy control.
- Individual machine load monitoring.
- Power peak control.
- Switchboards, gensets, motor control centers, etc.
- Remote metering and cost allocation.

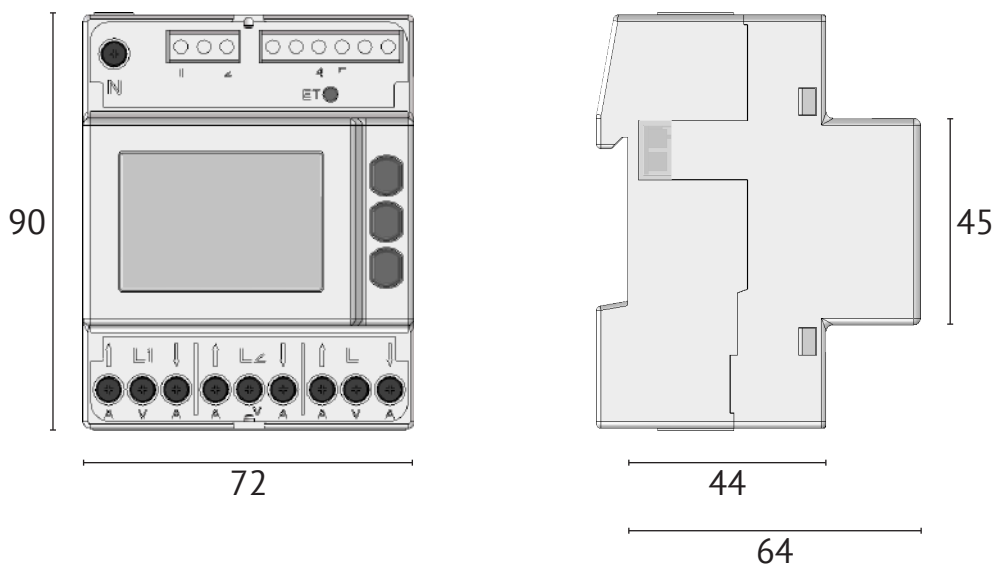
» Related Products

- WintoolNET

» Available configurations

		BASIC	ENH
CURRENT INPUTS (make one choice only)	For 1/5A CT	●	●
	Direct connection up to 100A	●	●
AUXILIARY POWER SUPPLY	85...265 VAC	●	●
COMMUNICATION PORT (make one choice only)	RS485 for MODBUS RTU/ASCII communication	●	●
	Ethernet for HTTP, MODBUS TCP communication	●	●
INSTRUMENT REMOTE MANAGEMENT	WintoolNET	●	●
	Web server (only for instrument with Ethernet port)	●	●
SIGN REPRESENTATION IN MODBUS PROTOCOL (make one choice only)	Sign bit	●	●
	2's complement	●	●
DIGITAL OUTPUT (only for instrument with RS485 port)	For alarm events or pulse emissions	●	●
DMD VALUE CALCULATION MODE	Fixed window	●	
	Fixed or Sliding window		●
MEMORY	1 MB	●	
	8 MB		●
RECORDINGS	Active and reactive power AVG values	●	
	Real time params MIN/AVG/MAX values (up to 24 params programmable)		●
	Energy counters		●
WIRING MODES	Three phase, 4 wires, 3 currents (3.4.3)	●	●
	Three phase, 3 wires, 2 currents (3.3.2)	●	●
	Single phase (1ph)	●	●
THD & HARMONICS	Voltage and current THD values	●	●
	Voltage and current harmonics up to 15 th		●
APPARENT ENERGY COUNTERS (make one choice only)	Total counters	●	●
	Separated Inductive&Capacitive counters	●	●

» Technical drawing



» Measurements & recordings

INSTANTANEOUS VALUES		BASIC	ENH
VOLTAGE	$V_{L1-N} - V_{L2-N} - V_{L3-N} - V_{L1-L2} - V_{L2-L3} - V_{L3-L1} - V_{\Sigma}$ [V]	●	● MAM
CURRENT (+/-)	$I_{L1} - I_{L2} - I_{L3} - I_N - I_{\Sigma}$ [A]	●	● MAM
ACTIVE POWER (+/-)	$P_{L1} - P_{L2} - P_{L3} - P_{\Sigma}$ [W]	● AVG	● MAM
REACTIVE POWER (+/-)	$Q_{L1} - Q_{L2} - Q_{L3} - Q_{\Sigma}$ [var]	● AVG	● MAM
APPARENT POWER (+/-)	$S_{L1} - S_{L2} - S_{L3} - S_{\Sigma}$ [VA]	●	● MAM
POWER FACTOR (ind&cap)	$PF_{L1} - PF_{L2} - PF_{L3} - PF_{\Sigma}$	●	● MAM
DPF (+/-)	$DPF_{L1} - DPF_{L2} - DPF_{L3}$		● MAM
TANGENT Ø (+/-)	$TAN\theta_{L1} - TAN\theta_{L2} - TAN\theta_{L3} - TAN\theta_{\Sigma}$	●	● MAM
VOLTAGE THD	$THDV_{L1} - THDV_{L2} - THDV_{L3} - THDV_{L1-L2} - THDV_{L2-L3} - THDV_{L3-L1}$ [V]	●	● MAM
CURRENT THD	$THDA_{L1} - THDA_{L2} - THDA_{L3} - THDA_N$ [A]	●	● MAM
FREQUENCY	f [Hz]	●	● MAM
PHASE ORDER	Ph	●	●
DEMAND VALUES (DMD)			
DMD CURRENT (abs)	$I_{L1DMD} - I_{L2DMD} - I_{L3DMD} - I_{NDMD} - I_{\Sigma DMD}$ [A]		●
DMD ACTIVE POWER (imp&exp)	$P_{L1DMD} - P_{L2DMD} - P_{L3DMD} - P_{\Sigma DMD}$ [W]	●	●
BALANCE OF DMD SYSTEM ACTIVE POWER (+/-)	$P_{\Sigma DMBAL}$ [W]		●
DMD REACTIVE POWER (imp&exp)	$Q_{L1DMD} - Q_{L2DMD} - Q_{L3DMD} - Q_{\Sigma DMD}$ [var]	●	●
BALANCE OF DMD SYSTEM REACTIVE POWER (+/-)	$Q_{\Sigma DMBAL}$ [var]		●
DMD APPARENT POWER (imp&exp)	$S_{L1DMD} - S_{L2DMD} - S_{L3DMD} - S_{\Sigma DMD}$ [VA]		●
BALANCE OF DMD SYSTEM APPARENT POWER (+/-)	$S_{\Sigma DMBAL}$ [VA]		●
DMD POWER FACTOR (imp&exp)	$PF_{L1DMD} - PF_{L2DMD} - PF_{L3DMD} - PF_{\Sigma DMD}$		●
MAX VALUES			
MAX VOLTAGE	$V_{L1-NMAX} - V_{L2-NMAX} - V_{L3-NMAX} - V_{L1-L2MAX} - V_{L2-L3MAX} - V_{L3-L1MAX} - V_{\Sigma MAX}$ [V]	●	●
MAX CURRENT (abs)	$I_{L1MAX} - I_{L2MAX} - I_{L3MAX} - I_{NMAX} - I_{\Sigma MAX}$ [A]	●	●
MAX ACTIVE POWER (imp&exp)	$P_{L1MAX} - P_{L2MAX} - P_{L3MAX} - P_{\Sigma MAX}$ [W]		●
MAX REACTIVE POWER (imp&exp)	$Q_{L1MAX} - Q_{L2MAX} - Q_{L3MAX} - Q_{\Sigma MAX}$ [var]		●
MAX APPARENT POWER (imp&exp)	$S_{L1MAX} - S_{L2MAX} - S_{L3MAX} - S_{\Sigma MAX}$ [VA]		●
MAX POWER FACTOR (imp&exp)	$PF_{L1MAX} - PF_{L2MAX} - PF_{L3MAX} - PF_{\Sigma MAX}$		●
MAX TANGENT Ø (imp&exp)	$TAN\theta_{L1MAX} - TAN\theta_{L2MAX} - TAN\theta_{L3MAX} - TAN\theta_{\Sigma MAX}$		●
MAX VOLTAGE THD	$THDV_{L1MAX} - THDV_{L2MAX} - THDV_{L3MAX} - THDV_{L1-L2MAX} - THDV_{L2-L3MAX} - THDV_{L3-L1MAX}$ [V]		●
MAX CURRENT THD	$THDA_{L1MAX} - THDA_{L2MAX} - THDA_{L3MAX} - THDA_{NMAX}$ [A]		●
MAX DMD CURRENT	$I_{L1MAXDMD} - I_{L2MAXDMD} - I_{L3MAXDMD} - I_{\Sigma MAXDMD}$ [A]		●
MAX DMD ACTIVE POWER (imp&exp)	$P_{L1MAXDMD} - P_{L2MAXDMD} - P_{L3MAXDMD} - P_{\Sigma MAXDMD}$ [W]	●	●
MAX DMD REACTIVE POWER (imp&exp)	$Q_{L1MAXDMD} - Q_{L2MAXDMD} - Q_{L3MAXDMD} - Q_{\Sigma MAXDMD}$ [var]	●	●
MAX DMD APPARENT POWER (imp&exp)	$S_{L1MAXDMD} - S_{L2MAXDMD} - S_{L3MAXDMD} - S_{\Sigma MAXDMD}$ [VA]		●
MIN VALUES			
MIN SYSTEM ACTIVE POWER	$P_{\Sigma MIN}$ [W]	●	●
MIN SYSTEM REACTIVE POWER	$Q_{\Sigma MIN}$ [var]	●	●
MIN SYSTEM APPARENT POWER	$S_{\Sigma MIN}$ [VA]	●	●
COUNTERS			
ACTIVE ENERGY (imp&exp)	$kWh_{L1} - kWh_{L2} - kWh_{L3} - kWh_{\Sigma}$ [Wh]	●	● EC
BALANCE OF SYSTEM ACTIVE ENERGY	$kWh_{\Sigma BAL}$ [Wh]	●	● EC
REACTIVE ENERGY (imp&exp) (ind&cap)	$kvarh_{L1} - kvarh_{L2} - kvarh_{L3} - kvarh_{\Sigma}$ [varh]	●	● EC
BALANCE OF SYSTEM REACTIVE ENERGY (ind&cap)	$kvarh_{\Sigma BAL}$ [varh]	●	● EC
APPARENT ENERGY (imp&exp) (ind&cap on request)	$kVAh_{L1} - kVAh_{L2} - kVAh_{L3} - kVAh_{\Sigma}$ [VAh]	●	● EC
BALANCE OF SYSTEM APPARENT ENERGY (ind&cap on request)	$kVAh_{\Sigma BAL}$ [VAh]	●	● EC
INSTALLATION HOUR COUNTER	HRCNTi [h]		●
MEASUREMENT HOUR COUNTER	HRCNTm [h]		●
HARMONIC ANALYSIS UP TO 15 th			
VOLTAGE HARMONICS	$V_{L1-N} - V_{L2-N} - V_{L3-N} - V_{L1-L2} - V_{L2-L3} - V_{L3-L1}$ [V]		● MAM
CURRENT HARMONICS	$I_{L1} - I_{L2} - I_{L3} - I_N$ [A]		● MAM

LEGEND

● = Standard

+/- = Signed value

imp&exp = Values splitted in imported and exported

abs = Absolute value

ind&cap = Values splitted in inductive and capacitive

AVG = Parameters for AVG recording (fixed)

MAM = Parameters for MIN/AVG/MAX recording (up to 24 params programmable)

EC = Parameters for Energy counter recording (fixed)

DMDBAL = Difference between the positive and negative demand value: [DMD+] - [DMD-]

BAL = Difference between the imported and exported value: [imp] - [exp]

» Specifications

POWER SUPPLY	
Voltage range:	85 ... 265 VAC
Safety:	300 V CAT III
Maximum consumption:	Instrument with RS485 port: 1.6 VA - 1 W Instrument with Ethernet port: 4.5 VA - 1.6 W
Frequency:	50/60 Hz
VOLTAGE INPUTS	
Voltage range:	3x10/17 ... 3x285/495 VAC
Safety:	300 V CAT III
Minimum voltage for FFT calculation:	20/35 VAC (multiplied by PT ratio in case of PT use) with direct connection
CURRENT INPUTS	
Maximum value:	1/5A CT model: 6A 100A model: 100A
Starting current (I_{st}):	1/5A CT model: 2 mA 80A model: 20 mA
CT burden:	1/5A CT model: 0.04 VA
Minimum current for FFT calculation:	1/5A CT model: 100 mA * CT ratio 80A model: 200 mA
TYPICAL ACCURACY	
Voltage:	±0.2% reading in 10% FS...FS range (FS=Full Scale value)
Current:	±0.4% reading in 5% FS...FS range
Power:	±0.5% reading ±0.1% FS (PF=1)
Frequency:	±0.1% reading ±1 digit in 45...65 Hz range
Active energy:	Class 1 according to IEC/EN 62053-21
Reactive energy:	Class 2 according to IEC/EN 62053-23
DISPLAY & KEYBOARD	
Display:	Backlighted LCD, 43x29 mm 3 rows, 4 digits + symbols
Keyboard:	3 front buttons + 1 protected button
COMMUNICATION PORT	
Type:	RS485 optoisolated or Ethernet (RJ45)
Protocols:	MODBUS RTU/ASCII in case of RS485 port HTTP, NTP, DHCP, MODBUS TCP in case of Ethernet port
Baud rate:	300 ... 57600 bps in case of RS485 port 10/100 Mbps in case of Ethernet port
DIGITAL OUTPUT (DO)	
Type:	Passive optoisolated
Maximum values (according to IEC/EN 62053-31):	27 VDC - 27 mA
Energy pulse length (only for DO in pulse mode):	50 ±2ms ON time
Maximum output reaction time (only for DO in alarm mode):	1 s
WIRE DIAMETER FOR TERMINALS	
Measuring terminals (A & V):	1/5A CT model: 1.5 ... 6 mm ² 80A model: 1.5 ... 35 mm ²
Terminals for digital output, AUX input, RS485 port:	0.14 ... 2.5 mm ²
SIZE & WEIGHT	
LxHxP, W:	72x90x65 mm, max 436 g
ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Operating temperature:	-25°C ... +55°C (3K6)
Storage temperature:	-25°C ... +75°C (2K3)
Max humidity (without condensation):	80%
Sinusoidal vibration amplitude:	50 Hz ±0.075 mm
Protection degree - frontal part:	IP51 (granted only in case of installation in a cabinet with at least IP51 protection degree)
Protection degree - terminals:	IP20
Pollution degree:	2
Installation and use:	Internal
STANDARD COMPLIANCE (for the parts applicable for the instrument)	
Directives:	2006/95/EC, 2004/108/EC
Safety:	EN 61010-1, EN 61010-2-030, EN 61010-2-032
EMC:	EN 61326-1, EN 55011, EN 61000-4-2, EN61000-4-3, EN61000-4-4, EN61000-4-5, EN61000-4-6, EN61000-4-11, EN61000-6-2

ORDER CODE	VERSION		POWER SUPPLY	COMMUNICATION PORT with SIGN BIT in Modbus		APPARENT EN. COUNTER (VAh)	I/O	REMOTE MANAGEMENT	
	BASIC	ENH	Auxiliary	RS485	ETHERNET	SEPARATED Ind&Cap	DO	WintoolNET	Web Server
FOR 1/5A CTs (not included)									
1208.0001.0001	●		85...265VAC	●		●	●	●	
1208.0002.0001	●		85...265VAC		●	●		●	●
1208.0003.0001		●	85...265VAC	●		●	●	●	
1208.0004.0001		●	85...265VAC		●	●		●	●
80A DIRECT CONNECTION									
1209.0001.0001	●		85...265VAC	●		●	●	●	
1209.0002.0001	●		85...265VAC		●	●		●	●
1209.0003.0001		●	85...265VAC	●		●	●	●	
1209.0004.0001		●	85...265VAC		●	●		●	●

OPTIONS AVAILABLE ONLY ON REQUEST (MOQ 30 PCS)

2'S COMPLEMENT for sign representation in Modbus protocol

TOTAL apparent energy counters (Ind+Cap)

To be indicated together with the selected order code from the list above.

LEGEND

- BASIC:** Reduced parameter set and functions - 1MB memory, active&reactive power AVG recording.
- ENH:** Extended parameter set and functions - 8MB memory, real time parameters MIN/AVG/MAX recording (up to 24 parameters programmable), energy counter recording.
- DO:** 1 digital output for alarm or pulse emission.
- WintoolNET:** Software for instrument remote management, downloadable for free at www.algodue.it, in the Client protected area.

NOTE: Subject to change without notice



Innovative Electronic Systems

Via P. Gobetti, 16/F - 28014 Maggiore (NO) - Italy - Tel.: +39 0322 89307

sales@algodue.it - www.algodue.com

72PG01_2_201908_2