



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y CONTROL DE UN MICRO  
INVERSOR SOLAR DE 250W CONECTADO A LA RED DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA OPERANDO SOBRE LOS 3800  
MSNM.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JAVIER FRANCISCO LIMA FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## DEDICATORIA

A mis padres por concederme la vida,  
brindarme valiosas enseñanzas día a día,  
por aconsejarme en malos momentos y  
apoyarme durante mis estudios, son mi  
fuerza para seguir adelante.

A mi hermana por su paciencia y  
comprensión demostrarme que nada es  
imposible.

A dos personas muy especiales que me  
alienta con fe.

**Javier Francisco Lima Flores**



## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a la universidad del Nacional del Altiplano por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para estudiar mi carrera, así como también los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante.

Agradezco con todo mi corazón a mi madre María, pues sin ella no lo hubiera logrado. Tu bendición a diario a lo largo de la vida me protege y me lleva por el camino del bien.

A mi padre Pedro, por comprender mis decisiones y apoyarme a pesar de todo.

A mis compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su amistad y confianza durante los cinco años de estudio.

A los miembros integrantes del jurado calificador: M.Sc. Roberto Jaime Quiroz Sosa, M.Sc. Omar Chayña Velasquez, M.Sc. Carlos Alberto Verano Galindo y al M.Sc. Jose Manuel Ramos Cutipa por sus recomendaciones y acompañándome en la realización del presente trabajo de investigación.

**Javier Francisco Lima Flores**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS<sup>12</sup>**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA ..... 16**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 17**

1.2.1. Problema general ..... 17

1.2.2. Problemas específicos..... 17

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18**

1.3.1. Hipótesis general..... 18

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 18

**1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO ..... 18**

**1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO ..... 19**

1.5.1. Objetivo general..... 19

1.5.2. Objetivos específicos ..... 19

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN ..... 20**



<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.2.1. Energía solar .....	22
2.2.2. La radiación solar.....	22
2.2.3. Tipos de radiación solar .....	25
2.2.4. Masa del aire .....	27
2.2.5. Constante solar.....	28
2.2.6. Que es el fotón .....	29
2.2.7. Que es la irradiancia solar.....	30
2.2.8. Que es la irradiación .....	30
2.2.9. La hora solar pico (HPS) .....	31
2.2.10. Los instrumentos de medición en el campo.....	31
2.2.11. Que se entiende por Efecto fotovoltaico.....	36
2.2.12. Las células solares fotovoltaicas.....	37
2.2.13. Generador fotovoltaico .....	39
2.2.14. Principales tipos de módulos existentes en el mercado .....	40
2.2.15. Clasificación de plantas fotovoltaicas existentes.....	47
2.2.16. Que es el Inversor solar .....	50
2.2.17. Clasificación de los inversores solares conectados a la red.....	52
2.2.18. Algoritmo de seguimiento de potencia .....	62
2.2.19. Eficiencia en inversores .....	65
2.2.20. Criterio de selección de inversores .....	67

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. DISEÑO Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>68</b>
3.1.1. El tipo de investigación que se realizara.....	68



3.1.2. El diseño de la investigación que se realizara.....	68
<b>3.2. MUESTRA Y POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>CORRESPONDIENTE .....</b>	<b>69</b>
3.2.1. La población .....	69
3.2.2. La muestra.....	69
<b>3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ..</b>	<b>69</b>
3.3.1. El lugar de estudio .....	69
3.3.2. Uso de materiales a su vez descripción de los métodos.....	70
3.3.3. Los materiales .....	72
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. CORRIENTE CC, ANÁLISIS DE RESULTADO .....</b>	<b>77</b>
4.1.1. La tensión generada .....	78
4.1.2. La corriente generada.....	79
4.1.3. La potencia generada .....	80
4.1.4. La energía inyectada a la red .....	80
<b>4.2. CORRIENTE CA, ANÁLISIS DE RESULTADO .....</b>	<b>81</b>
4.2.1. La tensión en salida del micro inversor .....	82
4.2.2. La corriente producida por el micro inversor .....	84
4.2.3. La potencia activa producida por el micro inversor .....	84
4.2.4. La potencia reactiva .....	86
4.2.5. El factor de potencia .....	87
4.2.6. La frecuencia.....	89
4.2.7. La energía inyectada a la red .....	90
4.2.8. La energía importada a la red .....	91



4.2.9. La caracterización de parámetros producidos en el micro inversor.....	92
<b>4.3. LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MICRO INVERSOR</b>	
.....	<b>93</b>
4.3.1. La comparación de la potencia entregada y producida por el micro inversor. ....	94
4.3.2. El análisis del recurso solar .....	94
4.3.3. La comparación de la energía en corriente CC y energía en corriente CA en el micro inversor. ....	96
4.3.4. Eficiencia del micro inversor .....	97
<b>4.4. SIMULACIÓN DEL MPPT EN MATLAB DEL COMPORTAMIENTO DEL NUESTRO SISTEMA.....</b>	<b>99</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>113</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>118</b>

**ÁREA:** Control y procesos

**TEMA:** Instrumentación

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 12 de enero del 2023



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b>	Espectro electromagnético .....	23
<b>Figura 2.2:</b>	Atenuación de la radiación solar por la atmosfera terrestre .....	25
<b>Figura 2.3:</b>	Componente directa de la radiación del sol .....	26
<b>Figura 2.4:</b>	Tipos de Radiación.....	27
<b>Figura 2.5:</b>	Masa de aire para varias alturas solares .....	27
<b>Figura 2.6:</b>	Determinación de la constante solar.....	29
<b>Figura 2.7:</b>	Pirheliómetro.....	32
<b>Figura 2.8:</b>	Albedómetro.....	32
<b>Figura 2.9:</b>	Piranómetro .....	33
<b>Figura 2.10:</b>	Difusómetro.....	34
<b>Figura 2.11:</b>	Heliógrafo de campbell-stokes y cartulinas estacionales.....	34
<b>Figura 2.12:</b>	Pirradiómetro.....	35
<b>Figura 2.13:</b>	Efecto fotovoltaico .....	36
<b>Figura 2.14:</b>	Célula solar fotovoltaica.....	38
<b>Figura 2.15:</b>	Operación de una célula solar fotovoltaica .....	39
<b>Figura 2.16:</b>	Potencia de una célula solar FV de 100 cm <sup>2</sup> y su curva característica... ..	40
<b>Figura 2.17:</b>	Células monocristalinas.....	41
<b>Figura 2.18:</b>	Célula policristalina.....	41
<b>Figura 2.19:</b>	Célula de capa fina .....	42
<b>Figura 2.20:</b>	Variación de las curvas I-V de un módulo para FV típico con la temperatura de operación para una irradiancia constante de 1000 W/m <sup>2</sup> .....	43
<b>Figura 2.21:</b>	Variación de las curvas I-V de un módulo FV típico con la irradiancia incidente para una temperatura de 25 °C .....	44
<b>Figura 2.22:</b>	Para formar un generador FV, la asociación de células en serie.....	46
<b>Figura 2.23:</b>	Para un generador FV, la conexión en serie y paralelo en módulos FV .	47





<b>Figura 2.24:</b>	Una planta FV aislada y su principio de funcionamiento .....	48
<b>Figura 2.25:</b>	Conectada a red un sistema de generación FV .....	50
<b>Figura 2.26:</b>	Planta FV conectada a la red y su principio de funcionamiento .....	50
<b>Figura 2.27:</b>	Principio de funcionamiento de un inversor monofásico.....	51
<b>Figura 2.28:</b>	Esquema de conexión a la red de un inversor monofásico .....	52
<b>Figura 2.29:</b>	Esquema de conexión a la red de un inversor trifásico.....	53
<b>Figura 2.30:</b>	Un inversor centralizado y su esquema de configuración.....	55
<b>Figura 2.31:</b>	Un inversor en cadena y su esquema de configuración .....	56
<b>Figura 2.32:</b>	Un inversor multicadena y su esquema de configuración.....	57
<b>Figura 2.33:</b>	DC-serie y su esquema de arquitectura .....	58
<b>Figura 2.34:</b>	AC-serie y su esquema de arquitectura .....	58
<b>Figura 2.35:</b>	Un micro inversor y su esquema general .....	59
<b>Figura 2.36:</b>	En baja frecuencia, el esquema del inversor FV con un transformador de aislamiento .....	61
<b>Figura 2.37:</b>	En alta frecuencia, el esquema del inversor FV con un transformador de aislamiento .....	62
<b>Figura 2.38:</b>	Esquema del inversor FV sin transformador de aislamiento galvánico ..	62
<b>Figura 2.39:</b>	Diagrama de bloques del algoritmo MPPT P&O.....	63
<b>Figura 2.40:</b>	Recta de conductancia en curva I-V.....	64
<b>Figura 2.41:</b>	Curva P-V con potencia de referencia.....	65
<b>Figura 2.42:</b>	Rendimiento de un inversor según su aislamiento galvánico .....	66
<b>Figura 3.1:</b>	Esquema de instalación del micro inversor como también medición .....	71
<b>Figura 3.2:</b>	Utilizado como un generador FV, panel solar de 270W .....	72
<b>Figura 3.3:</b>	Micro inversor E-Solar-250W.....	73
<b>Figura 3.4:</b>	En corriente CA, el medidor eléctrico multiparámetro.....	74
<b>Figura 3.5:</b>	En corriente CC, el medidor eléctrico multiparámetro .....	75
<b>Figura 4.1:</b>	En la entrada del micro inversor medido, se tiene la tensión en corriente CC.....	78



<b>Figura 4.2:</b>	En la entrada del micro inversor medido, se tiene la corriente CC.....	79
<b>Figura 4.3:</b>	Panel fotovoltaico y su potencia generada .....	80
<b>Figura 4.4:</b>	Energía suministrada al micro inversor día 20-09-2022 .....	81
<b>Figura 4.5:</b>	Cotejo de las variables de medida .....	82
<b>Figura 4.6:</b>	El micro inversor y su tensión emitida.....	83
<b>Figura 4.7:</b>	Corriente inyectada a la red.....	84
<b>Figura 4.8:</b>	Potencia activa inyectada a la red .....	85
<b>Figura 4.9:</b>	Potencia reactiva registrada.....	86
<b>Figura 4.10:</b>	Factor de potencia y su variación.....	87
<b>Figura 4.11:</b>	El micro inversor su potencia activa y factor de potencia.....	88
<b>Figura 4.12:</b>	Comparación de la capacidad del micro inversor y del factor de potencia .....	89
<b>Figura 4.13:</b>	Medición de la frecuencia día 20/09/2022 .....	90
<b>Figura 4.14:</b>	Energía inyectada a la red .....	91
<b>Figura 4.15:</b>	Energía importada de la red .....	92
<b>Figura 4.16:</b>	Grafica de comportamiento en corriente alterna del micro inversor en 20/09/2022.....	93
<b>Figura 4.17:</b>	Potencia corriente continua y corriente alterna medidos en micro inversor día 20/09/2022.....	94
<b>Figura 4.18:</b>	Eficiencia del micro inversor para las fechas, desde el 17 de setiembre hasta el 26 de dicho mes.....	99
<b>Figura 4.19:</b>	El bloque powergi .....	100
<b>Figura 4.20:</b>	Bloque PV array .....	101
<b>Figura 4.21:</b>	Bloque PV array .....	102
<b>Figura 4.22:</b>	Bloque bus selector .....	103
<b>Figura 4.23:</b>	Bloque bus selector seleccionando el Vpv, Ipv.....	103
<b>Figura 4.24:</b>	Bloque constante irradiación y temperatura.....	104
<b>Figura 4.25:</b>	Bloque RLC.....	105



<b>Figura 4.26:</b> Bloque Diodo .....	105
<b>Figura 4.27:</b> Bloque medición de voltaje.....	106
<b>Figura 4.28:</b> Bloque medición de corriente .....	106
<b>Figura 4.29:</b> Bloque Scope.....	107
<b>Figura 4.30:</b> Bloque scope, valores.....	107
<b>Figura 4.31:</b> Bloque función Matlab.....	108
<b>Figura 4.32:</b> Algoritmo requerido.....	108
<b>Figura 4.33:</b> Configuración del scope.....	109
<b>Figura 4.34:</b> Simulación del sistema.....	110



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b>	Tamaños y distancias en el Sistema Solar con respecto a nuestro planeta	22
<b>Tabla 2.2:</b>	Distintas alturas solares para la masa de aire .....	28
<b>Tabla 2.3:</b>	Variación de parámetros característicos con la temperatura para una célula de 100 cm <sup>2</sup> .....	42
<b>Tabla 3.1:</b>	Panel fotovoltaico de 270W y sus especificaciones técnicas .....	73
<b>Tabla 3.2:</b>	Micro inversor de 250W y sus especificaciones técnicas.....	74
<b>Tabla 3.3:</b>	Medidor multiparámetro C.A y sus especificaciones técnicas .....	75
<b>Tabla 3.4:</b>	Medidor eléctrico multiparámetro en C.C y sus especificaciones técnicas .....	76
<b>Tabla 4.1:</b>	Resultados de los parámetros medidos en CC.....	77
<b>Tabla 4.2:</b>	Resultados de los parámetros medidos en CA.....	82
<b>Tabla 4.3:</b>	Comparación de la frecuencia media y la permitida por NTCSE día .....	90
<b>Tabla 4.4:</b>	Irradiación horizontal diaria para la fecha del 17/09/2022 al 26/09/2022.	95
<b>Tabla 4.5:</b>	Comparación de la energía producida por el micro inversor teóricamente y la energía medida por el micro inversor .....	96
<b>Tabla 4.6:</b>	Consumo de energía del micro inversor .....	97
<b>Tabla 4.7:</b>	Eficiencia del micro inversor cotejada energía corriente continua y alterna .....	98
<b>Tabla 5.1:</b>	Matriz de consistencia .....	118



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>CC o DC</b>	: Corriente continua
<b>CA o AC</b>	: Corriente alterna
<b>Mp<sub>pt</sub></b>	: Seguimiento del punto de máxima potencia
<b>FV</b>	: Fotovoltaico
$\lambda$	: Longitud de onda
<b>Es</b>	: Irradiación solar
<b>AM</b>	: Masade aire
<b>V</b>	: Voltios
<b>A</b>	: Amperios
<b>W<sub>p</sub></b>	: Watt pico
<b>W</b>	: Watt
<b>BT</b>	: Baja tensión
<b>T<sub>onc</sub></b>	: Temperatura nominal de operación
<b>H<sub>sp</sub></b>	: Hora solar pico
<b>St<sub>c</sub></b>	: Condiciones de medición estándar
<b>V<sub>mmp</sub></b>	: Tensión de máxima potencia
<b>V<sub>oc</sub></b>	: Tensión de circuito abierto
<b>I<sub>sc</sub></b>	: Corriente de corto circuito
<b>I<sub>mpp</sub></b>	: Corriente de máxima potencia
$\eta$	: Eficiencia
<b>K<sub>wh</sub></b>	: Kilo watt hora
<b>Hz</b>	: Hertz



## RESUMEN

Los micro inversores, con una orientación distribuida y a diferencia de un inversor convencional que tenía una aproximación de instalación centralizada, se instalan detrás de cada panel solar y convierten la electricidad de corriente continua en corriente alterna, justo debajo del panel. Todos los micro inversores pueden conectarse directamente a la red de la vivienda, independientemente de los otros micro inversores del sistema. Cuando un panel se sombrea, por ejemplo, en ningún caso afectará al rendimiento de los otros paneles. El presente trabajo tiene como objetivo principal la evaluación de la eficiencia y la regulación del micro inversor de 250W de conexión a red operando en las condiciones geográficas y climatológicas de los 3800 metros sobre el nivel del mar, mejorara la operación de estos sistemas en la zona de Puno. Si se hará la evaluación y regulación del micro inversor tendremos mejor eficiencia en el trabajo de este equipo que es el micro inversor. La metodología ira con el voltaje correcto que se encuentra a través de una técnica llamada seguimiento de punto de máxima potencia o MPPT. Cuando se aplica el punto de máxima potencia a nivel del panel en lugar de un sistema en su conjunto. El rendimiento aumentará drásticamente, aportando una solución mejor al cliente. Finalmente, se empleó de un sistema de medición que nos ayudó a la recolección de datos. Como resultado la eficiencia de nuestro micro inversor es superior a un 90 por ciento a su vez funciona con factores de potencia muy próximo a la unidad, si el equipo funciona a una capacidad superior a los 20%, En la fecha del análisis la máxima eficiencia fue de 93.215%. Una de las conclusiones en este caso como la potencia del micro inversor es mayor de la que es el generador fotovoltaico no tubo limitaciones o lo que nos garantice que opere en condiciones de optimización.

**Palabras clave:** Eficiencia, Evaluación, irradiación, Micro inversor solar, Regulación.



## ABSTRACT

Micro inverters, with a distributed orientation and unlike a conventional inverter that had a centralized installation approach, are installed behind each solar panel and convert direct current electricity to alternating current, just below the panel. All micro inverters can be connected directly to the home network, independently of the other micro inverters in the system. When a panel is shaded, for example, it will in no way affect the performance of the other panels. The main objective of this work is to evaluate the efficiency and regulation of the 250W grid connection micro inverter operating in the geographical and climatic conditions of 3800 meters above sea level, to improve the operation of these systems in the area. from Puno. If the evaluation and regulation of the micro inverter will be carried out, we will have better efficiency in the work of this team, which is the micro inverter. The methodology will go with the correct voltage found through a technique called Maximum Power Point Tracking or MPPT. When the maximum power point is applied at the panel level rather than a system as a whole. Performance will increase dramatically, bringing a better solution to the customer. Finally, a measurement system was used that helped us to collect data. As a result, the efficiency of our micro inverter is greater than 90 percent, at the same time it works with power factors very close to unity, if the equipment works at a capacity greater than 20%, on the date of analysis the maximum efficiency was 93.215%. One of the conclusions in this case, as the power of the micro inverter is greater than that of the photovoltaic generator, does not have limitations or what guarantees that it operates in optimal conditions.

**Key words:** Efficiency, Evaluation, irradiation, Micro solar inverter, Regulation.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se dará un análisis de control y regularización de un micro inversor de 250 W de conexión a red que en este caso será on grid, por teoría tenemos en cuenta que dicho equipo transforma esta potencia de corriente continua a corriente alterna, también determinar el desempeño que este dispositivo exhibe bajo condiciones de operación a una alta zona a nivel del mar que sería a 3800 msnm.

El trabajo se estructurará en varios capítulos, concretamente 6. En el primer capítulo, se comentarán las motivaciones, objetivos como también las hipótesis propuestas. Luego el segundo capítulo, se considerará una reseña bibliográfica de los diversos precursores de esta obra, así como un marco teórico. Después el tercer capítulo se presentará la metodología de la investigación, en este caso la documentación utilizados que servirá más adelante en la recopilación de datos serán manipulados y analizados en el trabajo. En el cuarto capítulo, explicaremos los resultados y discutiremos en consecuencia. En el quinto capítulo se verá la conclusión de este estudio, al final el sexto capítulo se verá las recomendaciones.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se nos informa en los documentos que son muy pocas las investigaciones mencionadas a su vez, como el funcionamiento de los inversores, montado a red en un sistema fotovoltaico, como sabemos, la protección solar Energy es una forma muy importante como parte de sus beneficios de seguridad y eficacia. Por otro lado, es importante saber cómo funciona el sistema fotovoltaico conectado a la red en condiciones geográficas extremas.





Esto generalmente da como resultado una producción de energía mejorada del 5% al 20% de un sistema fotovoltaico solar, lo que sería una ventaja de rendimiento y costo muy significativa en escenarios de aplicación dependiendo de la aplicación en posición. Los micro inversores son muy silenciosos y están destinados a la colocación de los techos de las casas.

Estos dispositivos han sido construidos para brindar confiabilidad y longevidad, y están preparados para un alto rendimiento incluso a altas temperaturas con una eficiencia máxima del 96% entre menos 45 grados y más 65 grados °C. Por otro lado, una de las ventajas de usar estos dispositivos es que están dotados de que en tiempo real se da una vigilancia online del rendimiento de los módulos y fácil ampliación de las instalaciones.

Sin embargo, casi ninguna es la investigación que ha podido verificar y manipular la operación, regulación y funcionamiento de estos sistemas a más de 3.800 metros de altitud.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿En función de la altitud sobre el nivel del mar por encima de los 3800 metros cuál será el rendimiento en cuanto a regulación y funcionamiento?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Mejorará el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas con micro inversores con dosificación de variables?

¿Como estudiar el efecto de instalaciones fotovoltaicas con micro inversores en la zona de Puno?



### **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Hipótesis general**

- La evaluación de eficiencia y control hacia un micro inversor solar conectado a la red operando en la altura de 3800 metros sobre el nivel del mar, podrá mejorar el funcionamiento del mismo en Puno.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- El estudio de la eficacia hacia un montaje fotovoltaico con micro inversores en Puno, que permitirá mejorar su operación.
- La cuantificación nos llevara al progreso de la eficacia en un montaje fotovoltaico con micro inversores.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En este estudio consideramos la investigación como una valiosa fuente de información sobre el uso de fuentes alternativas de energías renovables, especialmente en inversores, y los docentes en la materia validarán sus conocimientos sobre el uso de sistemas fotovoltaicos. En consonancia con los avances y las posibles soluciones, esto se demuestra en este trabajo, ya que en conocimientos basados en experiencia contra las conjeturas aun cuando la falta de información completa sobre la posición de los servicios de energía alternativa y los efectos que pueden tener.

Con la incorporación de nuevas tecnologías en la zona de Puno, la universidad buscará lograr nuevos avances tecnológicos informando al barrio sobre los tipos de instituciones que lo rodean. Observar y desde el punto de vista de probar inversores en áreas hipotéticas permitirá comprobar si existe alguna anomalía en su funcionamiento, es



importante y necesario realizar investigaciones y análisis en Puno.

Para producir energía eléctrica con el empleo de paneles solares es muy importante para muchas aplicaciones o montajes, ya que la eficiencia de estos sistemas ha aumentado notablemente, lo que comúnmente se conoce en términos de ahorro de energía al utilizar paneles. energía solar y hacer el mejor uso de la energía verde.

## **1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.5.1. Objetivo general**

- La evaluación regulatoria de funcionamiento de un micro inversor solar fotovoltaico on grid esto funcionando a 3800 msnm.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- La investigación sobre la eficiencia de un montaje fotovoltaico con micro inversor en la localidad de puno.
- La cuantificación nos llevara al progreso de la eficacia en un montaje fotovoltaico con micro inversores.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

##### **Primer antecedente:**

MARY CYMBEL VILCA CHOQUE, Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a red (SFCRs) de 2.16 kW con micro inversores analizando en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca.

En este trabajo se realizado, nos menciona que el abastecimiento de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos y luego el mismo montado a red, al tener un efecto grande en la sociedad, también calificado a la energía solar por un gasto menos de energía eléctrica en una institución prevista, de otra forma ayudar a la población, con todo lo mencionado el autor del presente proyecto tendrá como fin diseñar, funcionamiento e investigación económica de su sistema montado a red con un micro inversor de 2 KW.

Evaluando la geografía y el clima de su ciudad, también nos indica que su sistema fotovoltaico está instalado en el instituto de su universidad y el mismo esta ramificado por ocho módulos policristalino de una potencia especificada, ocho micro inversores también de una potencia especificada, ya por último obtuvieron valores de productividad anual, el rendimiento de su micro inversor, el costo de su instalación de su sistema conjunto con su tasa de interés. (Vilca Choque, 2020).

##### **Segundo antecedente:**

SOSA, JULIO; ORTEGA, RUBEN; GARCÍA, VÍCTOR; SALINAS, IRWIN Y TOVAR, RUBÉN, Estructuras de control para operación de un micro inversor en modo red.



En el siguiente trabajo de investigación nos dio a conocer el estudio del conocimiento acumulado para un control de micro inversores en funcionamiento a red. Posteriormente a lo mencionado el primer paso que hicieron fue el modelado del micro inversor, seguidamente se presentaron las estructuras de control para la maniobra del micro inversor en funcionamiento a red. (Sosa, Ortega, García, Salinas, Tovar, 2017).

### **Tercer antecedente:**

KARIN JUNETH MONROY TUMPI, Evaluación del desempeño de operación de un micro inversor enganchado a la red a 3800 metros de altitud, en la región altiplánica, Puno.

En este trabajo realizado tuvo como fin el manejo de un micro inversor de una potencia ya especificada a su vez montado a red, el cual por manual del micro inversor se puede detallar que transforma la corriente continua en corriente alterna, con el propósito de la evaluación de su funcionamiento y observar si es eficiente que el micro inversor en calidad de maniobra a más de 3000 de altura sobre el nivel del mar.

Por ende, el autor utilizó una vía de medición tanto en continua como para en alterna. Admitiéndole hacer una medición para una obtención de variables así al igual que la potencia, corriente, tensión, la energía creada en sentido de la corriente DC. Por el sentido de la corriente AC anota datos como, potencia activa y reactiva, tensión corriente frecuencia, energía activa como también factor de potencia.

Al finalizar se menciona que se pudo resolver la eficiencia del micro inversor por otra parte también obtuvo por conclusión que en la calidad de irradiación de la región donde se hizo el trabajo el micro inversor para que tenga un preciso comportamiento conjunto al panel fotovoltaico este tuvo que ser igual cavidad que el generador fotovoltaico.(Tumpi, 2022).

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Energía solar

En la tierra, nuestro planeta tiene como estrella al sol que es el principal elemento de la fuente de energía que llena de vida. Por cada metro<sup>2</sup> de superficie produce continuamente una potencia de 62.600 kilovatios. Este ha sido un ciclo que viene ocasionándose casi 4.500 millones de años se tiene previsto que continúe haciéndolo como unos 5.000 millones de años. En tanto, en dos días, el planeta recibe la suficiente energía combinadas en todas las reservas existentes de petróleo, gas y carbón. Esto es un promedio de 60 veces el consumo anual de la humanidad, lo que podemos entender por el impresionante potencial de la energía solar para satisfacer las necesidades energéticas del mundo.(Camilo Arancibia Bulnes, Roberto Best, 2010).

**Tabla 2.1:** Tamaños y distancias en el Sistema Solar con respecto a nuestro planeta

Cuerpo celeste	Diámetro Ecuatorial (Tierras)	Volumen (Tierras)	Masa (Tierras)	Densidad (Terrestre)	Radio orbital (UA)	Periodo orbital (años)	Periodo de rotación (días)
Tierra	12756.2Km	1.08321x10 <sup>12</sup> Km <sup>3</sup>	59736x10 <sup>24</sup> Kg	5.515x10 <sup>12</sup> Kg/Km <sup>3</sup>	149.59x10 <sup>5</sup> Km	1	1
Sol	109	1294037.4	332 950	0.257	0	0	25-35
Mercurio	0.382	0.056	0.06	1.71	0.38	0.241	58.6
Venus	0.949	0.854	0.82	0.96	0.72	0.615	-243
Tierra N	1	1	1	1	1	1	1
Marte	0.53	0.149	0.11	0.738	1.52	1.88	1.03
Júpiter	11.2	1403.85	318	0.227	5.2	11.86	0.414
Saturno	9.41	832.6	95	0.114	9.54	29.46	0.426
Urano	3.98	62.997	14.6	0.234	19.22	84.01	0.718
Neptuno	3.81	55.264	17.2	0.311	30.06	164.79	0.671
Plutón	0.186	0.003	0.0021	0.7	29.67-48.83	248.53	6.375

*Fuente: (Pérez, 2017)*

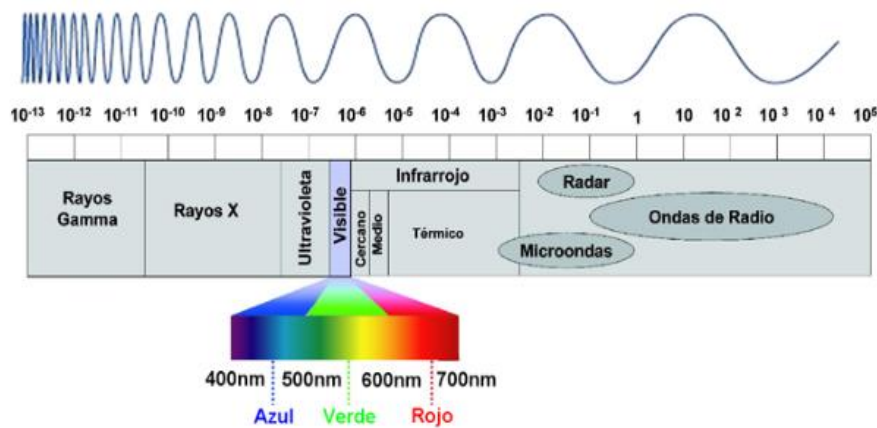
### 2.2.2. La radiación solar

El sol que es una estrella capaz de desprender energía de manera de onda corta. A

medida en donde la atmosfera es cruzada por la radiación solar, se extingue por un proceso físico reversible, asimilación de moléculas gaseosas y deliberación en las nubes, donde son el ozono como también el vapor de agua y aerosoles. Arriba la radiación solar a las superficies terrestres en continentes y océanos reflejándolas o absorbiéndolas. La cantidad de radiación absorbida por la superficie se devuelve al espacio como radiación de onda larga, transfiriendo calor a la atmósfera.

Se logra con la con la radiación electromagnética dividir longitudes de onda diferentes de un espectro, como se detalla en la Fig. 2.1, varía desde ondas de muy alta frecuencia, tal como rayos gamma, incluso ondas de muy baja frecuencia, parecidos a la onda de nuestra radio. Este espectro electromagnético no tiene límite superior o inferior, y la energía de la parte más pequeña de la radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, por lo que cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es el contenido de energía.(Grupo IDEAM, 2022).

**Figura 2.1:** Espectro electromagnético



*Fuente: (Grupo IDEAM, 2022)*

### **Radiación incidente sobre la superficie terrestre**

La disponibilidad de energía derivada del Sol depende de la ubicación geográfica de un punto en la Tierra que vendrían ser la latitud, longitud y elevación, además como



la época del año y la duración del día. Todos estos factores pueden afectar más o menos la dosis apta de energía solar. En cambio, el factor que afecta en su mayoría es su disponibilidad efectiva son las nubes y otras condiciones meteorológicas (como la presencia de aerosoles), factores que varían según el lugar y el momento del día. (IDEAM, 2022).

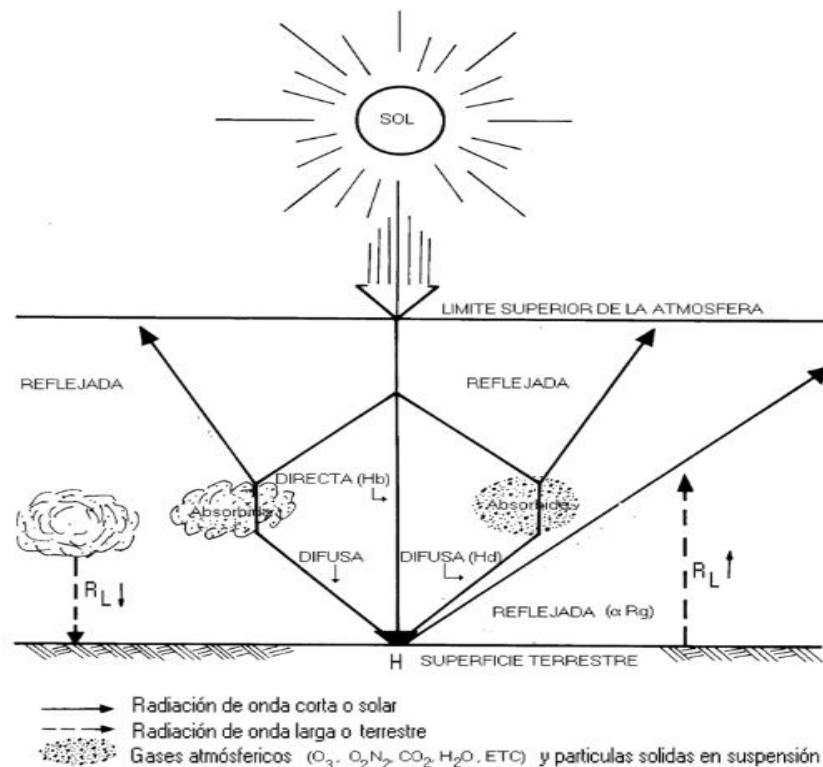
Los principales factores donde afectan la dosis de la radiación presente en el espacio de la tierra:

- La translucides nuestra atmósfera, se distingue mencionado el “coeficiente de extinción” o por su “transmisividad”.
- Nuboso o mucha cantidad de nubes
- El transcurso de la tierra en el sistema solar
- El ascenso del Sol en el paisaje
- Como punto máximo del sol tiene un brillo a su máximo esplendor se le conoce como heliofanía.

En la figura 2.2 se muestra la radiación solar y su camino mediante la atmosfera a eso se le conoce como efecto de bloquear. La radiación directa, difusa, y global son aquellas radiaciones que arriban al final a la superficie terrestre.



**Figura 2.2:** Atenuación de la radiación solar por la atmosfera terrestre



*Fuente: (IDEAM, 2022)*

### 2.2.3. Tipos de radiación solar

#### Radiación directa

Superficie terrestre lugar donde arriba la radiación solar, ya que la luz del sol no se dispersa ni se refleja. El hecho de que la radiación llegue realmente a la superficie terrestre sin cambiar su dirección, podemos calcularlo usando la siguiente ecuación.

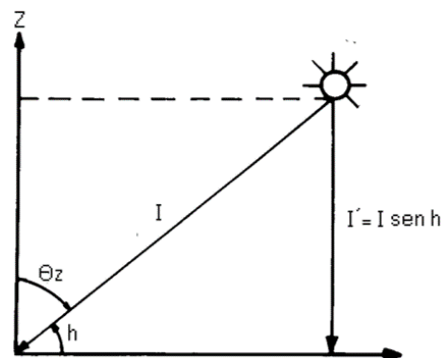
$$H_b = I' = I \sin h$$

Donde se puede ver que  $I'$  es el elemento vertical en la radiación directa, así como  $h$  será la elevación del sol en el paisaje, obviamente que  $I$  será superior que  $I'$  lo único como margen será igual en donde nuestro sol este en su punto más alto.

En la superficie terrestre, el flujo radiante depende directamente de los siguientes factores:

- Irradiancia total solar
- Elevación del sol sobre el paisaje
- Transparencia atmosférica en presencia de gases absorbente, subes, y niebla

**Figura 2.3:** Componente directa de la radiación del sol



*Fuente:(IDEAM, 2022)*

### **Radiación difusa**

La radiación solar presenta una componente se verá que, al detectar pequeñas partículas en suspensión en la atmosfera, en su camino hacia la tierra y relacionarse con las nubes, es propagada a todas las direcciones el flujo con la cual la esta energía incide sobre la superficie horizontal por segundo es lo que llamamos radiación solar difusa.

### **Radiación reflejada**

Veremos que esta radiación es proveniente de la radiación directa en los campos de nuestro entorno se verá más notorio en las zonas del mar y con nieve.

**Figura 2.4:** Tipos de Radiación



*Fuente: (Alfonso, 2015)*

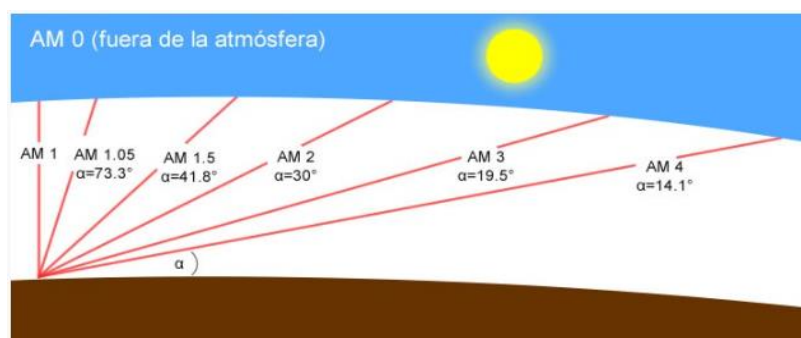
#### 2.2.4. Masa del aire

Una de las medidas es la masa del aire del espesor de la atmósfera que la radiación tiene que cruzar previo alcance al terreno de la Tierra. La abreviatura más utilizada para la calidad del aire es el acrónimo inglés de AM ("Air Mass").

Esta distancia varía con la altura del sol, por lo que cuando la altura del sol sea de  $90^\circ$  perpendicular al campo vamos tener  $AM = 1$ . Lejos de la atmósfera, tenemos  $AM = 0$ .

Reducir la altitud del sol aumenta el espesor del aire por el que debe viajar la radiación, lo que disminuye la dosis de energía, finalmente arriba al espacio de la Tierra.

**Figura 2.5:** Masa de aire para varias alturas solares



*Fuente: (Rica, 2022)*

los paneles fotovoltaicos son caracterizados a una masa de aire igual a 1,5. Esto con la iniciativa de cotejar las propiedades eléctricas de diferentes paneles.

**Tabla 2.2:** Distintas alturas solares para la masa de aire

AM	1	1.5	2	3	4	5	6
Altura Solar	90°	42°	30°	20°	14.5°	11.5°	9.6°

*Fuente: (Rica, 2022)*

### 2.2.5. Constante solar

La irradiancia solar por unidad de superficie eso es la constante solar ya que la densidad de flujo mide la radiación solar electromagnética media. La unidad AU astronómica del sol maso menos la distancia es del Sol a la Tierra.

Todos los tipos de radiación como la solar y la luz visible están incluidos en la constante solar. Se mide por satélite como 1.361 kilovatios por metro cuadrado (kW/m<sup>2</sup>) con luz solar mínima y aproximadamente 0.1% más que alrededor de 1.362 kW/m<sup>2</sup> con luz solar máxima.

Para calcular la solar constante será suficiente divida el flujo de energía emitido por el sol por el área entre la superficie del sol y la esfera de rayos, para que este valor sea realmente medido por los satélites, debe usarse como la temperatura efectiva del sol, será el valor de 5776 K.(Constante Solar – HiSoUR Arte Cultura Historia, 2022).

$$K = \sigma \cdot T_{\text{eff}}^4 \cdot \left(\frac{r_s}{a_0}\right)^2 = 1366 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

La solar constante podremos mencionar en calorías sobre centímetros al cuadrado por

minuto.

$$K = 1366 \frac{\text{julios}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = \frac{1366 \cdot 0,24 \cdot 60}{10^4} = 1,967 \frac{\text{calorias}}{\text{cm}^2 \cdot \text{minuto}} \approx 2 \frac{\text{calorias}}{\text{cm}^2 \cdot \text{minuto}}$$

En la parte superior la energía que llega a la atmosfera, tenemos en vista una unidad usualmente muy utilizada para poder medirlo en un día que es.

$$1 \text{angley} = 1 \frac{\text{caloria}}{\text{cm}^2}$$

**Figura 2.6:** Determinación de la constante solar



*Elaboración propia*

### 2.2.6. Que es el fotón

Más conocido físicamente como una partícula inseparable y siempre recorre a una velocidad similar a la de la luz. Tenemos en cuenta que la propagación en su máxima velocidad que se da en el universo. Ninguna materia es capaz de vencerlo ya que la aceleración es su solides de la materia, inercia, la velocidad que es incrementada por ello se vuelve infinita a velocidad de la luz.

Por cargas en movimiento son creados los fotones. Las cargas generan simultáneamente fuerzas eléctricas y magnéticas que viajan a la luz en forma de ondas electromagnéticas. Los fotones viajan en direcciones precisas, pero solo se pueden encontrar en lugares donde hay ondas eléctricas y la fuerza magnética producida por cargas eléctricas. Se pueden encontrar fotones completos dondequiera que existan estas



fuerzas; más bien, donde estas fuerzas son mayores.

Cuando la fuerza electromagnética se propaga como una onda, es más probable que los fotones se encuentren en sitios de interferencia que se acumulan a partir de estas ondas y es menos probable que ocurran en sitios de obstrucción devastada. En conocimiento del fenómeno de difracción, se confunde el movimiento con el de una onda, sin embargo, es notorio el fotón como la unidad que no se puede subdividir y nunca se puede dividir en partes, y también se descompone por áreas. ocupado por ondas electromagnéticas.(XI. EL FOTÓN, 2006).

### **2.2.7. Que es la irradiancia solar**

Considerando que los parámetros antes mencionados, la irradiancia incidente en el plano horizontal sobre nuestro planeta Tierra en un día despejado al mediodía alcanza un valor máximo de unos 1000 W/m<sup>2</sup>. Este valor depende de la ubicación y sobre todo del cielo nuboso, como decimos.

Si sumamos toda la radiación global incidente en los paneles solares en un lugar determinado durante el tiempo especificado de hora, día, mes y año, obtenemos la energía en kWh/m<sup>2</sup> o MJ/m<sup>2</sup>. Este valor cambia dependiendo de la región a la que pertenezcamos.

Para calcular las distintas componentes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer la irradiación incidente sobre una superficie situada fuera de la atmósfera como referencia, denominada radiación extraterrestre.(Alfonso, 2015)

### **2.2.8. Que es la irradiación**

Se podrá decir que es la irradiancia recibida durante un cierto periodo de tiempo, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de área. Suele medirse



en Wh/m<sup>2</sup> o, en el caso de un día, en Wh/m<sup>2</sup>/día o unidades equivalentes.

Por lo tanto, la radiación incidente en una superficie horizontal incluye radiación directamente asociada en la superficie con la irradiancia. Podremos notar en algunos países del mundo en la época de invierno este nublado y el elemento difuso es mayor que la directa.

### **2.2.9. La hora solar pico (HPS)**

Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida STC, pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.(Alfonso, 2015)

Se puede obtienen las HSP si contamos con los datos de irradiación solar específicamente de un día y lo dividimos entre 1000, ya que el valor estándar de la irradiación en carácter de medida es de 1000watts/m<sup>2</sup>.

Pongamos el caso, si se encuentra con una irradiación de 3.800 Wh/m<sup>2</sup>, para transitarla a HSP, se divide sobre 1.000W/m<sup>2</sup>, con lo que nos da por resultado 3.8 HPS.

### **2.2.10. Los instrumentos de medición en el campo**

#### **Pirheliómetro**

El siguiente instrumento para medir la radiación solar incidente directamente perpendicular a los rayos del sol.

**Figura 2.7:** Pirheliómetro



*Fuente: (Adalberto & Gabriel, n.d.)*

### **Albedometro**

Son adecuados para medir la radiación global y albedo en muchos tipos diferentes de superficies. En la parte superior tenemos el piranómetro que mide la radiación solar global de entrada, en la parte inferior está el sensor que mide la radiación reflejada desde el suelo.

**Figura 2.8:** Albedometro



*Fuente: (Adalberto & Gabriel, n.d.)*

### **Piranómetro**

Este equipo también sirve para medir lo que es la radiación global, directa más difusa normalmente sobre una superficie horizontal. Se tiene 2 sensores que son de



temperatura, que sus colores son similares entre el blanco y la plata uno de estos está regido con la radiación que sería el piranómetro.

Si los dos sensores se encuentran en condiciones similares, en todo menos en el hecho de estar expuesto a la radiación, habrá una diferencia de temperatura entre ellos, la hipótesis de un piranómetro es que la irradiancia es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos sensores.(Adalberto & Gabriel, n.d.)

**Figura 2.9:** Piranómetro



*Fuente: (Adalberto & Gabriel, n.d.)*

### **Difusómetro**

Este equipo está compuesto para la medición de la onda corta difusa a su vez utilizando un piranómetro y una banda sombreadora.

**Figura 2.10:** Difusómetro



*Fuente: (Adalberto & Gabriel, n.d.)*

### **Heliógrafo de campbell-stokes**

Este Heliógrafo como instrumento graficador que tiene por finalidad medir las horas de insolación, sus componentes son una esfera de vidrio macizo en que posee un foco donde se concentran los rayos solares a medida que el sol va avanzando sobre la esfera.

En la parte inferior de la esfera se pondrán un cartón donde están impregnadas las horas y las porciones del día donde seguidamente donde se precisa los periodos despejados, nubosos u otros cambios climáticos según se haya carbonizado la cartulina.

**Figura 2.11:** Heliógrafo de campbell-stokes y cartulinas estacionales



*Fuente: (Adalberto & Gabriel, n.d.)*

### **Pirgeómetro**

Este instrumento que es llamado pirgeómetro nos permite medir la radiación de onda larga, se le usa para medir el intercambio de la radiación de onda larga entre una superficie horizontal ennegrecida, es el detector y una blanca, que puede ser el cielo o el suelo.

### **Radiómetro neto**

También llamado a veces pirradiómetro, mide el flujo total de la radiación de onda larga y corta, lo que permite determinar. Onda corta más la infrarroja de onda larga esas dos se conocen radiaciones incidentes que entre ellas se puede hacer un balance de energía con el parentesco con las dos ondas corta como también larga a su vez infrarroja reflejada e infrarroja emitida por el espacio del suelo. Este cuenta con 2 detectores el radiómetro neto: el primero con cara hacia arriba y la segunda cara abajo.

**Figura 2.12:** Pirradiómetro

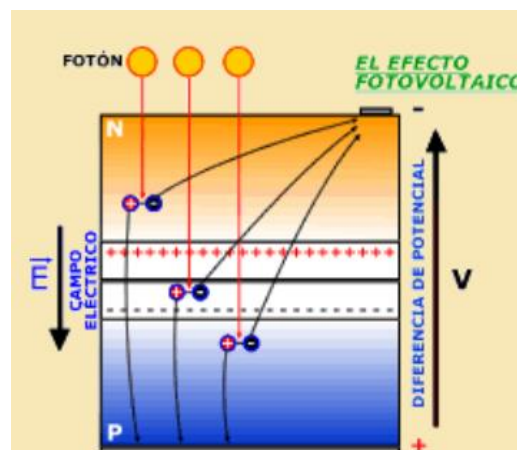


*Fuente: (Displaying Items by Tag: Pyrgeometer, n.d.)*

### 2.2.11. Que se entiende por Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es la generación de una corriente eléctrica cuando dos piezas diferentes de material se exponen a la radiación electromagnética. El efecto fotovoltaico se da en los paneles solares, porque tienen las mismas células fotovoltaicas, a través de las cuales se puede generar una corriente eléctrica.

**Figura 2.13:** Efecto fotovoltaico



*Fuente: (Curso de Energía Solar Fotovoltaica, n.d.)*

Lo que sucede con el efecto fotovoltaico es que del material un electrón es eliminado por los fotones solares, en ese instante es donde empieza el efecto. Esta energía producida por los fotones hace que los electrones superen la energía de atraerlos hacia el núcleo. El electrón se libera del átomo y es llevado mediante el conductor material, el silicio. Para lograr este efecto, se requiere una fuerza de impacto de partículas de radiación de 1,2 eV. A partir de ahí, se lleva a cabo el proceso de generación de electricidad.

Cuando un electrón estalla luego empieza a viajar mediante un conductor material, su átomo aún está incompleto. De los paneles fotovoltaicos se puede sacar todo lo mencionado anteriormente crea una carga eléctrica de tal manera solar inagotable y renovable aprovechando. Ahora bien, para que estas cargas se recojan del panel solar, es



importante que se produzcan de forma continua. Esto significa que los electrones giran en dirección opuesta a los huecos formados en el átomo. Se puede lograr algo simplemente creando un campo eléctrico polarizado constante.

La producción de electricidad es simplemente el resultado del contacto de dos piezas diferentes de material, de esa forma nos ayuda a producir este campo eléctrico dentro de las células del panel fotovoltaico. Tienen carga positiva y carga negativa con exceso de electrones. Se mueve de lado a lado hasta alcanzar a los canales de plata, cuando este se libera el electrón. Al colocar contactos metálicos en la parte superior e inferior de la celda fotovoltaica, se puede obtener una corriente utilizable externamente, es decir, un semiconductor con enlaces P y N. Esta corriente, junto con el voltaje de la celda, determina la potencia que se puede entregar. (Qué Es El Efecto Fotovoltaico y Cómo Se Consigue - Blog de Energía Solar, n.d.)

### **2.2.12. Las células solares fotovoltaicas**

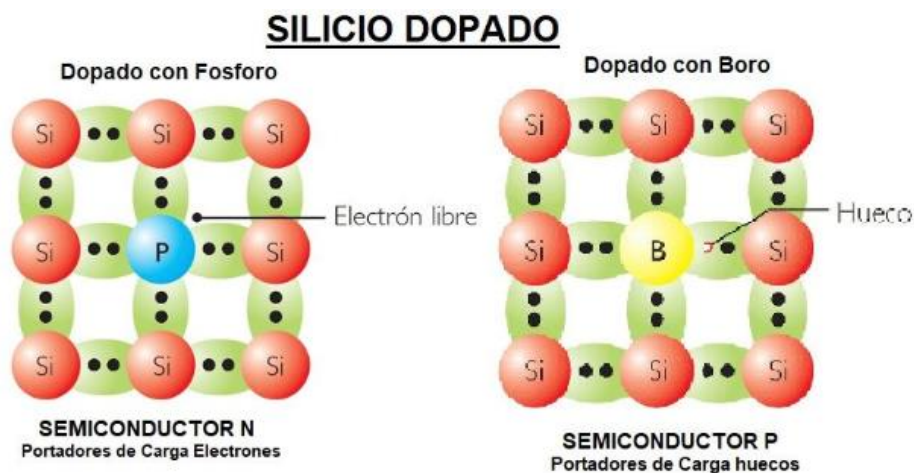
En células fotovoltaicas como en electrónica es en donde el material más usado es el silicio. Con cuatro electrones de valencia que posee el silicio puro a su vez que distribuye con átomos adyacentes, formando enlaces covalentes, al añadir impurezas, es decir, como el fósforo 5 y el boro 3 tienen prácticamente electrones de valencia otros átomos, los atributos conductores del silicio se perturban. Sin embargo, es necesario comprender los dos tipos diferentes de semiconductores fotoeléctrico que se utilizan para fabricarla para así lograr entender cómo se genera una corriente aparte en una celda solar fotovoltaica.

**Semiconductor extrínseco tipo N:** Se fabrica aleando la estructura cristalina de silicio con impurezas de elementos con 5 electrones de valencia en el orbital más externo. Puede ser fósforo, antimonio o arsénico. Como puedes ver en la figura de abajo, el átomo

de P forma 4 enlaces covalentes y también tiene un electrón extra que sale de la órbita para estabilizarlo. Cada átomo de fósforo en la estructura exhibe un electrón libre y la conductividad del material aumenta. Se denominan semiconductores de tipo N porque la carga de los portadores adjuntos (es decir, los electrones) es negativa.

**Semiconductor extrínseco tipo P:** Esto se logra depositando impurezas en la estructura cristalina de silicio. Estas impurezas deben provenir de elementos que tienen tres electrones de valencia en sus orbitales más externos. Estos pueden ser boro, galio o indio. Como se muestra, los átomos de boro forman solo tres enlaces covalentes. De esta forma, el átomo de silicio deja un electrón libre y luego un hueco, que actúa como una carga positiva que se desplaza a través de la red cristalina. Se conocen como semiconductores de tipo P porque la carga de los portadores adjuntos es positiva. (Ernesto, 2009)

**Figura 2.14:** Célula solar fotovoltaica



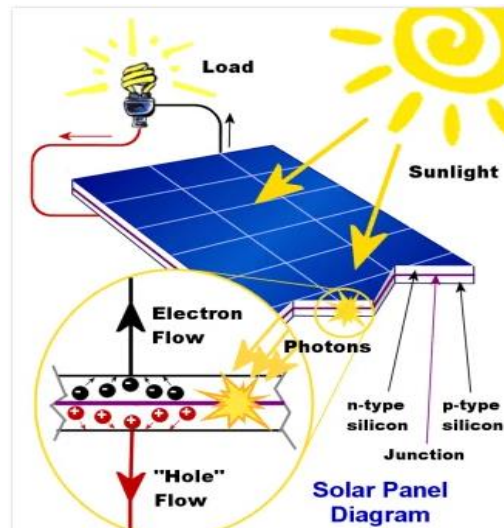
*Fuente: (Ernesto, 2009)*

### Operación de una celda solar fotovoltaica

Una parte de la celda solar se construye con un material semiconductor al que le sobran electrones estos son la carga negativa, semiconductor tipo N y otra parte se realiza

con otro material semiconductor que le faltan electrones con carga positiva o huecos en sus átomos, semiconductor tipo P. Al unirlos y llegar luz, los fotones de la luz ceden su energía a los electrones del semiconductor n moviéndose estos desde la parte n a la p por el circuito eléctrico externo a la celda, generando una corriente eléctrica.

**Figura 2.15:** Operación de una célula solar fotovoltaica



*Fuente: (Así Funcionan Los Paneles Solares y Células Fotovoltaicas - Curiosoando, n.d.)*

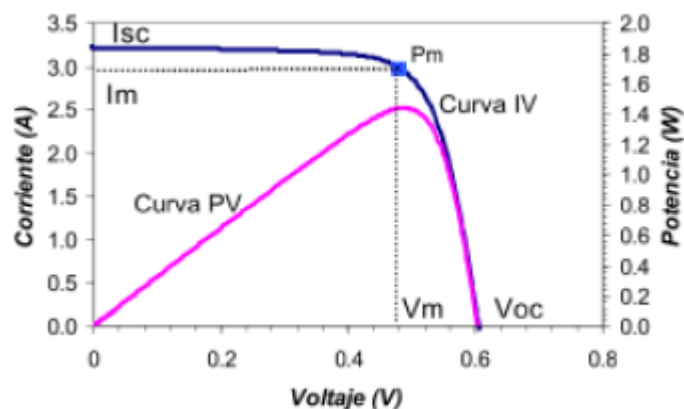
### 2.2.13. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico se describe si fuera un dispositivo apto de convertir la energía solar en electricidad a mediante del efecto fotovoltaico, la célula fotovoltaica es el dispositivo principal. En cambio, la célula FV alcanza valores de voltaje entre 0,5V y 1,5V. Por lo tanto, es necesario conectar varias celdas en serie y/o en paralelo para obtener el voltaje y la corriente reales. Además, esta conexión debe asegurarse para que pueda estar expuesta a la naturaleza, las células fotovoltaicas son muy frágiles y susceptibles a la corrosión, es decir, están protegidas contra el cambio climático, la humedad, los cambios de temperatura, etc. En grupos de celdas, comúnmente denominados módulos, se pueden construir en una variedad de capacidades, capaces de generar corrientes bajas

a tensiones bajas cuando se exponen a la luz. Estos módulos constituyen la unidad básica de generadores fotovoltaicos de mayor potencia, a medida que la energía requerida aumenta. (Vilca Choque, 2020)

Los generadores fotovoltaicos tienen un grado de autonomía sobre el clima, la geografía y otras condiciones que pocas fuentes de energía pueden lograr. Son convenientes en lugares de difícil acceso y lejos de fuentes de energía, y debido a su versatilidad, pueden usarse en cualquier dispositivo operado eléctricamente.

**Figura 2.16:** Potencia de una célula solar FV de 100 cm<sup>2</sup> y su curva característica



*Fuente: (Abella & Romero, n.d.)*

#### 2.2.14. Principales tipos de módulos existentes en el mercado

##### Células monocristalinas

Las células fotovoltaicas de estos paneles están hechas de silicio monocristalino. Esta característica les permite generar electricidad de manera más eficiente gracias a una mayor movilidad de electrones. Se distinguen principalmente por su color oscuro y, debido a su alta eficiencia, son los paneles más caros. Su eficiencia se sitúa en torno al 20 %.



**Figura 2.17:** Células monocristalinas



*Fuente: (López-Linares Gonzalo Herrero, 2021)*

### **Células policristalinas**

Las células fotovoltaicas de estos paneles constan de varios cristales sencillos conectados entre sí. Dado que no es un solo cristal, los electrones no son tan móviles como en los paneles monocristalinos y, por lo tanto, los paneles policristalinos son menos eficientes. Se distinguen por su color azul intenso y, debido a su menor eficiencia que los paneles monocristalinos, cuestan menos. Su eficiencia se sitúa en torno al 17%.

**Figura 2.18:** Célula policristalina



*Fuente: (López-Linares Gonzalo Herrero, 2021)*

### **Células de capa fina**

Aunque tienen la misma actividad de producción de energía que los cristalinicos, su

proceso de fabricación difiere en que producen un continuo panel, con silicio y finito de baja calidad. Por su menor eficiencia y calidad, son más económico.

Su eficiencia es de aproximadamente 8%.(López-Linares Gonzalo Herrero, 2021)

**Figura 2.19:** Célula de capa fina



*Fuente: (López-Linares Gonzalo Herrero, 2021)*

### Efecto de variación de temperatura

En la tabla 2.3 podremos observar el efecto principal de aumentar la temperatura de la célula es reducir el voltaje de circuito abierto y aumentar muy poco la corriente de cortocircuito. La desigualdad de los parámetros celulares vario acorde en el ámbito tecnológico y por ende para cada uno de los fabricantes.

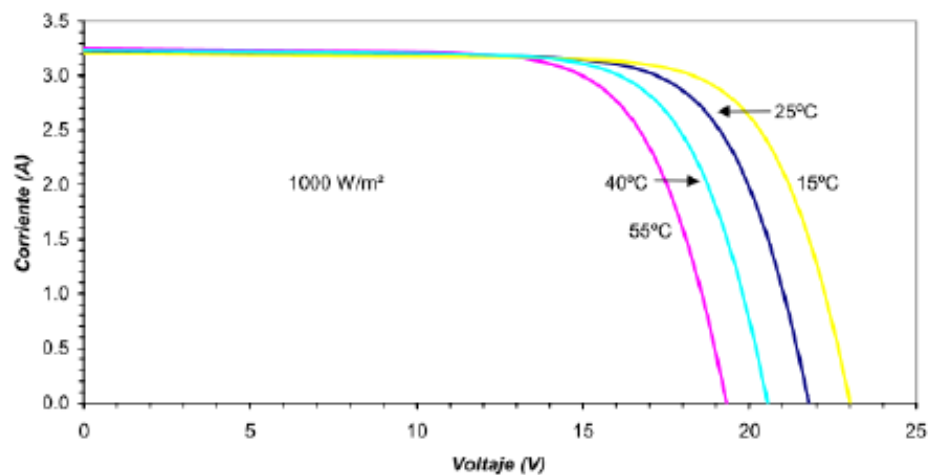
**Tabla 2.3:** Variación de parámetros característicos con la temperatura para una célula de 100 cm<sup>2</sup>

Parámetro	Variación por °C	% de variación por °C
Voc ( $\alpha$ )	-2.15 mV/°C	-0.36
Vm	-2.19 mV/°C	-0.45
Isc ( $\beta$ )	-1.20 mA/°C	0.04
Im	-3.23 mA/°C	-0.1
Pm ( $\gamma$ )	-7.08 mW/°C	-0.45

*Fuente: (Abella & Romero, n.d.)*

En la figura 2.20 podremos observar la variación de la curva I-V de un generador con la temperatura de operación a su vez el voltaje del circuito abierto decrece con la temperatura y por ello la potencia máxima disminuye con la temperatura.

**Figura 2.20:** Variación de las curvas I-V de un módulo para FV típico con la temperatura de operación para una irradiancia constante de 1000 W/m<sup>2</sup>



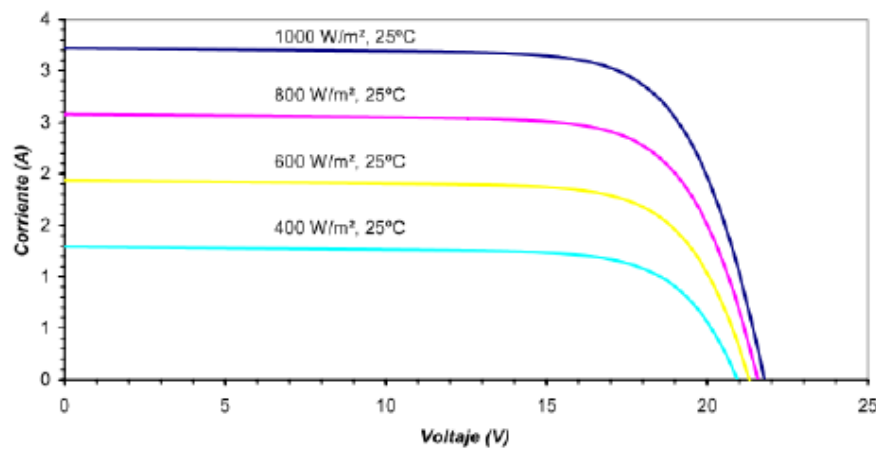
*Fuente: (Miguel, Abella Alonso, 2014)*

### Efecto de la variación de la irradiancia

En la figura mostrada se puede ver la variación de la curva I-V de un generador fotovoltaico con la irradiancia, en donde de corriente de corto circuito se eleva linealmente.

La irradiancia influye en una célula fotovoltaica se hace una variación de corriente y del voltaje de salida. Podremos ver que con la irradiancia obviamente no tan drástico varia la corriente de cortocircuito, observándose una dependencia logarítmica el voltaje de cortocircuito abierto se visualiza menos afectada.

**Figura 2.21:** Variación de las curvas I-V de un módulo FV típico con la irradiancia incidente para una temperatura de 25 °C



*Fuente: (Miguel, Abella Alonso, 2014)*

A continuación, se verá que la eficiencia de conversión fotovoltaica se puede evaluar utilizando la ecuación que observamos en lo siguiente:

$$\eta_g = \frac{P_m}{P_{\text{irradiación}}} = \frac{V_m I_m}{G A_g}$$

Donde se entiende que  $G$  es la irradiancia solar y  $A_g$  es el área activa del generador.

Mediante la irradiancia también con la temperatura se pueden mostrar la variación de la forma a continuación.

$$I_{sc} = I_{sc}^* \frac{G}{G^*} + \alpha(T_c - T_c^*)$$

$$V_{oc} = V_{oc}^* + v_t \ln \frac{I_{sc}}{I_{sc}^*} - \beta(T_c - T_c^*)$$

$$\eta_g = \eta_{g0} [1 + \delta(T_c - T_c^*)]$$

$$P_m = P^* \frac{G}{G^*} [1 - \delta(T_c - T_c^*)]$$

Nos dan a conocer en carácter nominal los valores de los signos gráficos para indicar algo  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son relación de temperatura que lo identifican al generador lo cuales

se pueden definir mediante:

$$\alpha = \frac{1}{I_{sc}} \frac{\partial I_{sc}}{\partial T} \approx 0.0006/^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{V_{oc}} \frac{\partial V_{oc}}{\partial T} \approx -0.003/^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{1}{FF} \frac{\partial FF}{\partial T} \approx -0.0015/^{\circ}\text{C}$$

$$\delta = \frac{1}{P_m} \frac{\partial P_m}{\partial T} \approx -(0.004 \rightarrow 0.005)/^{\circ}\text{C}$$

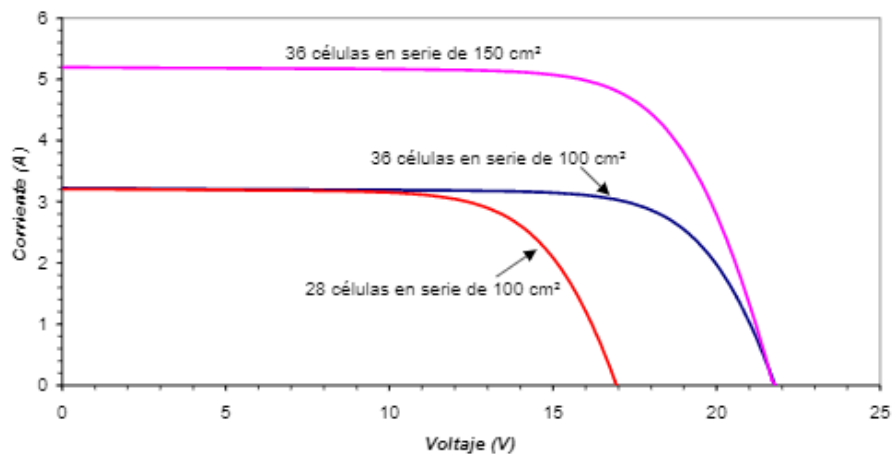
Lo que tenemos que tener muy presente es:

- La irradiancia incidente tiene como fin variar linealmente la conexión de poca impedancia.
- Con el incremento de temperatura baja la tensión de cortocircuito a su vez que la corriente de cortocircuito varía levemente con el cambio de temperatura.
- Un incremento de temperatura de 4 por ciento de cada 10 grados centígrados, eso se rige mediante el incremento de temperatura de funcionamiento eso afecta a la bajada de la potencia máxima.

### **Conexión en serie y paralelo**

Un voltaje de circuito abierto nos da unos 0.6 voltios que es producida por una célula fotovoltaica y para este caso la corriente de cortocircuito, para una célula de 100 cm<sup>2</sup>. A la pequeña potencia que posee, En serie se agrupan las células y en paralelo en módulos fotovoltaicos, también se adiciona una protección para los efectos ambientales conjuntamente aportan un soporte rígido. Usualmente un módulo normal tiene de 36 células unidas en serie para dar:  $I_{sc} = 3\text{A}$ ,  $V_{oc} = 21\text{V}$ ,  $I_m = 2.9\text{A}$ ,  $V_m = 18\text{V}$  y  $P_m = 50\text{W}$ . Si vemos que la potencia proveedora de un módulo fotovoltaico carece o no es lo suficientemente para un determinado aplicativo, se hacen agrupaciones en serie y paralelo de módulos para hacer un generador fotovoltaico.

**Figura 2.22:** Para formar un generador FV, la asociación de células en serie.



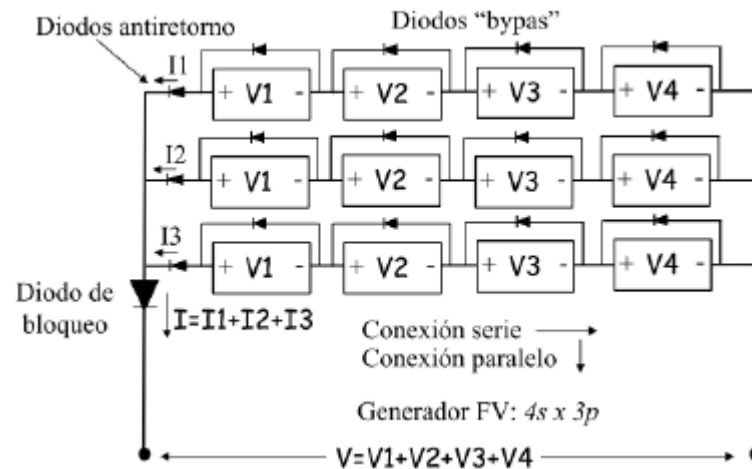
*Fuente: (Abella & Romero, n.d.)*

En la figura 2.23 se muestra un ejemplo de generador FV compuesto por 4 módulos conectados en serie y 3 en paralelo. Conoceremos los puntos donde esta ubicados los diodos de paso, los ya mencionados nos muestra una ruta opcional de la corriente en hecho de sombreado disminuyendo la acumulación de sitios calientes. Luego tendrán el diodo bloqueo como también diodo antirretorno, Estos tienen la naturaleza de mitigar el fujo de corriente contraria. El diodo de bloqueo únicamente se necesita en sistemas con baterías.(Abella & Romero, n.d.)

El generador fotovoltaico suma el voltaje como la suma de los voltajes de cada módulo conectado en serie y el amperaje como la suma de las corrientes de las ramas individuales conectadas en pares.

El generador funcionaria en punto aleatorio de curva I-V generando una potencia variada a carácter parecidas de temperatura también de irradiancia regida por él modelo de carga eléctrica de salida. Cabe mencionar existe un punto de funcionamiento  $I_m$ ,  $V_m$  en la curva I-V de tal manera que la potencia es máxima: es el punto de máxima potencia.(Abella & Romero, n.d.)

**Figura 2.23:** Para un generador FV, la conexión en serie y paralelo en módulos FV



*Fuente: (Abella & Romero, n.d.)*

Cuando las células se juntan en serie, circula la misma corriente a través de ellas, y el voltaje resultante es la suma de los voltajes de cada una. Por el contrario, Se hace una suma para cada valor de voltaje en las corrientes cuando se conecte en paralelo.

En serie como en paralelo están conectadas los conjuntos de células de un módulo fotovoltaico, por ejemplo, si tenemos cargas 12V de una batería, están clasificados de 30, 33 y 36 células que están en serie. Si se requiere más voltaje o corriente que el que puede generar un módulo, estos también se pueden conectar en serie y paralelo para generar los márgenes de tensión, corriente y potencia necesitada.(Abella & Romero, n.d.)

### 2.2.15. Clasificación de plantas fotovoltaicas existentes

En cuestión de las plantas fotovoltaicas tenemos 2 clases que son las aisladas también conectadas a red.

#### Plantas aisladas

Los sistemas fotovoltaicos aislados conocidas instalaciones que están apartados de la red eléctrica.

Toda la electricidad emitida de los paneles solares se consume directamente. Este

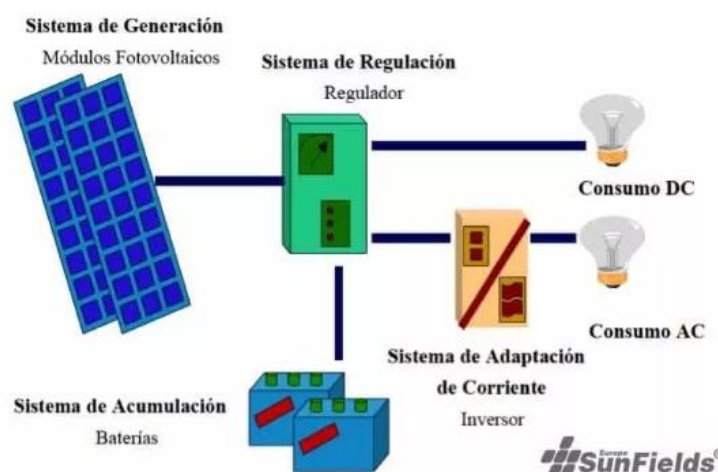
tipo de instalación fotovoltaica es para situaciones en las que no es favorable el coste de su mantención e instalación de líneas eléctricas. De tal manera, el caso de refugio de montaña el caso posteriormente es.

En sistemas aislados debemos de conocer donde se aplican estos, las siguientes:

- En todo lugar que necesite electrificación ya sea electrodomésticos, viviendas, centros comerciales, edificios.
- Farolas públicas.
- Sector ganadero as su vez agropecuario.
- Operación y calidad de agua.
- Centros de comunicación también señalizaciones.

La gran mayoría de las veces la instalación se podrá observar, zonas que no cuenten o estén conectadas a la red eléctrica y podremos observar que cuando se tiene una instalación de un sistema fotovoltaico se ahorrara económicamente al contrario de tener una línea entre la red. La electricidad generada se destina a autoconsumo.(Plantas, n.d.)

**Figura 2.24:** Una planta FV aislada y su principio de funcionamiento



*Fuente: (Alfonso, 2015)*





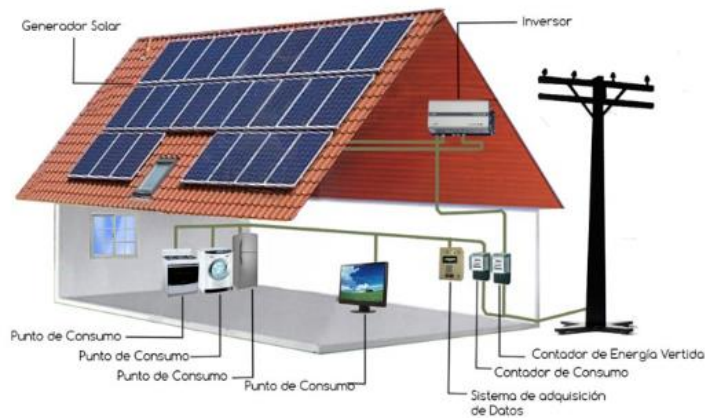
## Plantas conectadas a red

Un sistema solar fotovoltaico conectado a red o de tipo de conexión de red, funciona por medio de uno o varios paneles solares fotovoltaicos se genera electricidad en corriente continua, esta energía se transforma por medio de uno o varios inversores para conexión de red en corriente alterna y se inyecta en paralelo con la red pública la generación lograda. Los sistemas ON-GRID consienten a los usuarios suministrar energía en paralelo para sus propias necesidades o enviarla a un sistema conectado.

En general, el sistema generador ON GRID compartido tienden a dar beneficios significativos a un sistema de distribución, esto depende de diversos aspectos también carácter de operación de la red de distribución, tal como de su ubicación dentro de ella. Los beneficios potenciales más importantes son:

- Modulación de la demanda máxima tiende a un entorno más de superposición en medio del contorno de perfil de generación fotovoltaica y el perfil demanda del edificio o de la línea de alimentación.
- Rearme térmico para dispositivos de distribución, incluye por ende la probabilidad de emplear un monto para añadir su técnica o sustitución.
- Descenso de las mermas por la transmisión como la distribución.
- En alimentadores de distribución se encuentra una ayuda de voltaje.
- En el alimentador se encuentra una compensación de potencia reactiva.(Energía Solar Fotovoltaica Conexión de Red - Renovaenergía S.A., n.d.)

**Figura 2.25:** Conectada a red un sistema de generación FV



*Fuente: (Energía Solar Fotovoltaica En Malaga, n.d.)*

### 2.2.16. Que es el Inversor solar

Un inversor fotovoltaico es un dispositivo cuyo cometido es convertir la energía generada de corriente continua que proviene del generador fotovoltaico en corriente alterna, para los productos y electrodomésticos en casa los demás pueden funcionar con normalidad.

**Figura 2.26:** Planta FV conectada a la red y su principio de funcionamiento



*Fuente: (Rafael, n.d.)*

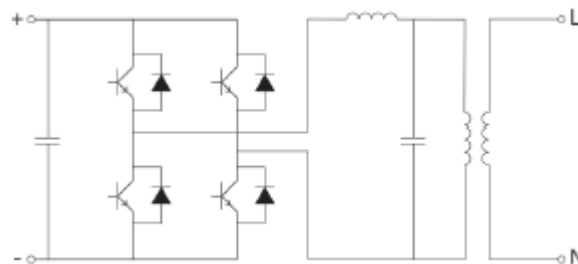
De tal manera de que si queremos una onda sinusoidal se utiliza una técnica más avanzada:

Modulación de ancho de pulso PWM, pulse with modulation, la presente técnica

nos ayudara a regular la frecuencia y el valor rms de la forma de la onda de salida.

La potencia suministrada por el generador fotovoltaico se registrará en el punto de instalación donde opera. Para mejorar el suministro de energía a la instalación, el punto de funcionamiento tiene que corresponder siempre al punto de máxima potencia de forma que debe realizarse este ajuste del generador a la carga.

**Figura 2.27:** Principio de funcionamiento de un inversor monofásico



*Fuente: (Engineering Selección de Inversores En Instalaciones Fotovoltaicas, 2012)*

Los controladores de carga MPPT también conocidos como reguladores maximizadores. Los optimizadores tienden a realizar que paneles solares usualmente la potencia funcione en su máximo punto de modo que se conseguirá en nuestra instalación fotovoltaica un rendimiento máximo, esto se podrá sacar provecho en instalaciones aisladas como también en instalación de conexión On Grid.

Los sistemas MPPT en aplicaciones comerciales reconocen la potencia en su punto máximo en la curva del generador activando pequeños cambios de carga a intervalos regulares para señalar las desviaciones de tensión e intensidad, y al mismo tiempo evalúan si el producto  $I$  e  $V$  obtenido es mayor o menor que el producto anterior. A medida que aumenta la carga, las condiciones de carga cambian en la dirección seleccionada. De lo contrario, las condiciones cambian en la dirección opuesta.

Instalaciones aisladas podemos notar que los inversores tienen que ser lo suficientemente bueno de brindar una tensión del lado CA lo más seguidamente probable

en la variación de la productividad del generador como también la demanda de carga.

Instalaciones montadas a la red son aquellos inversores que su función es multiplicar, lo más posiblemente exacta, en estos casos varios parámetros deberán ser optimizados y maximizados como la salida de la energía de los paneles fotovoltaicos a su vez la tensión de red.

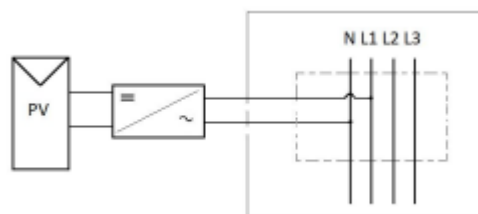
### 2.2.17. Clasificación de los inversores solares conectados a la red

La lista de los inversores solares fotovoltaicas conectadas a red se podrán clasificar en 4 secciones las cuales podrán ser:

#### 2.2.17.1. Clasificación según el número de fases

- **Inversores monofásicos:** En las instalaciones monofásicas solo suministra 1 tipo de clase corriente alterna el mismo se monta a la fase de la red que es la única a su vez provee cargas monofásicas, la figura siguiente tendremos el esquema correspondiente.

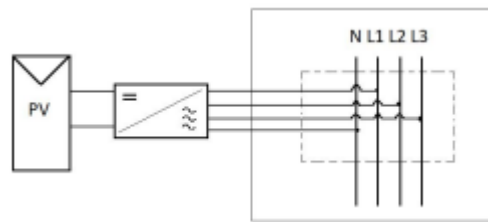
**Figura 2.28:** Esquema de conexión a la red de un inversor monofásico



*Fuente: (Inés, 2018)*

- **Inversores trifásicos:** En las instalaciones trifásicas la corriente que se adiciona a la red eléctrica convencional es trifásica. En la potencia puede haber una diferencia máxima, 5kw en la red. La figura siguiente corresponde a la conexión de red trifásica como esquema.

**Figura 2.29:** Esquema de conexión a la red de un inversor trifásico



*Fuente: (Inés, 2018)*

### 2.2.17.2. Clasificación según su principio de funcionamiento

Podremos notar que se ordenan de la siguiente manera:

- Inversores guiados o conmutados, Estos inversores que eran los primeros en aparecer y aun se necesitan en varias instalaciones de energía fotovoltaica e industrias de automatización y con la separación galvánica de baja frecuencia tienden a operar. La notoria ventaja de los inversores con el ya mencionado principio de funcionamiento: Tienen admitido nominales más grande de potencias. La suficiencia va de media a alta entre valores de 50 y 5000 kW. Productividad alta, en un gran porcentaje de 96% a una carga plena. Es más simple también tiene un rango credibilidad mayor. En alta potencia identificaremos que su precio es considerablemente menor.
- Inversores auto conmutados, La potencia tanto como la tensión nominal influyen bastante en cuál de los componentes electrónico se utilizará en diversos tipos de aplicación. En otro ámbito, Se podría decir que el semiconductor más usado en la actualidad es el IGBT, pero también se encuentran los interruptores que se pueden controlar las más usadas son los transistores bipolares, MOSFET, GTO y IGBT. Los principales beneficios que se puede dar en este tipo de inversores es onda completamente senoidal, permite la compensación del factor de potencia, la señal producida en fase con la red convencional, no generan una gran distorsión armónica, eficiencias altas incluso con poca carga, su principal problema costo más

alto, sus potencia son hasta 500 kW, rendimiento menor que el de conmutación guiada.(Inés, 2018)

### **2.2.17.3. Clasificación según el parámetro que se modula**

En este ítem tendremos dos variades que son:

- Conmutados por red, que seria los inversores de corriente que modulan conmutados.
- Auto conmutados, que vendrían ser los inversores que modulan corriente.

### **2.2.17.4. Clasificación según la configuración del sistema**

El enlace de células crea los módulos fotovoltaicos. También podremos conocer a un generador fotovoltaico en serie y paralelo como un conjunto de módulos interconectados. Se le designa cadena fotovoltaica a una unión de muchos módulos en serie. En el final de cada una de las series se introduce un diodo de resguardo que cierra la movilización de la corriente si se muestran puntos calientes, a continuación, se ve en la figura el esquema de la modificación del generador fotovoltaico. Se calienta en el transcurso de la corriente hasta romperse es un punto caliente fallo que se genera cuando la célula se comporta como una resistencia.

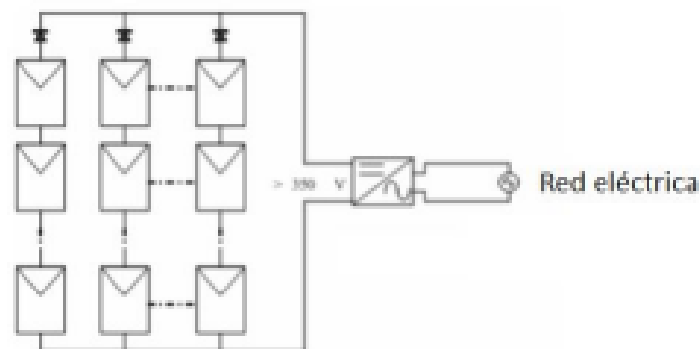
De varias formas de configuración de la vinculación, los módulos fotovoltaico sujeto a la configuración del inversor también el número de etapas de cambio. Podemos encontrar variedad de arquitecturas de montaje depende a la mejora para la obtención de energía en las células o por el contrario mejorar el rendimiento en el periodo de cambio de la corriente continua a alterna. También existen arquitecturas mixtas que intentan aprovechar ambas tendencias.(Inés, 2018)

### **Configuración con inversor centralizado**

La arquitectura en este tipo está diseñada para el rendimiento y su optimización

de un sistema de conversión de CC a CA. Su diseño a su vez su propósito es reducir los costos del equipo y simplificar la instalación. Este tipo de instalación apareció por primera vez en la década de 1980. La base de la presente construcción es que hay un grupo de cadenas paralelas que forman un solo generador fotovoltaico que está montado a un inversor. Sus principales ventajas configuraciones y sistema de control sencillos, con un único inversor, pérdidas mínimas, la tecnología de estos inversores está muy desarrollada, costos bajos, del mismo modo que lo son los de operación u mantenimiento, potencia entregada a la carga es grande, alrededor de MW de potencia, con respecto a sus desventajas que presenta este tipo de instalación, estas son muy sensibles a las sombras y variaciones de orientación, pueden ser afectadas por desajustes entre módulos fotovoltaicos, se producen pérdidas porque no se obtiene la máxima potencia para las cadenas.(Inés, 2018)

**Figura 2.30:** Un inversor centralizado y su esquema de configuración



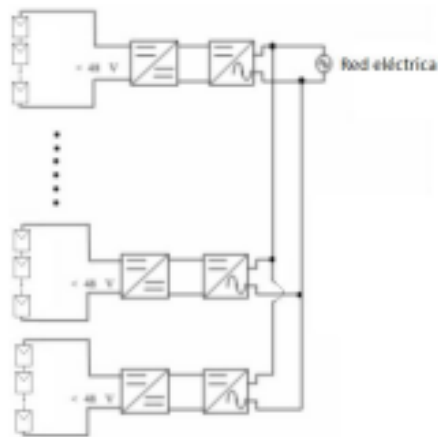
*Fuente: (Inés, 2018)*

### **Configuración con inversor en cadena**

Aparecieron una década después que los diseños centralizados. Estas arquitecturas tienen el fin de una mejora en la eficiencia de la conversión de energía solar en electricidad, en otras palabras, los paneles generadores optimizar su configuración. Todo su gráfico reside en cables fotovoltaicos independientes conectados en paralelo. Cada circuito tiene su propia etapa de conversión: un convertidor CC/CC que aumenta el voltaje

suministrado por el circuito para igualar la potencia máxima y un inversor CC/CA que lo conecta a la red normal. con respecto a sus ventajas, las zonas de sombra no son tan problemáticas ya que existe un seguidor de la potencia máxima por cada inversor que optimiza la potencia, los rendimiento en esta configuración aumentan, la energía generada es mayor ya que sus sistema de seguimiento de máxima potencia son independientes para cada cadena, por otro lado sus principal inconveniente es su complejidad al tener una gran cantidad de equipos, por lo tanto aumenta el costo de instalación y el rendimiento de conversión total empeora al existir un mayor número de inversores.(Inés, 2018)

**Figura 2.31:** Un inversor en cadena y su esquema de configuración



*Fuente: (Inés, 2018)*

### Arquitecturas mixtas

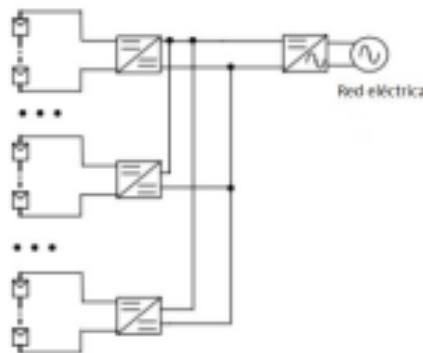
Estas intentan utilizar las dos tendencias anteriores ya mencionadas, tienen el objetivo de hallar un equilibrio entre la optimización de la configuración de paneles y la optimización de la configuración de convertidores, se emplea agrupar módulos en serie para la construcción de generadores con MPPT independientes pero conectados a un inversor único de alta potencia, de manera que se consiga un balance entre un diseño fácil y a buen precio con alto rendimiento en términos de obtención del punto de máxima potencia.



### Arquitectura multicadena

Nace con el fin de mitigar el coste con respecto al número de inversores que se requieren en el montaje. Adicionando un convertidor continuo a continua a cada cadena para incrementar la tensión continua cedida, decreciendo el número de módulos y haciendo el MPPT particular. Seguidamente, todas estas etapas a un único inversor se conectan en paralelo en bus de continua.

**Figura 2.32:** Un inversor multicadena y su esquema de configuración

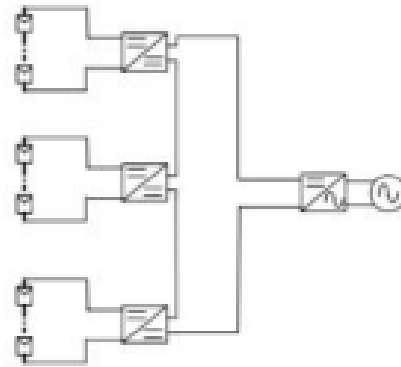


*Fuente: (Inés, 2018)*

### Arquitectura DC-serie

Este diseño que surge con el objetivo de proporcionar el trabajo de elevación de la tensión generada por los módulos, con etapas de conversión asociadas. Adicionando un convertidor CC/CC en cada cadena luego cambiando la señal en un inversor siguiente centralizado así el voltaje de la red es alcanzada. Sin la necesidad de invertir grandes cantidades en inversores CC/CA, así se mitigaría el número de módulos.

**Figura 2.33:** DC-serie y su esquema de arquitectura

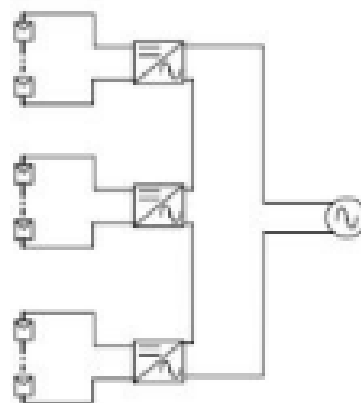


*Fuente: (Inés, 2018)*

### Arquitectura AC-serie

Su origen es el mismo que el anterior, que consiste en instalar un convertidor CC-CA por cada cadena de módulos y luego conectar las cadenas para obtener tensión de la red normal.

**Figura 2.34:** AC-serie y su esquema de arquitectura



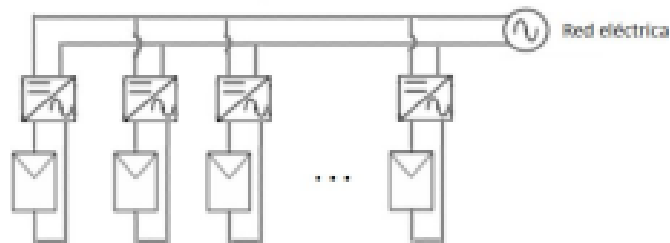
*Fuente: (Inés, 2018)*

### Micro inversores

Esta nueva arquitectura de sistema fotovoltaico utiliza micro inversores para brindar flexibilidad en la optimización del diseño y el monitoreo del punto de máxima

potencia y puede alcanzar un rango de potencia de 100-500W. Trabajan transformando la señal que producen individual o como máximo dos paneles fotovoltaicos que son los micro inversores convertidores CC/CA, el inversor y panel conjuntamente son una estructura exclusiva que se acopla directamente a la red, está ya mencionada estructura se le llama también como modulo CA.

**Figura 2.35:** Un micro inversor y su esquema general



*Fuente: (Inés, 2018)*

Este tipo de configuración es muy común en entornos urbanos donde se utilizan las estructuras de los edificios para instalar los paneles fotovoltaicos. Una buena cantidad de módulos CA a su vez en paralelo a la red eléctrica convencional, suelen ser conectadas un gran número de ellas en prácticas aplicable.

Su principal ventaja es que su configuración permite que cada inversor monitorice de forma independiente del módulo en si punto de máxima, optimizando así el rendimiento. Si algún equipo falla, la operación general no se verá afectada, el módulo inversor es fácil de conectar e instalar, no hay cableado a continua y modularidad proporciona una mayor libertad de diseño. El principal inconveniente es el alto costo de uso de esta arquitectura, que está relacionado con el hecho de que el módulo inversor proporciona muy poca energía, lo que lo hace costoso para aplicaciones pequeñas e inaccesibles Accesible en aplicaciones de gran escala, la vida útil del panel de la unidad los inversores se acortan, Los paneles fotovoltaicos tienen una vida útil muy larga de más de 20 años, pero los inversores no. (Inés, 2018)



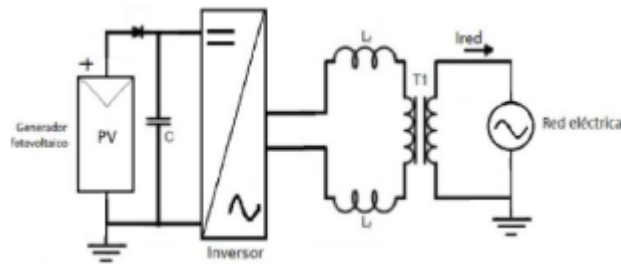
### **2.2.17.5. Según el tipo de aislamiento galvánico**

La separación eléctrica de los 2 periodos de un dispositivo electrónico es su separación. En los sistemas fotovoltaicos su objetivo es separar los generadores fotovoltaicos de las redes eléctricas convencionales. Se trata de una transferencia de energía que se produce sin conducción directa para evitar la circulación de corriente por las dos etapas. De esta forma, los volúmenes de las dos etapas quedan aislados y seguros. El aislamiento entre placas y redes se logra mediante el transformador de aislamiento que provee aislamiento eléctrico. las funciones del aislamiento son de evitar la transmisión de defectos entre la red y el sistema generador, no permite que se transmita corriente continua a la red y hacer de barrera de posibles sobretensiones procedentes de la red que se pueden transmitir a los módulos o al inversor, aumentar la seguridad frente interferencias electromagnéticas, evitar corriente de modo común, puede incrementar el voltaje de salida del inverso en caso de que sea necesario; en un sistema FV el aislamiento galvánico entre la parte alterna y continua mediante un transformado no es estrictamente necesario, depende de la normativa de cada país.(Inés, 2018)

### **Inversores con aislamiento galvánico en baja frecuencia**

Una de las primeras ciencias en sistemas FV que se hicieron tenían un transformador de frecuencia baja hacia el aislamiento galvánico del inversor y red habitual, el enclave del dispositivo incrementa la disminución de potencia en si la dimensión, volumen, y lo económico total de sistema fotovoltaico.

**Figura 2.36:** En baja frecuencia, el esquema del inversor FV con un transformador de aislamiento



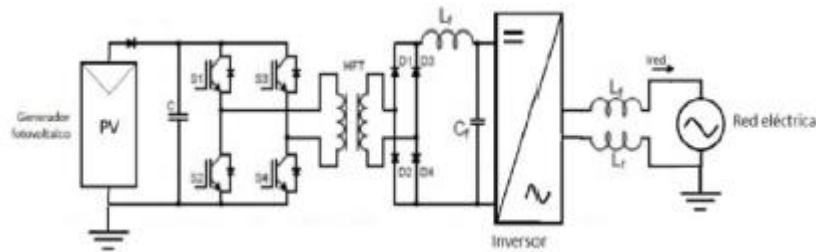
*Fuente: (Inés, 2018)*

### **Inversores con aislamiento galvánico en alta frecuencia**

En este tipo de configuración el transformador se coloca en la sección DC y opera a frecuencias entre 10 y 50 kHz, pero las pérdidas, tamaño y precio de este transformador son bajas, el sistema es más complejo y subcomponentes. Hay que tenerlo en cuenta a la hora de analizar. El sistema es más complicado de conectar entre sí, por lo que el coste de conexión es mayor y de modo relevante el precio final no se reduce. La pérdida de cambio es ligeramente menor, pero es un proceso complicado. Se puede ver que la eficiencia general permanece constante en comparación de baja frecuencia del aislamiento.

En resumen, la desigualdad entre una configuración como otra a las justas es evidente como también se necesita aun investigar posibles soluciones al aumento de la utilidad y su acortamiento de los costos.

**Figura 2.37:** En alta frecuencia, el esquema del inversor FV con un transformador de aislamiento

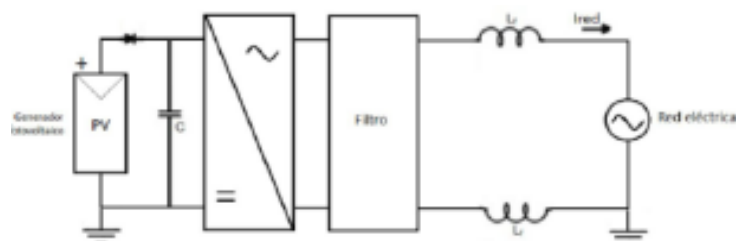


*Fuente: (Inés, 2018)*

### Configuración sin aislamiento galvánico

Este surge con la idea de eliminar el transformador de la instalación con el objetivo de acabar con el problema de pérdidas en los devanados y de reducir el tamaño y el costo, sin embargo al no haber aislamiento galvánico entre la parte alterna y continua se hace necesario incluir otro tipo de sistemas de protección contra posibles desvíos de corriente eléctrica que pueden generarse en los dispositivos, o transmisión de corriente continua a la etapa alterna y sistemas de seguridad para el personal y los usuarios, en aplicaciones de baja potencia ya se utilizan los transformadores.

**Figura 2.38:** Esquema del inversor FV sin transformador de aislamiento galvánico



*Fuentes: (Inés, 2018)*

### 2.2.18. Algoritmo de seguimiento de potencia

El objetivo de este sistema es regular la generación de energía del panel solar según dos modos de operación. Supervisión de la potencia máxima disponible y

supervisión de la potencia de referencia que suele consumir la carga frente a la variación de las irradiancias y la temperatura. Tanto el exceso de energía en el primer caso como la falta de energía cuando la demanda de la carga supera la capacidad de producción de los paneles solares se toman de la red, Tal como se explicó en apartados anteriores.

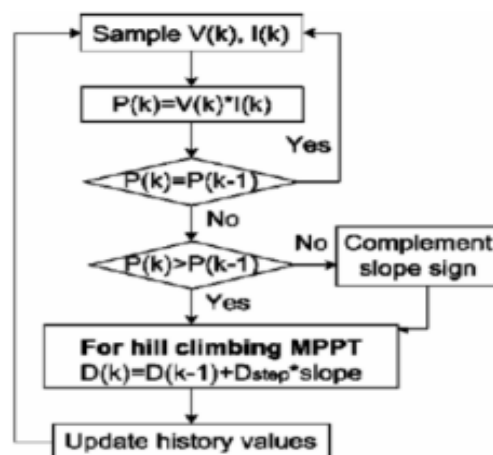
Los siguientes algoritmos se rigen principalmente ante el entorno medioambiental la conducta de la curva P y V de la placa solar anteriormente explicadas. Se puede explicar, se fija un voltaje de antecedente en las bornas del panel fotovoltaico, en función de la potencia que se quiera dar.

### Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT)

Este método se basa en sacar del panel solar siempre la máxima potencia. El voltaje de salida debe del panel debe ser reajustado mediante el algoritmo para incrementar o reducir la potencia de salida, más cerca del valor máximo.

Un método para lograr este pico de potencia se llama perturbación y observación, que observa el cambio en la potencia de salida debido al cambio de voltaje y alcanza un estado final cuando entre dos valores de voltaje la variación de potencia es mínima (curva de pendiente P-V cero). El diagrama de estados se muestra a continuación. (Fernando, 2019)

**Figura 2.39:** Diagrama de bloques del algoritmo MPPT P&O

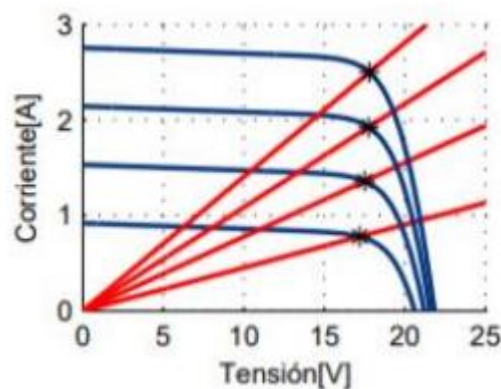


*Fuente: (Fernando, 2019)*

El comportamiento de esta estrategia queda determinado por el valor tomado para  $D_{step}$  la pendiente (slope), a elegir según la dinámica deseada del sistema. Un punto de este enfoque es que es difícil lograr un punto de potencia pico real que haga que el punto de ajuste de voltaje oscile con respecto al punto de operación (MPPT).

Otro método es el algoritmo de conductividad ascendente basado en el punto de carga óptimo de la curva I-V del panel fotovoltaico.

**Figura 2.40:** Recta de conductancia en curva I-V



*Fuente: (Fernando, 2019)*

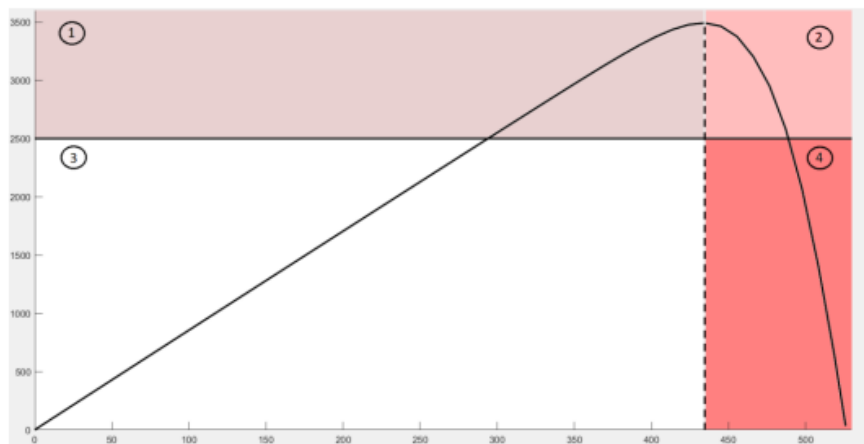
### **Seguimiento del punto de Potencia Específica (SPPT)**

En este caso el objetivo no es extraer la máxima potencia posible del panel fotovoltaico, sino adecuar la generación a la demanda de las cargas conectadas a la instalación. Esto se logra variando el voltaje a través del tablero para cambiar el punto de operación de la curva P-V. La respuesta del algoritmo se modifica al incluir la potencia de referencia requerida por la carga, así como la curva P-V.

se distinguen un total de 4 zonas, según la localización del punto de trabajo (potencia que entrega el panel) respecto a la potencia de referencia de cargas (en la imagen unos 2500W) y el voltaje de máxima potencia (sobre los 440V).(Fernando, 2019)



**Figura 2.41:** Curva P-V con potencia de referencia



*Fuente: (Fernando, 2019)*

**Zona 1:**  $P_{operación} > P_{ref}$  y  $V_{operación} < V_{mpp}$

**Zona 2:**  $P_{operación} > P_{ref}$  y  $V_{operación} > V_{mpp}$

**Zona 3:**  $P_{operación} < P_{ref}$  y  $V_{operación} < V_{mpp}$

**Zona 4:**  $P_{operación} < P_{ref}$  y  $V_{operación} > V_{mpp}$

Las zonas 1 y 3 pertenecen a la denominada zona lineal, donde el comportamiento PV se puede aproximar al de una recta (excepto en la etapa final, como se puede observar). Será el lugar en donde trabajara el algoritmo planteado, con la finalidad de obtener un incremento en el control y firmeza. Dificultando la precisión de control en las zonas 2 y 4 conciernen en la fracción de caída exponencial, de acuerdo a eso en la caída de potencia con relación a la variación de voltaje es elevada.

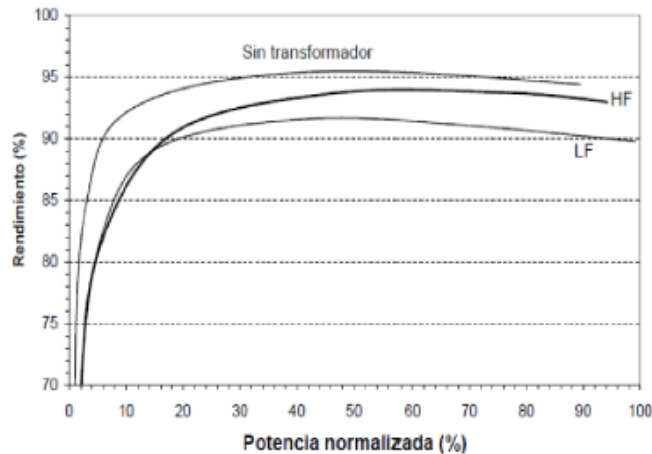
Las condiciones ambientales pueden impedir que el sistema suministre la energía requerida a la carga en todo momento. En ese caso, el sistema debe suministrar el máximo posible (MPPT).

### **2.2.19. Eficiencia en inversores**

La potencia de entrada y de salida relacionadas ambas se convierten en la

eficiencia del inversor. Para conseguir el valor verdadero, se debe considerar un sistema de filtro, protección o transformador. Dependiendo de las pérdidas, la eficiencia global real causadas por los propios componentes internos del inversor.

**Figura 2.42:** Rendimiento de un inversor según su aislamiento galvánico



*Fuente: (Inés, 2018)*

Trabajando a plena carga y en condiciones óptimas, los inversores pueden alcanzar rendimiento entre el 90% y 95%. Anulando su operatividad en media carga, esto logra optimizar casi usualmente que la potencia nominal del inversor tiene que ser menor a la potencia límite del generador. No obstante, en fin, de mitigar las sobrecargas logra pasar que el generador es decir enorme así se desperdicie energía al momento de determinar la corriente que arriba al mismo. Tolerando la operatividad del mismo, por sobre los 90% de su potencia nominal, esto incita que la potencia del generador debe que ser 1.2 veces más elevado que el inversor.

Como se ve en la ecuación el abastecimiento del inversor se describe como conexión de la potencia de salida y la entrada.

$$\eta_I = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}$$

Del abastecimiento se consigue el “rendimiento europeo”,  $\eta_{\text{Euro}}$ , fácilmente es

conocido para cotejar inversores, ante todo la red, se consigue de la media bajo de la eficiencia diversas cargas, obviando considerar la entrada de la tensión cual será de calcularse.

$$\eta_{\text{Euro}} = \sum a_{\text{Eu}} \cdot \eta_{i|\text{MPP}}$$

Vemos que  $a_{\text{Eu}}$  se tiene conocido como la ponderación europea y,  $\eta_{i|\text{MPP}}$  tiene que ver al abastecimiento sin movimiento del seguidor del punto de la más elevada potencia para una potencia parcial calculada.

$$\eta_{\text{Euro}} = 0.03\eta_5 + 0.06\eta_{10} + 0.13\eta_{20} + 0.1\eta_{30} + 0.48\eta_{50} \\ + 0.2\eta_{100}$$

Se podrá notar que  $\eta_5$  tiene que ver al rendimiento a un 5% de la potencia,  $\eta_{10}$ , un rendimiento del 10% luego así consecutivamente.

### 2.2.20. Criterio de selección de inversores

Aconsejamos tomar en consideración el gasto energético como también las horas solares pico del lugar donde se harán los estudios para luego escoger cada uno de los elementos que integran del sistema, a su vez tomando en consideración lo siguiente:

$$V_{oc} \text{ panel} < \text{Max. VMPPT micro inversor}$$

$$I_{sc} \text{ panel} < I_{\text{max input MPPT micro inversor}}$$



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DISEÑO Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Lo que se mostrará en el presente capítulo será que tipo de investigación es el presente trabajo, a su vez planteado el diseño de la metodología.

##### 3.1.1. El tipo de investigación que se realizara

Investigación aplicada se puede describir como la búsqueda de la multiplicación de intelecto con aplicativo directo a las posibles circunstancias en nuestra sociedad o como también puede ser el sector productivo. Básicamente se rige en encuentros tecnológicos de la investigación básica, atendiendo del transcurso de junta con la teoría a su vez con el producto.

En si es principalmente un método de juntar teorías con sus productos en el cual en las ganancias tecnologías básicas en la investigación, así como se proyecta en el presente trabajo de investigación en donde aplicamos ideas teóricas en donde nos servirán como ayuda para la instalación de sistemas on grid con micro inversores. Como también se ve que es una investigación tipo preliminar, Cabe mencionar que son escasos las investigaciones similares que se trataron en situaciones climatológicas geográficas como en la región de puno. La investigación preliminar es donde se manejan asuntos incognitos o poco investigado, al final los resultados serán de utilidad a una percepción cercana del objeto. En otras palabras, un estudio de nivel aparente o trivial.

##### 3.1.2. El diseño de la investigación que se realizara

El presente trabajo de investigación es de carácter preexperimental, ya que posee un pequeño rango de observación en las variables que se denota el diseño de carácter preexperimental radica en emplear a cualquier conjunto una única preprueba, más



adelante se da a emplear un incentivo luego finalmente se lleva a cabo una prueba post, la cual es resolver si se dio o no un cambio.

### **3.2. MUESTRA Y POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **CORRESPONDIENTE**

##### **3.2.1. La población**

Teóricamente población se describe como el grupo de elementos o individuos que se señala a carácter universal en si juntan parecido al grupo de elementos de observación. No obstante, para el proyecto que se investiga en lo siguiente vemos que, en la población descrita mediante la indagación conseguida por medio del micro inversor, por las peculiaridades en donde se han apreciado en la tesis.

##### **3.2.2. La muestra**

Esta describe a la muestra como una reducida parte de una población, mezclado por los más característicos, en donde aplican diversos instrumentos o equipos para la recopilación de datos el mismo logra hallarse mezclado por personas, elementos objetos que deben agrupar las particularidades imprescindibles en forma de llegar a nuestros objetivos planteados. De tal manera de que la muestra en este trabajo de investigación fue la información recolectada durante el periodo del 1 al 31 de setiembre del 2022.

### **3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

##### **3.3.1. El lugar de estudio**

El lugar exacto donde se llevó a cabo el estudio fue en las instalaciones de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica en la ciudad de puno en el antiguo pabellón encima del laboratorio de automatización específicamente en el techo del mismo.



### 3.3.2. Uso de materiales a su vez descripción de los métodos

#### a) Diseño de muestreo

Es imprescindible reunir tanto como datos y a su vez variables en una buena cantidad que participen en método de producción para que sea posible resolver las características de funcionamiento y eficiencia del micro inversor, de tal manera de que el trabajo cosiste en conservar la demanda de la carga a lo largo de la fase de nuestro acoplado al micro inversor, determinando parámetros eléctricos distintos, posteriormente examinar como también hacer la interpretación de la información.

#### b) Descripción del uso de materiales, equipos, etc.

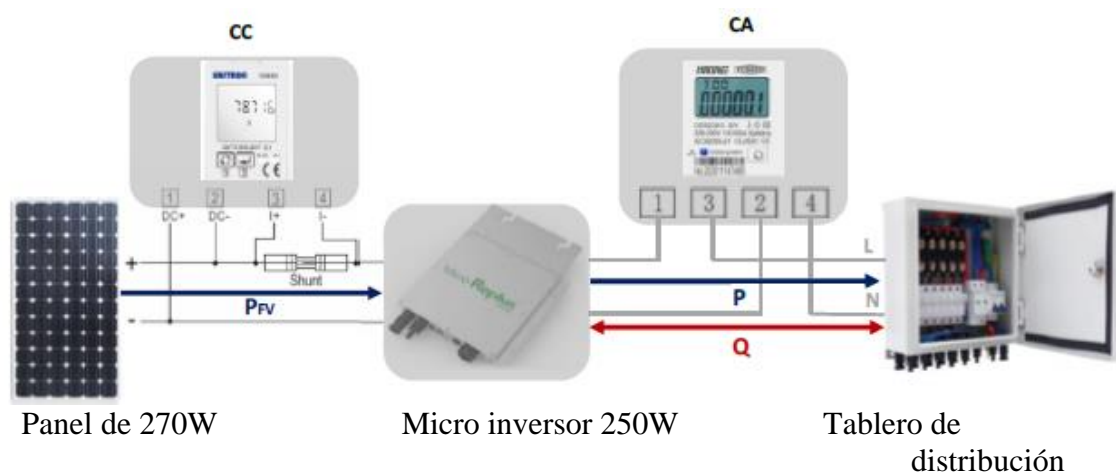
En este caso para el accionamiento del sistema fotovoltaico empleando micro inversores montados a red carente de provisión de energía, la causa de la investigación del presente trabajo. Está integrado de silicio policristalino un panel fotovoltaico montado con orientación de 30° orientados a norte, Tiene como potencia máxima el panel de 270 W tipo CNBM-120M que es fabricado por la corporación CNBM, un micro inversor montado a red de 250 W en CC, en CA varía el valor que es de 220 que está fabricado por Renesola que su modelo es REPLUS-250A un sistema de seguimiento y recolección de datos se hace con intermediario del minuto desde las 5:30 hasta las 18:30 horas diariamente. Las Especificaciones métodos de nuestro panel FV y micro inversor se visualizarán en las tablas 3 y 6.

En el método de medición tendremos lo que vendría ser un medidor eléctrico multiparámetro incorporado marca EASTRON y el modelo de dicho equipo es DCM230 en corriente CC también se tendrá el medidor multiparámetro eléctrico incorporado con la marca de HIKING modelo DDS238 en CA, los dos abastecido de una señal de comunicación RS485 y protocolo MODBUS, en esta vez esto nos ayudara a hacer la interacción mediante un portátil en donde podremos adquirir el registro de nuestros

medidores, con información que se podrá recolectar será guardada en un repositorio en un formato estándar.

En este caso el micro inversor estará montado en el antiguo pabellón a la red del sistema de la escuela de mecánica eléctrica conjuntamente con el tablero de distribución correspondiente, como se podrá entender como no es un sistema que necesite almacenamiento de energía ya que está montado a red, de tal manera que será conectado directamente a nuestro tablero de distribución y a su vez va estar interconectado al tablero general del pabellón.

**Figura 3.1:** Esquema de instalación del micro inversor como también medición



*Fuente: Universidad nacional del altiplano, Puno*

### c) Procesamientos de la información

Mayormente datos reunidos no específicamente son los más indicados, por lo cual se efectúa un método preliminar antes de emplearlos, ya que esto lleva a quitar la data, adicionar características, suplir los valores que faltan entre otras.

Los procedimientos involucran ratificar en sistemas de medición las lecturas si son correctas, las faltas posibles que se visualicen en esta son negativas las lecturas o de corriente hueca, energía también potencia, etc., para que estas lecturas erróneas sean eliminadas y a su vez sustituidas con valores dependiendo al caso se puede dar uso a la

interpolación de los anteriores puntos como también posteriores. Debidamente lista para el análisis con la data correspondiente se realizará a producir varios informes de los criterios eléctricos medidos en corriente alterna, este desarrollo es ejecutado empleando Jupyter Notebook, también la biblioteca panda este nos ayudará a utilizar datos y para terminar con el Matplotlib que en este caso será de ayuda para la obtención de gráficos de buena calidad, las dos bibliotecas ya mencionadas son el lenguaje de programación Python.

### 3.3.3. Los materiales

#### Panel fotovoltaico

En esta situación el generador FV está diseñado con silicio y sus células que en este caso sería los policristalinos, se ha empleado el mismo para la investigación.

**Figura 3.2:** Utilizado como un generador FV, panel solar de 270W



*Fuente: Manual CNBM, fabricante*



**Tabla 3.1:** Panel fotovoltaico de 270W y sus especificaciones técnicas

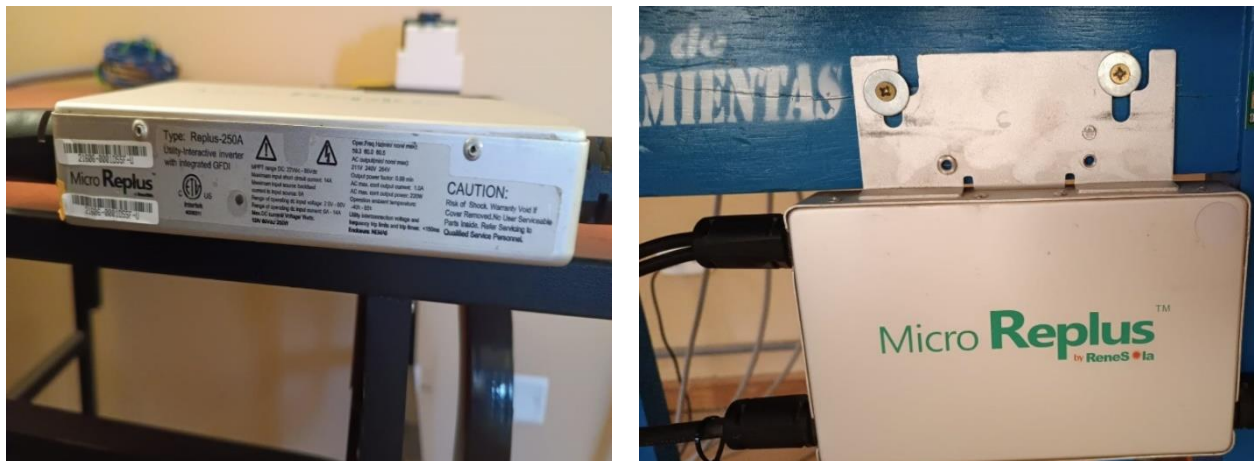
Características	CNBM-120M
1. La potencia máxima	270 W
2. El voltaje máximo ( $V_{mp}$ )	17.06 V
3. La Corriente máxima de potencia ( $I_{mpp}$ )	6.82 A
4. El voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ )	22.4 V
5. La corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ )	7.09 A
6. La eficiencia del módulo ( $\eta$ )	11.50%
7. El tipo de celda	Silicio policristalino

*Fuente: Manual CNBM, fabricante*

### Micro inversor solar

Este dispositivo nos ayudara a transformar la energía que genera el panel de Corriente CC a corriente CA posteriormente este le enviara a red de distribución, en esta ocasión se utilizó el modelo Replus 250A que esta con una adición de un MPPT para la mejora. Este micro inversor es de 250W.

**Figura 3.3:** Micro inversor E-Solar-250W



*Fuente: (Micro Replus-250A Solar Panel Micro Inverter Electric Supply 250w  
ReneSola Is a Smart Grid-Tie Microinverter - Walmart.Com, n.d.)*

**Tabla 3.2:** Micro inversor de 250W y sus especificaciones técnicas

Características	REPLUS 250A
1. La potencia máxima en (C.C)	250W
2. El voltaje máximo en (C.C)	60V
3. El rango de funcionamiento del (MPPT)	22V-55V
4. El rango de funcionamiento de corriente	0A-14A
5. La corriente máxima en (C.C)	14A
6. La potencia máxima en (C. A)	220W
7. La tensión nominal en (C.A./Rango)	230V-200V-270V
8. La corriente máxima en (C. A)	1.1A
9. La frecuencia	50Hz-45.5Hz-54.5Hz
10. La temperatura de operación	-40°C ~ +65°C
11. La máxima eficiencia	96.30%
12. El THD	<4%
13. El factor de potencia	>0.99%

*Fuente: (Micro Replus-250A Solar Panel Micro Inverter Electric Supply 250w ReneSola Is a Smart Grid-Tie Microinverter - Walmart.Com, n.d.)*

### Medidor eléctrico AC

Este equipo llamado medidor principalmente esta creado para ayudar con la medición a las variables de corriente alterna de energía activa 2 hilos, como también para ejecuciones residenciales de servicio públicos e industriales. En esta ocasión nos ayudara hacer una lectura remota conjuntamente con la RS485 que es la comunicación.

**Figura 3.4:** En corriente CA, el medidor eléctrico multiparámetro



*Fuente: Manual del fabricante*

**Tabla 3.3:** Medidor multiparámetro C.A y sus especificaciones técnicas

Características	HIKING DDS238-2ZN/S
1. El voltaje en (C. A)	110V,120V,220V,230V,240V
2. La corriente en (C. A)	5(65)A
3. La frecuencia	50 o 60 Hz +/- 10%
4. La clase de precisión	1
5. El IP grade	IP20
6. La constante	1000 @ 2000 imp /kWh
7. El puerto de comunicación	RS485
8. La precisión	voltaje -5%, corriente-5%, factor de potencia +/-1%, potencia activa+/-2% energía activa - clase 1

*Fuente: Manual del fabricante*

### Medidor eléctrico DC

Este tipo de medidores en corriente continua de multiparámetro logra medir el voltaje, energía, potencia, permite la medición en dos direcciones que tiene un tipo de salida de pulso, proporcionado de una comunicación mediante un borne del sistema ya mencionado que es el RS485 empleando Modbus RTU.

**Figura 3.5:** En corriente CC, el medidor eléctrico multiparámetro



*Fuente: Manual del fabricante*



**Tabla 3.4:** Medidor eléctrico multiparámetro en C.C y sus especificaciones técnicas

<b>Características</b>	<b>EASTRON DCM 230</b>
1. El voltaje en C.C	5-1000V/5-600V/5-300V
2. La corriente en C.C	Por medio de la resistencia shunt 75 mV/ 60mV/ 45 mV
3. La salida	Tipo pulso + RS485 Modbus
4. El tiempo de respuesta	<100 ms
5. La precisión	Voltaje -1%, corriente -0.5%, energía 1%, potencia 1%

*Fuente: Manual del fabricante*

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De tal manera para que se pueda definir el funcionamiento del micro inversor, se realizara un debido proceso de toda la información que adquirimos mediante el sistema de seguimiento planteado que se colocó, de tal manera por el otorgamiento del generador FV se va realizar un análisis de datos en corriente CC, al micro inversor como también un análisis de datos para la corriente alterna en la salida del micro inversor, de forma que donde esta aplicado el sistema exactamente el lugar, se inyectara al sistema eléctrico.

#### 4.1. CORRIENTE CC, ANÁLISIS DE RESULTADO

Todos los datos en corriente CC que es recolectada en los métodos de seguimiento tienen que ser elaborados. A continuación, en la tabla se visualiza el siguiente procesamiento en donde figura el día 20 de setiembre del presente año, en total se tiene 781 registros conseguidos con un espacio de 1 minuto.

**Tabla 4.1:** Resultados de los parámetros medidos en CC

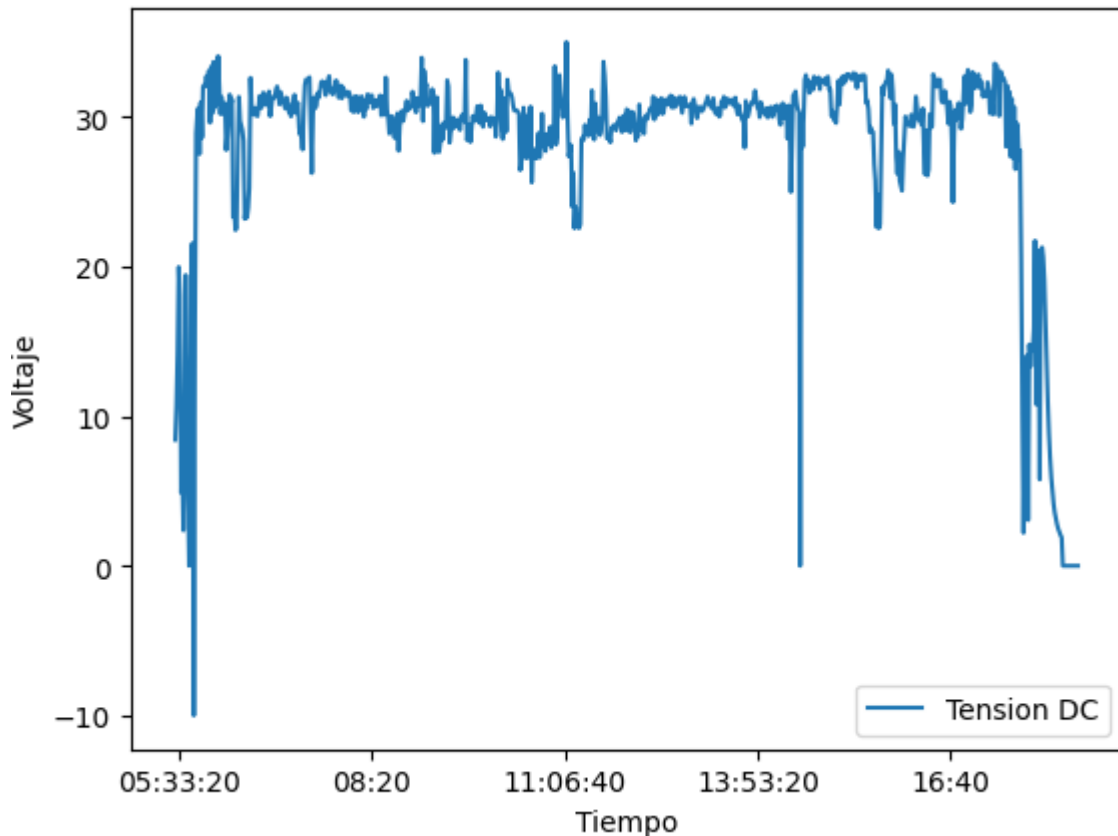
	Fecha	Hora	Voltaje DC	Corriente DC	Potencia Activa	Importar energía activa	Exportar energía activa	Demanda energía del sistema	Máxima Demanda energía del sistema
0	20/09/2022	05:30:00	8.41963	0.0	0.0	73.615	0	0.00000	229.60001
1	20/09/2022	05:31:00	10.70332	0.0	0.0	73.615	0	0.00000	229.60001
2	20/09/2022	05:32:00	14.25322	0.0	0.0	73.615	0	0.00000	229.60001
3	20/09/2022	05:33:00	19.96828	0.0	0.0	73.615	0	0.00000	229.60001
4	20/09/2022	05:34:00	18.02884	0.0	0.0	73.615	0	0.00000	229.60001
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
776	20/09/2022	18:26:00	0.00000	0.0	0.0	74.461	0	0.01667	229.60001
777	20/09/2022	18:27:00	0.00000	0.0	0.0	74.461	0	0.01667	229.60001
778	20/09/2022	18:28:00	0.00000	0.0	0.0	74.461	0	0.00000	229.60001
779	20/09/2022	18:29:00	0.00000	0.0	0.0	74.461	0	0.00000	229.60001
780	20/09/2022	18:30:00	0.00000	0.0	0.0	74.461	0	0.00000	229.60001

*Elaboración propia*

#### 4.1.1. La tensión generada

En su entrada de nuestro micro inversor, el resultado se puede ver en la siguiente figura, en los bornes del generador FV se da la tensión media.

**Figura 4.1:** En la entrada del micro inversor medido, se tiene la tensión en corriente CC



*Elaboración propia*

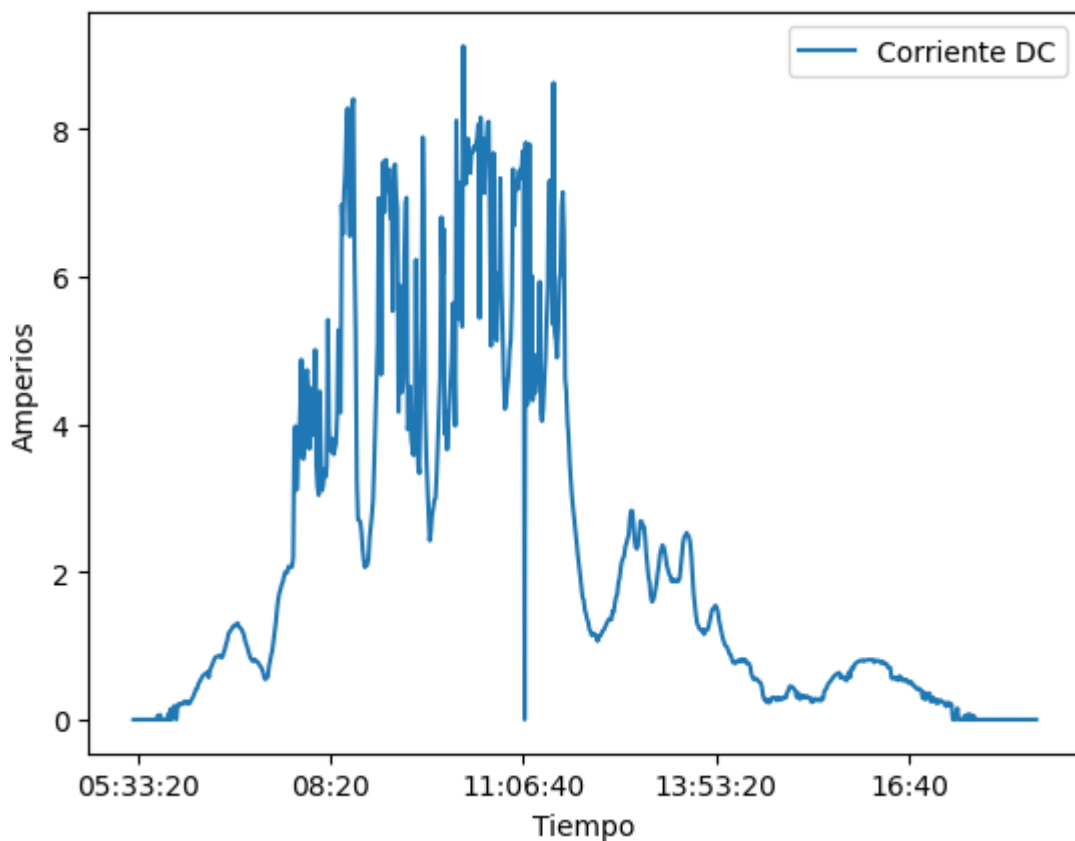
En este caso se entiende que su nivel de la tensión cambia en torno a la temperatura como también a la irradiancia del panel fotovoltaico, este se muestra en horas de las mañanas, por ende, es que la tensión cambia en el espacio de las 27.52 volt a 26.50 volt, obteniendo una media de 30.24 voltios. Los que no van ser contados serán los valores negativos que se muestra en la figura porque dichas lecturas tienen que ver con las animalias que se presentan cuando en ocasiones en donde es cero la irradiancia solar, hace presente desde las 17:37 pm como también una al inicio en la hora 5:46 am. De las

mediciones correspondientes ya realizadas se puede comprobar que a 5:50 horas de la mañana, la tensión es de 30.59 voltios cuando el mismo suministra una corriente igual a 0 amperios. Para una corriente de generación de 9.12 amperios la tensión deberá de ser de 31.22 voltios.

#### 4.1.2. La corriente generada

Se da a conocer en la figura 4.2 el resultado de las mediciones de que viene a ser la corriente que suministra el panel fotovoltaico el cual es suministrado al micro inversor.

**Figura 4.2:** En la entrada del micro inversor medido, se tiene la corriente CC



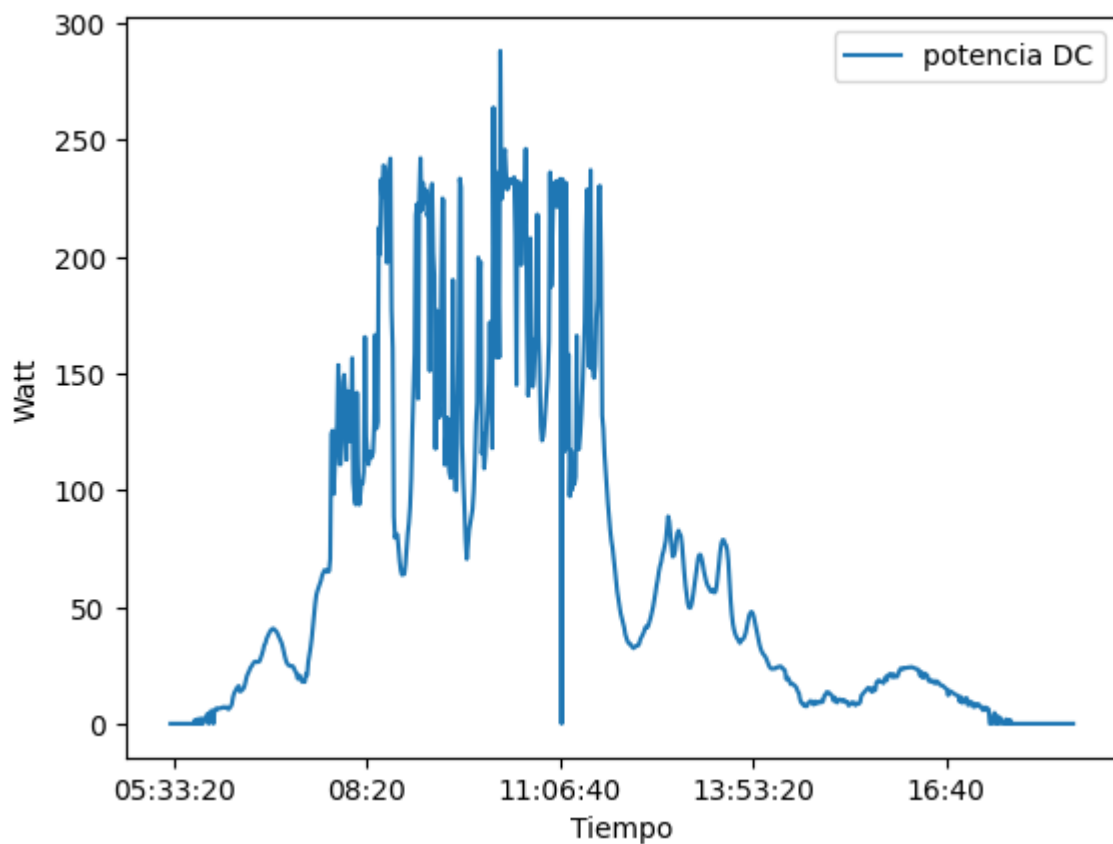
*Elaboración propia*

El máximo de la corriente de generación fue de 9.12 amperios donde concierne a las 10:15 am. El constante cambio de la corriente media pertenece a la variación de la capa de nubes se da con visibilidad en la fecha de la información.

#### 4.1.3. La potencia generada

Esta vez el resultado de los datos, en la siguiente figura mostrada obtenidos de producción del panel FV para la potencia en corriente CC, donde es entregada al micro inversor. Incrementa la máxima potencia generada al valor de 288.11 watt, donde se ha registrado a las 10:15 am cuando la tensión y la corriente fueron desde el punto de vista de 31.22 voltios y 9.12 amperios. se registra una potencia promedio de 65.14 watt.

**Figura 4.3:** Panel fotovoltaico y su potencia generada



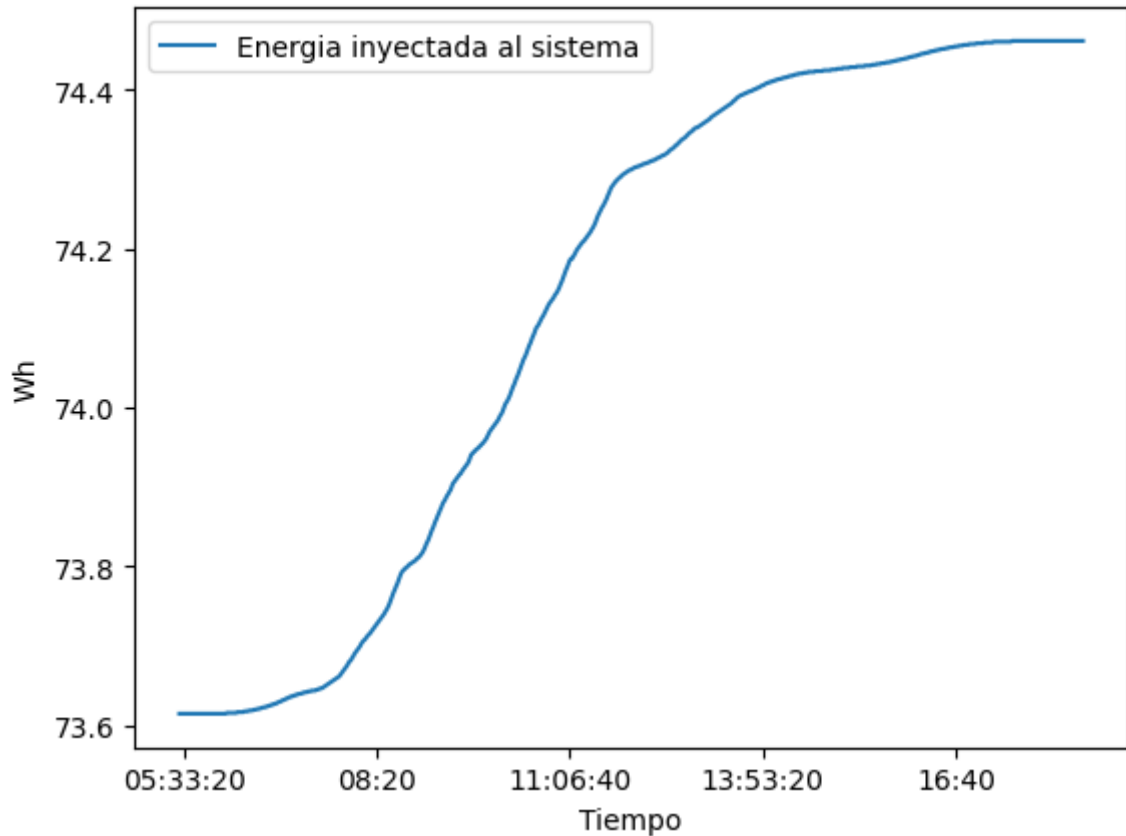
*Elaboración propia*

#### 4.1.4. La energía inyectada a la red

En la figura correspondiente, se puede apreciar la energía que fue suministrada al micro inversor, el día 20 la utilidad de energía ha sido de 0.792kWh, por el generador fotovoltaico.



**Figura 4.4:** Energía suministrada al micro inversor día 20-09-2022



*Elaboración propia*

#### 4.2. CORRIENTE CA, ANÁLISIS DE RESULTADO

De la información obtenida del procesamiento de los resultados por la medición del sistema, parámetros producidos por el micro inversor en la orientación de la corriente CA se visualiza en la siguiente tabla, la data correspondiente al día 20 de setiembre del 2022.

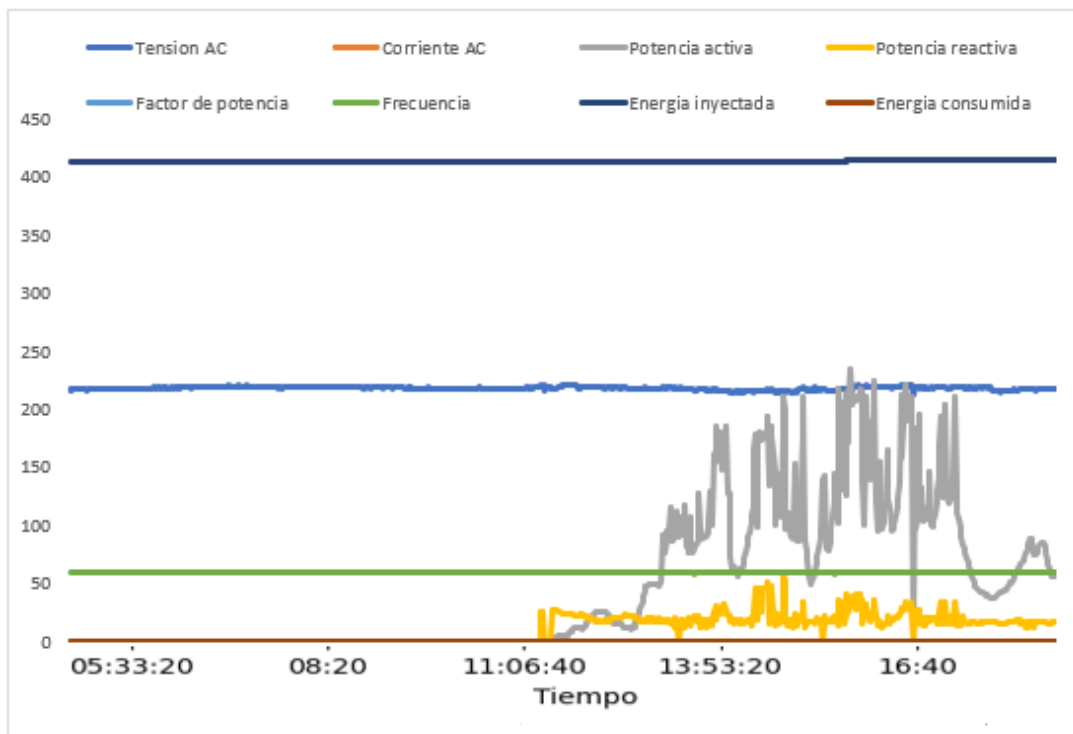
**Tabla 4.2:** Resultados de los parámetros medidos en CA

	Fecha	Hora	Voltaje	Corriente	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Factor de potencia	Frecuencia	Energía exportada	Energía Importada
0	20/09/2022	05:30:00	216.2	0.0	0	0	1.000	59.99	413.07	0
1	20/09/2022	05:31:00	216.7	0.0	0	0	1.000	60.04	413.07	0
2	20/09/2022	05:32:00	217.2	0.0	0	0	1.000	60.01	413.07	0
3	20/09/2022	05:33:00	216.9	0.0	0	0	1.000	60.05	413.07	0
4	20/09/2022	05:34:00	216.8	0.0	0	0	1.000	59.99	413.07	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
776	20/09/2022	18:26:00	217.3	0.30	63	16	0.966	60.00	413.68	0
777	20/09/2022	18:27:00	217.6	0.28	60	15	0.963	60.02	413.68	0
778	20/09/2022	18:28:00	217.1	0.27	57	18	0.955	60.01	413.68	0
779	20/09/2022	18:29:00	217.7	0.27	56	18	0.954	60.00	413.69	0
780	20/09/2022	18:30:00	217.6	0.27	56	18	0.956	60.04	413.69	0

*Elaboración propia*

De la figura a continuación se podrá observar que las graficas correspondientes a los parámetros generados por el inversor, en el sentido de corriente CA.

**Figura 4.5:** Cotejo de las variables de medida



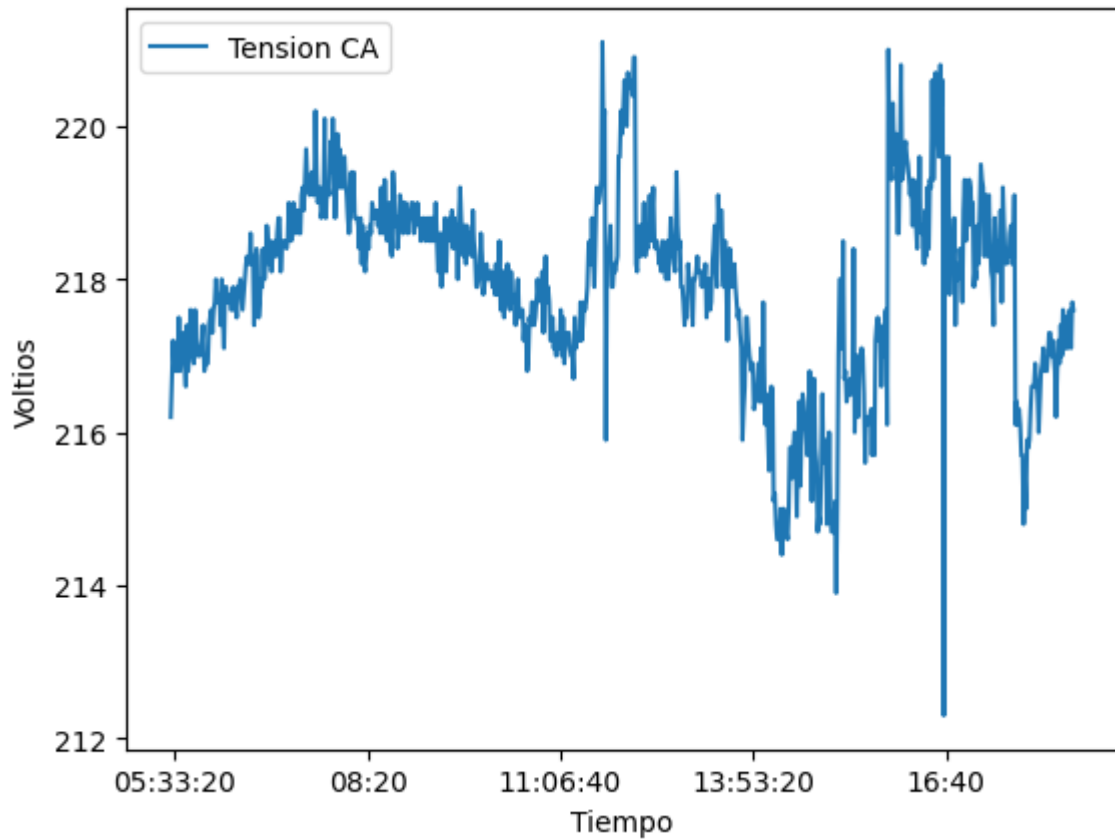
*Elaboración propia*

#### 4.2.1. La tensión en salida del micro inversor

La figura siguiente, nos da a conocer la conducta de la tensión media en la salida

del micro inversor.

**Figura 4.6:** El micro inversor y su tensión emitida

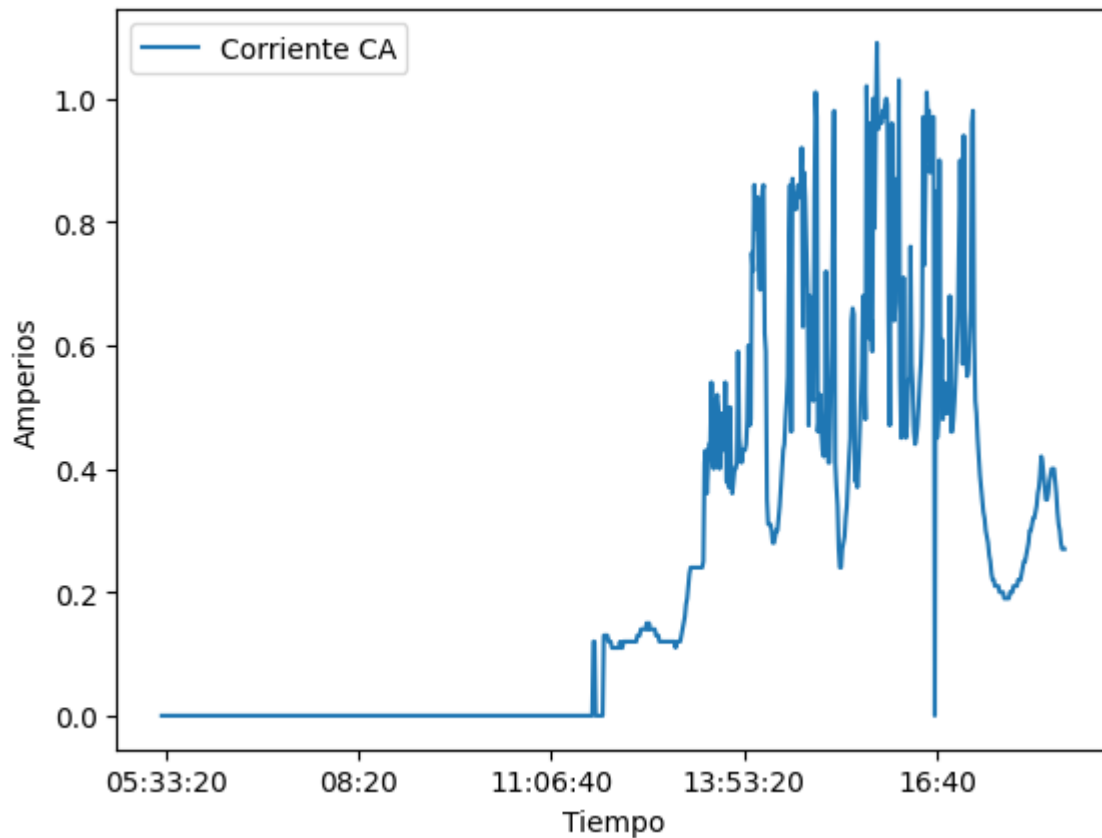


*Elaboración propia*

Entre todos los valores determinados se puede ver la tensión mínima fue de 212.3 voltios la que se encuentra a las horas de 16:38 pm, en la tensión máxima fue dado a las 11:43 am con un valor de 221.1 voltios, teniendo la medida de 217.9 voltios en cuanto al momento del día del análisis. En tanto al micro inversor empieza a operar a eso de las 5:32 horas con un valor de tensión de 217.2 voltios y se desconecta de la energía eléctrica a las 17:47 donde la tensión era de 214.8, hora en donde el generador FV no suministra la potencia suficiente para que nuestro inversor opere. La gráfica y su propensión que se detalla a partir de las 17:48 horas ahí está la medida de la tensión, sin embargo, con el micro inversor desconectado a la red.

#### 4.2.2. La corriente producida por el micro inversor

Figura 4.7: Corriente inyectada a la red



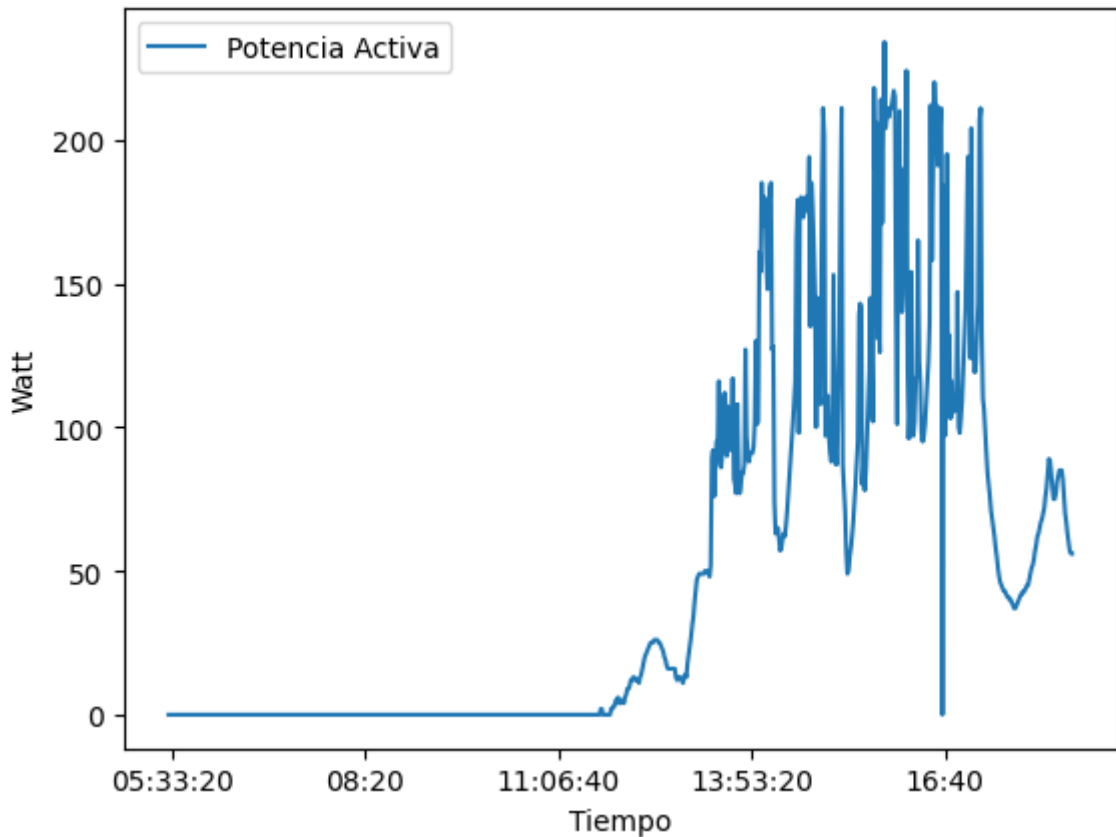
*Elaboración propia*

Se inyecta la corriente cuando el micro inversor se hace la conexión a la red y es de 0.092 amperios, lo que vendría ser a las 5:33 en la mañana, el valor del corriente previo a la desconexión de la red es de 0.059 amperios, a las 17:46 pm a la que da, siendo como también la corriente mínima. A las 15:48 pm se registró la corriente máxima y con una potencia con medición de 217.6 W. El día de análisis es de 0.22 amperios que vendría a ser la medida de la corriente inyectada. La desigualdad de la corriente que genera el micro inversor es ocasionado por un constante cambio en donde encuentra en la energía solar que se proyecta en el panel FV.

#### 4.2.3. La potencia activa producida por el micro inversor

La potencia activa generada por el micro inversor analizado como la forma de la corriente en donde se aplica en la red eléctrica, se puede ver en la figura siguiente.

**Figura 4.8:** Potencia activa inyectada a la red



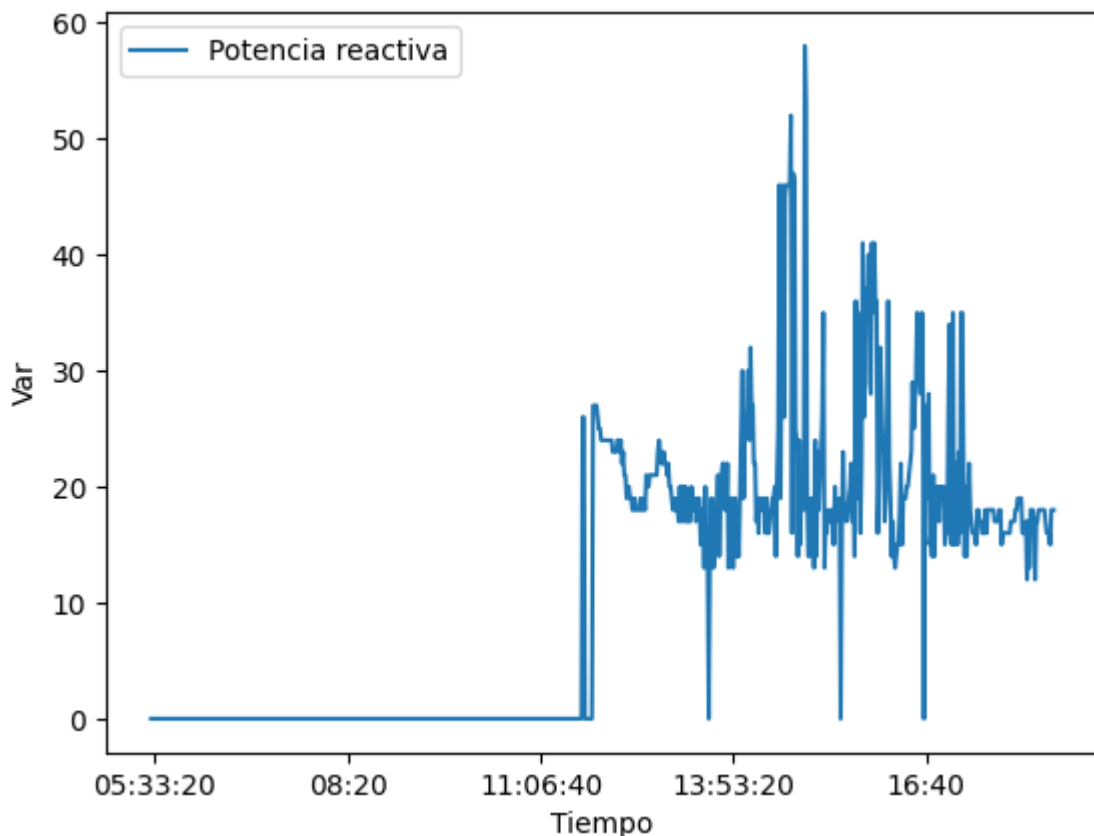
*Elaboración propia*

Esta vez se produjo una potencia de 0 W la cual se da la notoriedad a las 5:32 am, en ese momento en que el micro inversor se monta a red, la potencia máxima producida es 217.6 W que fue dado a las 15:48 pm. Dando a conocer su media de la potencia activa originada el día 20 de setiembre de 46.79 W. Antes de la desconexión de la red eléctrica es 42 W en la potencia producida, 17:46 pm es que se da ese valor. La variabilidad tiene por consiguiente estar sujeto a cambios de clima drásticos concierne a la energía percibido mediante el generador FV tiene que tener en cuenta que la época del año aparece muchos acontecimientos de lluvias y nubosidades, la potencia generada es influenciada en donde es de razón constante al inversor, mediante esto sea transformada en la potencia activa alterna.

#### 4.2.4. La potencia reactiva

Potencia reactiva que se registró en el día del análisis que se nos muestra en la figura.

**Figura 4.9:** Potencia reactiva registrada



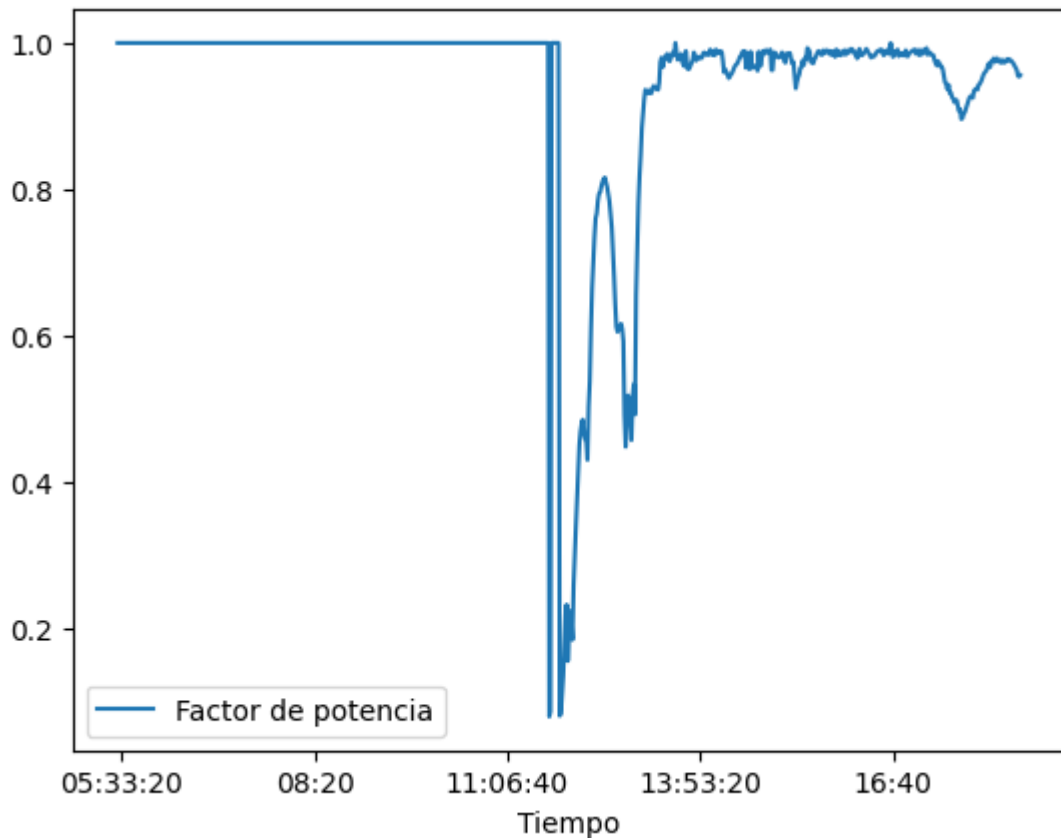
*Elaboración propia*

Se dio con un registro de una potencia reactiva mínima de 0 Var que se dio a la hora de 5:32 am como también una máxima de 58 Var a las 14:55 pm correspondientemente. Tenemos en consideración el inicio de medición del sistema estos registros de este parámetro a horas 5:32 am en donde se da funcionamiento al micro inversor se monta a red y deja de inspeccionar a las 17:47, un minuto previo de dicha hora indicada la potencia reactiva es de 16 Var. En este caso la media de la potencia reactiva es 10.79 Var.

#### 4.2.5. El factor de potencia

El factor de potencia tiene la conducta medio en la fecha de 20 de septiembre del 2022 se muestra la figura en donde el factor de potencia en el transcurso del día tomo valores próximos a la individualidad en una amplia etapa de cálculo.

**Figura 4.10:** Factor de potencia y su variación



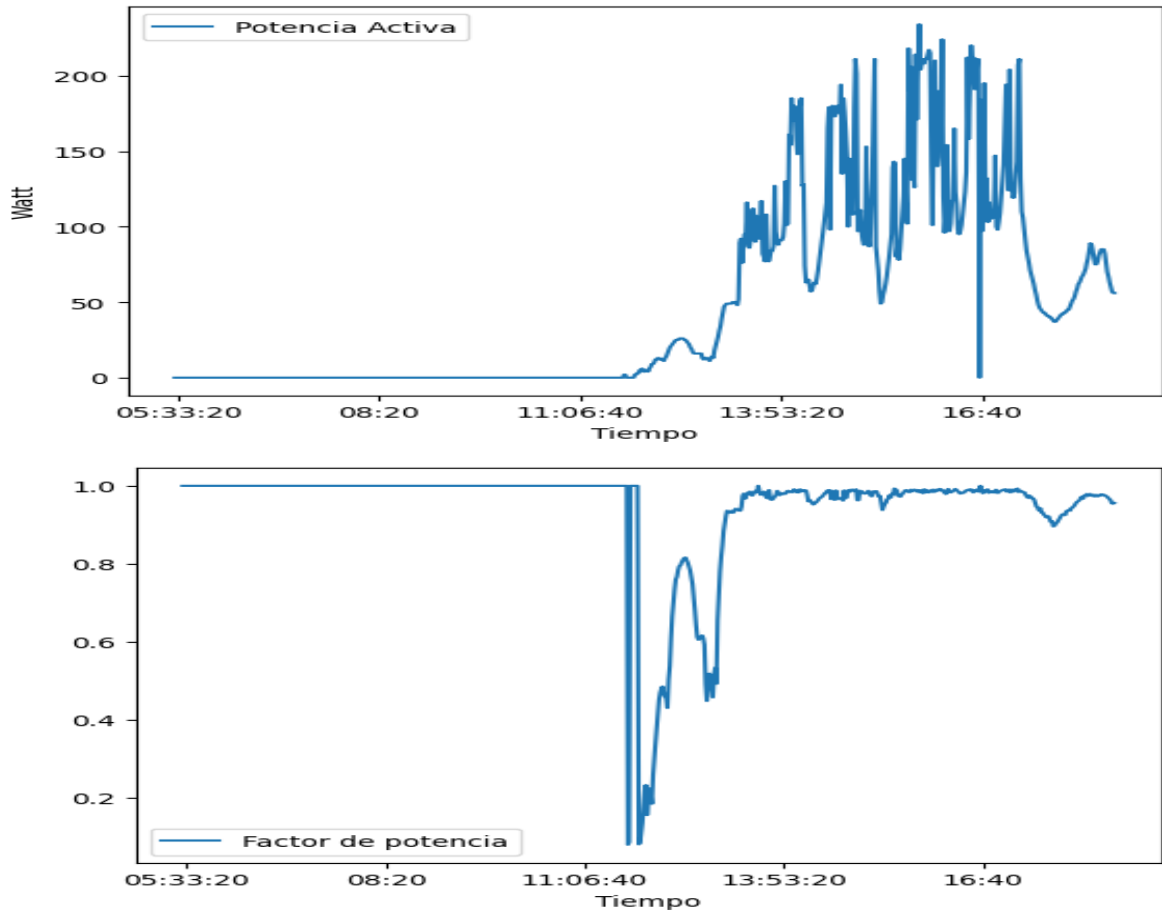
*Elaboración propia*

En las figuras se puede apreciar a continuación que el factor de potencia es mayor a 0.9 cuando el micro inversor está funcionando en un porcentaje de 14% de la potencia nominal y mayor a los 0.95 cuando funciona a un 25% de la aptitud del micro inversor cuando funciona a más de 50% de la aptitud del micro inversor el factor de potencia se mantiene en un margen muy próximo a la individualidad.

La mínima del factor de potencia es 0.079 que se obtiene a las 11:43 pm cuando se da conexión al equipo se monta a la red y se nos muestra un máximo del factor de

potencia de 1 en las horas de las 8:05 am teniendo una medida de 0.94 con relación al día del análisis.

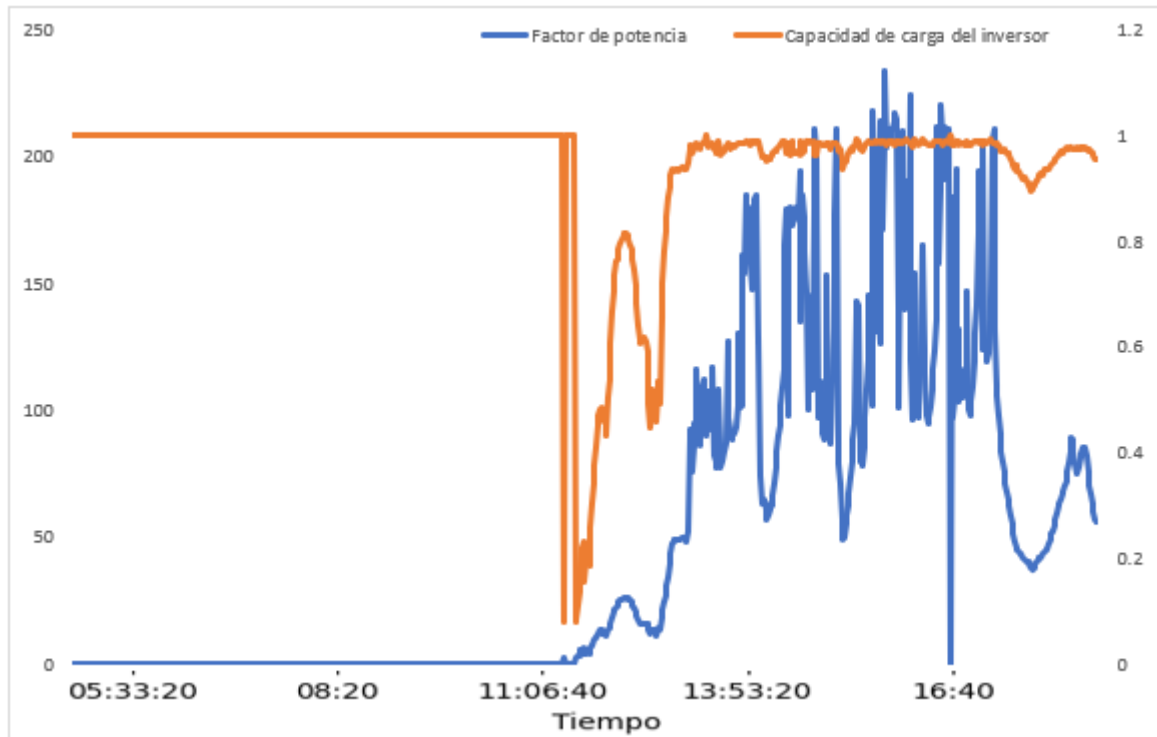
**Figura 4.11:** El micro inversor su potencia activa y factor de potencia



*Elaboración propia*



**Figura 4.12:** Comparación de la capacidad del micro inversor y del factor de potencia



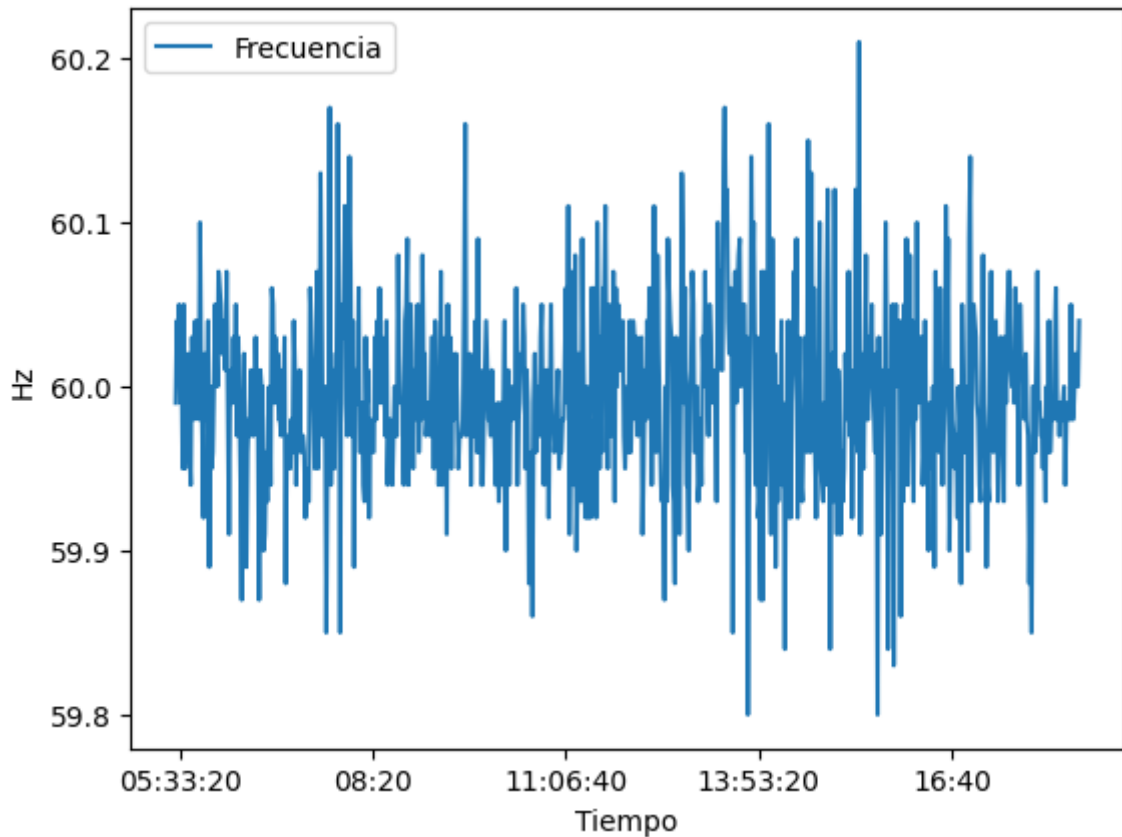
*Elaboración propia*

#### 4.2.6. La frecuencia

A continuación, se ve en la figura que la frecuencia está medida a en el plazo del día 20 de setiembre del 2022.

En el análisis correspondiente en este proceso que se encuentra con mínima frecuencia de 59.8 Hz y una máxima de 60.21, la fase de análisis disponiendo una media de 59.99 Hz debemos tomar en cuenta la norma técnica que vendría ser la calidad de servicios eléctricos (NTCSE) DS020-97-EM, se estima una tolerancia con relación a la frecuencia de  $\pm 0.6\%$ , que se hace mención en los valores de la tolerancia permisibles, por ende, estamos cumpliendo con ello.

**Figura 4.13:** Medición de la frecuencia día 20/09/2022



*Elaboración propia*

**Tabla 4.3:** Comparación de la frecuencia media y la permitida por NTCSE día

<b>La frecuencia medida (Hz)</b>	<b>La desviación de la frecuencia medida (nominal 60Hz) (Hz)</b>	<b>La tolerancia permitida (+/-0.6%) (Hz)</b>
59.8 (mínima)	-0.059	
60.21 (máxima)	0.021	+/-0.36
59.99 (media)	-0.009	

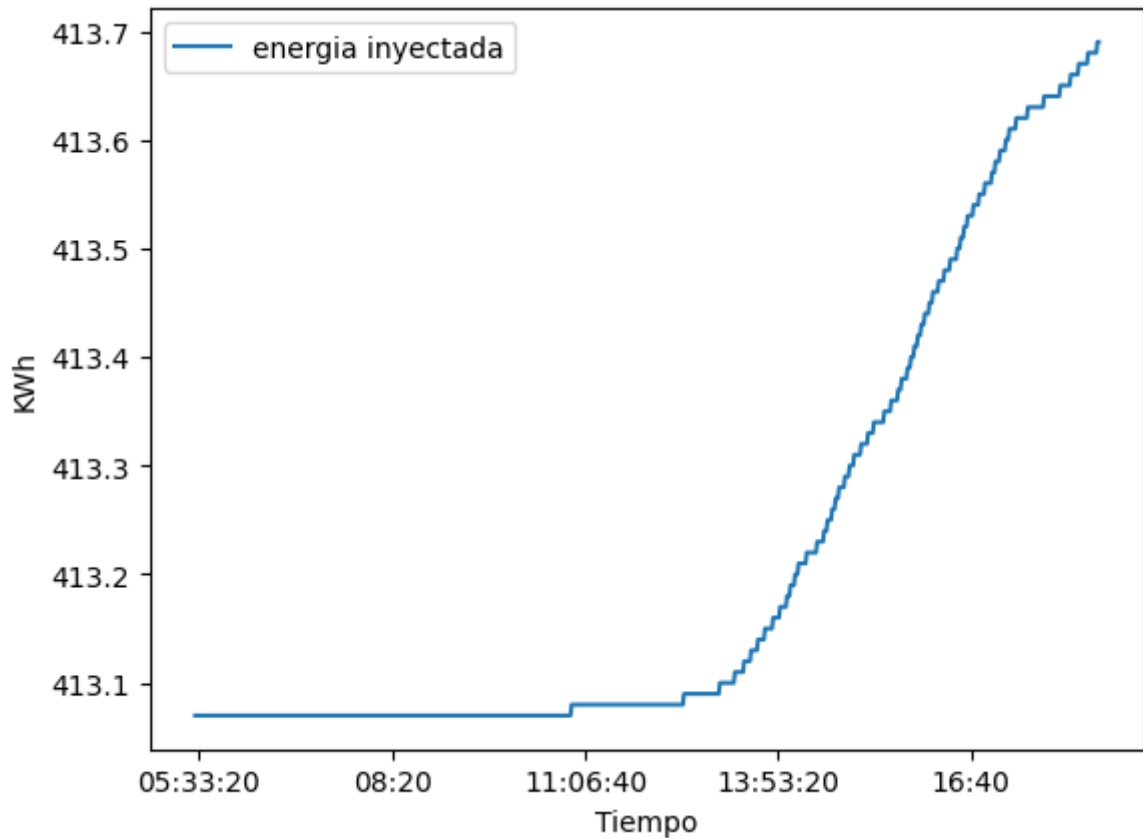
*Elaboración propia*

#### 4.2.7. La energía inyectada a la red

La figura en donde se puede visualizar, la energía generada para el día del análisis

que por consiguiente se suministró a la red eléctrica fue de 0.792kWh.

**Figura 4.14:** Energía inyectada a la red



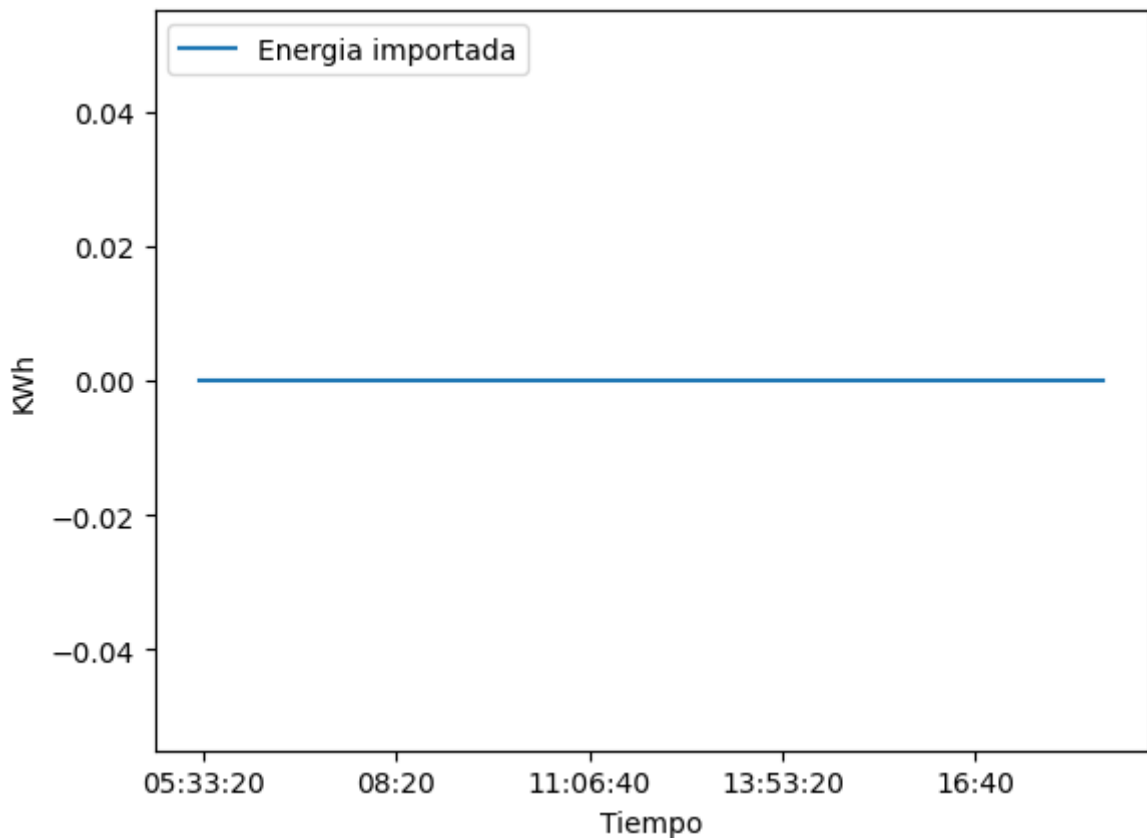
*Elaboración propia*

#### 4.2.8. La energía importada a la red

Nuestro sistema de observación no fue supuesto para una medición en el consumo de la carga, de tal manera que se cuenta con un registro de la energía importada de la red, teniendo esto en cero.

De esa manera típico, el sistema que se emplea el siguiente equipamiento para proporcionar una cierta carga, este importa energía cuando está montado a red cuando se tiene descubierto de productividad energética o cuando también no se da un medio solar.

**Figura 4.15:** Energía importada de la red

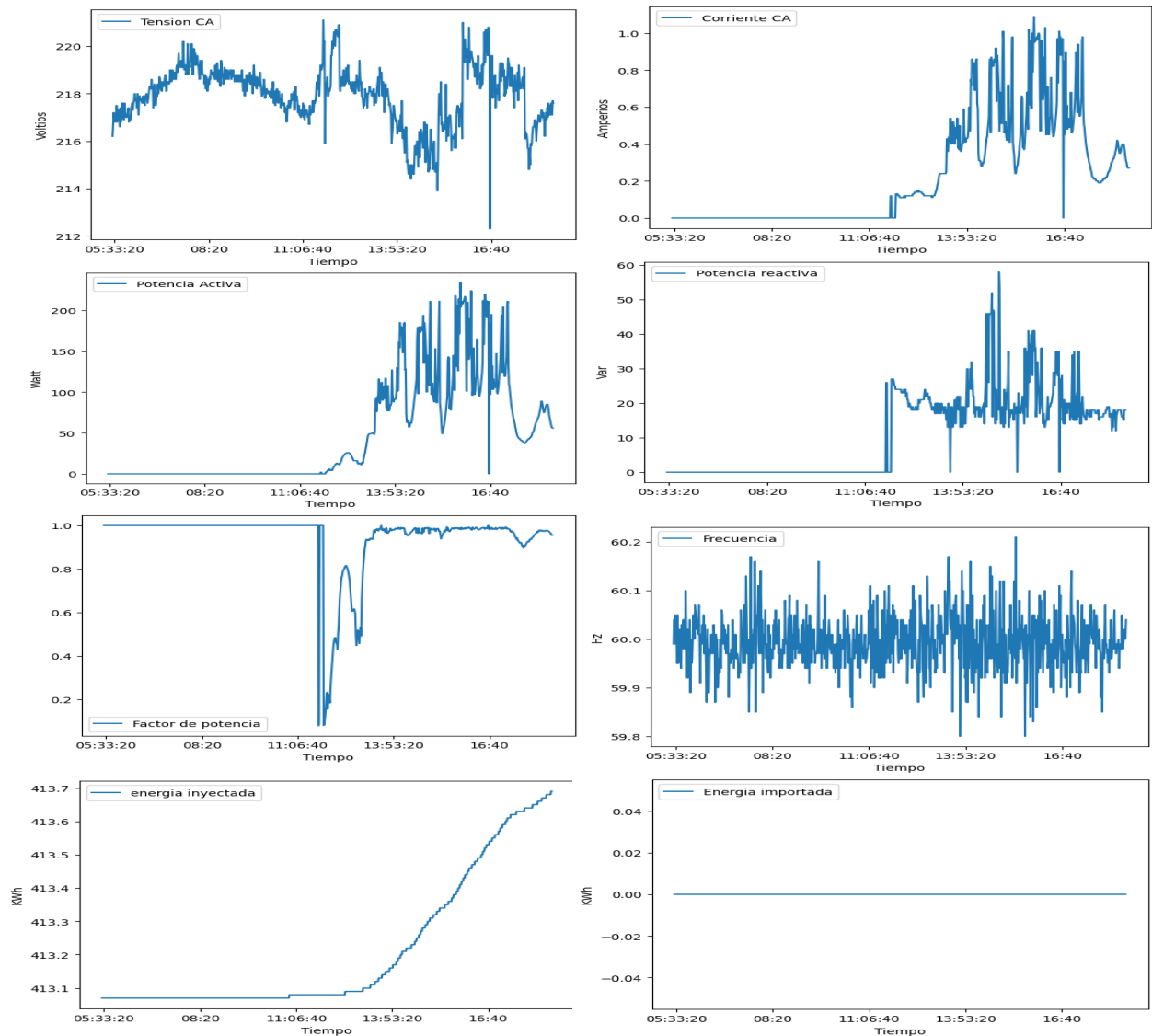


*Elaboración propia*

#### **4.2.9. La caracterización de parámetros producidos en el micro inversor**

Los parámetros medidos en el sistema tienen diversos comportamientos en la siguiente figura se dan a conocer, con la aplicación del micro inversor, el panel fotovoltaico empleado de 270 Wp también el micro inversor con métodos particulares definidas de 250Wp de entrada, a su vez otorgando a red la potencia de 220 W en corriente CA.

**Figura 4.16:** Grafica de comportamiento en corriente alterna del micro inversor en  
20/09/2022



*Elaboración propia*

### 4.3. LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MICRO INVERSOR

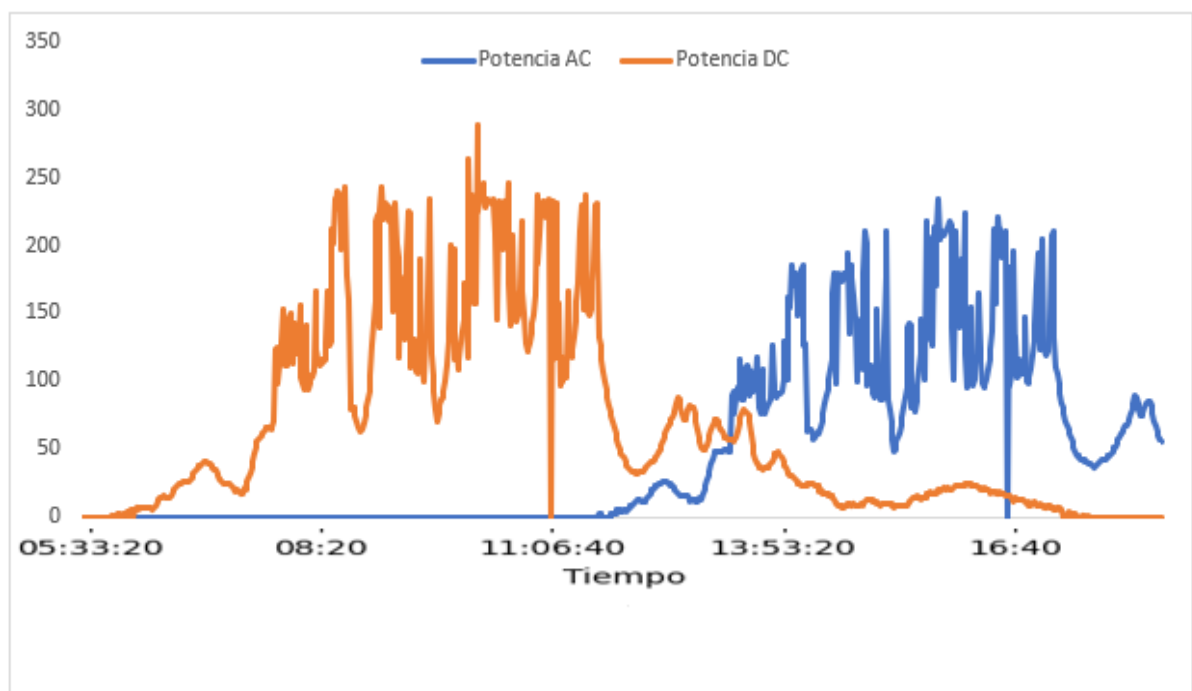
Se va a realizar un cotejo de la potencia en corriente CC y la potencia en corriente CA, como también de cotejar la energía en corriente CC a su vez en energía en corriente CA se realiza todo este procedimiento para ser capaz de resolver la eficiencia del micro inversor.

#### 4.3.1. La comparación de la potencia entregada y producida por el micro inversor.

Se puede visualizar en la figura 4.16 la potencia en CC distribuida al micro inversor, cotejar con la potencia generada en corriente alterna, la variedad que se puede encontrar de la entrada de la potencia de salida figura por el equipo la potencia consumida.

Como también en las figuras 4.17 y 4.18 se ven las potencias en corriente CC como también corriente CA del micro inversor para el periodo de 17 al 26 de setiembre del 2022.

**Figura 4.17:** Potencia corriente continua y corriente alterna medidos en micro inversor día 20/09/2022



*Elaboración propia*

#### 4.3.2. El análisis del recurso solar

En la página web de libre acceso tenemos la data acces viewer de la nasa con ese elemento nos será posible analizar el recurso solar, en ese almacenamiento de datos de la

nasa respalda a lo que es a las energías renovables, la eficiencia energética de las necesidades agrícolas como urbanas por ende se consultó la irradiación de la fecha del 17 de setiembre al 26 del mismo mes del 2022, valores medidos en forma diaria KWh/m<sup>2</sup>, en donde podremos observar en la tabla. Esto es un método didáctico para podrán alizar el recurso solar en los sistemas fotovoltaicos, la medida en horas de la hora solar pico, se puede calcular haciendo la división entre la irradiancia diaria por el valor estándar 1000W/m<sup>2</sup>.

**Tabla 4.4:** Irradiación horizontal diaria para la fecha del 17/09/2022 al 26/09/2022

<b>Dia</b>	<b>Irradiación diaria (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Hps (h)</b>
17/09/2022	6.72	6.72
18/09/2022	6.75	6.75
19/09/2022	7.01	7.01
20/09/2022	6.91	6.91
21/09/2022	3.33	3.33
22/09/2022	7.02	7.02
23/09/2022	6.51	6.51
24/09/2022	5.23	5.23
25/09/2022	7.34	7.34
26/09/2022	4.61	4.61

*Fuente: (POWER / Data Access Viewer, n.d.)*

Teniendo en cuenta la potencia de salida del micro inversor en torno a las especificaciones técnicas el dónde nos indica que es de 220 W, en este caso se puede hacer un cálculo de la energía que el micro inversor podría generar, realizando la multiplicación con el HSP y también la potencia del equipo los resultados del mismo lo podremos observar en la tabla siguiente.

Si se le hace una suma a la energía teórica en la tabla 4.5 tendrá un valor de 13.514KWh, a su vez de la misma manera a la energía producida de la fecha 17 de setiembre hasta el 26 de dicho mes es de 9.685 KWh.

Tomando en cuenta que la energía que puede hallarse teóricamente con razón a la que verdaderamente se da, fue una desigualdad de 3.829 kWh en el intervalo evaluado, eso nos muestra que usando la página web de data Access viewer se nos es útil para acercarse a la validación de resultados, esto admite por estos sistemas resolver la energía producida en diferentes lugares o ubicaciones geográficas donde no podemos encontrar, pero es de gran importancia realizar el cotejo con espacios de más días.

**Tabla 4.5:** Comparación de la energía producida por el micro inversor teóricamente y la energía medida por el micro inversor

<b>Dia</b>	<b>La energía teórica (kWh)</b>	<b>La energía medida (kWh)</b>	<b>La diferencia (kWh)</b>
17/09/2022	1.4784	1.315	0.1634
18/09/2022	1.485	0.802	0.683
19/09/2022	1.5422	0.958	0.5842
20/09/2022	1.5202	0.801	0.7192
21/09/2022	0.7326	1.013	-0.2804
22/09/2022	1.5444	0.802	0.7424
23/09/2022	1.4322	0.958	0.4742
24/09/2022	1.1506	0.503	0.6476
25/09/2022	1.6148	1.431	0.1838
26/09/2022	1.0142	1.102	-0.0878

*Elaboración propia*

#### **4.3.3. La comparación de la energía en corriente CC y energía en corriente CA en el micro inversor.**

En torno a lo medido entre los días del 17 al 26 de setiembre del 2022 se ha logro



calcular el consumo de la energía que nuestro micro inversor da, a continuación, en la tabla se nos da a conocer los resultados, se da a entender que en cuando el micro inversor produce menos energía, el termino declara por el equipo mayor porcentaje de consumo energético.

**Tabla 4.6:** Consumo de energía del micro inversor

<b>Dia</b>	<b>La energía CC (kWh)</b>	<b>La energía CA (kWh)</b>	<b>El consumo (kWh)</b>	<b>El porcentaje (%)</b>
17/09/2022	1.431	1.315	0.116	6.64
18/09/2022	0.901	0.802	0.099	7.49
19/09/2022	1.050	0.958	0.092	7.47
20/09/2022	0.886	0.801	0.085	8.54
21/09/2022	1.103	1.013	0.090	7.14
22/09/2022	0.899	0.802	0.097	7.51
23/09/2022	1.031	0.958	0.073	8.08
24/09/2022	0.566	0.503	0.063	9.09
25/09/2022	1.544	1.431	0.113	6.66
26/09/2022	1.208	1.102	0.106	6.62

*Elaboración propia*

#### **4.3.4. Eficiencia del micro inversor**

La eficiencia y una de las formas de poder evaluarlas del micro inversor es relacionado la energía en corriente CC y CA, la relación siguiente se muestra en la tabla correspondiente.

Mas adelante en la figura se podrá observar el cotejo de la energía en corriente CC y en corriente CA del micro inversor, como también la eficiencia que se dio en cada día de las fechas del análisis.

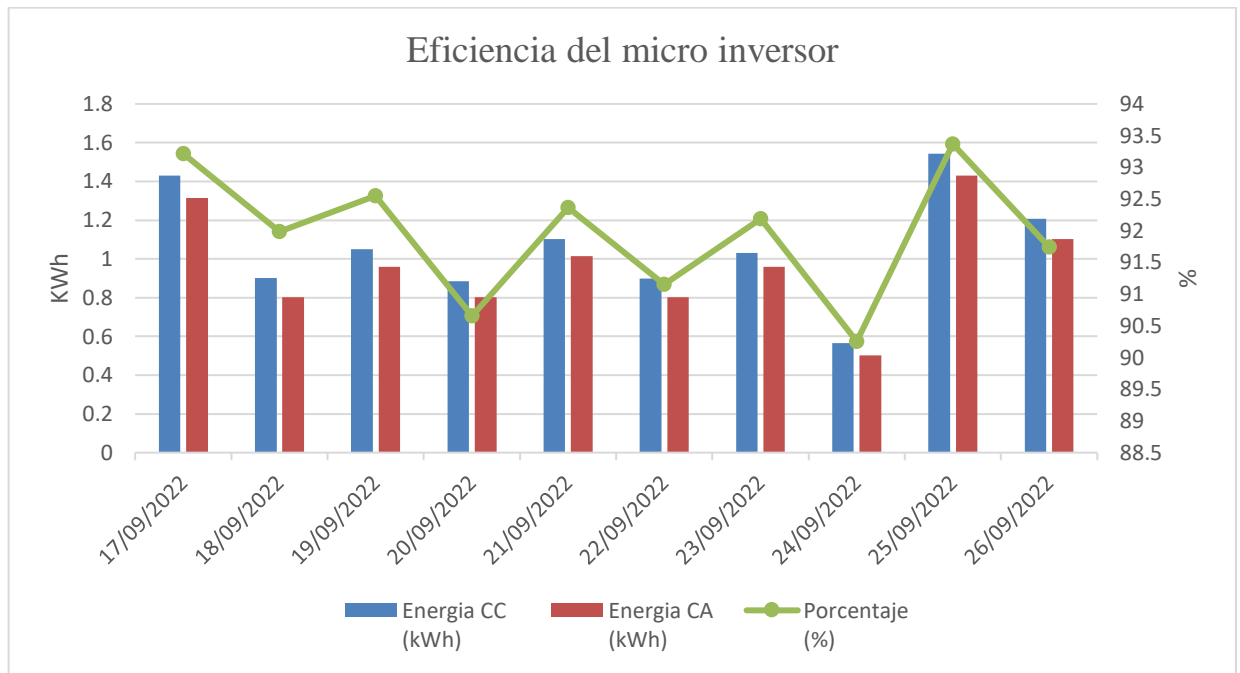
**Tabla 4.7:** Eficiencia del micro inversor cotejada energía corriente continua y alterna

<b>Dia</b>	<b>La energía CC (kWh)</b>	<b>La energía CA (kWh)</b>	<b>El porcentaje (%)</b>
17/09/2022	1.431	1.315	93.215
18/09/2022	0.901	0.802	91.984
19/09/2022	1.050	0.958	92.548
20/09/2022	0.886	0.801	90.654
21/09/2022	1.103	1.013	92.365
22/09/2022	0.899	0.802	91.152
23/09/2022	1.031	0.958	92.189
24/09/2022	0.566	0.503	90.254
25/09/2022	1.544	1.431	93.367
26/09/2022	1.208	1.102	91.741

*Elaboración propia*

En el transcurso de la evaluación el día 24/09/2022 con un 90.254% es la menor eficiencia que se ha dado, a su vez en el mismo día se registra la menor producción energética. Para el día 17/09/2022 con un 93.215% que se nos da la mayor eficiencia como también la mayor producción energética.

**Figura 4.18:** Eficiencia del micro inversor para las fechas, desde el 17 de setiembre hasta el 26 de dicho mes.



*Elaboración propia*

En este caso para una fecha de 10 días de un análisis, el promedio de energía inyectada a la red es de 0.9685 KWh.

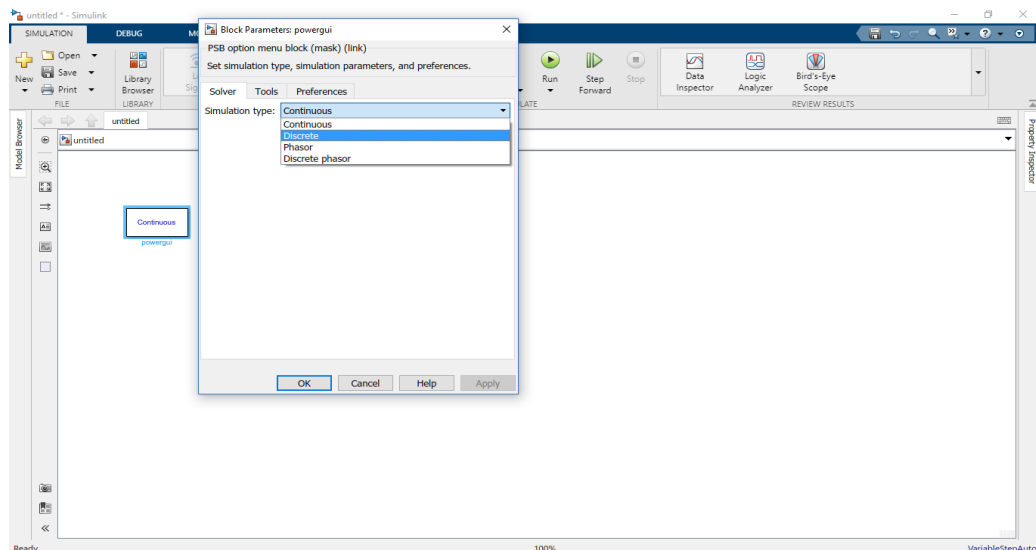
Si indagamos otra tesis de igual similitud podremos corroborar que en su resultado de igual manera en 10 días le da un promedio de energía inyectada a la red de 1.145 KWh. De ahí podremos entender que la variación del micro inversor como del panel fotovoltaico esta regida a varios parametros.

#### **4.4. SIMULACIÓN DEL MPPT EN MATLAB DEL COMPORTAMIENTO DEL NUESTRO SISTEMA**

En esta simulación del MPPT podremos observar el comportamiento del sistema solar FV para la visualización de la misma tendremos que seguir varios pasos para poder crear el bloque y así poder correrlo, para el primer paso se tendrá que abrir el Matlab luego se verá un icono en la parte superior derecha que tiene por nombre Simulink

hacemos clic ahí luego enseguida crear un nuevo bloque cuando ya estemos direccionados para poder realizarlo, tendremos que tomar en cuenta que todos los procedimientos se puede realizar con la búsqueda de librería que está en la parte superior izquierda como también haciendo doble clic, sin embargo el primer método es más didáctico y nos ayudara identificar los diseños de los bloques, enseguida pasaremos al primer paso que es seleccionar el bloque de interfaz gráfica de usuario o en ingles que esta con el nombre de powergi doble clic en el bloque y desglosamos sus opciones a su vez seleccionamos la opción de discreto para que nos pueda correr el sistema como se puede ver en la siguiente figura.

**Figura 4.19:** El bloque powergi

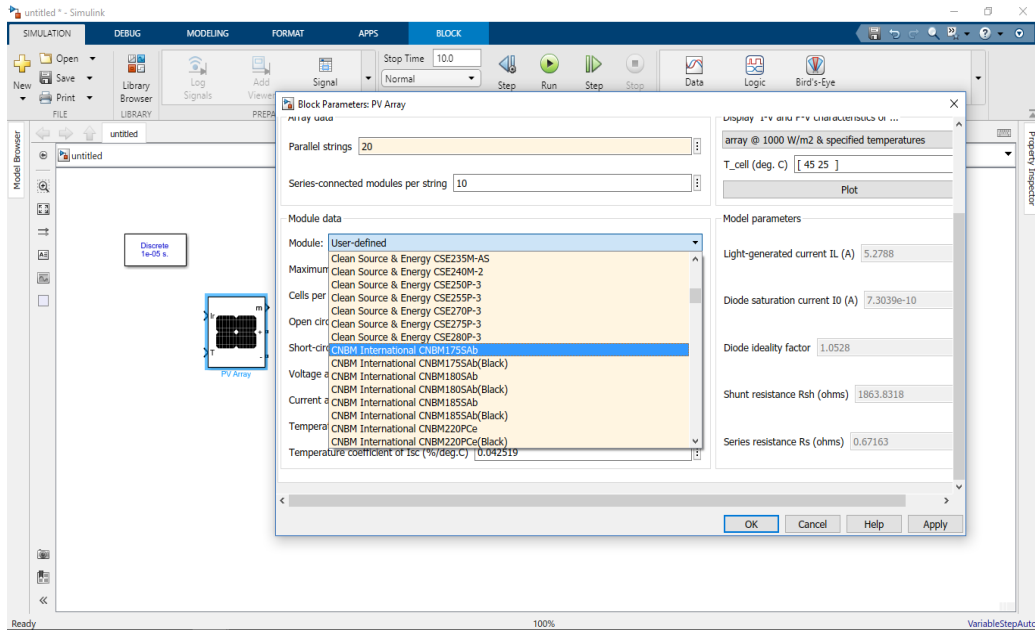


*Elaboración propia*

Luego pasaremos al segundo paso que sería buscar el bloque de PV array que será como nuestro panel, en versiones más antiguas de Matlab el bloque es de color celeste como de un policristalino como con lo que estamos trabajando en la presente investigación pero en esta versión del 2020 esta con un color negro como de un monocristalino pero no se diferencia en nada es solamente la apariencia, otro detalle dentro del bloque es cuando ingresas al mismo nos podemos dar cuenta que no está en el

modelo del panel solar que es el CNBM-120M solamente se cuenta con un modelo CNBM 1755AB lo que se puede ver en la figura, de tal manera que solo lo seleccionamos por default o indefinido para que pueda emparejar con un modelo más parecido con cuando ingresemos nuestros valores del panel solar.

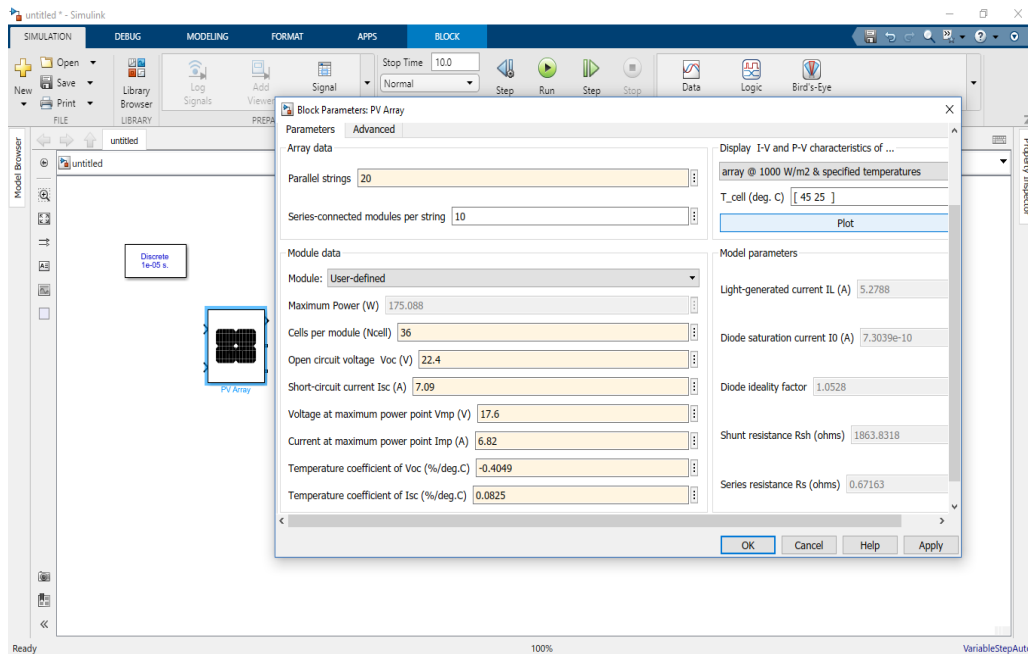
**Figura 4.20:** Bloque PV array



*Elaboración propia*

Enseguida ingresaremos los valores de nuestro panel solar en el bloque.

Figura 4.21: Bloque PV array

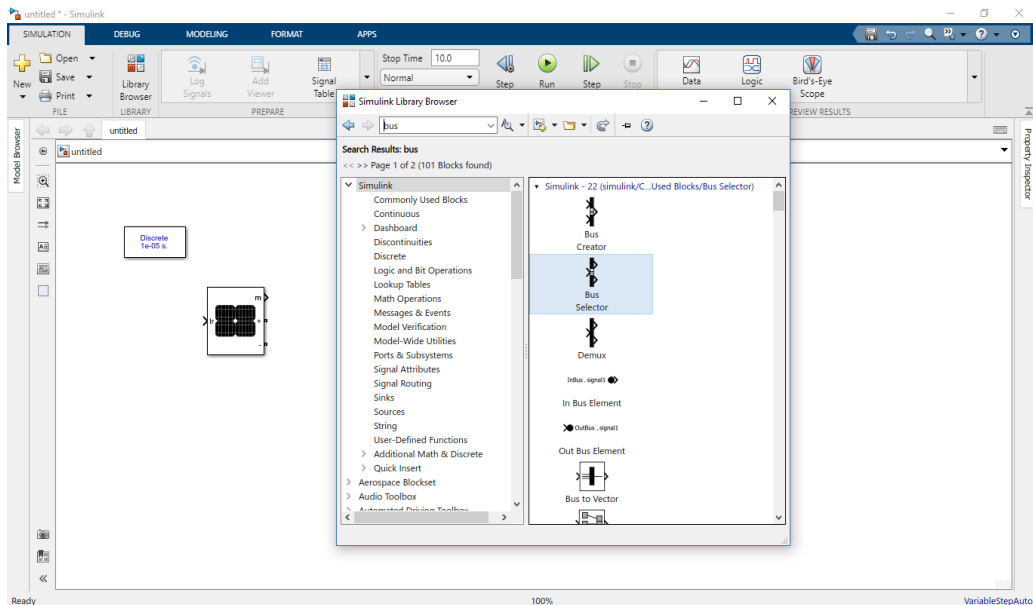


*Elaboración propia*

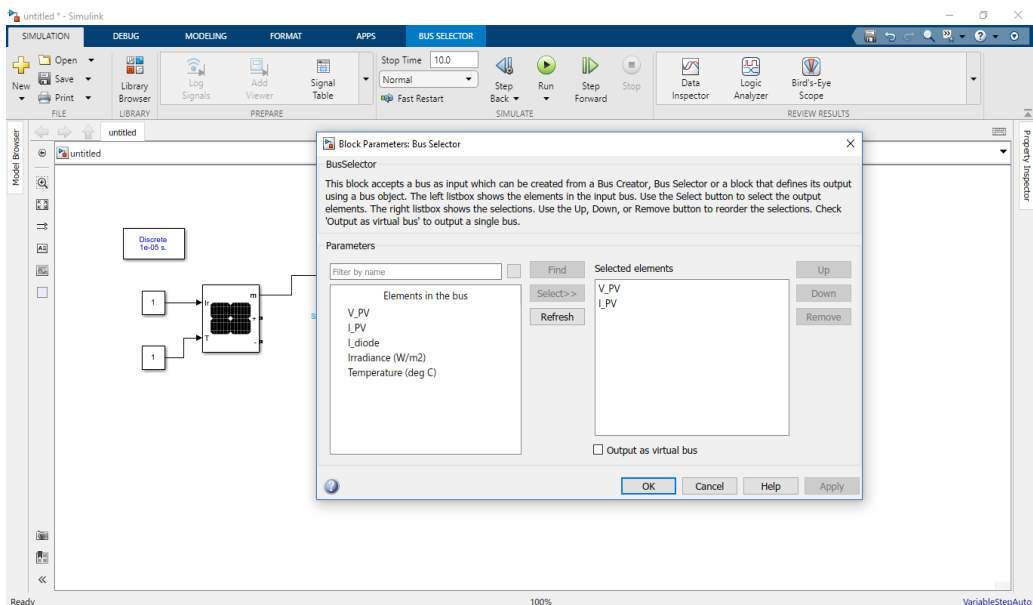
El tercer paso también será buscar el bloque bus selector a su vez retiraremos los valores que vienen por default y seleccionaremos nuestro  $V_{pv}$  y  $I_{pv}$  como se muestra en

la figura 4.21 y 4.22

**Figura 4.22:** Bloque bus selector



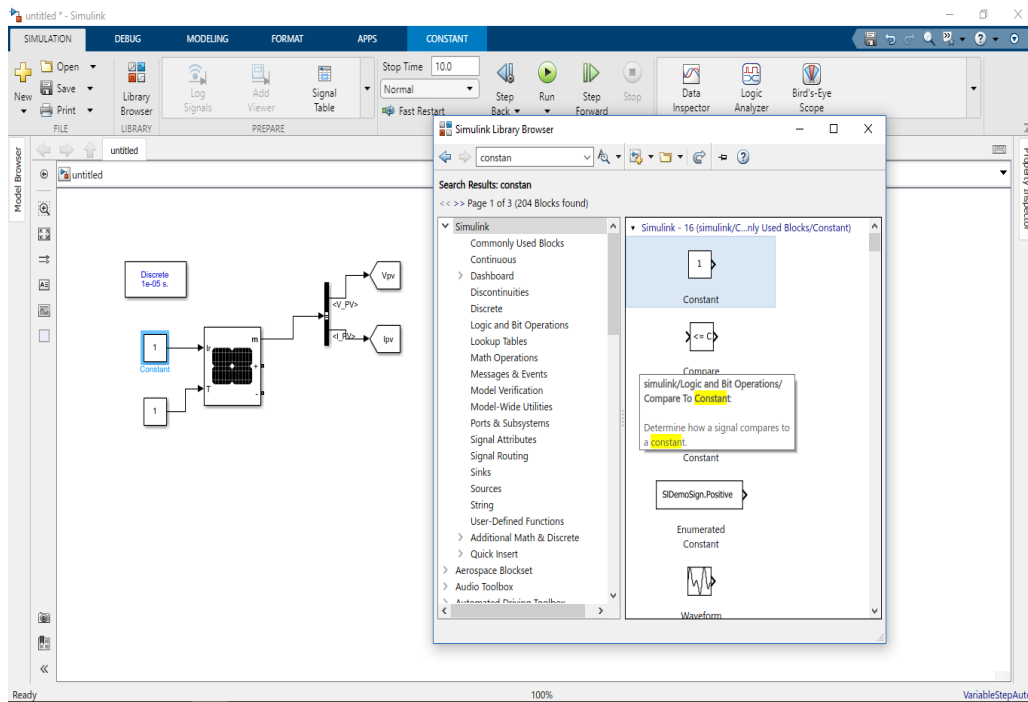
**Figura 4.23:** Bloque bus selector seleccionando el Vpv, Ipv



*Elaboración propia*

El cuarto paso vendría ser seleccionar el bloque de constante para que vaya conectado a nuestro bloque PV array, estas constantes serán para ingresar nuestros valores de temperatura e irradiación.

**Figura 4.24:** Bloque constante irradiación y temperatura



*Elaboración propia*

En lo siguiente que vendría ser el quinto paso será buscar los rlc que será nuestro circuito y los diodos igt para crear el circuito correspondiente como se puede visualizar en la figura 4.24 y 4.25.



Figura 4.25: Bloque RLC

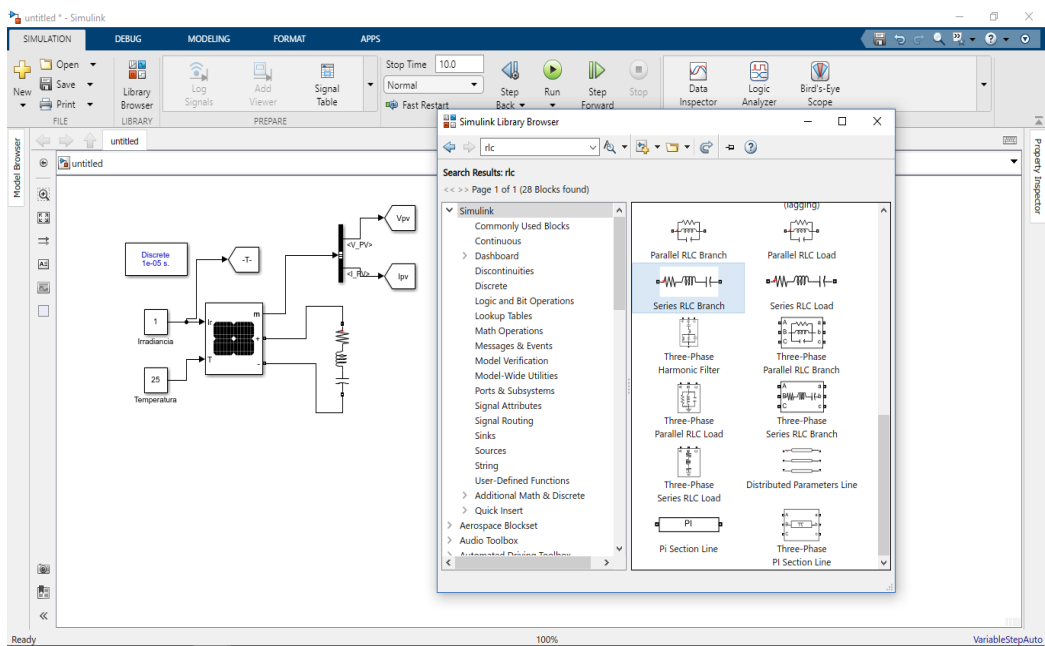
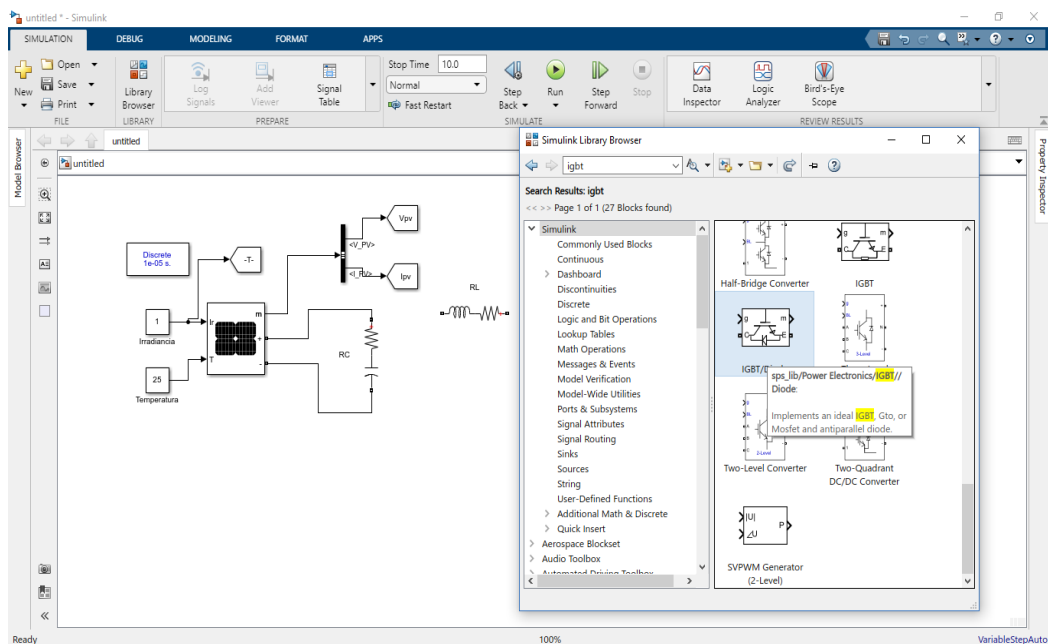


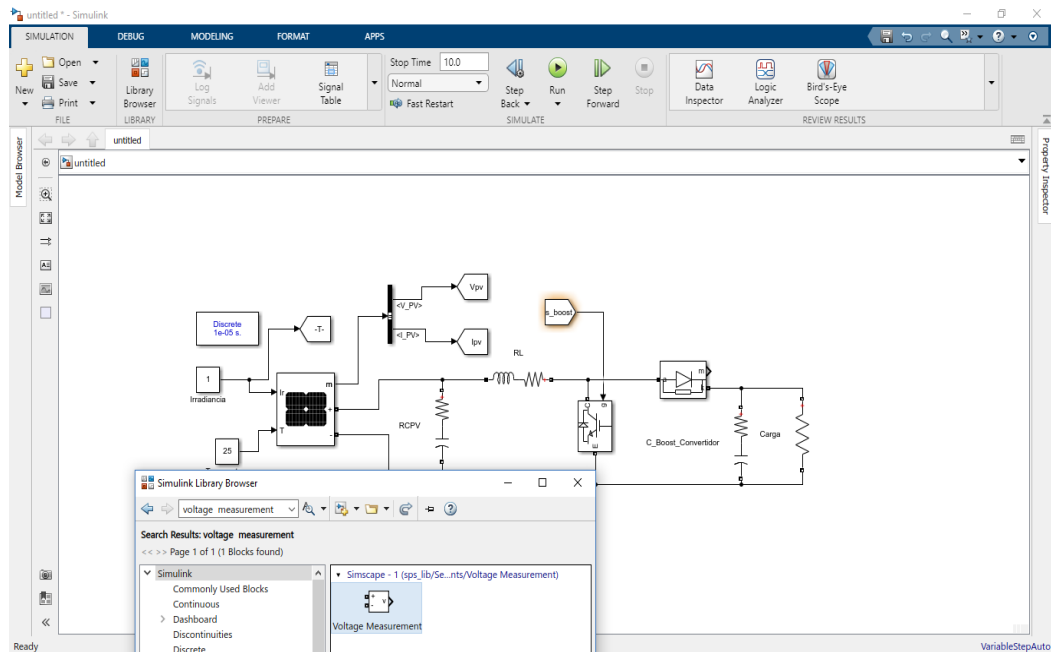
Figura 4.26: Bloque Diodo



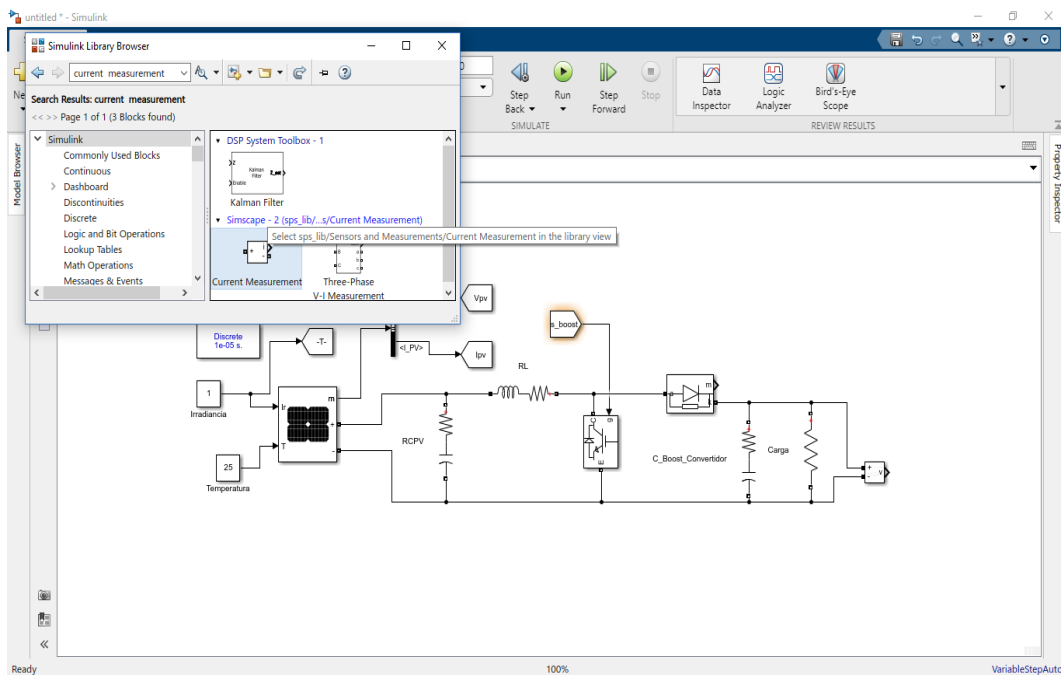
*Elaboración propia*

En el sexto paso vendría buscar los bloques de medición de voltaje y medición de corriente, tal como se puede ver en la figura 4.26 y 4.27.

**Figura 4.27:** Bloque medición de voltaje



**Figura 4.28:** Bloque medición de corriente

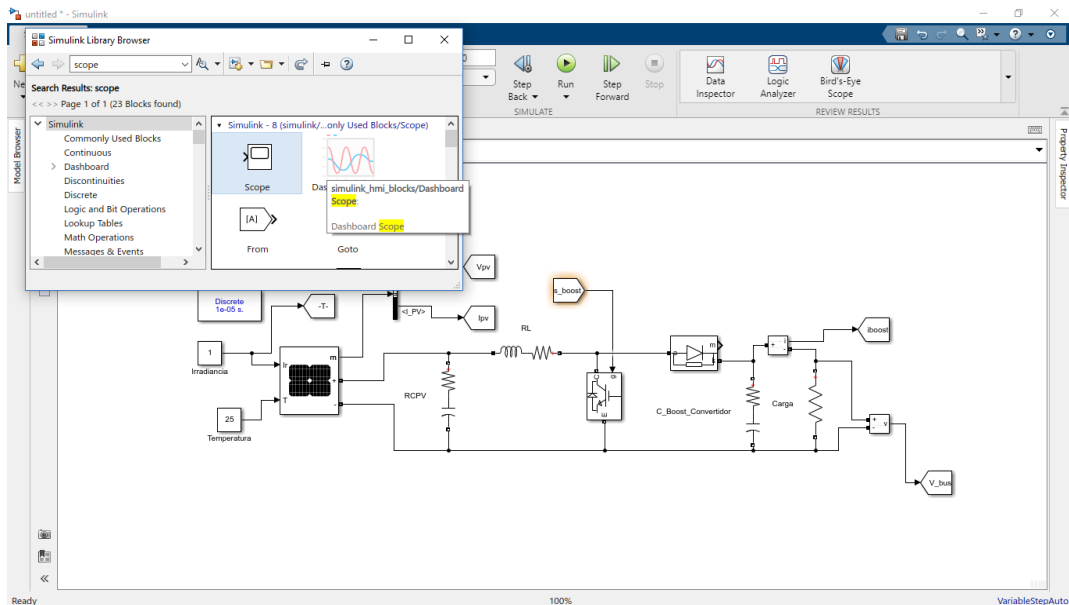


*Elaboración propia*

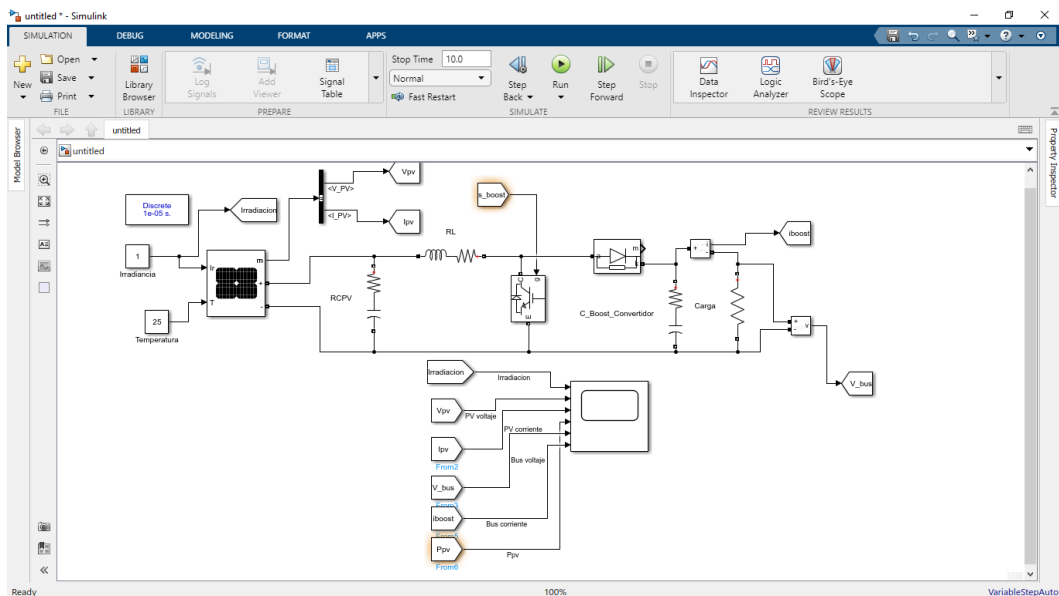
Luego para ya casi finalizar buscaremos el bloque de scope o alcance el cual nos ayudará a poder ver la simulación la cual nosotros estamos intentando realizar se verá en

la figura 4.28 y 4.29 para el presente trabajo de investigación.

**Figura 4.29:** Bloque Scope



**Figura 4.30:** Bloque scope, valores

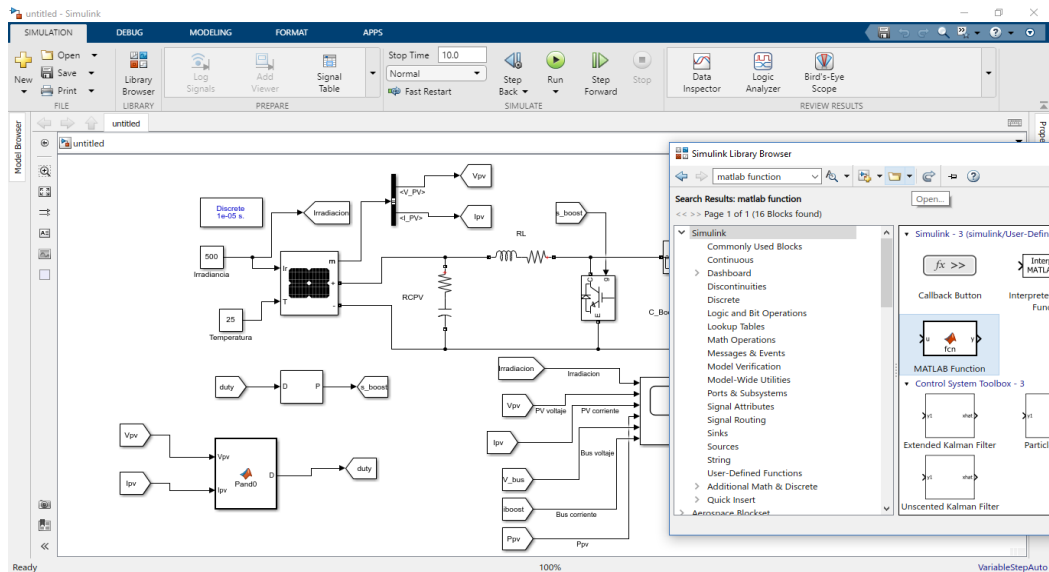


*Elaboración propia*

Para finalizar el diseño de nuestra simulación vendría lo más importante que sería el algoritmo con lo cual funcionaría la misma, a continuación, se tendrá el algoritmo para el presente trabajo esto se realiza al seleccionar al bloque de función de Matlab o Matlab

function se podrá visualizar en la figura 4.30 y 4.31.

**Figura 4.31: Bloque función Matlab**



**Figura 4.32: Algoritmo requerido**

```

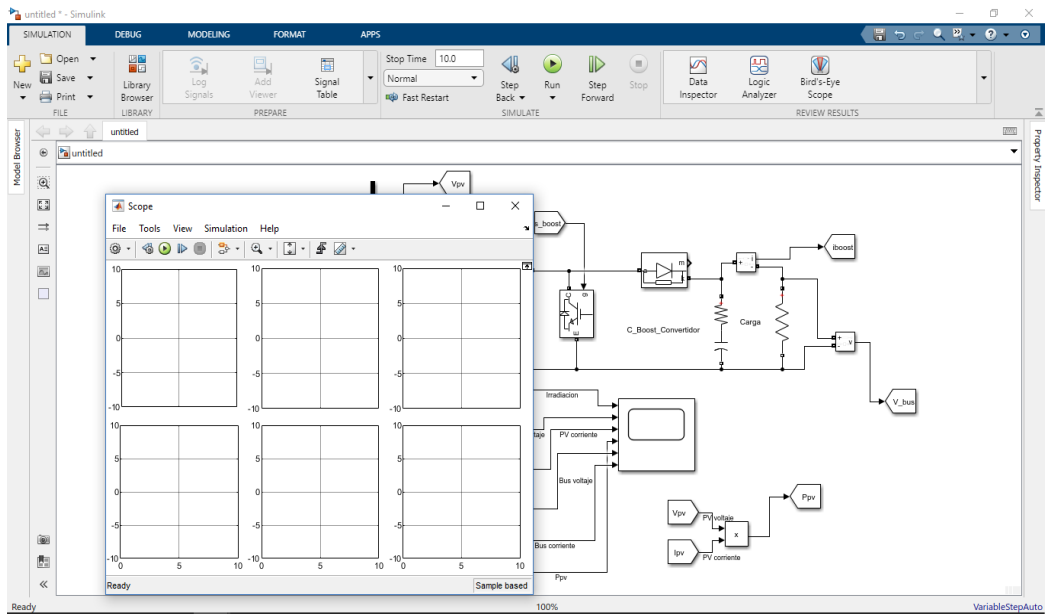
function D = Pand0(Vpv, Ipv)
persistent Dprev Pprev Vpprev
if isempty(Dprev)
    Dprev = 0.7;
    Vpprev = 190;
    Pprev = 2000;
end
deltaD = 125e-6;
Ppv = Vp*Ipv;
if (Ppv-Pp) > 0
    if (Vpv-Vp) > 0
        D = Dprev - deltaD;
    else
        D = Dprev + deltaD;
    end
else
    if (Vpv-Vp) > 0
        D = Dprev + deltaD;
    else
        D = Dprev - deltaD;
    end
end

```

*Elaboración propia*

Cuando ya vamos a decidir que lo corremos la simulación, lo podremos ver en el scope podremos modificarlo como nosotros queramos en cual podremos cambiar los colores, marcos, leyenda como vemos en la siguiente figura.

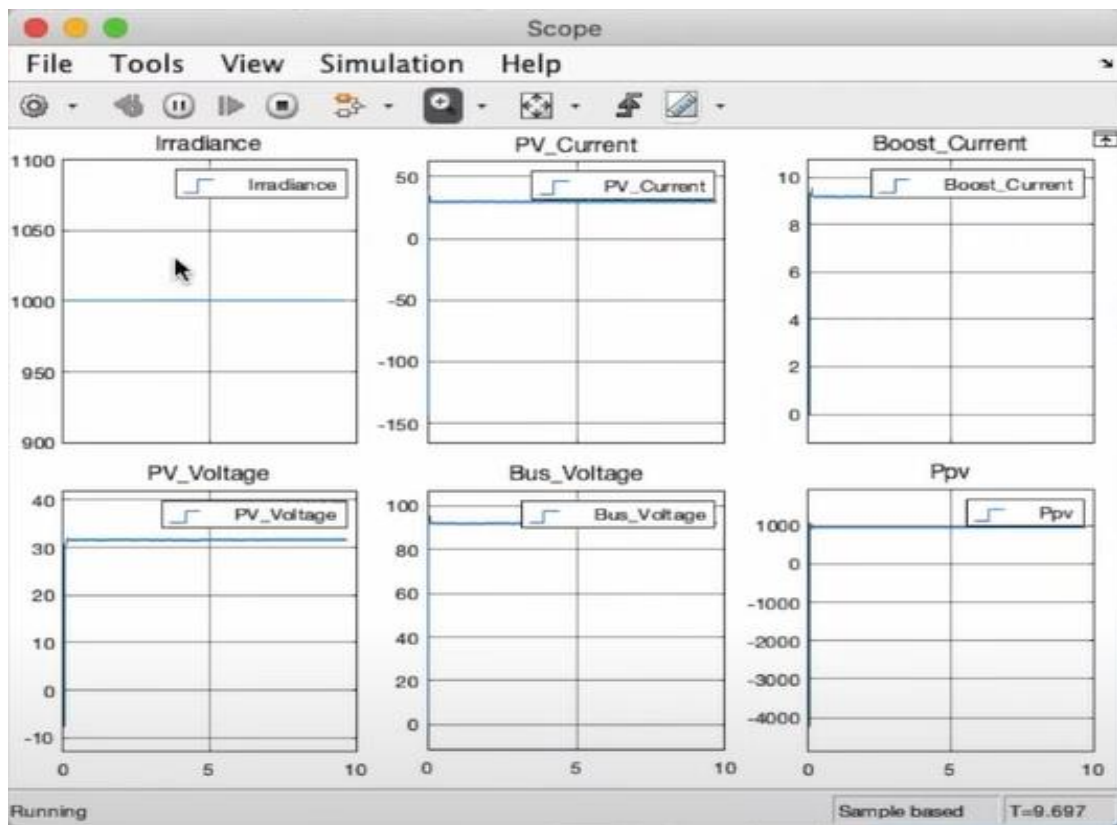
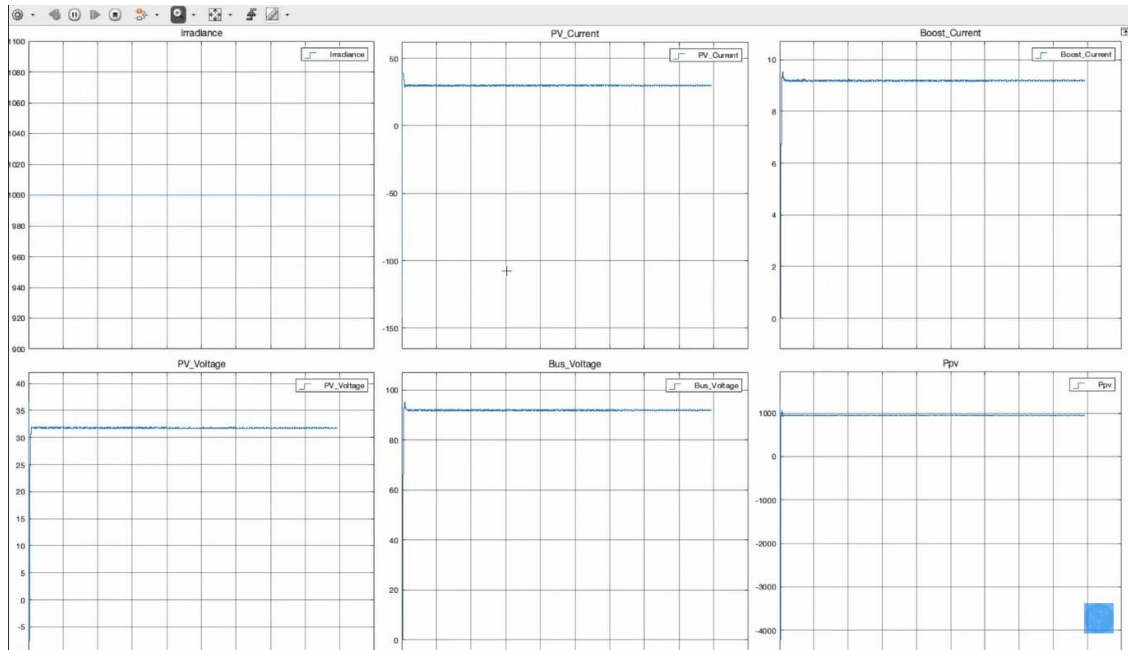
**Figura 4.33:** Configuración del scope



*Elaboración propia*

Ya corriendo el sistema o presionando en run, se podrá ver que se nos muestra una línea constante en todas las vistas esto es consecuente de que el sistema no tiene ningún tipo de perturbaciones o animalias, este se puede ver en la siguiente figura.

Figura 4.34: Simulación del sistema



*Elaboración propia*



## V. CONCLUSIONES

En la simulación de Matlab se observó que el sistema no presenta ningún tipo de anomalías con forme al MPPT, pero este tipo de simulación no son tan efectiva, existen otros tipos de softwares más didácticos pero que son de difícil acceso.

En la altura de los 3800 metros sobre el nivel del mar la evaluación regulatoria del nuestro micro inversor admite la comprensión y mejoramiento de la operatividad y selección de estos sistemas en la zona de Puno.

Para la estabilidad de los sistemas fotovoltaicos, es necesario aprovechar mejor la energía del sol. El uso de micro inversores solares conectados a red autoriza que el mismo se use en sistemas que reciben energía de corriente CA. En la generación FV en rango de las variables usadas, uno de los más primordiales es la irradiación, a partir de la cual se determina la energía generada por el micro inversor.

En la norma técnica de calidad, en el rango de los márgenes tolerables de servicio se encuentran nuestros diferentes parámetros eléctricos que se produjo por el micro inversor esto de las mediciones realizadas.

En caso de sistemas de generación FV tiendan a operar en máxima potencia es fundamental que se aplique que la potencia del micro inversor sea por lo menos igual en comparación a la del generador fotovoltaico. En este caso como la potencia del micro inversor es mayor de la que es el generador fotovoltaico no tubo limitaciones o lo que nos garantice que opere en condiciones de optimización.

Nuestro micro inversor nos da a conocer las eficiencias mayores al 90% cuando el mismo esté funcionando a una capacidad superior al 20%. La eficiencia menor o menores esto ocurre cuando la energía generada en corriente continua es baja.



Nuestro micro inversor funciona con factores de potencia próximos a la unidad cuando funciona a más de 50% de la capacidad del micro inversor, cuando opera a 14% de potencia nominal el factor de potencia orientado de 0.9 y para el 25% de la capacidad el factor de potencia se situó en torno del 0.95





## VI. RECOMENDACIONES

Caracterizar el funcionamiento del micro inversor integrado en varios módulos, a su vez tomando periodos mayores de análisis para un cotejo de diferentes valores de funcionamiento en días típicos del año realizando estos aspectos se dará a conocer más visible la operación.

Llevar a cabo la variación de las variables generadas conjuntamente con un análisis de la distorsión armónica, nos ayudara a que se verifique que no existen algún tipo de sobreirradiación que se produce picos de potencia generada, en donde por teoría tendría algún resultado en el micro inversor.

En diferentes orígenes bibliográficas se sugiere en la selección del inversor a utilizar potencias que sea igual o menor en un 10% de la capacidad del generador fotovoltaico, de la manera que optimicemos la producción energética. De tal modo se podría hallar si esta relación es la óptima, se estima que en la zona de puno se dan irradiaciones que pasan el estándar del 1000 w/m<sup>2</sup> por, por distancias de tiempo importantes a lo largo del día.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Abella, M. A., & Romero, F. C. (n.d.). *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico. Master en Energías Renovables y Mercado Energético Energía Solar Fotovoltaica Escuela de Organización Industrial - PDF Descargar libre*. Retrieved August 11, 2022, from <https://docplayer.es/7240585-Sistemas-de-bombeo-fotovoltaico-master-en-energias-renovables-y-mercado-energetico-energia-solar-fotovoltaica-escuela-de-organizacion-industrial.html>
- Adalberto, M. T., & Gabriel, A. G. (n.d.). *Prontuario Solar*.
- Alfonso, L. A. J. (2015). *Radiación, Irradiancia, Azimut y Hora sol Pico en Fotovoltaica*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- Así funcionan los paneles solares y células fotovoltaicas - Curiosoando*. (n.d.). Retrieved August 11, 2022, from <https://curiosoando.com/como-funciona-un-panel-solar>
- Camilo Arancibia Bulnes, Roberto Best, B. (2010). *Energía del sol*. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaSol.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf)
- Constante solar – HiSoUR Arte Cultura Historia*. (2022). <https://www.hisour.com/es/solar-constant-39498/>
- Curso de Energía Solar Fotovoltaica*. (n.d.). Retrieved August 11, 2022, from [http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/03\\_celula/01\\_basico/3\\_celula\\_03.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_03.htm)
- Displaying items by tag: pyrgeometer*. (n.d.). Retrieved August 11, 2022, from <http://gpi.savba.sk/GPIweb/ofa/index.php/en/research/solar-and-terrestrial-radiation/itemlist/tag/pyrgeometer>



*Energía Solar Fotovoltaica Conexión de Red - Renovaenergía S.A.* (n.d.). Retrieved August 14, 2022, from <https://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica-conexion-de-red/>

*Energía Solar Fotovoltaica en Malaga.* (n.d.). Retrieved August 14, 2022, from <http://www.tecnomontajesaxarquia.com/energia-solar-fotovoltaica-malaga.html>

*engineering seleccion de inversores en instalaciones fotovoltaicas.* (2012). [https://www.google.com/search?q=engineering+seleccion+de+inversores+en+instalaciones+fotovoltaicas&rlz=1C1UUXU\\_esPE1000PE1000&biw=1366&bih=695&sxsrf=ALiCzsaMUfVambqTouhRFgdP0cD\\_50qymA%3A1668251551605&ei=n39vY8zOJLWz5OUPms2PsA0&oq=engineering+selec&gs\\_lcp=](https://www.google.com/search?q=engineering+seleccion+de+inversores+en+instalaciones+fotovoltaicas&rlz=1C1UUXU_esPE1000PE1000&biw=1366&bih=695&sxsrf=ALiCzsaMUfVambqTouhRFgdP0cD_50qymA%3A1668251551605&ei=n39vY8zOJLWz5OUPms2PsA0&oq=engineering+selec&gs_lcp=)

Ernesto, R. (2009). *Paneles Solares Funcionamiento Tipos Usos Celdas.* <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

Fernando, I. M. O. (2019). *algoritmo de seguimiento de potencia intriago - Buscar con Google.*

[https://www.google.com/search?q=algoritmo+de+seguimiento+de+potencia+intriago&rlz=1C1UUXU\\_esPE1000PE1000&oq=algoritmo+de+segimiento+de+potencia++intria&aqs=chrome.1.69i57j33i10i16014.15914j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=algoritmo+de+seguimiento+de+potencia+intriago&rlz=1C1UUXU_esPE1000PE1000&oq=algoritmo+de+segimiento+de+potencia++intria&aqs=chrome.1.69i57j33i10i16014.15914j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

IDEAM. (2022). *LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA - IDEAM.* <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>

Inés, de la fuente lópez. (2018). *Inés de la Fuente López INVERSORES EN APLICACIONES FOTOVOLTAICAS - Buscar con Google.* [https://www.google.com/search?q=Inés+de+la+Fuente+López+INVERSORES+EN+APLICACIONES+FOTOVOLTAICAS&rlz=1C1UUXU\\_esPE1000PE100](https://www.google.com/search?q=Inés+de+la+Fuente+López+INVERSORES+EN+APLICACIONES+FOTOVOLTAICAS&rlz=1C1UUXU_esPE1000PE100)



- 0&oq=Inés+de+la+Fuente+López+INVERSORES+EN+APLICACIONES+FO  
TOVOLTAICAS&aqs=chrome..69i57.1931j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- López-Linares Gonzalo Herrero. (2021, February 1). *ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA  
INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN VIVIENDAS  
PARTICULARES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA.*  
[https://oa.upm.es/66763/7/TFG\\_GONZALO\\_HERRERO\\_LOPEZ-  
LINARES.pdf](https://oa.upm.es/66763/7/TFG_GONZALO_HERRERO_LOPEZ-LINARES.pdf)
- Micro Replus-250A Solar Panel Micro Inverter Electric Supply 250w ReneSola is a Smart  
Grid-tie Microinverter - Walmart.com.* (n.d.). Retrieved October 5, 2022, from  
[https://www.walmart.com/ip/Micro-Replus-250A-Solar-Panel-Micro-Inverter-  
Electric-Supply-250w-ReneSola-is-a-Smart-Grid-tie-Microinverter/981235166](https://www.walmart.com/ip/Micro-Replus-250A-Solar-Panel-Micro-Inverter-Electric-Supply-250w-ReneSola-is-a-Smart-Grid-tie-Microinverter/981235166)
- Peréz, A. O. (2017). *Tamaños y distancias en el Sistema Solar con respecto a nuestro  
planeta - Saberes y Ciencias | Saberes y Ciencias.*  
[http://saberesciencias.com.mx/2017/10/09/tamanos-distancias-sistema-solar-  
respecto-planeta/](http://saberesciencias.com.mx/2017/10/09/tamanos-distancias-sistema-solar-respecto-planeta/)
- Plantas, O. (n.d.). *Sistema fotovoltaico aislado, instalaciones autónomas.* Retrieved  
August 14, 2022, from [https://solar-energia.net/energia-solar-  
fotovoltaica/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas](https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas)
- POWER | Data Access Viewer.* (n.d.). Retrieved October 16, 2022, from  
<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Qué es el efecto fotovoltaico y cómo se consigue - Blog de energía solar.* (n.d.). Retrieved  
August 11, 2022, from [https://solarplak.es/energia/que-es-el-efecto-fotovoltaico-  
y-como-se-consigue/](https://solarplak.es/energia/que-es-el-efecto-fotovoltaico-y-como-se-consigue/)
- Rafael, S. garcia. (n.d.). *PANELES SOLARES: GENERADORES DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA.* Retrieved August 14, 2022, from



<https://sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/133-numero-1755/268-paneles-solares-generadores-de-energia-electrica.html>

Rica, T. de costa. (2022). *3.2 Masa de aire entre la atmósfera y la superficie terrestre.*

[http://seslab.org/fotovoltaico/32\\_masa\\_de\\_aire\\_entre\\_la\\_atmosfera\\_y\\_la\\_superficie\\_terrestre.html](http://seslab.org/fotovoltaico/32_masa_de_aire_entre_la_atmosfera_y_la_superficie_terrestre.html)

Vilca Choque, M. C. (2020). *Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfcrs) de 2.16 kw con microinversor analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca [Juliaca].*

<http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/116>

XI. *EL FOTÓN.* (2006).

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/sec\\_15.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/sec_15.htm)

## ANEXO

**Tabla 5.1:** Matriz de consistencia

<b>Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable dependiente(Y)</b>
¿En función de la altitud sobre el nivel del mar por encima de los 3800 metros cuál será el rendimiento en cuanto a regulación y funcionamiento?	La evaluación regulatoria de funcionamiento de un micro inversor solar fotovoltaico on grid esto funcionando a 3800 msnm.	La evaluación de eficiencia y control hacia un micro inversor solar conectado a la red operando en la altura de 3800 metros sobre el nivel del mar, podrá mejorar el funcionamiento del mismo en Puno.	Evaluación de la eficiencia, en condiciones geográficas altiplánicas.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	<b>Variable dependiente (x)</b>
¿Mejorará el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas con micro inversores con dosificación de variables?	La investigación sobre la eficiencia de un montaje fotovoltaico con micro inversor en la localidad de puno.	El estudio de la eficacia hacia un montaje fotovoltaico con micro inversores en Puno, que permitirá mejorar su operación.	Regulación y funcionamiento del micro inversor solar.
¿Como estudiar el efecto de instalaciones fotovoltaicas con micro inversores en la zona de Puno?	La cuantificación nos llevara al progreso de la eficacia en un montaje fotovoltaico con micro inversores.	La cuantificación nos llevará al progreso de la eficacia en un montaje fotovoltaico con micro inversores.	