



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**"ESTUDIO DE SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES CON CONEXIÓN A LA  
RED"**

**AUTORES:**

**VÍCTOR GREGORIO RIVERA CEVALLOS**

**PABLO IGNACIO OLMEDO LÓPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**ING. DAVID CÁRDENAS VILLACRÉS**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2014-2015**

## CERTIFICACIÓN

Yo Ing. DAVID CÁRDENAS VILLACRÉS, declaro que el proyecto de tesis, previo a la obtención de título de ingeniero eléctrico, fue elaborado por los señores: PABLO IGNACIO OLMEDO y VÍCTOR RIVERA CEVALLOS, bajo mi dirección y supervisión.

-----

**Ing. David Cárdenas Villacrés.**

**Docente: Ing. Eléctrica**

**UPS-SEDE GUAYAQUIL**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados, las ideas y conclusiones expuestos en el presente trabajo académico, son exclusiva responsabilidad de los autores, y la propiedad intelectual pertenece a la Universidad Politécnica Salesiana.

(f).....

**VÍCTOR GREGORIO RIVERA CEVALLOS**

**0919366039**

(f).....

**PABLO IGNACIO OLMEDO LÓPEZ**

**0703576165**

## **Agradecimiento**

A Dios por el don de la vida, a mi padre Víctor Hugo Rivera Borja, mi madre Mariana de Lurdes Cevallos Alarcón, mi hermana Katherine Rivera por el apoyo brindado incondicionalmente durante la realización del proyecto.

Víctor Rivera Cevallos

En primer lugar a Dios por darme la fortaleza, a mis padres, la señora Martha López, el señor Wilson Olmedo por ser la gran motivación en mi vida. A mi esposa Johanna Choco por la paciencia y apoyo brindada, a mis hijos Joshua y Joan que son inspiración en mí caminar. A mis hermanas Susy y Andrea. Al señor Víctor Hugo Rivera por ser el apoyo incondicional para la culminación de este proyecto.

Pablo Ignacio Olmedo

## Índice general

Certificación.....	ii
Declaratoria de responsabilidad.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Indice general.....	v
Indice de ilustraciones.....	viii
Indice de tablas .....	xii
Indice de ecuaciones .....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract .....	xvii
Capítulo 1.....	1
Generalidades.....	1
1.1 Introducción. ....	1
1.2 Objetivo general. ....	1
1.3 Objetivos específicos.....	1
1.4 Justificativo. ....	2
Capítulo 2.....	3
Fundamentos Teóricos. ....	3
2.1 Descripción de sistemas fotovoltaicos. ....	3
2.2 Conversión de energía solar en electricidad.....	6

2.3 Instalaciones fotovoltaicas de conexión a red. ....	19
Capítulo 3.....	28
Diseño y construcción del tablero.....	28
3.1 Construcción de la estructura del tablero. ....	28
3.2 Construcción de la estructura para el panel.....	33
3.3 Creación de la litografía del tablero. ....	36
3.4 Instalación de los elementos y conexión interna.....	37
3.5 Numeración de equipos del tablero.....	41
3.6 Presupuesto de construcción del banco de pruebas.....	42
Capítulo 4.....	43
Manual de conexión y operación. ....	43
4.1 Instrucciones de seguridad. ....	43
4.2 Instalación de un micro inversor simple. ....	43
4.3 Instalación y conexión del cableado AC.....	45
4.4 Conexión de un micro inversor simple.....	46
4.5 Desconexión de un micro inversor simple.....	48
4.6 Instalación del gateway.....	49
4.7 Conexión del gateway.....	50
4.8 Comprobación de la comunicación entre gateway y el micro inversor.....	50
Capítulo 5.....	56
Manual de prácticas.....	56

5.1 Práctica # 1 (Seguridad y conexión de elementos). .....	56
5.2 Práctica # 2 (Conexión del panel, gateway e inversor). .....	63
5.3 Práctica # 3 (Comunicación y monitoreo del panel e inversor). .....	71
5.4 Práctica # 4 (Conexión de una carga de 100w/120v). .....	77
5.5 Práctica # 5 (Conexión de dos carga de 100w/120v). .....	89
5.6 Práctica # 6 (Conexión de tres carga de 100w/120v). .....	99
5.7 Práctica # 7 (Conexión de una carga de 60 w/240v). .....	109
5.8 Práctica # 8 (Conexión de dos cargas de 60 w/240v). .....	119
5.9 Práctica # 9 (Conexión de tres cargas de 60 w/240v). .....	129
5.11 Práctica # 11 (Conexión de tres cargas de 1(100w/120v) y 2(60w/240v). .....	149
5.12 Práctica # 12 (Conexión de cuatro cargas de 2(100w/120v) y 2(60w/240v). .....	159
5.13 Práctica # 13 (Conexión de seis cargas de 3(100w/120v) y 3(60w/240v). .....	169
5.14 Práctica # 14 (Mantenimiento de equipos). .....	179
Capítulo 6. ....	186
6.1 Conclusiones .....	186
6.2 Recomendaciones. ....	187
Bibliografía .....	188
Anexos .....	190

## Índice de ilustraciones

Figura 1 Mapa de sistemas fotovoltaicos.....	3
Figura 2. Átomo .....	7
Figura 3. Átomo Silicio.....	8
Figura 4. Tipo n.....	8
Figura 5. Tipo p.....	9
Figura 6. Unión n- p.....	9
Figura 7. Célula fotovoltaica.....	11
Figura 8. Célula en circuito.....	11
Figura 9. Célula fotovoltaica.....	12
Figura 10. Grupos de paneles.....	14
Figura 11. Mineral de silicio.....	15
Figura 12. Método czochralski.....	16
Figura 13. Lingote.....	17
Figura 14. Superficie rugosa.....	17
Figura 15. Sobre una edificación.....	20
Figura 16. Sobre el suelo.....	20
Figura 17. Construcción de estructura.....	28
Figura 18. Corte de la plancha.....	29
Figura 19. Mesa y estructura.....	29
Figura 20. Marcando la plancha.....	30
Figura 21. Comparación con los equipos.....	30
Figura 22. Calada de la plancha.....	31
Figura 23. Plancha calada.....	32
Figura 24. Plancha pintada.....	32

Figura 25. Plancha pintada y ubicada. ....	33
Figura 26. Construcción de la base. ....	34
Figura 27. Unión de las partes. ....	35
Figura 28. Acople de la base y estructura ....	35
Figura 29. Pegado del vinil. ....	36
Figura 30. Terminado del pegado ....	36
Figura 31. Ubicación de los equipos. ....	37
Figura 32. Cableado de equipos. ....	38
Figura 33. Ubicación equipos. ....	39
Figura 34. Banco de pruebas de energía renovables ....	40
Figura 35. Inversor simple. ....	43
Figura 36. Instalación real de inversores. ....	44
Figura 37. Conexión AC. ....	45
Figura 38. Protección del conector AC ....	46
Figura 39. Inversor simple ....	47
Figura 40. Código de colores. ....	47
Figura 41. Conexión cable AC / inversor ....	48
Figura 42. Conexión del gateway ....	49
Figura 43. Gateway parte posterior. ....	49
Figura 44. Home screen. ....	50
Figura 45. Elementos del home screen. ....	51
Figura 46. Configuración Gateway ....	52
Figura 47. Configuración clave. ....	52
Figura 48. Configuración del idioma ....	53
Figura 49. Conexión a red doméstica. ....	53

Figura 50. Seleccionar idioma del equipo.....	54
Figura 51. Seleccionar fecha y hora.....	54
Figura 52 Serial del inversor.....	55
Figura 53. Procedimiento terminado.....	55
Figura 54. Tipo de Paneles.....	64
Figura 55. Inversor conectado a red.....	64
Figura 56. Gateway.....	65
Figura 57. Interfaz.....	66
Figura 58 Parámetro de funcionamiento.....	72
Figura 59. Producción de energía. ....	73
Figura 60. Detalle de cada elemento PR(%).....	79
Figura 61 Diagrama unifilar práctica 4.....	83
Figura 62. Diagrama de conexiones práctica 4.....	84
Figura 63. Diagrama unifilar práctica 5.....	93
Figura 64. Diagrama de conexiones práctica 5.....	94
Figura 65. Diagrama unifilar práctica 6.....	103
Figura 66. Diagrama de conexiones práctica 6.....	104
Figura 67. Diagrama unifilar práctica 7.....	113
Figura 68. Diagrama de conexiones práctica 7.....	114
Figura 69. Diagrama unifilar práctica 8.....	123
Figura 70. Diagrama de conexiones práctica 8.....	124
Figura 71. Diagrama unifilar práctica 9.....	133
Figura 72. Diagrama de conexiones práctica 9.....	134
Figura 73. Diagrama unifilar práctica 10.....	143
Figura 74. Diagrama de conexiones práctica 10.....	144

Figura 75 Diagrama unifilar práctica 11 .....	153
Figura 76. Diagrama de conexiones práctica 11 .....	154
Figura 77. Diagrama unifilar práctica 12 .....	163
Figura 78. Diagrama de conexiones práctica 12 .....	164
Figura 79. Diagrama unifilar práctica 13 .....	173
Figura 80. Diagrama de conexiones práctica 13 .....	174
Figura 81. Conectores MC4 .....	181

## Índice de tablas

Tabla 1. Potencia nominal de salida .....	26
Tabla 2. Detalle de costos de los materiales .....	42
Tabla 3. Elementos práctica 1. ....	58
Tabla 4. Protocolo de funcionamiento (Panel). ....	59
Tabla 5. Protocolo de funcionamiento (Gateway). ....	60
Tabla 6. Protocolo de funcionamiento (Inversor). ....	61
Tabla 7. Elementos práctica 2. ....	67
Tabla 8. Funcionamiento del sistema. ....	68
Tabla 9. Rendimiento del Inversor. ....	69
Tabla 10. Elementos práctica 3. ....	74
Tabla 11. Producción solar diaria. ....	75
Tabla 12. Pérdidas por orientación. ....	78
Tabla 13. Elementos práctica 4. ....	82
Tabla 14. Valores de voltaje, corriente y potencia 100w/120v. ....	85
Tabla 15. Análisis de potencia carga 100w/120v .....	86
Tabla 16. Potencia del inversor a la red. ....	87
Tabla 17. Elementos práctica 5. ....	92
Tabla 18. Valores de voltaje, corriente y potencia (200w/120v). ....	95
Tabla 19. Análisis de potencia carga (200w/120v). ....	96
Tabla 20. Potencia del inversor a la red. ....	97
Tabla 21. Elementos práctica 6. ....	102
Tabla 22. Valores de voltaje, corriente y potencia (300w/120v). ....	105
Tabla 23. Análisis de potencia carga (300w/120v). ....	106
Tabla 24. Potencia del inversor a la red. ....	107

Tabla 25.Elementos práctica 7.....	112
Tabla 26.Valores de voltaje, corriente y potencia (60w/240v).....	115
Tabla 27.Analisis de potencia carga (60w/240v).....	116
Tabla 28.Potencia del inversor a la red. ....	117
Tabla 29.Elementos práctica 8.....	122
Tabla 30.Valores de voltaje, corriente y potencia (120w/240v).....	125
Tabla 31.Analisis de potencia carga (120w/240v).....	126
Tabla 32.Potencia del inversor a la red. ....	127
Tabla 33.Elementos práctica 9.....	132
Tabla 34.Valores de voltaje, corriente y potencia (180w/240v).....	135
Tabla 35.Analisis de potencia carga (180w/240v).....	136
Tabla 36.Potencia del inversor a la red. ....	137
Tabla 37.Elementos práctica 10.....	142
Tabla 38.Valores de voltaje, corriente y potencia (160w/120v-240v).....	145
Tabla 39.Analisis de potencia carga (160w/120v-240v). ....	146
Tabla 40.Potencia del inversor a la red. ....	147
Tabla 41.Elementos práctica 11.....	152
Tabla 42.Valores de voltaje, corriente y potencia (220w/120v-240v).....	155
Tabla 43.Analisis de potencia carga (220w/120v-240v). ....	156
Tabla 44.Potencia del inversor a la red. ....	157
Tabla 45.Elementos práctica 12.....	162
Tabla 46.Valores de voltaje, corriente y potencia (320w/120v-240v).....	165
Tabla 47 Analisis de potencia carga (320w/120v-240v). ....	166
Tabla 48.Potencia del inversor a la red. ....	167
Tabla 49.Elementos práctica 12.....	172

Tabla 50.Valores de voltaje, corriente y potencia (480w/120v-240v).....	175
Tabla 51.Analisis de potencia carga (480w/120v-240v). ....	176
Tabla 52.Potencia del inversor a la red. ....	177
Tabla 53.Elementos práctica 14.....	183
Tabla 54.Panel solar prueba de circuito abierto.....	184

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Valor del electrón.....	10
Ecuación 2. Rendimiento energético de la instalación .....	24
Ecuación 3. Términos de la expresión PR. ....	24
Ecuación 4. Pérdidas anuales por temperatura. ....	24
Ecuación 5. Temperatura de trabajo .....	24
Ecuación 6. Coeficiente de pérdidas de cableado DC .....	25
Ecuación 7. Coeficiente de pérdidas de cableado AC .....	26
Ecuación 8. Coeficiente de pérdidas por paradas de la instalación .....	26
Ecuación 9. Coeficiente por la pérdida del punto máxima de potencia.....	27
Ecuación 10. Producción energética diaria.....	80

## Resumen

Para el estudio de energía fotovoltaica con conexión a la red, se requirió de la construcción de un tablero de pruebas, el cual requirió de un panel solar de 300 W de potencia nominal, con un nivel máximo de voltaje, 36.6 VDC y una corriente máxima de 8.20 A. Empleando un inversor de autoconsumo con conexión a red, se establece un sincronismo con la misma, para proceder a entregar la energía. Sus especificaciones son: potencia nominal (DC) 250 W, voltaje máximo 44 VDC y mínimo 21 VDC, máxima corriente (DC) 10.4 A, máxima potencia de salida (AC) 240 W, voltaje nominal 240 VAC, máxima corriente (AC) 1A, frecuencia nominal 60 Hz y eficiencia  $96,4\% \pm 0,2\%$ . El “gateway” es el que monitorea la producción y se comunica con el inversor inalámbricamente y con el computador por medio de un puerto ethernet, para monitorear el sistema. Las mediciones se realizan con tres analizadores de red que determinan el voltaje, la corriente y la potencia del sistema.

Para demostrar la entrega de energía solar al sistema de distribución, se empleó un medidor analógico, como resultado gira en sentido contrario cuando el sistema fotovoltaico produce más energía de la que consume.

## Abstract

For the study of photovoltaic energy connected to the network, it required the construction of a test panel, which required a solar panel 300 W nominal power with a maximum voltage level, 36.6 VDC and a maximum current 8.20 A. Using an inverter connected to the grid consumption, synchronism with the same set, to proceed to deliver energy. Its specifications are: minimum rated power (DC) 250 W, maximum voltage 44 VDC and 21 VDC, maximum current (DC) 10.4 A, maximum output power (AC) 240 W, nominal voltage 240 VAC, maximum current (AC) 1A, nominal frequency 60 Hz and efficiency  $96.4\% \pm 0.2\%$ . The "gateway" is the production that monitors and communicates wirelessly with the inverter and with the computer through an ethernet port to monitor the system. Measurements are made with three network analyzers which determine the voltage, current and power of the system. To demonstrate the delivery of solar power to the distribution system, an analog meter was used, as a result rotates counterclockwise when the photovoltaic system produces more energy than it consumes.

# Capítulo 1

## Generalidades

### 1.1 Introducción.

Las nuevas tendencias de la política nacional dan prioridad al cuidado del medio ambiente y están promoviendo la utilización de nuevas fuentes de generación de energía renovable que produzcan energía eléctrica limpia y libre de contaminación.

Este tipo de instalaciones fotovoltaicas con conexión a red constan principalmente de un panel fotovoltaico que produce energía DC y un inversor que transforma esa misma a AC. Con la energía eléctrica sobrante del consumo del sistema, lo inyecta a la red eléctrica.

### 1.2 Objetivo general.

- Analizar el comportamiento de un sistema de Energía Renovables (Fotovoltaica) conectado a la red eléctrica para consumo y suministro.

### 1.3 Objetivos específicos.

- Diseñar y construir un banco de pruebas para un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica de distribución residencial.
- Utilizar un sistema fotovoltaico real para analizar el funcionamiento de los sistemas de conversión de energía y regulación para conectarse simultáneamente a la red eléctrica de corriente alterna 120 v – 240 v.
- Elaboración de una guía de prácticas para los estudiantes.
- Elaboración de una guía para el docente para el correcto desarrollo de las prácticas en el laboratorio.

#### **1.4 Justificativo.**

Demostración práctica del comportamiento de un sistema renovable solar con conexión a la red. Indicando el comportamiento, rendimiento energético, los rendimientos actuales y los parámetros de funcionamiento de la instalación.

La Universidad Politécnica Salesiana no cuenta con un módulo de energías renovables. En el cual permita a los estudiantes apreciar el comportamiento de sistemas de energía renovables.

Con este sistema de conexión a red podemos entregar energía a la red de distribución para mejorar los índices de calidad de la empresa eléctrica de Guayaquil. El único detalle que no están hechas normativas para que un domicilio puede suministrar al sistema de distribución.

Podríamos estar hablando de un nuevo giro para producción de energías limpias en nuestro país y ayudaría de manera directa a reducir los costos de generación contaminante.

## Capítulo 2

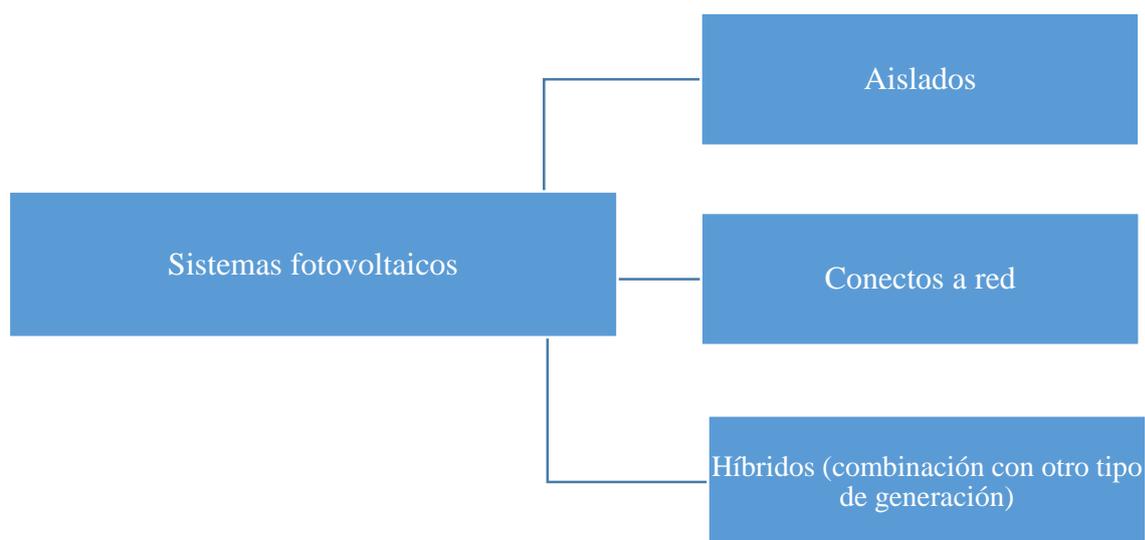
### Fundamentos Teóricos.

#### 2.1 Descripción de sistemas fotovoltaicos.

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformar en utilizable como energía eléctrica. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.41).

Los sistemas se pueden clasificar según el siguiente mapa, ver Figura 1.

*Figura 1 Mapa de sistemas fotovoltaicos*



Fuente: Autores

Se disponen de muchas opciones para construir un sistema fotovoltaico, pero normalmente trabaja con los siguientes elementos:

- Generador fotovoltaico: es el que tiene la capacidad de transformar la energía solar en corriente eléctrica mediante módulos fotovoltaicos.

- Baterías o acumuladores: estos elementos almacenan la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico para poder utilizarla en los períodos nocturnos cuando se tiene ausencia de luz solar.
- Regulador de carga: es el que protege y evita sobretensiones que puedan destruir a las baterías.
- Inversor: es el componente de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, necesaria para alimentar algunas cargas o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.42).
- Elementos de protección del circuito: son los equipos dispuestos entre diferentes elementos del sistema, para proteger la descarga y derivación de elementos en cada de fallo o situaciones de sobrecarga.

### ***Sistemas Aislados.***

Tienen como objetivo satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de aquellos lugares donde no existe red eléctrica de distribución.

- Los sistemas aislados están equipados con sistemas de acumulación de energía, ya que sólo pueden proporcionar energía durante el día. Esto implica que el campo fotovoltaico ha de estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación se acumule suficiente energía en las baterías para proporcionar energía en la noche. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.43).

### ***Principales componentes.***

- Módulos fotovoltaicos: reciben la energía solar y la transforman en energía eléctrica.
- Regulador de carga: protege a los acumuladores de un exceso de carga y de las descargas por exceso de uso.

- **Sistemas de acumulación:** es el cual almacena la energía sobrante para que se pueda reutilizar cuando demande la carga.
- **Inversor:** transforma la corriente continua producida por los módulos, en corriente alterna para la alimentación de las cargas.
- **Elementos de protección:** protegen la descarga y la derivación de elementos en caso de fallo o sobrecarga.

### ***Sistemas de conexión a red.***

Los sistemas conectados a red no tienen sistema de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de radiación solar es suministrada a la red eléctrica.

Estos sistemas cuentan con equipos de seguimiento del estado de tensión de la red de distribución, de manera que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo referente a la forma de entregar la energía, evitando situaciones peligrosas.

- Por otra parte, se eliminan las baterías que son la parte más costosa y compleja de una instalación (ciclos de carga, vida útil, mantenimiento). (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición, p.44).

### ***Principales componentes.***

- **Módulos fotovoltaicos:** captan la energía solar.
- **Inversor para la conexión a red:** es uno de los componentes más importantes, maximiza la producción, transforma la corriente continua en alterna y decide el momento de introducirla en la red de distribución.
- **Contador de energía:** mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento.

### ***Sistema Híbridos.***

En algunos casos el sistema fotovoltaico aislado se puede complementar con otro a fin de tener mayores garantías de disponer de electricidad.

Cuando un sistema fotovoltaico además de generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, y en general se utiliza la energía eólica o los grupos electrógenos.

- Estas combinaciones se dan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición, p.45).

## **2.2 Conversión de energía solar en electricidad**

### *Efectos fotovoltaicos.*

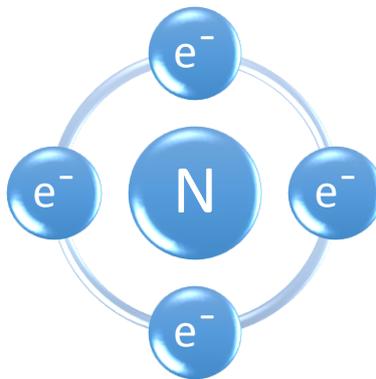
El efecto fotoeléctrico o fotovoltaico consiste en la conversión de luz en electricidad. Este proceso se consigue con algunos materiales que tienen prioridad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando los electrones libres son capturados, se produce una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

### *Conceptos básicos.*

La materia está constituida por átomos, que tienen dos partes bien diferenciadas. Figura 2.

- Núcleo: carga eléctrica positiva.
- Electrones: carga eléctrica negativa.
- Los electrones giran alrededor del núcleo en distintas bandas de energía y compensan la carga positiva de éste, formando un conjunto estable y eléctricamente neutro.
- Los electrones de la última capa se llaman electrones de valencia, y se interrelacionan con otros similares formando una red cristalina, ver figura 2.

Figura 2. Átomo



Fuente: Autores

***Eléctricamente hablando, existen tres tipos de materiales.***

- Conductores: Los electrones de valencia están poco ligados al núcleo y pueden moverse con facilidad dentro de la red cristalina con un pequeño agente externo.
- Semiconductores: Los electrones de valencia están más ligados al núcleo pero basta una pequeña cantidad de energía para que se compartan como conductores.
- Aislante: Tienen una configuración muy estable, con los electrones de valencia muy ligados al núcleo; la energía necesaria para separarlo de éste es muy grande. Los materiales usados en las células fotovoltaicas son los semiconductores.

***Materiales semiconductores.***

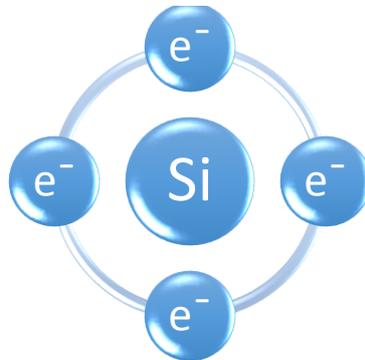
La energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones (partículas que forman los rayos solares)

Cuando la luz solar incide sobre el material semiconductor, se rompen los enlaces entre el núcleo y electrones de valencia, que quedan libres para circular por el semiconductor.

Al lugar que deja el electrón al desplazarse se llama hueco y tiene carga eléctrica positiva (de igual valor que la del electrón pero de signo contrario).

Los electrones libres y los huecos creados por la radiación tienden a recombinarse perdiendo su actividad. Para que esto no ocurra, y poder aprovechar esta libertad de los electrones, hay que crear en el interior del semiconductor un campo eléctrico, ver figura 3.

*Figura 3. Átomo Silicio.*



Fuente: Autores

El material más utilizado en la fabricación de células solares es el silicio, que tiene cuatro electrones de valencia.

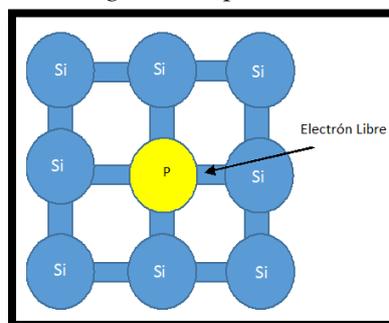
Para crear un campo eléctrico en este tipo de semiconductores se unen dos regiones de silicio tratadas químicamente (unión p-n).

*Unión p-n.*

Para conseguir un semiconductor de silicio tipo n, se sustituyen algunos átomos del silicio por átomos de fósforo, que tiene cinco electrones de valencia.

Como se necesitan cuatro electrones para formar los enlaces con los átomos contiguos, queda un electrón libre, ver figura 4.

*Figura 4. Tipo n.*

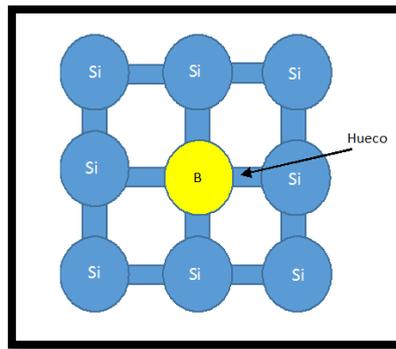


Fuente: Autores

De forma análoga, si se sustituyen átomos de silicio por átomos de Boro que tiene tres electrones de valencia, se consigue un semiconductor tipo p.

Al igual que el caso anterior, la formar los enlaces, falta un electrón, o dicho de otra forma, hay un hueco disponible, ver figura 5.

*Figura 5. Tipo p.*

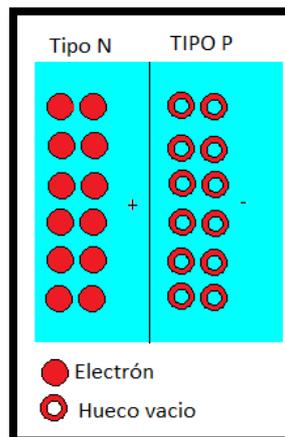


Fuente: Autores

Para conseguir una unión p-n se pone en contacto una superficie semiconductor tipo n con la de un semiconductor tipo p.

Los electrones libres de material tipo n tienden a ocupar los huecos del material tipo p y viceversa, creándose así un campo eléctrico que se hace cada vez más grande a medida que los electrones y los huecos continúan difundándose hacia lados opuestos, ver figura 6.

*Figura 6. Unión n- p.*



Fuente: Autores

El proceso continúa hasta que ya no se pueden intercambiar más electrones y huecos, consiguiéndose un campo eléctrico permanente sin la ayuda de campos eléctricos externos.

*Ancho de banda prohibida.*

Para que se produzca el efecto fotovoltaico, es decir, para que se produzca una corriente eléctrica cuando incide energía sobre el material semiconductor, es necesario que los fotones tengan una energía mayor que un valor mínimo determinado, que se denomina ancho de banda prohibida ( $E_g$ ).

A este valor mínimo también se le denomina "gap" de energía y suele expresarse en electron-voltios.

*Ecuación 1. Valor del electrón*

$$1 \text{ Ev (electrón-voltio)} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición

*Características del ancho de banda prohibida.*

- La energía que se aprovecha de cada fotón es la  $E_g$ . Si los materiales utilizados en la fabricación de las células fotovoltaicas tienen una  $E_g$  muy pequeña, se desaprovecharían mucha energía.
- Si la  $E_g$  es muy grande, las células se mostrarían transparentes a la mayoría de los fotones incidentes ya que el espectro de la luz solar se distribuye sobre un rango de longitud de onda que va desde  $0,35 \mu\text{m}$  hasta algo más de  $3 \mu\text{m}$ .
- El valor óptimo de  $E_g$  está en torno a  $1,5 \text{ Ev}$

*Células fotovoltaicas.*

La conversión de la radiación solar en corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica.

Una célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre los  $0,25 \text{ mm}$  y los  $0,35 \text{ mm}$  generalmente de forma cuadrada, con una superficie de aproximadamente  $100 \text{ cm}^2$ .

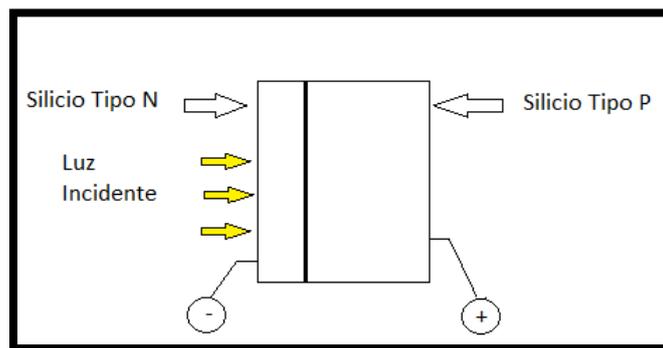
Cada célula fotovoltaica se compone de una delgada capa de material tipo "n" y otra de mayor espesor de material tipo "p".

Ambas capas separadas son eléctricamente neutras, y al juntarlas se genera un campo eléctrico en la unión "p-n".

Cuando la luz incide sobre la célula los fotones rompen el par electrón-hueco. El campo eléctrico de la unión los separa para evitar que se recombinen, llevando los electrones a la zona "n" y los huecos a la zona "p". Mediante un conductor externo, se conecta la capa negativa a la positiva, generándose así un flujo de electrones (corriente eléctrica) de la zona "p" a la zona "n".

La superficie en la zona "n" es la cara que se ilumina, ver figura 7.

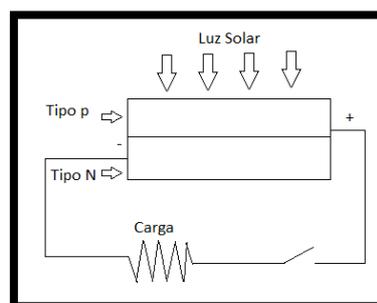
*Figura 7. Célula fotovoltaica.*



Fuente: Autores

Mientras la luz siga incidiendo habrá corriente eléctrica, y su intensidad será proporcional a la cantidad de luz que reciba la célula, ver figura 8.

*Figura 8. Célula en circuito.*



Fuente: Autores

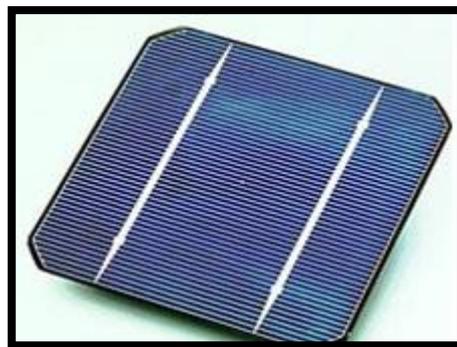
### *Tipos de células fotovoltaicas.*

Las células fotovoltaicas más utilizadas son las formadas por la unión "p-n" y construidas con Silicio monocristalino, aunque existen diversos procedimientos y tipos de materiales para su construcción, ver figura 9.

Hay una serie de aspectos que afectan a todos los materiales semiconductores:

- **Cristalinidad:** Indica la ordenación de los átomos en la estructura cristalina. En silicio, como otros materiales, puede aparecer en varias formas: monocristalino, policristalino o amorfo.
- **Coefficiente de absorción:** Indica cómo la luz lejana, que tiene una longitud de onda específica, puede penetrar el material antes de ser absorbida. Un coeficiente de absorción pequeño significa que la luz no es absorbida fácilmente por el material.

*Figura 9. Célula fotovoltaica.*



Fuente: [http://www.esco-tel.com/paneles\\_solares.html](http://www.esco-tel.com/paneles_solares.html)

Dependen de dos factores:

1. Material que hay encima de la célula: tiene que tener un mínimo coeficiente de absorción.
2. Longitud de onda o energía de la luz que es absorbida.

Las células de Silicio cristalino son de un espesor grande ya que tiene un coeficiente de absorción de la luz incidente relativamente reducido.

- **Coste y complejidad de fabricación:**

Varían dependiendo del material o materiales utilizados en las capas del semiconductor según los factores:

1. Deposición en diversos compartimentos.
2. Necesidad de trabajar en un ambiente determinado.
3. Cantidad y tipos de material utilizado.
4. Número de pasos implicados.
5. Necesidad de mover las células.

Las partes más importantes de una célula solar son las capas del semiconductor, ya que es en ellas donde se liberan los electrones y se producen la corriente eléctrica. Para hacer las capas de las distintas células solares se utilizan diferentes materiales semiconductores, y cada uno de ellos tiene sus ventajas y sus inconvenientes, ver figura 10.

### ***Células de Silicio.***

#### Monocristalino

- Presenta una estructura completamente ordenada.
- Su comportamiento uniforme lo hace buen conductor.
- Es de difícil fabricación.
- Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con Boro.
- Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica.
- Su rendimiento oscila entre 15 – 18%.

#### Policristalino

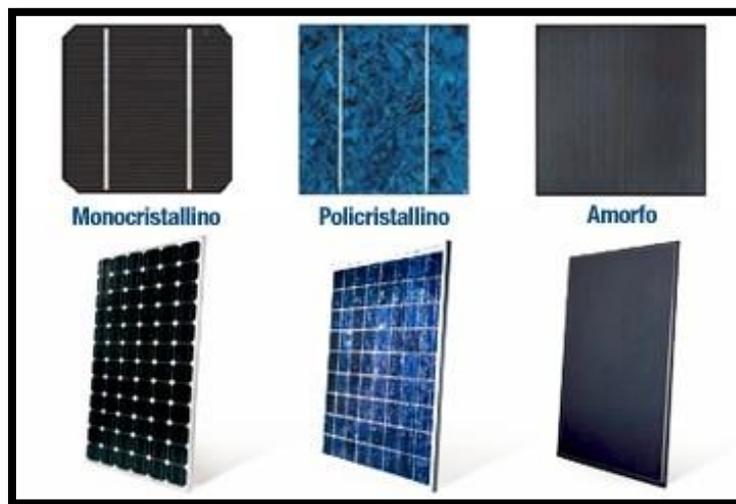
- Presenta una estructura ordenada por regiones separadas.
- Los enlaces irregulares de las fronteras cristalinas disminuyen el rendimiento de la célula.
- Se obtiene de igual forma que la de silicio monocristalino pero con menos fases de cristalización.

- Su superficie está estructurada en cristales con distintos tonos azules y grises metálicos.
- Su rendimiento oscila entre 12 – 14%

#### *Amorfo*

- Presenta un alto grado de desorden.
- Contiene un gran número de defectos estructurales y de enlaces.
- Su proceso de fabricación es más simple que en los anteriores y menos costosos.
- Se deposita de forma de lámina delgada sobre vidrio o plástico.
- Son eficientes bajo iluminación artificial.
- Tienen un color marrón homogéneo.
- Su rendimiento es menor a 10%.

*Figura 10. Grupos de paneles.*



Fuente: <http://enersave.es/medicion-neta/energia-solar>

#### *Fabricación de células fotovoltaicas.*

Las más utilizadas son las de Silicio monocristalino. Para la fabricación de una célula es necesario tanto los materiales como el diseño.

#### Parámetro de Diseño

- Propiedades electrónicas del material, pureza y grado de cristalinidad.

- Cantidad de luz absorbida en un determinado espesor de materiales (absortividad).
- Rango de longitudes de onda utilizados por celda (ancho de banda).
- Costes dependiendo del material, cantidad empleada y tecnología requerida.

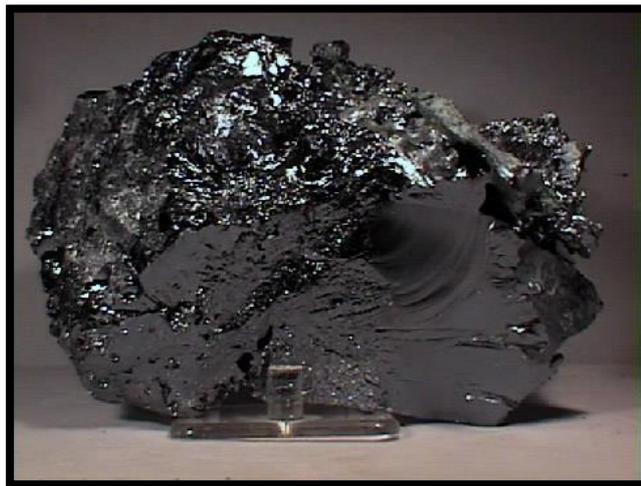
#### *Fabricación de Células de Silicio Monocristalino.*

El proceso de fabricación de las células de silicio monocristalino es bastante complejo, y se puede diferenciar dos etapas:

#### *Elaboración de Silicio*

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, y se presenta en forma de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), ver figura 11.

*Figura 11. Mineral de silicio.*



Fuente: [http://opex-energy.com/fotovoltica/historia\\_fotovoltica.html](http://opex-energy.com/fotovoltica/historia_fotovoltica.html)

#### Procesos

- Reducción:

Proceso en el que se agrega carbón en cantidades controladas a altas temperaturas.

Por medio de este proceso se extrae el silicio llamado grado metalúrgico, que tiene una pureza del 98%

- Purificación:

Proceso en el que se trata el silicio químicamente obteniendo el llamado silicio de grado electrónico, que tiene una pureza del 99,99%

*Fabricación de la Célula.*

Para la obtención de un lingote de silicio monocristalino, se emplea el método Czochralsky.

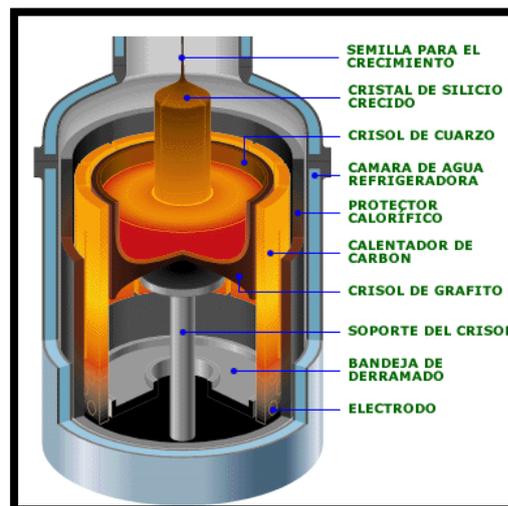
Método de Czochralsky

Se introduce el silicio en un crisol de impurezas de boro, que se calienta a altas temperaturas para obtener una masa fundida, ver figura 12.

Una vez que todo el material se encuentra es estado líquido, se introduce una varilla con un germen de silicio en un extremo, que al ponerse en contacto con la masa empieza a solidificarla.

La varilla tiene un movimiento de rotación y a la vez va ascendiendo lentamente, de forma que se obtiene un lingote cilíndrico.

*Figura 12. Método czochralski.*



Fuente: <http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/>

Una vez obtenida el lingote con el método, se corta mediante sierras muy precisas, obteniendo obleas (discos) de un espesor aproximado de un espesor aproximado de 0,33 mm, ver figura 13.

El material sobrante se vuelve a utilizar fundiéndose de nuevo.

Con el corte se dañan las capas superficiales por lo que se trabajan químicamente.

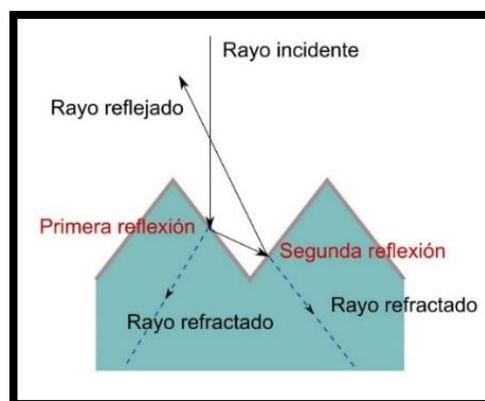
*Figura 13.Lingote.*



Fuente: <http://www.ujaen.es/investiga/solar>

El paso siguiente consiste en formar la unión "p-n", mediante la difusión de impurezas de tipo "n" a altas temperaturas. La profundidad de la capa "n" dependerá de la temperatura y la duración del proceso. Para eliminar la zona "n" de la cara posterior y los lados se hace ataque químico localizado. Ahora ya se tiene una unión "p-n" en el interior de la célula capaz de producir energía eléctrica al incidir radiación. La superficie de la oblea es tan pulida que puede llegar a reflejar hasta una tercera parte de la luz incidente. Para evitarlo se crea una superficie rugosa formada por pirámides microscópicas que hacen rebotar al rayo incidente hacia el interior de la célula (texturado), ver figura 14.

*Figura 14.Superficie rugosa.*



Fuente: [http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/unidad-3/skinless\\_view](http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/unidad-3/skinless_view)

El siguiente paso es formar los contactos metálicos, utilizando técnicas serigráficas de pastas conductoras en las dos caras de la oblea.

Cuanto más contactos se pongan mayor cantidad de electrones será capturado, pero menor iluminación llegará a la parte activa.

Los contactos en la cara iluminada tienen forma de rejilla para permitir que la luz entre en el semiconductor, y en la cara posterior cubren toda la superficie.

Finalmente se aplica una película antirreflectante a la superficie para disminuir aún más la reflexión de la célula. Con este método junto con el texturado, se consigue que se pierda sólo un 8-10%.

### *Módulos fotovoltaicos*

Los paneles o módulos fotovoltaicos son un conjunto de células conectadas convenientemente de forma que reúnan unas condiciones determinadas que los hagan compatibles con las necesidades y equipos existentes en el mercado.

Se comercializan con distintos modelos y tamaños

Los módulos proporcionan a las células:

- Resistencia mecánica.
- Protección contra los agentes ambientales externos.
- Aislamiento eléctrico que garantiza su duración y la seguridad de las personas y animales que se encuentran en su entorno.

Uno de los objetivos principales de los módulos respecto a las células es favorecer la máxima captación solar evacuando el calor para mejorar el rendimiento.

Las células que se utilizan para construir un panel fotovoltaico han de tener los mismos parámetros eléctricos (se admiten pequeños desviaciones) para que no se produzcan descompensaciones que limiten su funcionamiento.

Por ejemplo, la intensidad de toda una rama de células conectadas en serie queda limitada por la célula que tenga menor intensidad de corriente.

El módulo fotovoltaico tiene varias capas que recubren a las células tanto arriba como por abajo, dándoles protección mecánica y contra agentes ambientales, sobre todo contra el agua que puede llegar a causar la oxidación de los contactos que inutilizarían la célula.

### **2.3 Instalaciones fotovoltaicas de conexión a red.**

Estos sistemas se basan en captar la radiación solar emitida hacia a la tierra y transformarla en energía eléctrica mediante la instalación de un campo fotovoltaico, compuesto por paneles solares.

Esa energía generada se vierte directamente en la red de distribución eléctrica mediante un inversor de corriente específico para este tipo de instalaciones. Al contrario que en los sistemas aislados, la energía captada no se almacena en acumuladores para aprovecharla en periodos de baja o nula radiación solar.

Estas instalaciones, y de una forma básica, la podemos dividir en dos tipos:

- *Sobre una edificación:*

Este sistema se compone de un campo de paneles fotovoltaicos y un inversor de características especiales, y que es el elemento clave de la conexión. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.166), ver figura 15.

*Figura 15.Sobre una edificación.*



Fuente: <http://www.solarpro.com.mx/como-funciona-un-sistema-fotovoltaico/>

- En el suelo:

Se trata de centrales solares fotovoltaicas, generalmente son grandes extensiones con paneles fotovoltaicos que pueden estar fijos el terreno y con sistemas de seguimiento solar a fin de optimizar la captación de radiación solar. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.167), ver figura 16.

*Figura 16.Sobre el suelo.*



Fuente: <http://solarsolutionsenergies.com/aplicaciones/>

*Características de un sistema de conexión a red:*

- No se puede contar con ningún mecanismo de acumulación de energía (baterías), por tanto:
  - a. El mantenimiento de las instalaciones resulta algo más sencillo.
  - b. Los costes de conservación son más baratos.
- Si la instalación se realiza en inmuebles o zona donde ya exista un consumo, por ejemplo un edificio, el usuario no percibe ningún cambio en el servicio eléctrico, mantenimiento la misma seguridad de suministro y sabiendo que cada kw que produzca el generador contribuirá a disminuir la generación de energía eléctrica por otros medios contaminantes.

*Inversores.*

Será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia del generador fotovoltaico, con la radiación solar existente, pueda proporcionar.

- Los inversores que se utilizan en instalaciones conectadas a red son específicos, puesto que deberán asegurar el seguimiento de los valores de tensión y frecuencia de la red de distribución a la que están conectados, así como impedir el funcionamiento en modo isla en caso de que se descargue la línea para realizar labores de mantenimiento. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición, p.170).

*Características técnicas.*

- El principio de funcionamiento será una fuente de corriente.
- Serán autónomos.
- Tendrán un seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

- Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.
- Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:
  - a. Encendido y apagado general del inversor
  - b. Medidor de conexión a la red.

*Características Eléctricas.*

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continua en condiciones de irradiación solar de un 10 % superior a las condiciones estándar de media (CEM).

- Además soportará picos de magnitud de un 30 % superior a las CEM durante periodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25% y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85% y 88% respectivamente para inversores de potencia inferior a 5kW, al 90 % y 92% para inversores mayores de 5Kw.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada, deberá ser superior a 0,95 entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá verter energía a la red.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales:
  - a. Entre 0°C y 40°C de temperatura.
  - b. Entre 0% y 85% de humedad relativa.

### *Cableado.*

- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos:
- Los conductores de la parte continua deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%.
- Los conductores de la parte alterna deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 2%.
- Se incluirá toda la longitud de cable de continua y de alterna, debiendo tener longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para uso en intemperie, al aire o enterrado.

### *Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas*

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra.

Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

### **2.4 Rendimiento energético de la instalación.**

Se define el PR como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el período de diseño.

Este factor considera las pérdidas en la eficiencia energética debidas a:

- Efectos de temperatura en las células fotovoltaicas.
- Dispersión de los módulos solares.
- Suciedad de los módulos solares.
- Pérdidas en el cableado.
- Errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

Los elementos integrantes del campo solar definen la mayoría de estos parámetros.

PR puede englobar tantos factores como el diseñador pueda cuantificar, a fin de establecer un valor de eficiencia de la instalación lo más aproximado a las condiciones reales.

Se estima mediante la siguiente expresión y su valor varía en el tiempo en función de las distintas condiciones a las que se ve sometida la instalación:

*Ecuación 2. Rendimiento energético de la instalación*

$$PR\%=(100-A-P_{temp})*B*C*D*E*F$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición.

- A: es la suma de otros tres parámetros:

*Ecuación 3. Términos de la expresión PR.*

$$A=A1+A2+A3$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición. Energía solar fotovoltaica. Madrid, España. FC Editorial

A1: Representa la dispersión de los parámetros entre módulos.

A2: Efectos del polvo y la suciedad

A3: Contempla las pérdidas por reflectancia angular y espectral.

Ptemp: representa las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas.

*Ecuación 4. Pérdidas anuales por temperatura.*

$$P_{temp}(\%)=100*[1-0,0035*(T_c-25)]$$

Fuente: Miguel Casa-Mónica Barrio (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona, España: Marcombo

Siendo Tc la temperatura de trabajo de las células solares

*Ecuación 5. Temperatura de trabajo*

$$T_c=T_{amb} + (TONC-20)*(E/800)$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición. Energía solar fotovoltaica. Madrid, España. FC Editorial

Tamb: Temperatura del ambiente en °C

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo fotovoltaico. Este valor lo proporciona el fabricante.

E: Irradiación solar en W/m<sup>2</sup>

La temperatura de las células se eleva por encima de la temperatura ambiente de forma proporcional a la irradiancia incidente, lo que tiene como consecuencia una reducción del rendimiento de las mismas.

En el Silicio cristalino se puede estimar que por cada grado que aumente la temperatura en la célula solar por encima de 25 °C, el rendimiento decrece un 0,4%.

La temperatura es un factor a tener en cuenta en el momento de estudiar el emplazamiento de la instalación. Lugares ventilados reducen la temperatura de operación de los módulos fotovoltaicos presentados mayores rendimientos que aquéllos que no lo están.

Es un factor importante en instalaciones que contemplen su integración como un elementos diferenciador.

B: coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte de corriente continua, es decir, entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Se incluye las pérdidas en los fusibles, conmutadores, conexiones, etc.

*Ecuación 6. Coeficiente de pérdidas de cableado DC*

Fuente: Miguel Casa-Mónica Barrio (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona,

España: Marcombo

El valor máximo admisible para  $L_{cabcc}$  es 1,5% por lo que el valor mínimo de B será 0,985.

C: coeficiente que, al igual que el anterior, está relacionado con las pérdidas en el cableado, pero en este caso en la parte de corriente alterna.

*Ecuación 7. Coeficiente de pérdidas de cableado AC*

$$C = (1 - L_{cabca})$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición. Energía solar fotovoltaica. Madrid, España. FC Editorial

El valor máximo admisible para  $L_{cabca}$  es 2% y un valor recomendable es el 0,5%, por lo que C tendrá unos valores comprendidos entre 0,980 y 0,995.

D: está relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación. Con este coeficiente se cuantifica las pérdidas debidas al paro de la misma, de forma parcial o total, debido a fallos en la red, mantenimiento, etc.

*Ecuación 8. Coeficiente de pérdidas por paradas de la instalación*

$$D = (1 - L_{disp})$$

Fuente: Miguel Casa-Mónica Barrio (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona, España: Marcombo

Un valor adecuado para las pérdidas por disposición es el 5%, por lo que el valor mínimo de D será 0,95.

E: representa los valores de eficiencia del inversor. En este caso hay que atender a los valores de rendimiento y a la potencia del inversor a utilizar.

En función de la potencia nominal de salida, como mínimo el valor de E, ver tabla 1.

*Tabla 1. Potencia nominal de salida*

Rango de la potencia nominal	Inversor menor de 5Kw	Inversor mayor de 5Kw
25%	0,85	0,90
100%	0,88	0,92

Fuente: Autores

F: está relacionado con las pérdidas por el no seguimiento del punto de máxima potencia (PMP) y en los umbrales de arranque del inversor.

*Ecuación 9. Coeficiente por la pérdida del punto máxima de potencia*

$$F= (1-L_{pmp})$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición.Energía solar fotovoltaica. Madrid,

España. FC Editorial

Unos valores de referencia para estas pérdidas pueden ser entre el 5% y el 10%, pudiendo tomar como valor de referencia el 8%, por lo que F tendrá valores comprendidos entre 0,95 y 0,90. (Méndez, Cuervo y Veritas, 7ªEdición, p.188).

## Capítulo 3

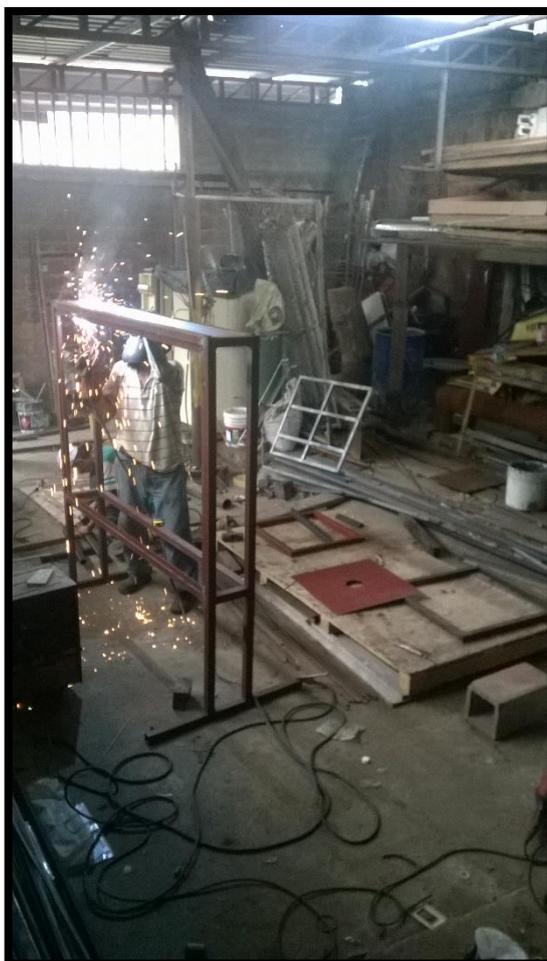
### Diseño y construcción del tablero.

#### 3.1 Construcción de la estructura del tablero.

La construcción del tablero está basada en un modelo sugerido por la universidad. Las medidas y la forma fueron tomadas de diseños anteriores.

Se elaboró un diseño en autocad para ubicación de los equipos a utilizar, trabajando con las medidas reales de los materiales eléctricos. La unión de las piezas metálicas para la estructura del tablero se realizó en un taller ubicado en la ciudadela Juan Montalvo. En el proceso se realizó la unión de las piezas, pulir y pinta. El proceso descrito anteriormente se muestra fotográficamente en las Figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25.

*Figura 17. Construcción de estructura*



Fuente: Autores

*Figura 18. Corte de la plancha*



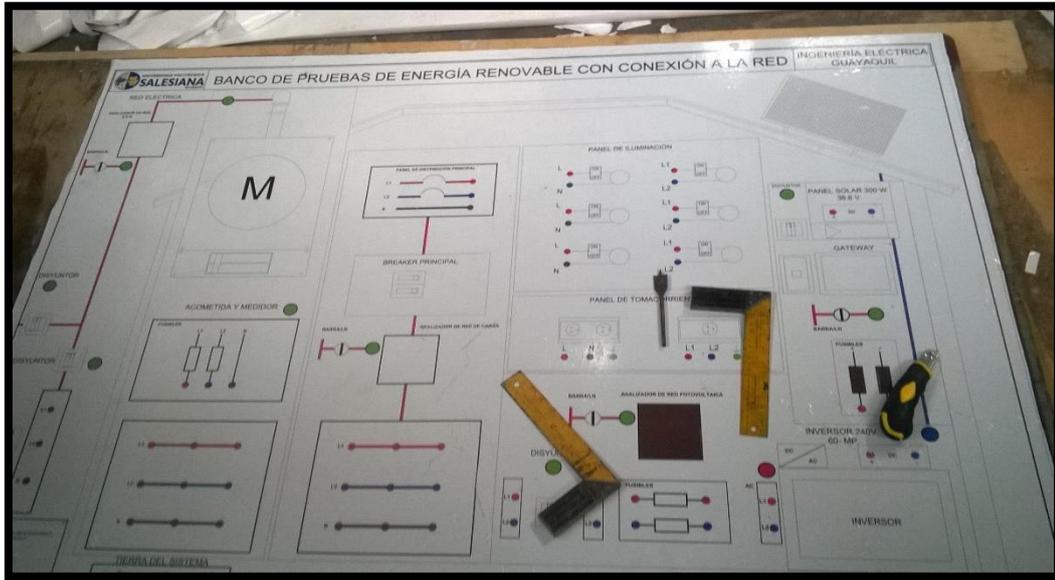
Fuente: Autores

*Figura 19. Mesa y estructura*



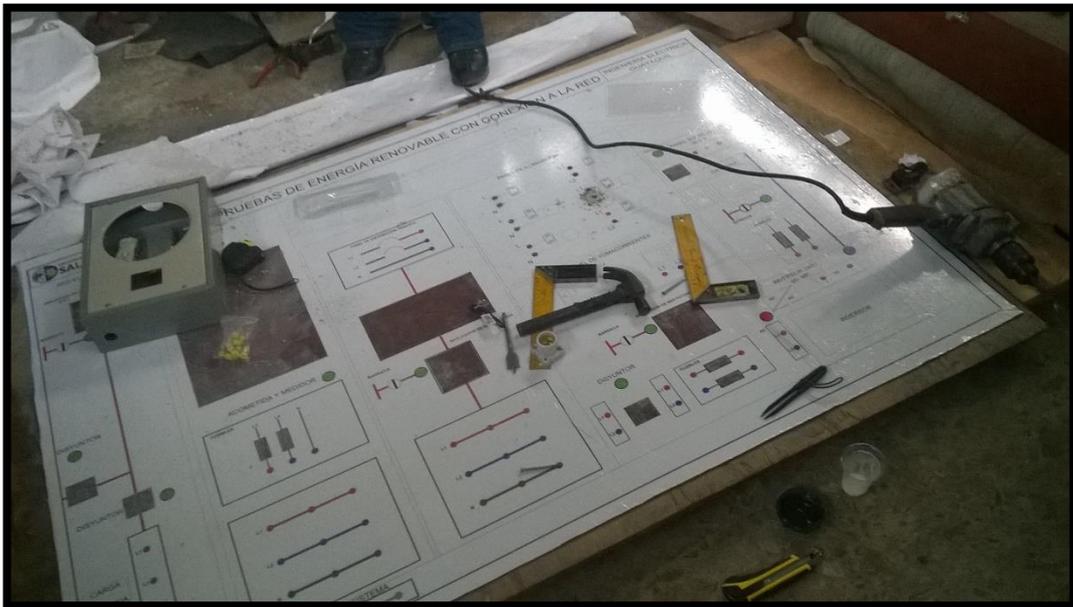
Fuente: Autores

Figura 20. Marcando la plancha



Fuente: Autores

Figura 21. Comparación con los equipos.



Fuente: Autores



*Figura 23. Plancha calada.*



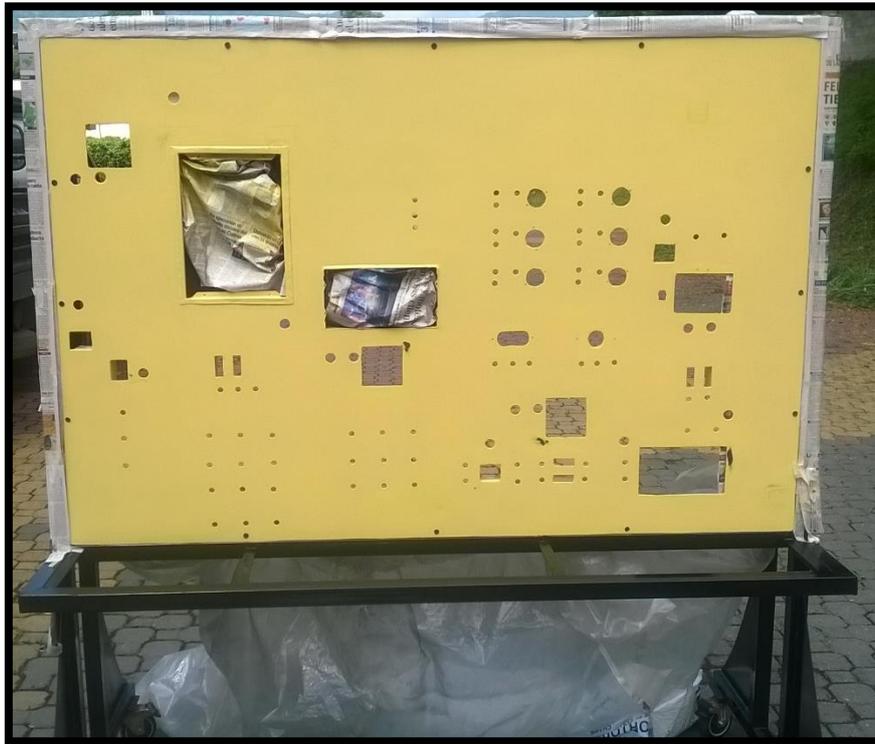
Fuente: Autores

*Figura 24. Plancha pintada.*



Fuente: Autores

*Figura 25. Plancha pintada y ubicada.*



Fuente: Autores

### **3.2 Construcción de la estructura para el panel.**

El sistema de energía fotovoltaica con conexión a la red demanda de un equipo se denomina panel solar. Este equipo tiene que ir sobre una estructura que pueda soportar el peso y facilite la movilidad del mismo.

Esta estructura la trabajamos en paralelo con la construcción del tablero. Se realizó en el mismo taller. El proceso se describe en las figuras 26, 27, 28.

*Figura 26. Construcción de la base.*



Fuente: Autores

*Figura 27. Unión de las partes.*



Fuente: Autores

*Figura 28. Acople de la base y estructura*



Fuente: Autores

### 3.3 Creación de la litografía del tablero.

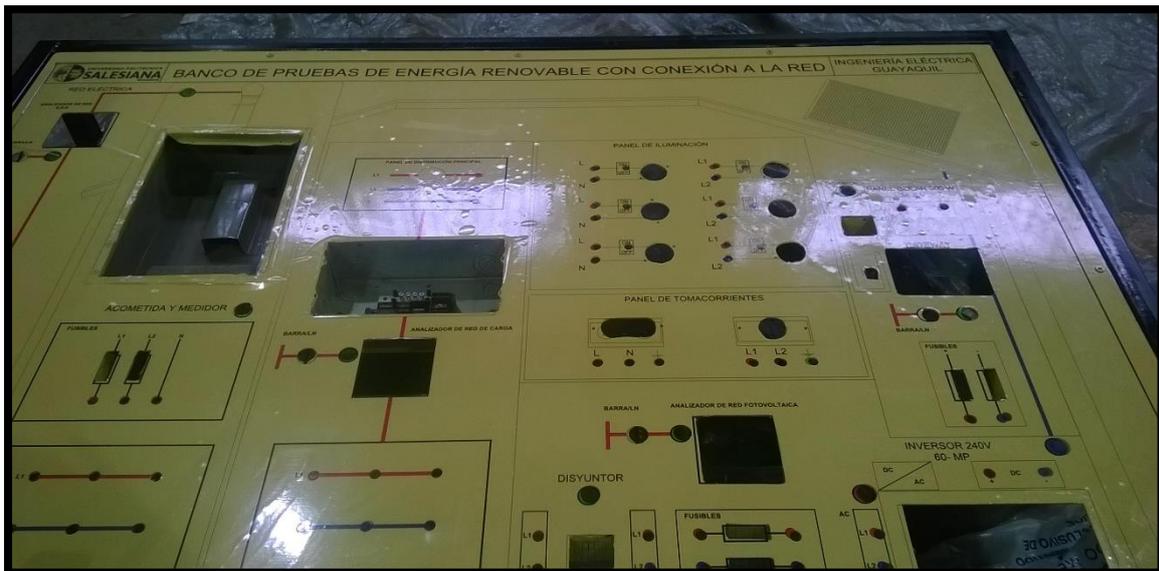
Se procedió a la ubicación del vinil en la plancha metálica. El proceso se muestra en las figuras 29,30.

*Figura 29. Pegado del vinil.*



Fuente: Autores

*Figura 30. Terminado del pegado*



Fuente: Autores

### 3.4 Instalación de los elementos y conexión interna.

Al finalizar la ubicación del vinil se procedió a instalar los equipos eléctricos y cablear el tablero. El proceso se muestra en las figuras 31 32, 33, 34.

*Figura 31. Ubicación de los equipos.*



Fuente: Autores

*Figura 32. Cableado de equipos.*



Fuente: Autores

Figura 33. Ubicación equipos.



Fuente: Autores

Figura 34. Banco de pruebas de energía renovables



Fuente: Autores

### **3.5 Numeración de equipos del tablero.**

Detalle de cada uno de los equipos del banco de pruebas

1. 2 unidades breaker 1P- 32 A.
2. 11 unidades de luces pilotos.
3. 4 unidades de selectores.
4. 3 unidades analizadores de red.
5. 2 unidades breaker 2 A.
6. 6 unidades fusibles.
7. 1 unidad de caja de medidores.
8. 1 unidad de panel de distribución.
9. 2 unidades breaker 1P-20 A.
10. 6 unidades de focos.
11. 1 unidad de toma 120v.
12. 1 unidad de toma 240v
13. 1 unidad de inversor.
14. 1 unidad de gateway.
15. 1 unidad de panel solar 300w.

### 3.6 Presupuesto de construcción del banco de pruebas.

*Tabla 2. Detalle de costos de los materiales*

Producto	Cantidad	Precio	Costo
Panel solar, Renesola, Virtus II 300 W Poly, silver frame	1	\$ 300,0	\$ 300,0
Gateway. Gen 2	1	\$ 387,0	\$ 387,0
Cable AC 1M NAM	3	\$ 24,0	\$ 72,0
Inversor, 240 WAC inverter	1	\$ 129,0	\$ 129,0
Analizador de red	3	\$ 250,0	\$ 750,0
Estructura	1	\$ 700,0	\$ 700,0
Pintura	2	\$ 17,0	\$ 34,0
Conectores hembra	65	\$ 2,0	\$ 130,0
Litografía	3	\$ 25,0	\$ 75,0
Interruptores cangrejo	6	\$ 0,8	\$ 4,8
Focos 100 w	6	\$ 0,9	\$ 5,4
Boquillas cerámica	6	\$ 1,0	\$ 6,0
Cable 12 (100 m)	1	\$ 45,0	\$ 45,0
Base socket	1	\$ 30,0	\$ 30,0
Tablero de distribución	1	\$ 45,0	\$ 45,0
Breacker 20 A	1	\$ 23,0	\$ 23,0
Breacker 32 A	2	\$ 6,7	\$ 13,4
Breacker 2 A	2	\$ 1,5	\$ 3,0
Fusibles 2A	6	\$ 1,2	\$ 7,2
Fusilera	6	\$ 0,8	\$ 4,8
Luces piloto	11	\$ 1,0	\$ 10,5
Selectores	5	\$ 1,2	\$ 6,0
Toma 120 v	1	\$ 0,8	\$ 0,8
Toma 240 v	1	\$ 1,1	\$ 1,1
Envío de equipos (Inversor, gateway)	2	\$ 75,0	\$ 150,0
Envío de equipos (Panel solar)	1	\$ 799,0	\$ 799,0
Impuestos y aduana	1	\$ 200,0	\$ 200,0
Envío de equipos	2	\$ 69,0	\$ 138,0
<b>Total</b>			<b>\$ 4.069,9</b>

Fuente: Autores

## Capítulo 4

### Manual de conexión y operación.

#### 4.1 Instrucciones de seguridad.

Todos los elementos de conexión deben estar secos para realizar cualquier operación.

No desconecte nunca el módulo fotovoltaico del micro inversor, sin desconectar primero la red eléctrica principal de CA. Cuando el inversor esté funcionando no tocar el cuerpo de aluminio que sirve para disipar el calor de la unidad y puede alcanzar los 70 °C.

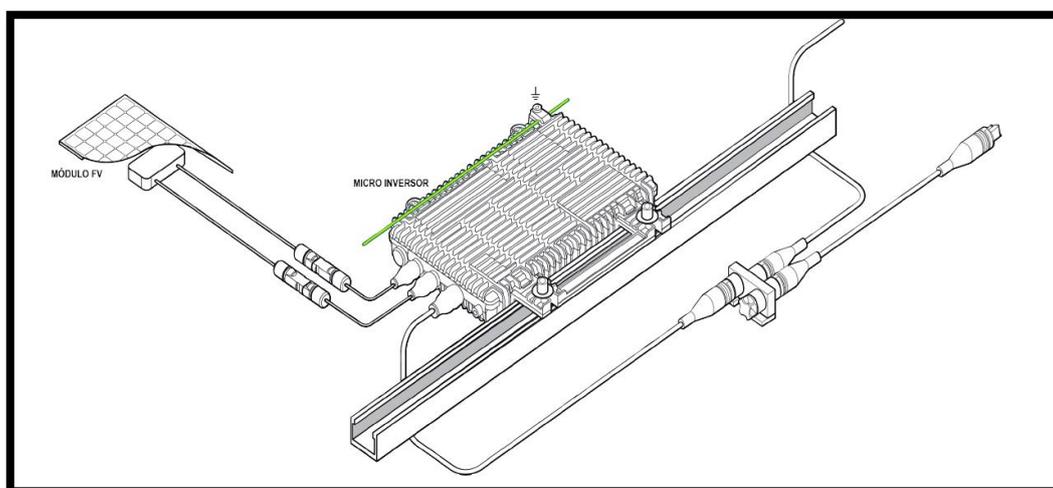
El panel fotovoltaico cada vez que se expone a la luz proporciona voltaje DC al módulo, tener mucho cuidado al manipular el panel expuesto a los rayos solares.

No se debe conectar bajo ninguna circunstancia una batería externa al inversor, esta podría dañar gravemente el equipo.

Para iniciar el proceso de conexión del sistema fotovoltaico a red primero se debe accionar el sistema de monitoreo para saber si el inversor no tiene ningún problema de su funcionamiento, ver figura 35.

#### 4.2 Instalación de un micro inversor simple.

*Figura 35. Inversor simple.*



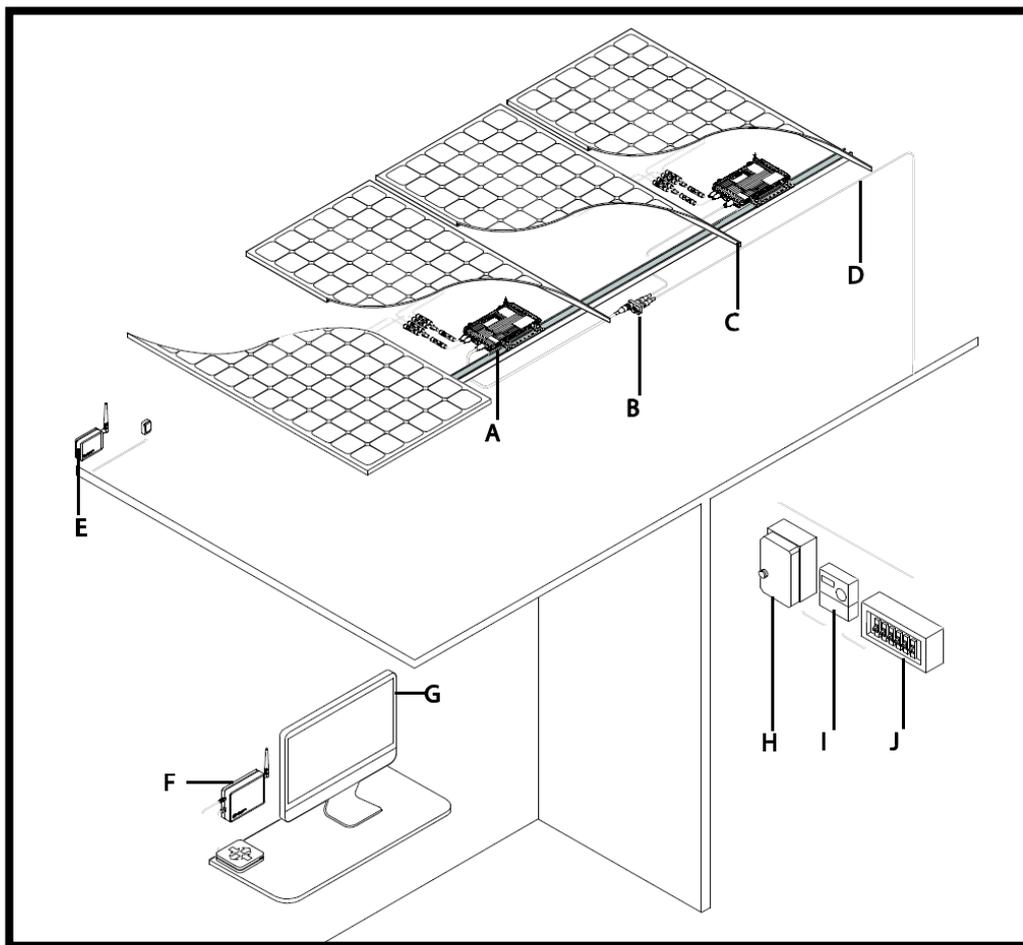
Fuente: Manual de instalación ENECSYS

El inversor simple debe localizarse muy cerca del gateway para tener una buena comunicación y poder monitorear de manera correcta.

Si las conexiones no se realizan en el orden correcto puede presentarse niveles de voltaje en los cables de conexión a la red.

El cable para la conexión de AC se conecta al panel de distribución directamente a los tornillos que están alimentados por la red a un nivel de voltaje de 240v. Tener mucho cuidado en las distancias que se encuentra el inversor y el panel de distribución, esto producirá una caída de voltaje puede significar que sea demasiado bajo para la conexión a la red eléctrica. En la figura 36 se pueden observar los siguientes elementos.

*Figura 36. Instalación real de inversores.*



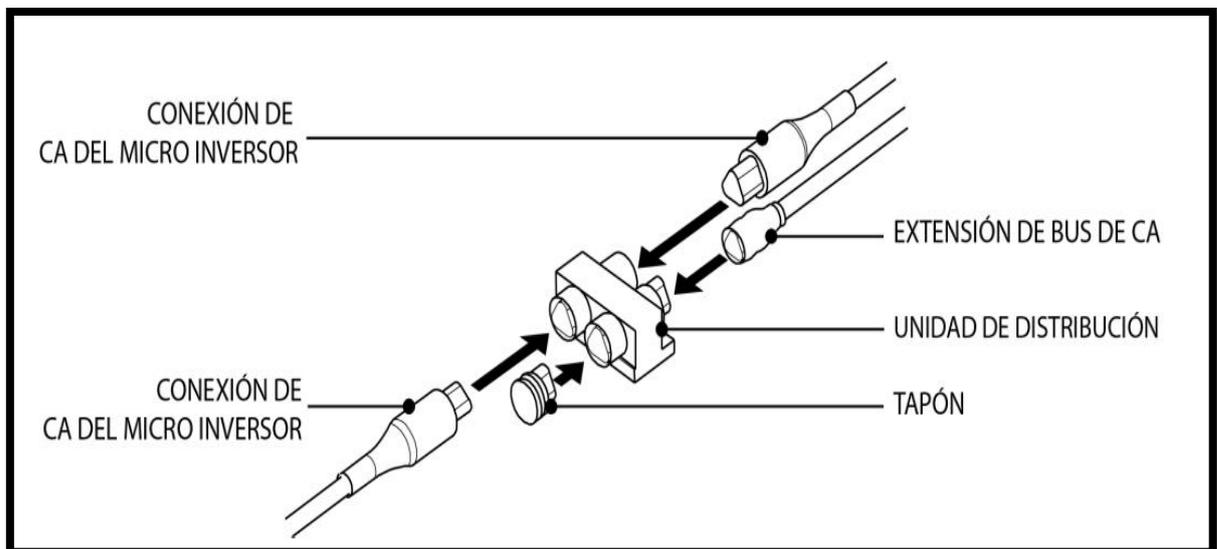
Fuente: Manual de instalación ENECSYS

- A: Micro inversor.
- B: Unidad de distribución.
- C: Módulo FV.
- D: Cables de conexión a la red.
- E: Repetidores Enecsys.
- F: Gateway Enecsys.
- G: Monitorización de Enecsys.
- H: Dispositivo de desconexión.
- I: Medidor de generación.
- J: Panel de distribución.

### 4.3 Instalación y conexión del cableado AC

Los inversores disponen de un cable AC con un conector instalado. Este conductor termina en conector de tres clavijas, ver en la figura 37.

*Figura 37. Conexión AC.*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Se debe tener en cuenta que no queden ramales de conexión de AC expuestos ya que pasará corriente por ellos cuando el sistema se conecte a la red eléctrica.

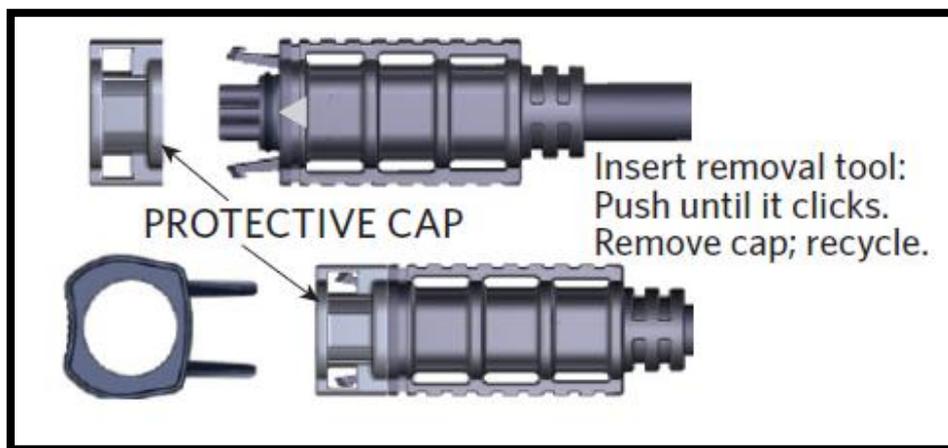
Todos los conectores eléctricos deben estar secos en el momento de realizar las conexiones del sistema y deben mantenerse secos durante la instalación.

#### 4.4 Conexión de un micro inversor simple

Se debe conectar la red eléctrica al inversor a un nivel de voltaje de 240v. También hay que tener en cuenta la conexión de tierra del inversor, esta tierra es aislada y no puede unirse a un neutro aterrizado peor aún a la tierra del sistema.

Retirar los tapones del cable AC antes de la conexión a la unidad de distribución ver la figura 38.

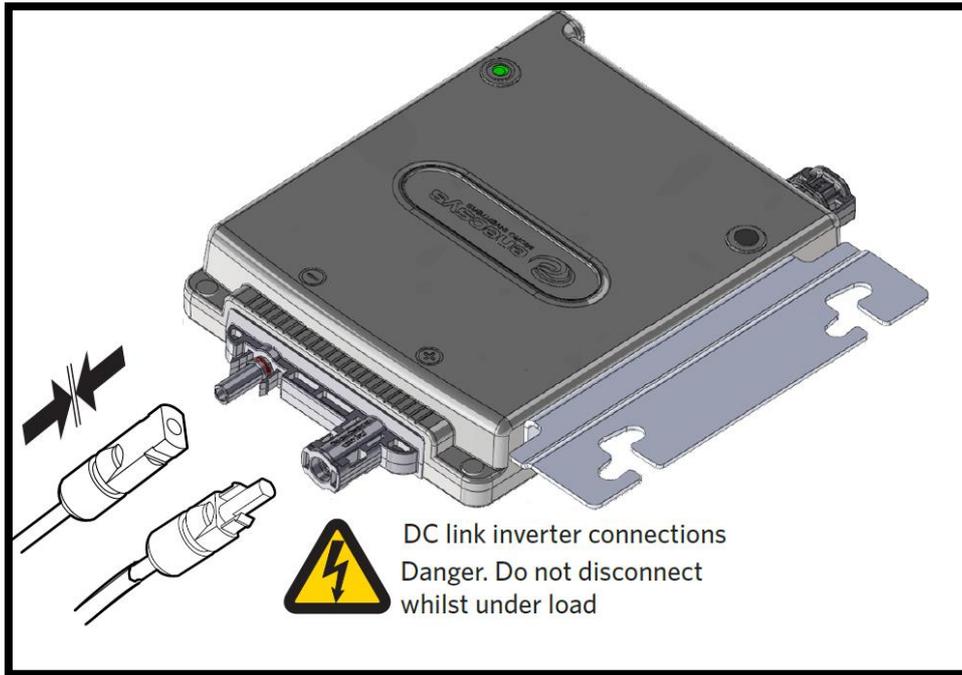
*Figura 38. Protección del conector AC*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Hay que tener presente las marcas de las polaridades del inversor en la zona de DC tiene que coincidir con las polaridad del módulo FV. El mismo conector positivo es muy diferente al conector negativo, ver la figura 39.

Figura 39. Inversor simple



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Nunca desconectar los cables DC del inversor cuando esta con carga esto puede provocar daños al panel FV por la corriente de circuito abierto que se presentan en estas circunstancias.

El cable para el circuito AC presenta una codificación a la salida de los cables esto ayuda a identificar cual es la L1, L2 y la tierra del inversor, ver figura 40.

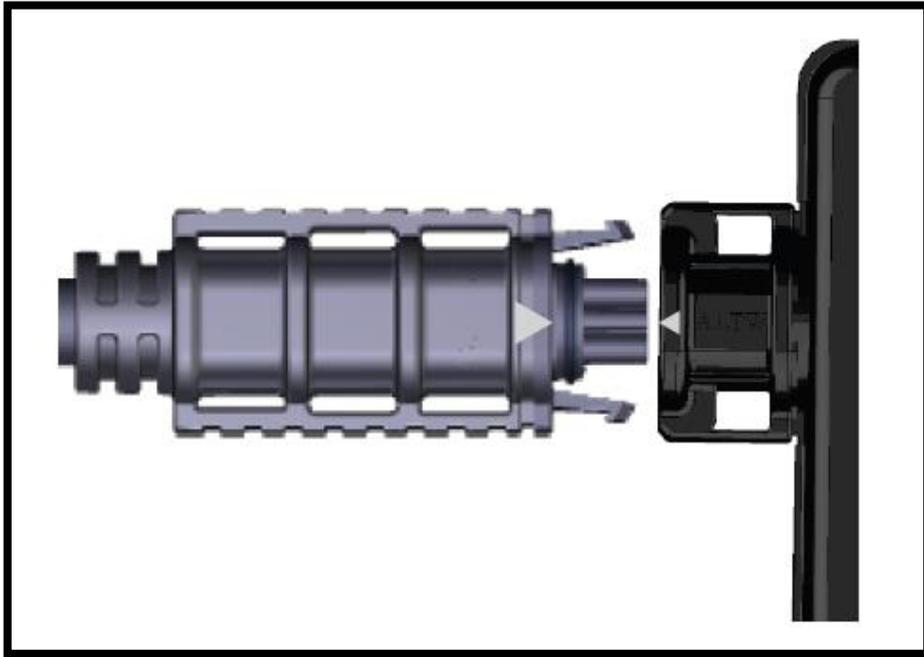
Figura 40. Código de colores.

		United States		Europe & Australia	
	Pin 1	L1	black	L	brown
	Pin 2	L2	red	N	blue
	Pin 3	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pin 4	N/A	N/A	N/A	N/A
	equipment ground		green	equipment ground	green/yellow

Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Para realizar la conexión correcta forma correcta del cable AC hacia el inversor hay que tener en cuenta la flecha del cable y la marca el inversor. Estas dos señales tienen que estar una frente a la otra, ver figura 41.

*Figura 41. Conexión cable AC / inversor*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

#### **4.5 Desconexión de un micro inversor simple**

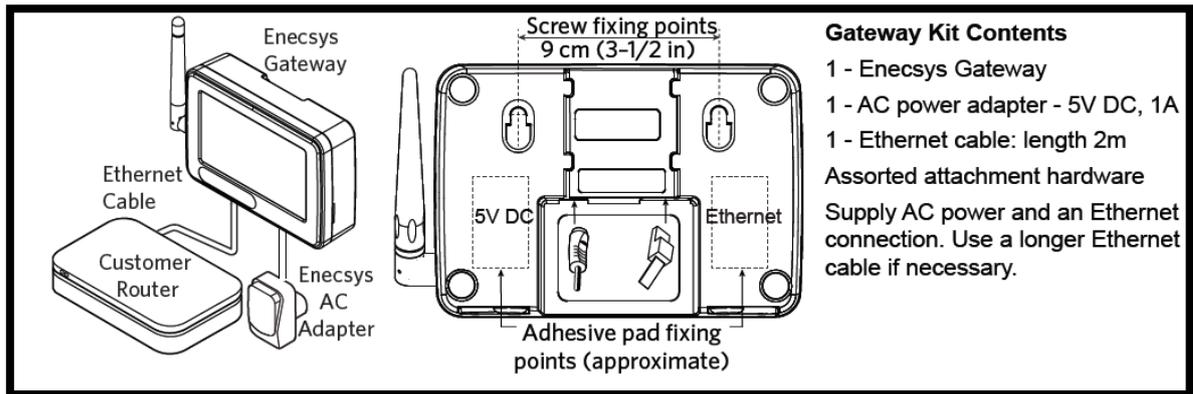
Pasos para la desconexión de un inversor simple:

- Desconectar la red por medio de un equipo de protección.
- Cubrir el panel FV para que no produzca energía DC.
- Desconectar el cable AC que llega al inversor.
- Desconectar los cable DC que van del panel FV hasta el inversor.
- Revisar la pantalla del gateway y revisar si esta desconectado el inversor.

#### 4.6 Instalación del gateway

El gateway se conecta al internet mediante el router del cliente. Este equipo se comunica con el inversor de forma inalámbrica, de modo que la instalación FV puede monitorizarse mediante un navegador de internet, ver figura 42.

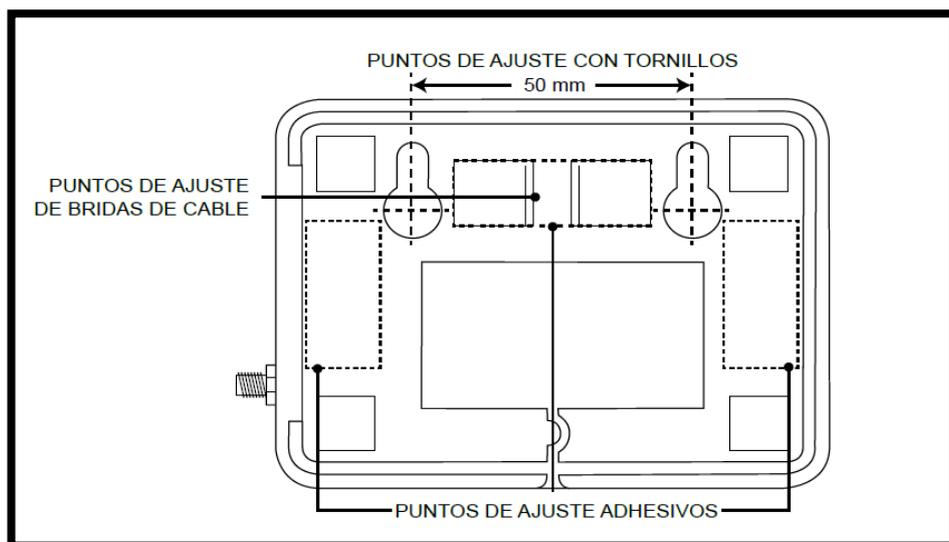
Figura 42. Conexión del gateway



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

El gateway debe instalarse dentro de un inmueble y cerca de una toma de 120v. Este equipo puede instalarse en la pared usando tornillos, ver figura 43.

Figura 43. Gateway parte posterior.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

#### 4.7 Conexión del gateway

Para realizar correctamente la conexión del gateway necesitamos conectar el adaptador a la fuente de alimentación de 120 v, se necesita hacer el monitoreo del inversor de manera remota es importante conectarlo a la intranet.

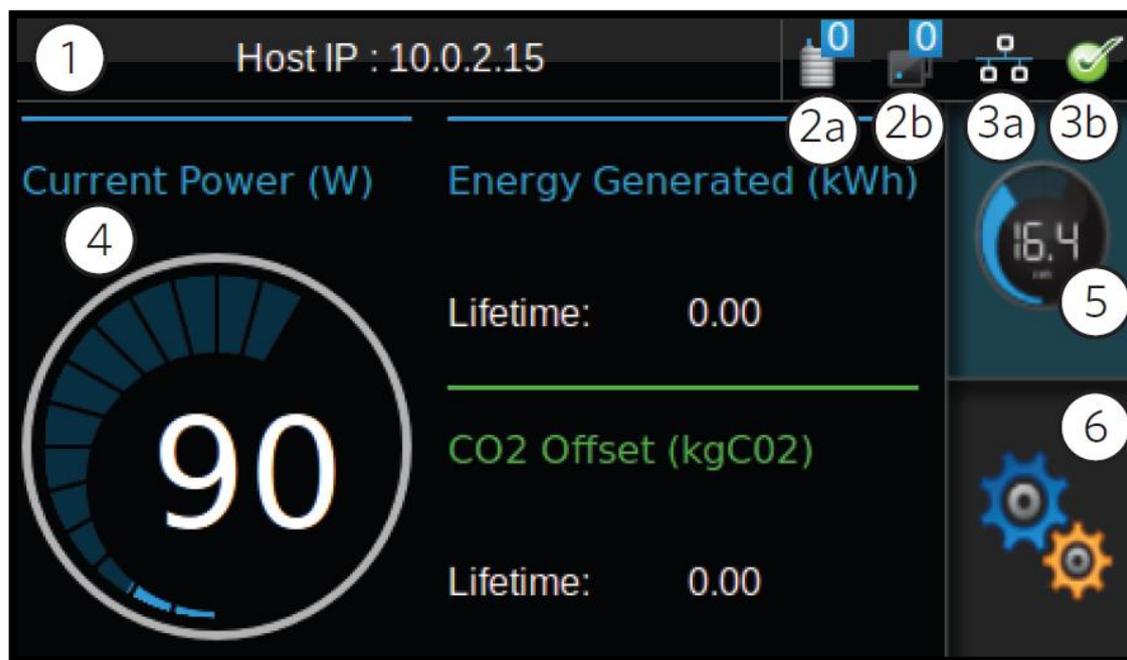
Para realizar el correcto procedimiento para la comunicación utilizando el internet se debe conectar el extremo del cable Ethernet al router y el otro extremo al gateway.

Conectar el adaptador del gateway a la fuente de alimentación de 120v, se encenderá inmediatamente en modo usuario. Después de haber encendido en gateway no desconectar porque puede interferir en la transmisión de datos.

#### 4.8 Comprobación de la comunicación entre gateway y el micro inversor

La pantalla del gateway permite comprobar que el micro inversor se está comunicando, ver figura 44.

Figura 44. Home screen.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Para poder comprender los elementos que se encuentra en la pantalla los detallamos a continuación en la Figura 45.

*Figura 45. Elementos del home screen.*

Callout	Name	Description
1	Status Bar	Displays host IP address. If it is blank, no IP address has been assigned.
2a	 Number of micro inverters communicating	If these numbers are less than expected, there is a communication problem between the gateway and micro inverters or repeaters. It may be necessary to install one or more repeaters.
2b	 Number of repeaters communicating	
3a	 Network Status	Indicates whether the Gateway has been able to contact the Enecsys monitoring web server over the Internet. A red X through this icon indicates that there is no connection to the Enecsys monitoring server.
3b	 System Status	Indicates that the Gateway has booted up correctly.*
4	Energy at-a-glance	Compares the day's energy production to lifetime data
5	 Energy Production	Returns to the home page when touched.
6	 System Configuration	Brings up the Settings screen when touched. View micro inverter, gateway, repeater, and server settings. Lets installers access setup commands.

Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Al momento que los paneles están instalados y conectados al inversor, el gateway automáticamente detecta la configuración e inicia el sistema de monitorización. Se recomienda que la configuración no se realice por la noche porque el inversor no produce energía y puede complicar la configuración.

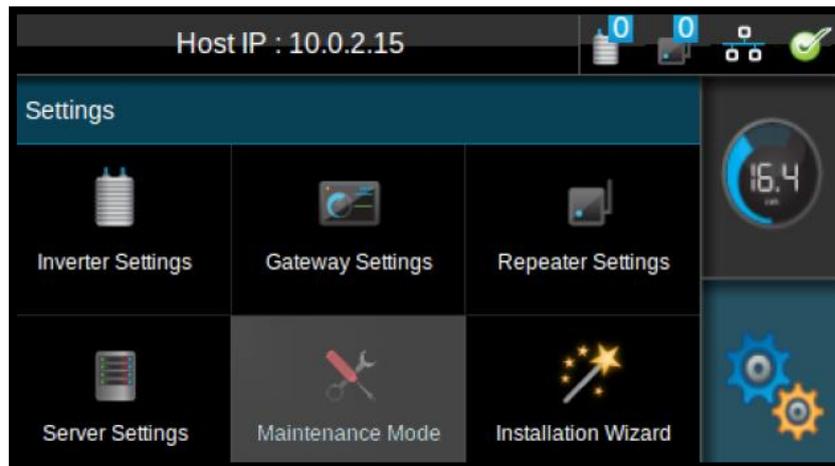
Si hemos realizado bien la instalación del inversor nos indicará que todo está en correcto orden. Se mostrará en la pantalla un visto en la parte superior derecha.

Una acotación muy importante si el gateway no está conectado a internet puede trabajar sin ningún problema el inversor. Para realizar la configuración de manera correcta se debe seguir los siguientes pasos:

Paso 1:

Ubicarse en la pantalla y seleccionar la configuración del sistema con lo cual se puede configurar la pantalla del gateway, ver Figura 46.

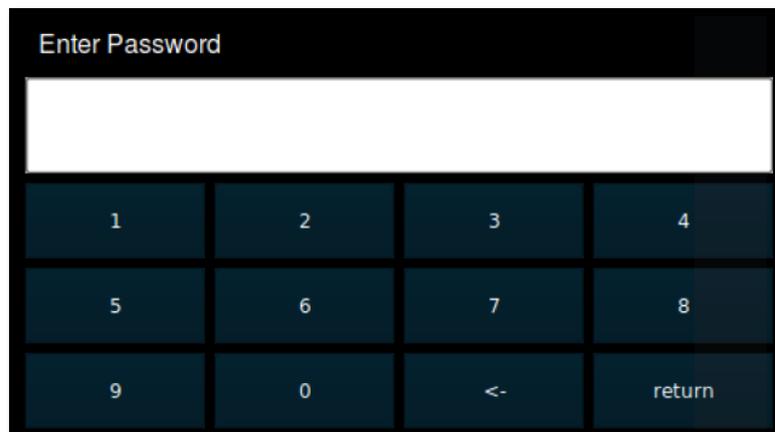
Figura 46. Configuración Gateway



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Seleccionamos modo de mantenimiento y configuramos la clave del sistema, ver Figura 47.

Figura 47. Configuración clave

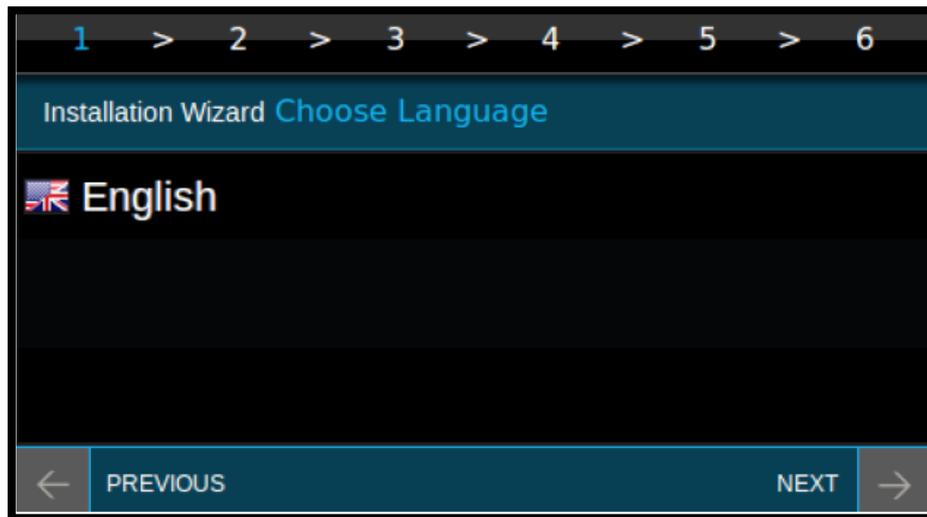


Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Paso 2:

Después de haber ingresado la clave puesta por el usuario, seleccionamos en el asistente de instalación (Installation wizard). Para configurar el idioma, solo se puede seleccionar en inglés, ver figura 48.

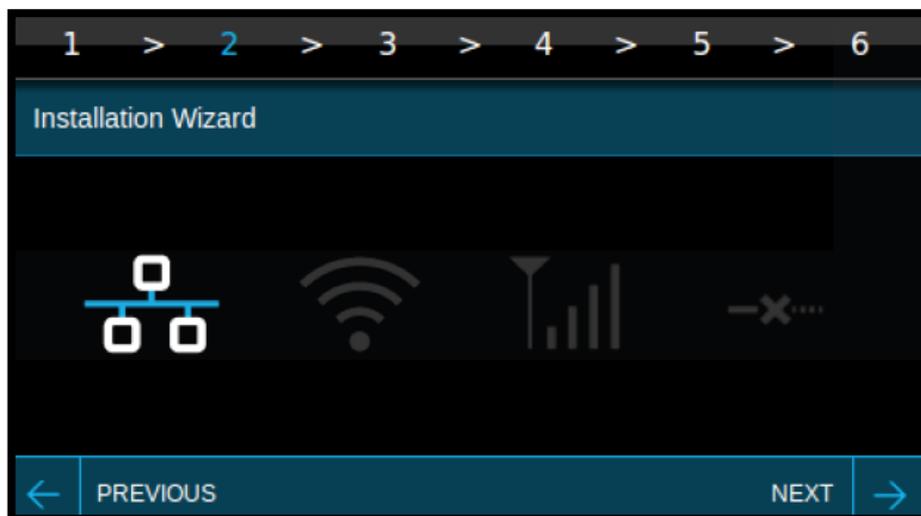
Figura 48. Configuración del idioma



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

También nos mostrará si estamos conectado a una red doméstica de internet, ver figura 49.

Figura 49. Conexión a red doméstica.

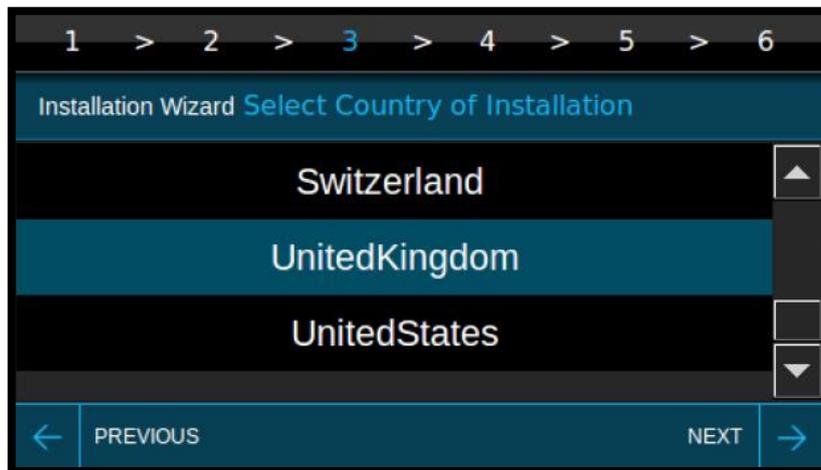


Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Paso 3:

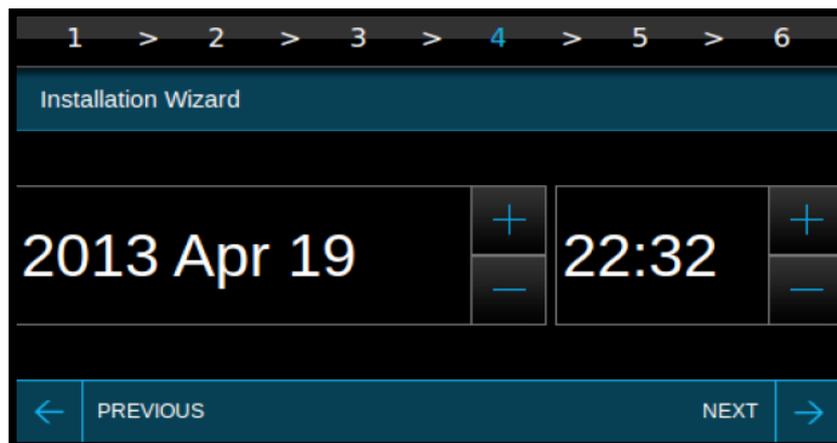
Seleccionar el país donde se ha instalado el sistema fotovoltaico con conexión a red. La opción que se debe seleccionar es la United States y ubicar la hora que corresponde a nuestro país, ver figuras 50, 51.

Figura 50. Seleccionar idioma del equipo.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Figura 51. Seleccionar fecha y hora.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Paso 4:

Este paso podrá saber si el sistema de monitoreo esta comunicado con el inversor, esto lo comprobará con el serial del inversor que debe salir reflejado en la pantalla de la siguiente forma, ver figura 52.

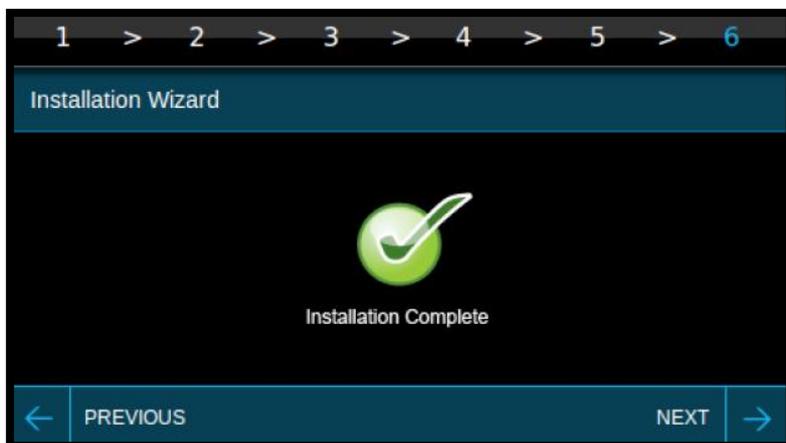
Figura 52 Serial del inversor



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Este serial nos indica que el inversor está registrado y comunicado con el gateway, ver figura 53.

Figura 53. Procedimiento terminado.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

Esta pantalla indica que se terminó con éxito la instalación.

## Capítulo 5

### Manual de prácticas

#### 5.1 Práctica # 1 (Seguridad y conexión de elementos).

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 1

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Seguridad y conexión de elementos

#### **Objetivo general.**

Identificar los principales riesgos en las mediciones eléctricas y los procedimientos de seguridad.

#### **Objetivo específico.**

Conocer los procedimientos de seguridad para activar los diferentes componentes del módulo y evitar fallas en los mismos.

#### **Marco teórico.**

El inicio del correcto funcionamiento se encuentra en el manual de seguridad.

Marco procedimental:

- Revisar si los cables de conexión del panel solar para verificar si no hay presencia de humedad en los mismos.
- Verificar las protecciones si se encuentran en posición correcta. A si mismo revisar las fusileras que contengan la protección (fusible).
- Ubicar a 180° la celda fotovoltaica para receptar mayor energía solar.

- El panel solar solo se puede limpiar con un trapo húmedo en caso que se presente polvo en la superficie. No usar ningún químico para su limpieza.
- Se recomienda no tocar el micro inversor mientras está en funcionamiento ya que la base del micro inversor que es de aluminio su función es disipar calor. En muchas ocasiones puede alcanzar temperaturas hasta 70 °C.

### **Condiciones de funcionamiento.**

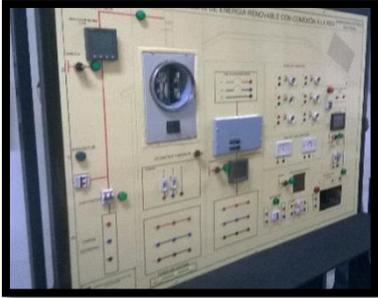
- Dominar todas las aplicaciones para el correcto uso del módulo.
- Advertir los procedimientos de seguridad.
- Distinguir los diferentes dispositivos a implementar.
- Descubrir los diferentes símbolos eléctricos para un sistema fotovoltaico.

### **Normas de seguridad.**

- En el cableado de corriente alterna debemos tener previsto las medidas de aislamiento eléctrico de la red por medio del disyuntor de 32 A.
- No se debe desconectar nunca el sistema fotovoltaico sin haber aislado la red eléctrica principal de corriente alterna.
- Probar la continuidad de los cables a usar en la instalación.
- El inversor siempre deberá trabajar con un equipo de protección.
- Cuando el módulo fotovoltaico se expone a la luz, proporciona corriente continua. Se puede cubrir el panel fotovoltaico hasta que esté conectado al tablero.
- No conectar baterías al inversor en la parte de DC.
- El nivel de tensión del inversor en su salida AC es de 240 voltios. La tierra del inversor es aislada no se debe conectar a ningún neutro o tierra del sistema.
- Utilizar los elementos de la tabla 3.

Tabla 3.Elementos práctica 1.

**Recursos utilizados.**

Nombre / Código	Imagen	Observación
Módulo de prácticas	 <p data-bbox="746 667 884 689">Fuente: Autor</p>	Revisar el cableado de la parte posterior.
Panel solar	 <p data-bbox="746 1086 884 1108">Fuente: Autor</p>	La posición del panel es a 180°

Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

- Cumplir los protocolos de funcionamiento del panel solar, completar la tabla 4.
- Verificar el correcto funcionamiento del gateway, completar la tabla 5.
- Identificar el correcto funcionamiento de los bornes de inversor, completar la tabla 6.

Tabla 4. Protocolo de funcionamiento (Panel).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>EQUIPO / PANEL</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ORIENTACIÓN</b>	<b>VOLTAJE (Vca)</b>	<b>CORRIENTE(Icc)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	45°			
2	90°			
3	180°			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>RENDIMIENTO:</b>		

Fuente: Autores

Tabla 5. Protocolo de funcionamiento (Gateway).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>EQUIPO / GATEWAY</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>ACTIVACIÓN</b>	<b>INVERSOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	LUZ PILOTO			
2	PANTALLA			
3	COMUNICACIÓN			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 6. Protocolo de funcionamiento (Inversor).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>EQUIPO / INVERSOR 240V</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : FUNCIONAMIENTO - CONTINUIDAD</b>				
<b>ITEM</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CONTINUIDAD DC</b>	<b>CONTIUIDAD AC</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	POSITIVO - NEGATIVO			
2	L1-L2			
3	FUSIBLES			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Comprobación de los equipos y su correcto funcionamiento.
- Conocimiento de los equipos y sus riesgos de seguridad.
- Se determinó los diferentes niveles de voltaje y corriente de un panel solar en los diferentes grados de incidencia.

### **Recomendaciones.**

- Recordar que el panel solar al momento que capta luz solar produce energía DC y esto puede provocar una descarga eléctrica.
- No trabajar en zonas húmedas al momento de hacer la prueba del panel.
- Trabajar con cables secos.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionario.**

1. ¿Qué factores que pueden dañar con severidad el inversor?
2. ¿Cuál es el procedimiento para limpiar la celda fotovoltaica?
3. ¿Escriba el nivel de tensión en la que opera el inversor?
4. ¿Cuál es el nivel de temperatura que puede alcanzar el inversor en la zona de disipación?
5. ¿Qué ángulo de inclinación deberá estar la celda fotovoltaica para obtener mayor rendimiento?

### **Bibliografía.**

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paran

## **5.2 Práctica # 2 (Conexión del panel, gateway e inversor).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 2

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión del panel, gateway e inversor

### **Objetivo general.**

- Distinguir, apropiadamente, los diferentes procedimientos para conectar el conjunto celda fotovoltaica, inversor y gateway (equipo de monitoreo).

### **Objetivo específico.**

- Verificar el correcto funcionamiento de una celda fotovoltaica y los protocolos de conexión.
- Evidenciar la puesta en marcha de un inversor conectado a red.
- Reconocer de manera visual el monitoreo de la generación de energía solar, por medio del gateway.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

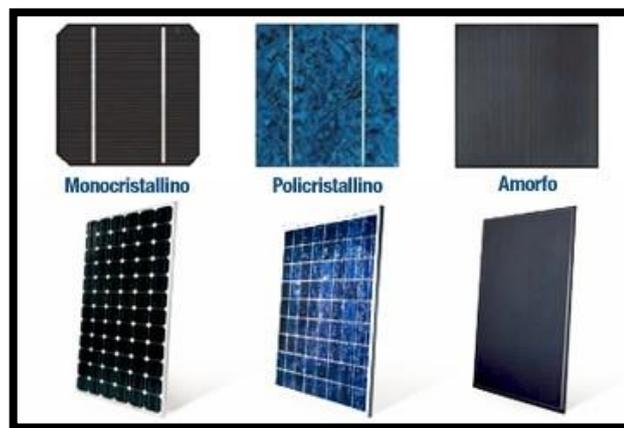
Existen diferentes tipos de panel solar, mayoritariamente son de tres tipos y se clasifican según la estructura cristalina:

**Silicio monocristalino:** Son fabricados de células monocristalinas. El color es monocromático esto significa de color azul oscuro y con brillo metálico. El rendimiento sobre el 19% en modelos comerciales.

Silicio policristalino: Formado por el agrupamiento de cristales de Silicio. Lo identificamos por su aspecto de una amalgama de cristales de diferentes azules y grises con un brillo metálico. El rendimiento no sobrepasa el 15% en modelos comerciales.

Silicio amorfo: En este panel desaparece la estructura cristalina ordenada y el silicio se ha depositado formando una capa fina. Se los identifica con colores marrón y el gris oscuro. El rendimiento no sobrepasa el 9% en modelos comerciales, ver la figura 54.

*Figura 54. Tipo de Paneles.*



Fuente: <http://enersave.es/medicion-neta/energia-solar>

#### *Inversor conectado a red*

Es la parte más importante y compleja de la instalación ya que se han de sincronizarse con los valores de tensión y de frecuencia de la red de distribución eléctrica y no puede funcionar de forma aislada (modo isla). El rendimiento de un inversor es la potencia de salida dividida sobre potencia de entrada. El inversor utilizado se muestra en la figura 55.

*Figura 55. Inversor conectado a red.*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

## Gateway

Es el equipo que monitorea la generación que produce el inversor en tiempo real. Este equipo se conecta de forma inalámbrica con el inversor y nos advierte de manera inmediata si el inversor está procediendo de manera equivocada, ver figura 56.

*Figura 56. Gateway*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

### **Marco procedimental.**

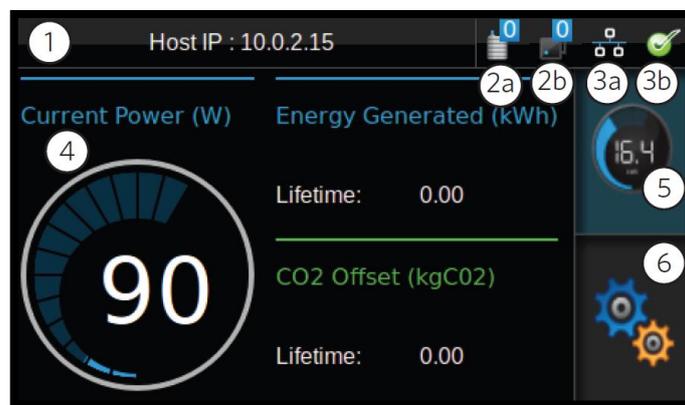
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v.
- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica, girar el selector y se accionará el gateway, lo cual activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Conectar en la celda fotovoltaica los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red del distribuidor, este nos indicará los niveles de voltaje presente en la acometida.

- Conectar la salida de las fusileras de la red a los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Activar el selector del analizador de red de carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que ingresará a las cargas.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también, conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Verificar que el panel solar no está tapado por ningún material.
- Verificar el inicio de la comunicación del gateway con el inversor.
- Anotar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica en la tabla 8.
- Completar los valores de rendimiento en la tabla 9.

### Condiciones de funcionamiento

- El gateway nos indicará en su pantalla táctil la potencia de generación del inversor. Una imagen como la figura 57.

*Figura 57. Interfaz*



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

- En el inversor se accionará una luz indicando que está trabajando.

- El medidor de disco que se encuentra en el tablero cambiará su giro debido a que el inversor está entregando energía. Utilizar los elementos de la tabla 7.

**Recursos utilizados.**      *Tabla 7.Elementos práctica 2.*

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="724 880 906 913">Fuente: Autor</p>	La posición del panel es a 180°
Inversor	 <p data-bbox="667 1234 863 1267">Fuente:Manual</p>	Siempre conectar la red primero.
Gateway	 <p data-bbox="667 1742 863 1776">Fuente: Manual</p>	Este equipo debe estar activado primero.

Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

Tabla 8. Funcionamiento del sistema

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>EQUIPO / INVERSOR / GATEWAY</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : VALORES DE VOLTAJE – CORRIENTE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	INVERSOR (DC)			
2	INVERSOR (AC)			
3	RED ELECTRICA			
4	GATEWAY (PRODUCCIÓN SOLAR)			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

Fuente: Autores

Tabla 9. Rendimiento del Inversor.

				
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS				
FUNCIONAMIENTO				
EQUIPO / INVERSOR				FECHA :
PRUEBA : RENDIMIENTO				
ITEM	EQUIPO	ENTRADA	SALIDA	RENDIMIENTO
1	INVERSOR			
2	RED ELECTRICA			
RECOMENDACIONES:				

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se analizó el comportamiento del sistema y sus factores para el funcionamiento.
- Se verificó el rendimiento de un inversor.
- Se determinó los factores que pueden incidir en la producción de energía solar.

### **Recomendaciones.**

- Conocer los procedimientos de conexión y desconexión del sistema.
- En caso de una falla primero desconectar la alimentación DC (Energía del panel).
- Siempre que se desconecte los cables que van del panel al tablero, procurar que el panel este cubierto para que no produzca energía.
- El inversor siempre debe conectarse a la red.
- No conectar ninguna carga.
- No conectar una batería en la zona de generación solar.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionario.**

1. ¿Cuáles son los nombres de los diferentes tipos de paneles?
2. ¿Realice el gráfico parte frontal del inversor con sus conexiones de entrada y salida?
3. ¿Cuál es la función del inversor conectado a red?
4. ¿Cuál es el procedimiento para la conexión de un sistema a red?

### **Bibliografía.**

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo

### **5.3 Práctica # 3 (Comunicación y monitoreo del panel e inversor).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 3

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 9 HORA

Datos de la práctica

Tema: Comunicación y monitoreo del panel e inversor.

#### **Objetivo general.**

- Conocer el tipo de comunicación que se establece entre inversor y gateway.

#### **Objetivo específico.**

- Manipular correctamente el equipo de monitorización.
- Conocer la configuración del mismo.

#### **Marco teórico.**

##### *Gateway*

Este equipo nos ayuda a monitorear la producción de energía e indica los diferentes problemas que se pueden presentar en el inversor.

Este equipo se alimenta con 120 voltios AC y tiene una comunicación con el inversor de manera inalámbrica. También constan con el sistema para conectarlo a internet para realizar la supervisión de manera remota, ver figura 58.

Esta unidad consta de algunos parámetros de funcionamiento.

Figura 58 Parámetro de funcionamiento.

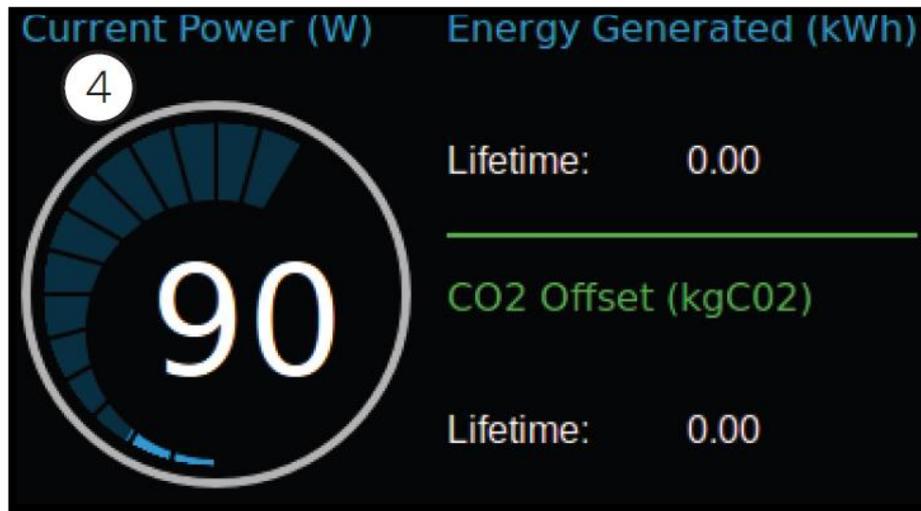
Callout	Name	Description
1	Status Bar	Displays host IP address. If it is blank, no IP address has been assigned.
2a	 Number of micro inverters communicating	If these numbers are less than expected, there is a communication problem between the gateway and micro inverters or repeaters. It may be necessary to install one or more repeaters.
2b	 Number of repeaters communicating	
3a	 Network Status	Indicates whether the Gateway has been able to contact the Enecsys monitoring web server over the Internet. A red X through this icon indicates that there is no connection to the Enecsys monitoring server.
3b	 System Status	Indicates that the Gateway has booted up correctly.*
4	Energy at-a-glance	Compares the day's energy production to lifetime data
5	 Energy Production	Returns to the home page when touched.
6	 System Configuration	Brings up the Settings screen when touched. View micro inverter, gateway, repeater, and server settings. Lets installers access setup commands.

Fuente: Manual de instalación ENECSYS

### Marco procedimental.

- Antes de activar el sistema con conexión a red se debe encender el gateway.
- Conectar la red hacia el inversor y después dar el paso para el ingreso del voltaje de DC que viene del panel solar.
- Revisar uno por uno los indicadores que el sistema muestra.
- Verificar la producción de energía mostrada por el gateway. Completar la tabla 11.
- Revisar si el inversor si esta sincronizado con la red. Este indicador se encuentra en el inversor, si es de color verde esta sincronizado y si no tiene un color rojo parpadeando.
- Verificar una imagen muy similar a la figura 59.
- Utilizar los elementos de la tabla 10.

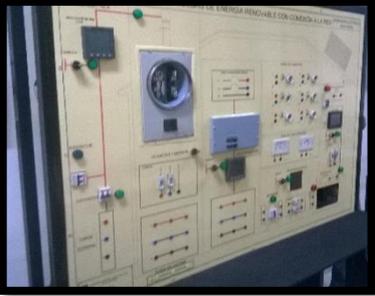
Figura 59. Producción de energía.



Fuente: Manual de instalación ENECSYS

**Recursos utilizados.**

Tabla 10.Elementos práctica 3.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="759 703 938 734">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1099 427 1437 533">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="703 1039 898 1070">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1099 837 1406 943">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="699 1485 903 1516">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1099 1189 1393 1294">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="711 1921 890 1953">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1099 1630 1465 1736">Revisar las protecciones del módulo.</p>

Fuente: Autores

**Registro de resultados.**

*Tabla 11. Producción solar diaria.*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO FUNCIONAMIENTO</b>				
<b>EQUIPO / PANEL/GATEWAY</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	9:00			
2	12:05			
3	14:00			
4	16:00			
5	18:00			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>RENDIMIENTO:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se profundizo los conocimientos de energía solar y ponerlos en práctica.
- Se realizó la verificación de producción de energía solar que se puede tener durante el día.
- Se vislumbra los conceptos de energía solar conectada a la red y las ideas de un sistema aislado.

### **Recomendaciones.**

- El grado de inclinación del panel solar debe ser a  $180^\circ$  para alcanzar la mayor eficiencia.
- El inversor siempre debe estar conectado a la red.
- No conectar ninguna carga.
- Nunca conectar una batería en la zona de generación solar.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿A qué hora se obtiene la máxima potencia de generación?
2. ¿A qué hora se obtiene la mínima potencia de generación?
3. ¿Cuál es el rendimiento que tiene por la mañana y por la tarde?

### **Bibliografía.**

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España:Paraninfo.

#### **5.4 Práctica # 4 (Conexión de una carga de 100w/120v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 4

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de una carga de 100w/120v.

##### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con una carga de 100w/120v.

##### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

##### **Marco teórico.**

###### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. en ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea segura y facilitar el mantenimiento.

###### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%. Características básicas:

- Principio de funcionamiento: Fuente de corriente.
- Auto conmutado.
- No funcionará en isla o modo aislado.
- Pérdidas por orientación y sombras

Los valores admisibles están en la siguiente tabla 12.

*Tabla 12. Pérdidas por orientación.*

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras	Total (OI+S)
General	10%	5%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Fuente: Autores

Integración arquitectónica: Cuando revisten, dan sombra o cierran (tejados o fachadas) y sustituyen a elementos de la construcción. En la figura 60 se muestra el detalle de cada elemento.

Superposición: Cuando van paralelos a la envolvente de edificios.

Rendimiento energético de la instalación (PR)

Su valor varía en el tiempo y se realiza en medidas mensuales. La fórmula es:

$$PR(\%) = (100 - A - P_{\text{temp}}) * B * C * D * E * F$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición.

Donde:

$$A = 100 * (A1 + A2 + A3 + A4)$$

Fuente: Méndez, Cuervo y Veritas, 7ª Edición.

Figura 60. Detalle de cada elemento PR(%)

	Explicación y valores	Valor aproximado	
		Media anual	Día despejado
A1	<b>Dispersión de los parámetros entre los módulos</b> , normalmente no se trabaja a las condiciones CEM. El límite es 10%, valores inferiores a 5% equivalen a un buen campo solar.	0,02 (IDAE)	
A2	<b>Polvo y suciedad</b> sobre los módulos. Necesario el mantenimiento de éstos. Entre un 1 y un 8%.	0,03 (IDAE)	
A3	<b>Reflectancia angular y espectral</b> . La superficie de las células tiene reflexiones, las que son texturizadas menos. En invierno son peores. Entre un 2 y un 6%.	0,03 (IDAE)	0,01 (IDAE)
A4	<b>Factor de sombras, FS.</b>	Inferior al 10%	
Tc	<b>Temperatura de trabajo de las células:</b> $T_c = T_{amb} + (TONC-20) \cdot E/800$ $T_{amb}$ = Se mide a la sombra. TONC = Temperatura de la célula a 800 W/m <sup>2</sup> , lo da el fabricante. E = irradiancia solar en W/m <sup>2</sup> ( lo da la célula calibrada).		45° (IDAE)
P <sub>temp</sub>	<b>Pérdidas anuales por temperatura células.</b> $P_{temp} (\%) = (0,0035 \cdot (T_c-25)) \cdot 100$ <b>Entre el 5 y 8%.</b> Cambia cada mes, la ventilación es buena en zonas de viento. Suele ser unos 20 °C por encima $T_{amb}$ si estan ventilados por detrás. En fachadas de edificios entre un 5 y un 15% más.	0,08 (IDAE)	
B	<b>Coefficiente por pérdidas de cableado y protecciones continua:</b> En los cables es de un 1,5% y las protecciones se desprecian, quedando un 98,5%.	0,985 - 0,99	
C	<b>Coefficiente por pérdidas de cableado alterna:</b> Se permite hasta un 1,5%.	C = 0,98 - 0,995	
D	<b>Coefficiente por pérdidas por paradas de la instalación:</b> Se recomiendan pérdidas del 5%, quedando el 95%.	D = 0,95	
E	<b>Eficiencia del inversor.</b>	Superior al 0,9	
F	<b>Coefficiente por la pérdida del punto de máxima potencia (PMP) y arranque del inversor.</b>	Entre el 0,9 y 0,95	

Fuente: Miguel Casa-Mónica Barrio (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona, España: Marcombo.

### *Estimación de la producción energética diaria*

Para realizar la estimación de la energía diaria aportada por un sistema solar fotovoltaico a la red de baja tensión ( $E_d$ ), es suficiente conocer el valor de la radiación disponible en el plano de captación y el rendimiento global de la instalación. Se utiliza la siguiente expresión:

*Ecuación 10. Producción energética diaria.*

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \times P_{mp} \times PR}{G_{cem}}$$

Fuente: Miguel Casa-Mónica Barrio (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*.

Barcelona, España: Marcombo.

Siendo:

$E_p$ = Energía estimada producida durante un día del periodo seleccionado (kWh/día).

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Valor medido de la irradiación diaria sobre el plano del panel solar en las condiciones de orientación e inclinación del plano de captación solar (kWh/(m<sup>2</sup> día)).

$P_{mp}$ = Potencia pico del generador (kWp).

$PR$ = Rendimiento energético de la instalación. (Para la práctica será de 0.7 que establece el IDEA).

$G_{cem}$ = Constante de valor 1Kw/m<sup>2</sup>.

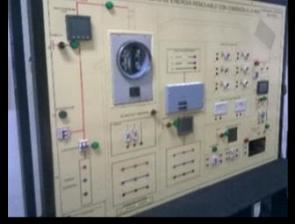
### **Marco procedimental.**

- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v.
- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.

- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor. Utilizar los elementos tabla 13.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes. Utilizar el diagrama unifilar de la figura 61 y el diagrama de conexiones de la figura 62.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor y revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia. Anotar el rendimiento en la tabla 16.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).
- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y N. Hacia el foco de 100w/120v.
- El foco se encenderá y procedemos revisar los valores. Anotar los valores en la tabla 14 y 15. Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia el foco de 100w/120v.

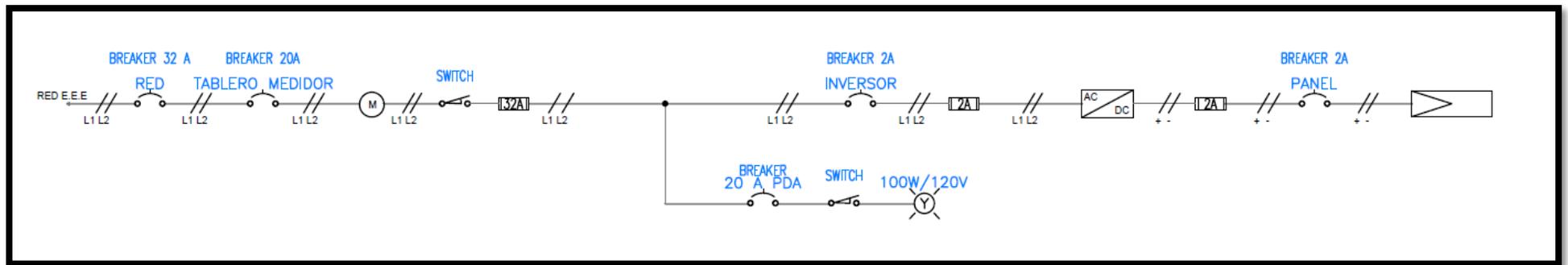
**Recursos utilizados.**

Tabla 13.Elementos práctica 4.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	La posición del panel es a 180°
Inversor	 <p data-bbox="655 1021 847 1055">Fuente:Manual</p>	Siempre conectar la red primero.
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 839 1447">Fuente: Manual</p>	Este equipo debe estar activado primero.
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="663 1760 839 1794">Fuente: Autor</p>	Revisar las protecciones del módulo.

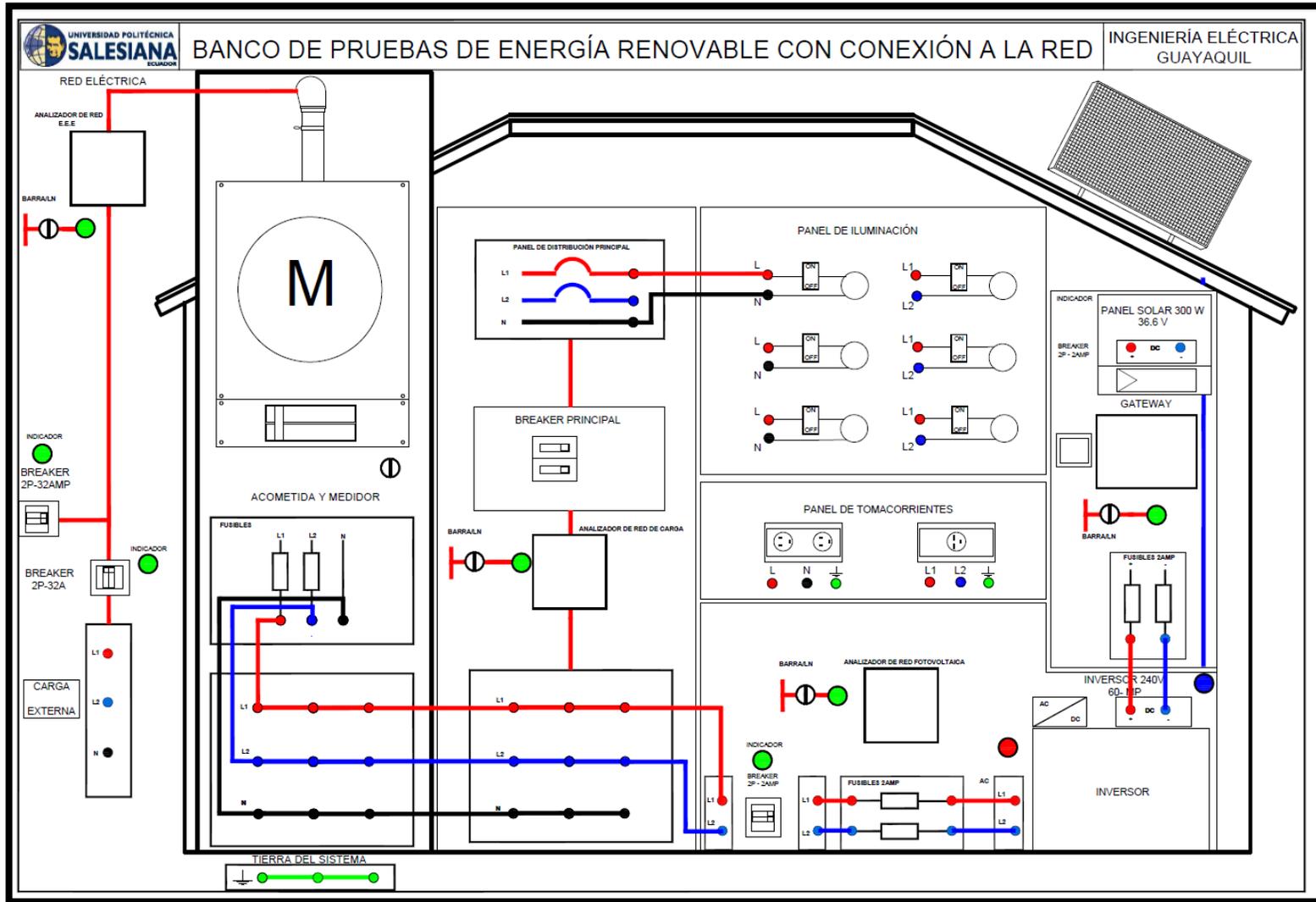
Fuente: Autores

Figura 61 Diagrama unifilar práctica 4



Fuente: Autores

Figura 62. Diagrama de conexiones práctica 4



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 14. Valores de voltaje, corriente y potencia 100w/120v*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 100W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (100W/120V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

Fuente: Autores

El rectángulo azul no se llena.

Tabla 15. Analisis de potencia carga 100w/120v

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 100W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 16. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 100W/120V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidenció cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 100w/120v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostramos que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido medidor gira el medidor? Justifique su respuesta
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?
4. ¿Qué significan las letras IDEA?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.5 Práctica # 5 (Conexión de dos carga de 100w/120v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 5

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de dos cargas de 100w/120v).

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con dos cargas de 100w/120v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

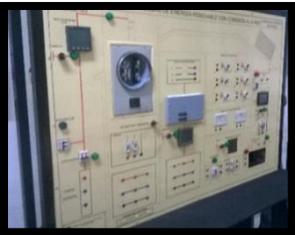
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 17, el diagrama unifilar de la figura 63 y el diagrama de conexiones de la figura 64.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red a los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor y activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway iniciará la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N. Completar la tabla 18.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y N. Hacia el foco de 100w/120v.
- Conectar otros dos cables a la salida del bore L1 y N. Hacia otro foco de 100w/120v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores. Completar la tabla 19.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v. Completar los valores medidos en tabla 20.

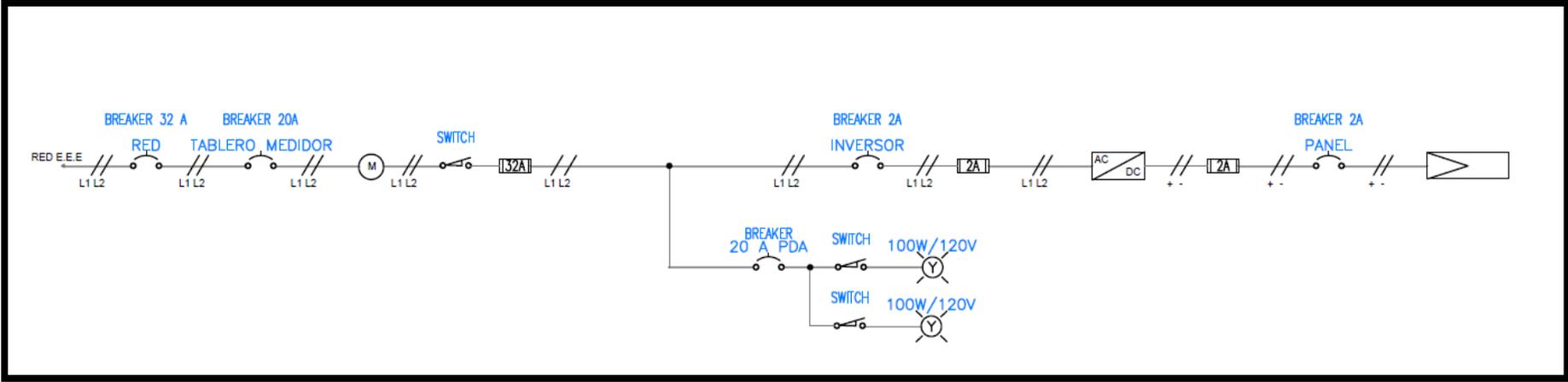
**Recursos utilizados.**

Tabla 17.Elementos práctica 5.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="655 1016 847 1050">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 920">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 855 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1315 1267">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="660 1760 842 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1390 1738">Revisar las protecciones del modulo.</p>

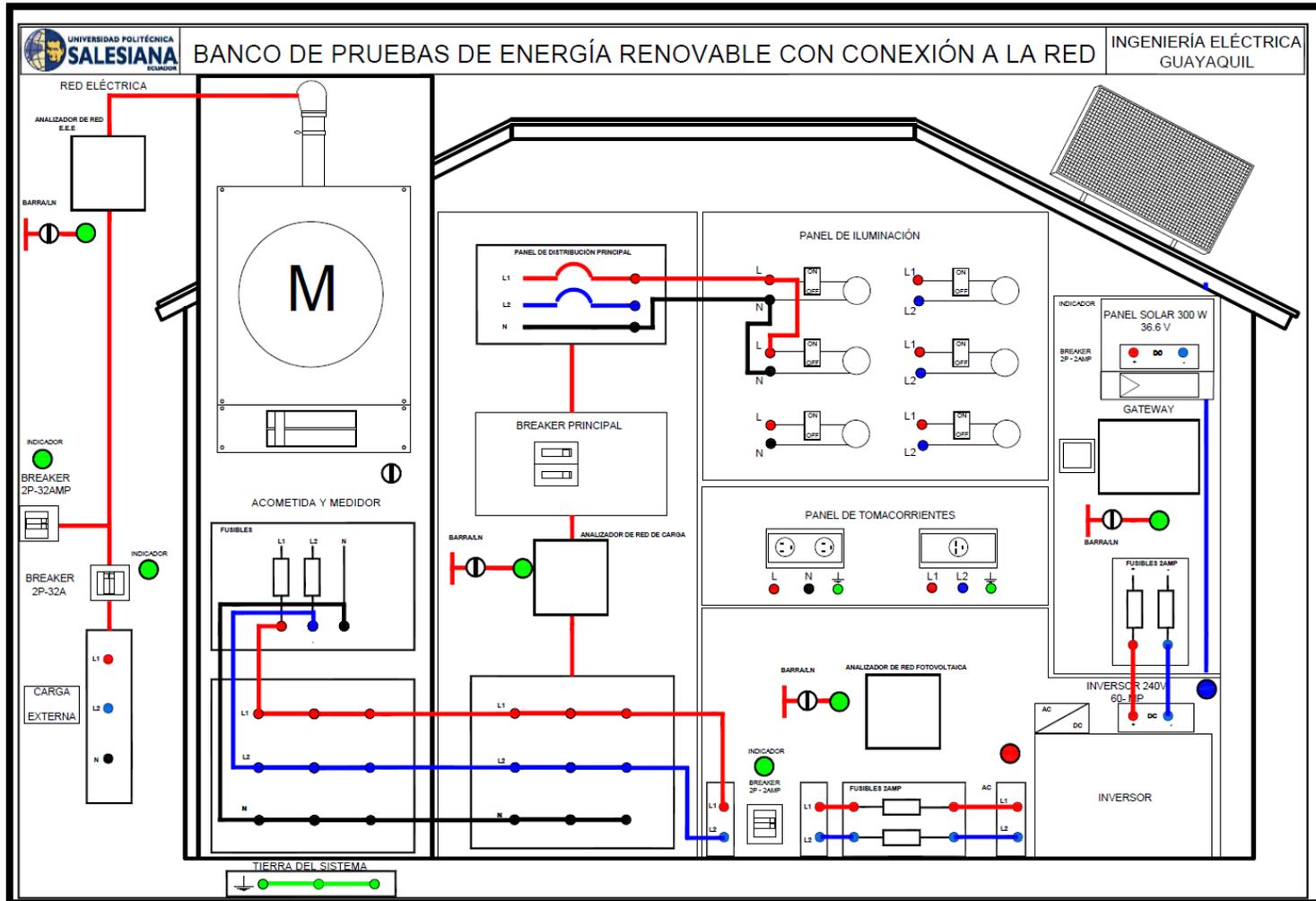
Fuente: Autores

Figura 63. Diagrama unifilar práctica 5



Fuente: Autores

Figura 64. Diagrama de conexiones práctica 5



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 18. Valores de voltaje, corriente y potencia (200w/120v).*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 200W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

El rectángulo azul no se llena.

Tabla 19. Analisis de potencia carga (200w/120v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 200W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (200W/120V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

Fuente: Autores

Tabla 20. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 100W/120V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 200w/120v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.6 Práctica # 6 (Conexión de tres carga de 100w/120v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 6

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 100w/120v.

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con dos cargas de 100w/120v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

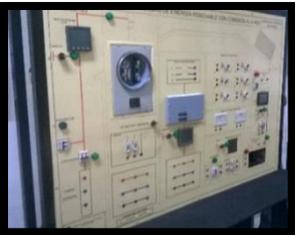
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 6, el diagrama esquemático de la figura 65 y el diagrama de la figura 66.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- La salida de las fusileras de la red conectar los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor y activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway iniciará la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia. Completar la tabla 24.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y N. Hacia el foco de 100w/120v.
- Conectar otros dos cables a la salida del bore L1 y N. Hacia otro foco de 100w/120v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v. Completar la tabla 22 y 23.

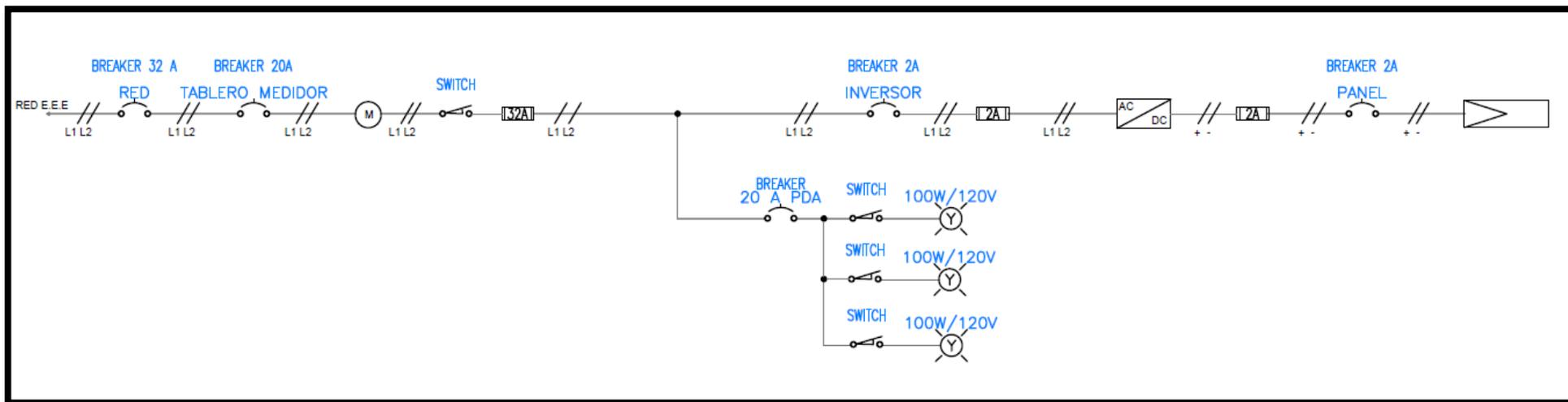
**Recursos utilizados.**

Tabla 21.Elementos práctica 6.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="651 1016 852 1050">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 920">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="651 1413 852 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1315 1267">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="660 1760 842 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1394 1738">Revisar las protecciones del módulo.</p>

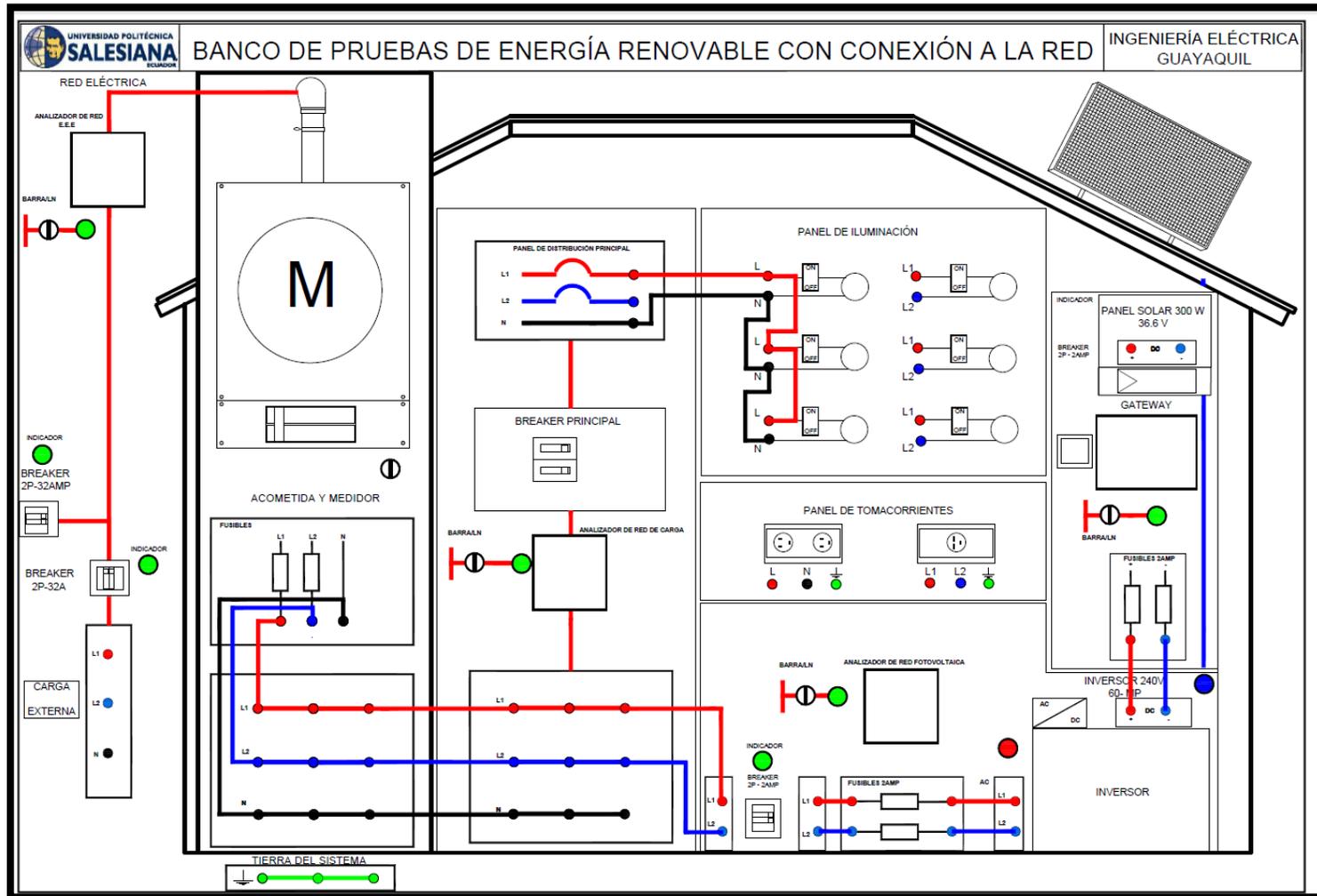
Fuente: Autores

Figura 65. Diagrama unifilar práctica 6



Fuente: Autores

Figura 66. Diagrama de conexiones práctica 6



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 22. Valores de voltaje, corriente y potencia (300w/120v)*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 300W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (300W/120V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 23. Análisis de potencia carga (300w/120v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 300W/120V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 24. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 300W/120V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 300w/120v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.7 Práctica # 7 (Conexión de una carga de 60 w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 7

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 100w/120v.

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con una carga de 60w/240v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

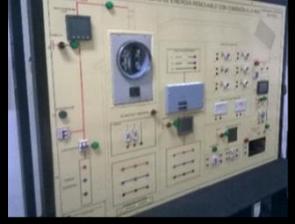
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 25, el diagrama de unifilar de la figura 67 y el diagrama de conexiones de la figura 68.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conecta la salida de las fusileras de la red los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este pasó conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes conectar otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway iniciará la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 28.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y L2. Hacia el foco de 60w/240v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia el de 60w/240v. Completar la tabla 26, 27.

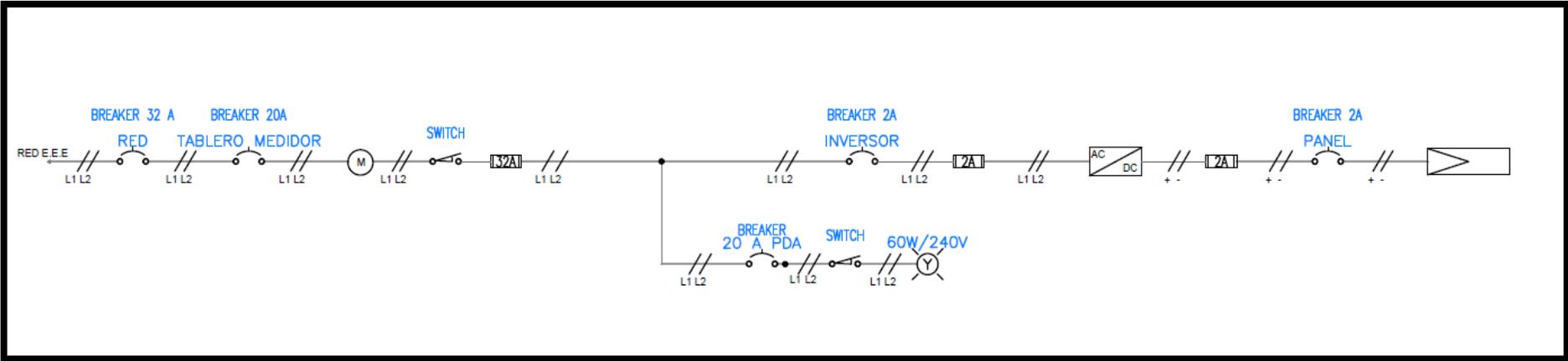
**Recursos utilizados.**

Tabla 25.Elementos práctica 7.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="707 685 892 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1026 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="651 1021 852 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1026 819 1331 931">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="651 1413 852 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1026 1167 1315 1279">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="659 1760 844 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1026 1637 1390 1749">Revisar las protecciones del módulo.</p>

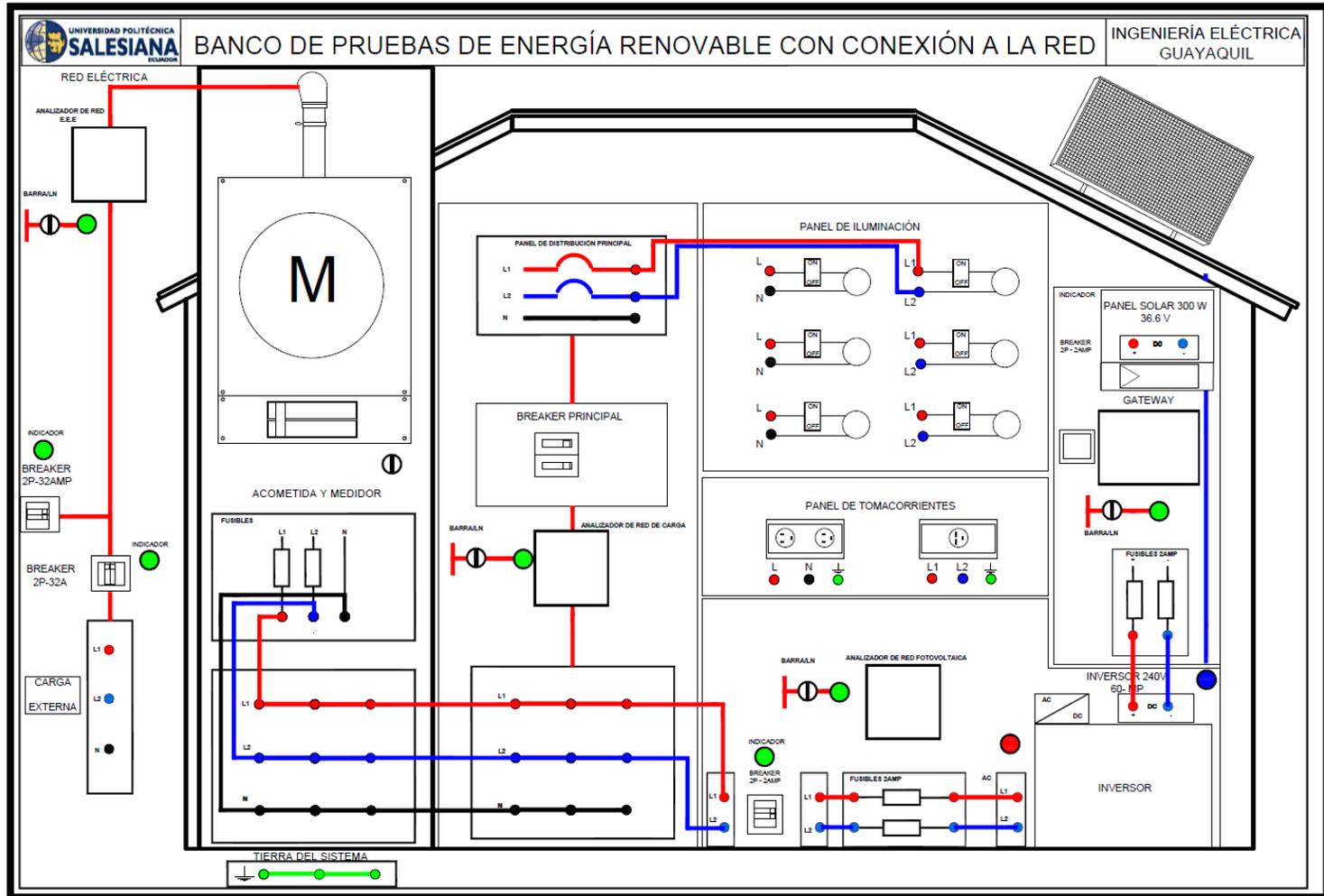
Fuente: Autores

Figura 67. Diagrama unifilar práctica 7



Fuente: Autores

Figura 68. Diagrama de conexiones práctica 7



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 26. Valores de voltaje, corriente y potencia (60w/240v)*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 60W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (60W/240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 27. Analisis de potencia carga (60w/240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 60W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 28. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 60W/240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 60w/240v.
- Se determinamos el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostramos que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.8 Práctica # 8 (Conexión de dos cargas de 60 w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 8

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de dos cargas de 60w/240v.

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con dos cargas de 60w/240v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 29, el diagrama unifilar de la figura 69 y el diagrama de conexiones de la figura 70.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red conectar los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor y activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 32.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y L2. Hacia el foco de 60w/240v.
- Conectar otros dos cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia otro foco de 60w/240v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 60w/240v. Completar la tabla 30, 31.

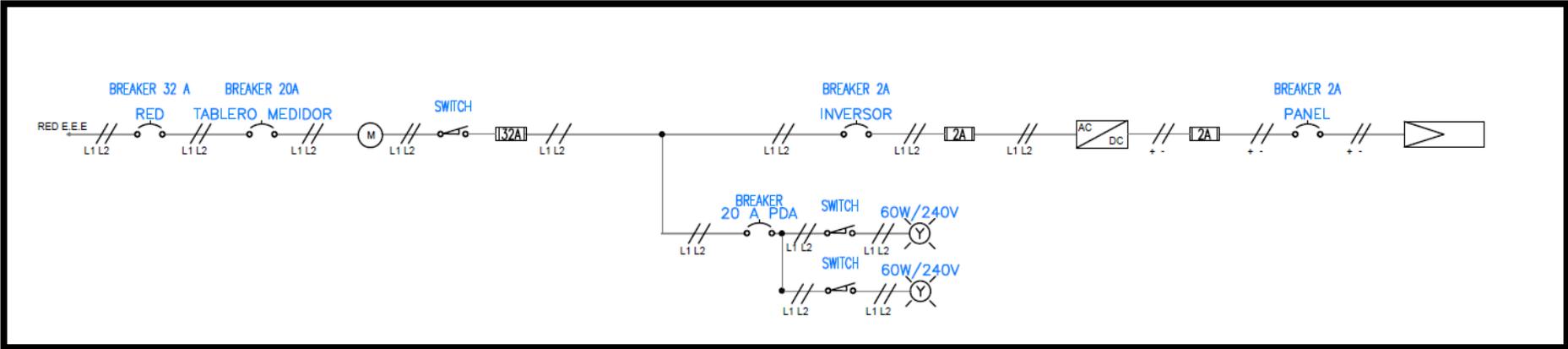
**Recursos utilizados.**

Tabla 29.Elementos práctica 8.

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="707 685 892 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1026 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="651 1021 852 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1026 819 1334 931">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="651 1413 852 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1026 1167 1318 1279">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="659 1760 844 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1026 1637 1390 1749">Revisar las protecciones del módulo.</p>

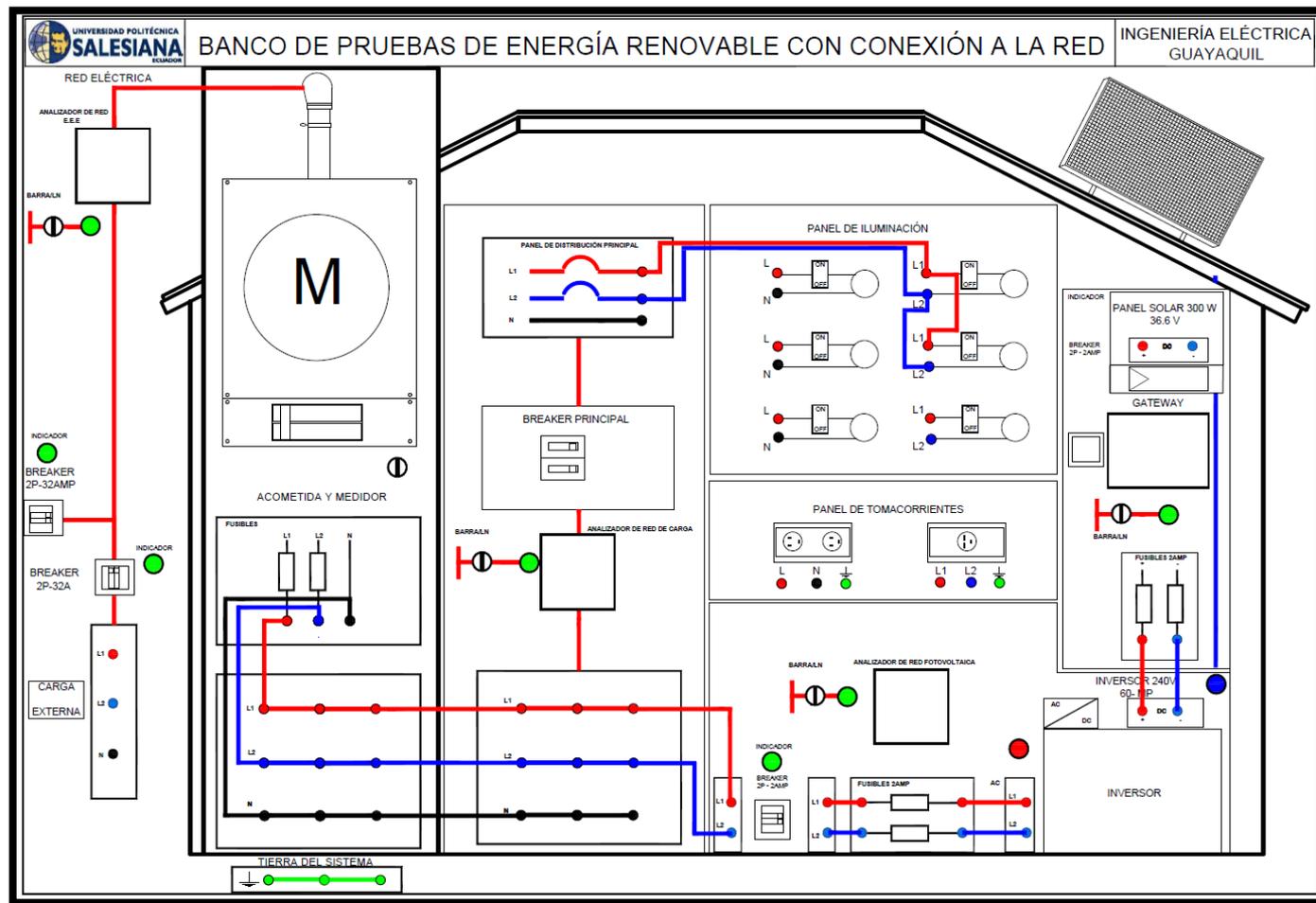
Fuente: Autores

Figura 69. Diagrama unifilar práctica 8



Fuente: Autores

Figura 70. Diagrama de conexiones práctica 8



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 30. Valores de voltaje, corriente y potencia (120w/240v)*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 120W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (120W/240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 31. Analisis de potencia carga (120w/240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 120W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 32. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 120W/240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 120w/240v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.9 Práctica # 9 (Conexión de tres cargas de 60 w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 9

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 60w/240v.

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con tres cargas de 60w/240v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

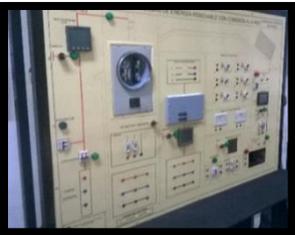
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 33, el diagrama unifilar de la figura 71 y el diagrama de conexiones de la figura 72.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor y activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 36.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y L2. Hacia el foco de 60w/240v.
- Conectar otros dos cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia otro foco de 60w/240v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 60w/240v. Completar la tabla 34,35.

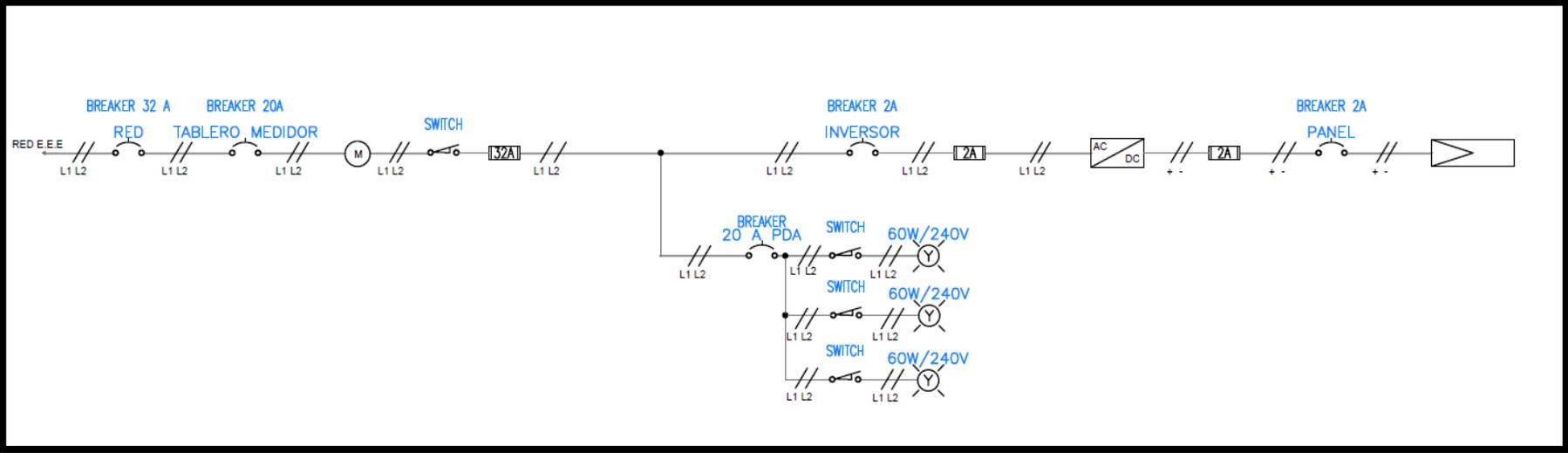
**Recursos utilizados.**

Tabla 33.Elementos práctica 9

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="655 1021 847 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 931">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 855 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1315 1279">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="663 1760 839 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1390 1749">Revisar las protecciones del módulo.</p>

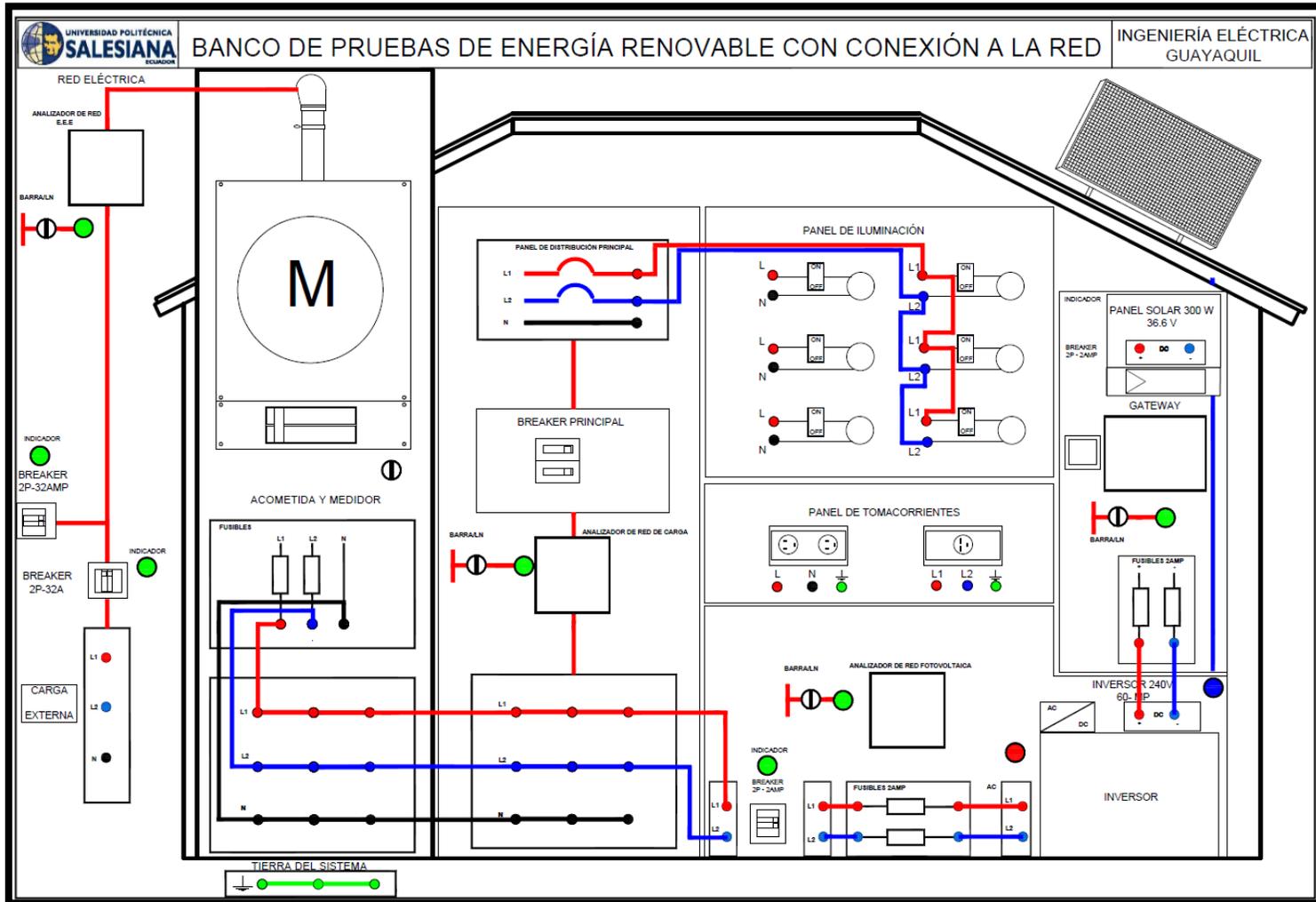
Fuente: Autores

Figura 71. Diagrama unifilar práctica 9



Fuente: Autores

Figura 72. Diagrama de conexiones práctica 9



Fuente: Autores

Registros de resultados:

Tabla 34. Valores de voltaje, corriente y potencia (180w/240v)

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 180W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (180W/240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no llenarlo.

Fuente: Autores

Tabla 35. Analisis de potencia carga (180w/240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 180W/240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

Fuente: Autores

Tabla 36. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 180W/240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 180w/240v.
- Se Determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.10 Práctica # 10 (Conexión de dos cargas de 100w/120v y 60w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 10

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de dos cargas de 100w/120v y 60w/240v.

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con dos cargas de 100w/120v y 60w/240v.

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

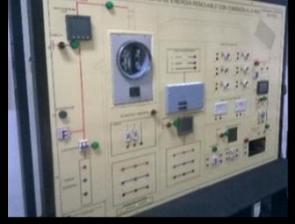
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 37, el diagrama unifilar de la figura 73 y el diagrama de conexiones de la figura 74.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectamos los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- La salida de las fusileras de la red conectar los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 40.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).
- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.

- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y N. Hacia el foco de 100w/120v.
- Conectar otros dos cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia otro foco de 60w/240v.
- Verificar que los focos se encenderá y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v y 60w/240v. Completar la tabla 38 y 39.

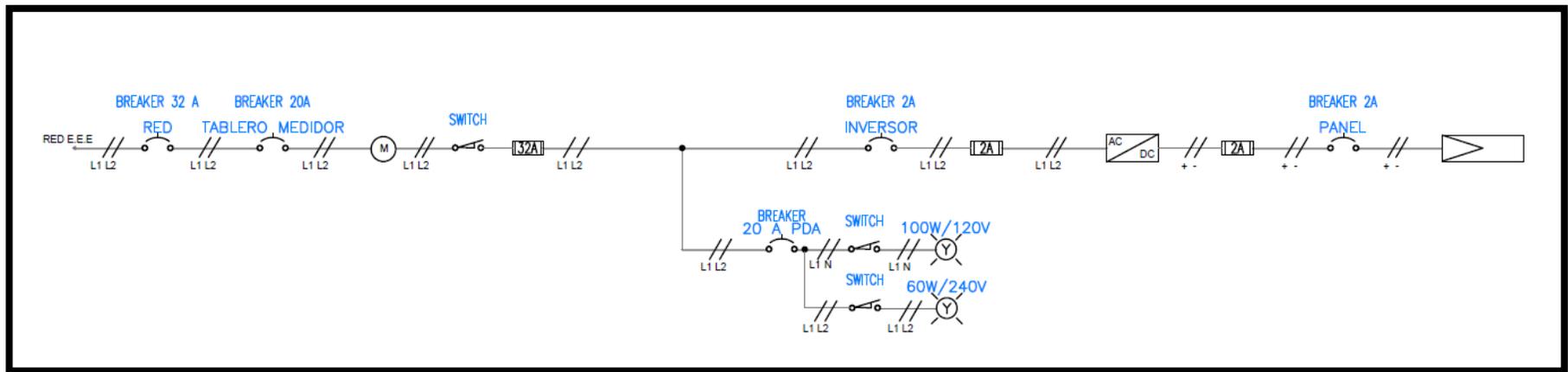
**Recursos utilizados.**

Tabla 37.Elementos práctica 10

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="655 1021 847 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 931">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 855 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1315 1279">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="663 1760 839 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1394 1749">Revisar las protecciones del módulo.</p>

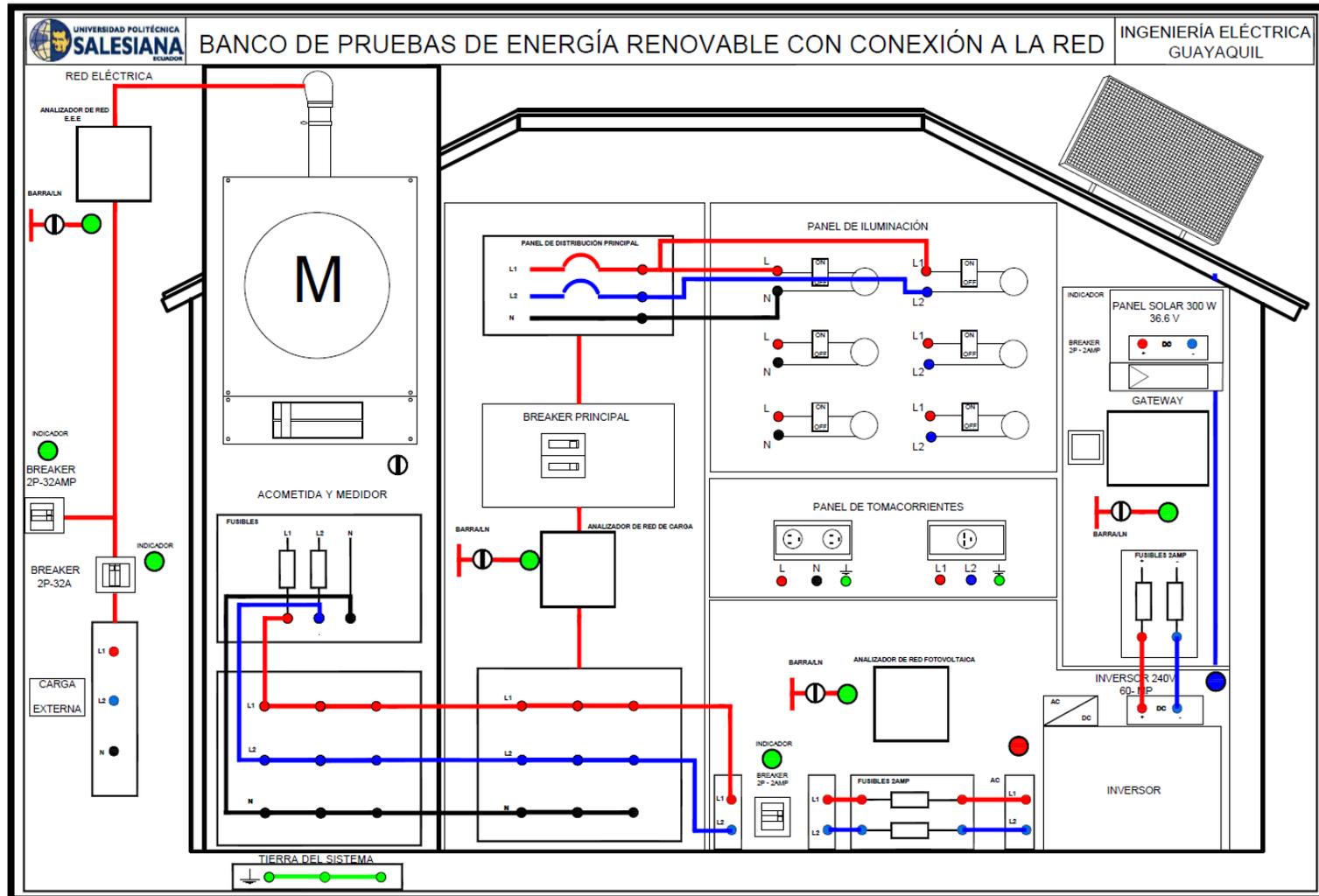
Fuente: Autores

Figura 73. Diagrama unifilar práctica 10



Fuente: Autores

Figura 74. Diagrama de conexiones práctica 10



Fuente: Autores

Registros de resultados:

Tabla 38. Valores de voltaje, corriente y potencia (160w/120v-240v)

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 160W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (160W/120V-240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 39. Analisis de potencia carga (160w/120v-240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 160W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 40. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 160W/120V-240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 160w/120v-240v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostro que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

### **5.11 Práctica # 11 (Conexión de tres cargas de 1(100w/120v) y 2(60w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 11

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 1(100w/120v) y 2(60w/240v).

#### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con tres cargas de 1(100w/120v) y 2(60w/240v).

#### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

#### **Marco teórico.**

##### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

##### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

#### **Marco procedimental.**

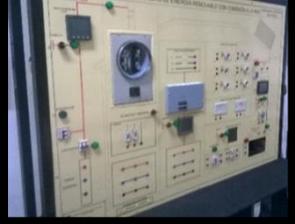
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 41, el diagrama unifilar de la figura 75, y el diagrama de conexiones de la figura 76.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- La salida de las fusileras de la red conectar los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 44.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar dos cables a la salida del borne L1 y N. Hacia el foco de 100w/120v.
- Conectar cuatro cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia los focos de 60w/240v.
- Verificar que los focos se enciendan y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v y 60w/240v. Completar la tabla 42 , 43.

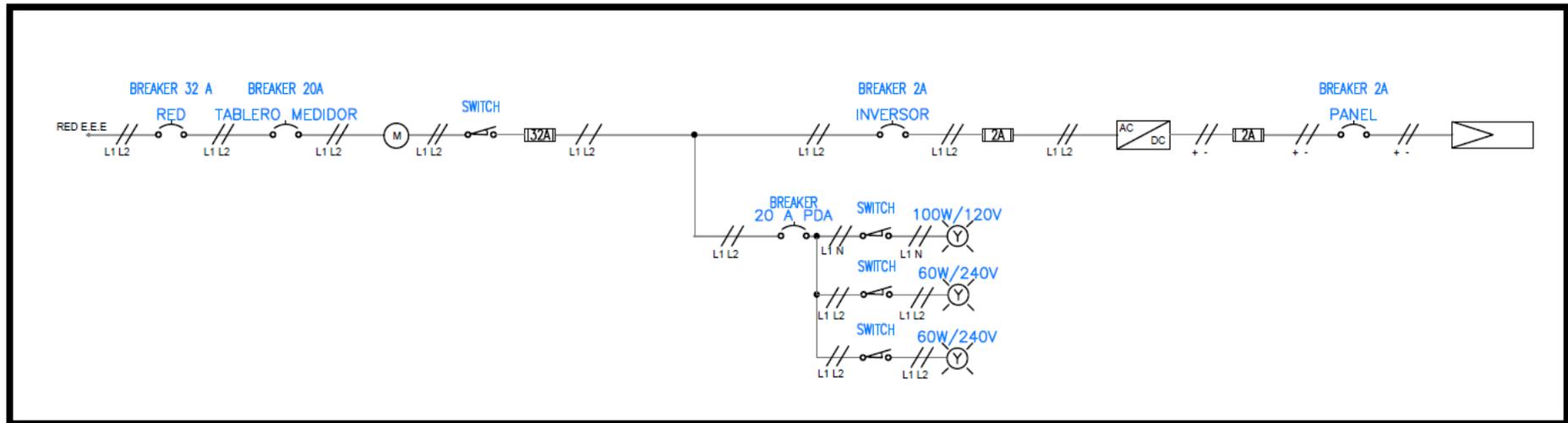
**Recursos utilizados.**

Tabla 41.Elementos práctica 11

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1366 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="652 1021 850 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1334 931">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 850 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1318 1279">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="660 1760 839 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1390 1749">Revisar las protecciones del módulo.</p>

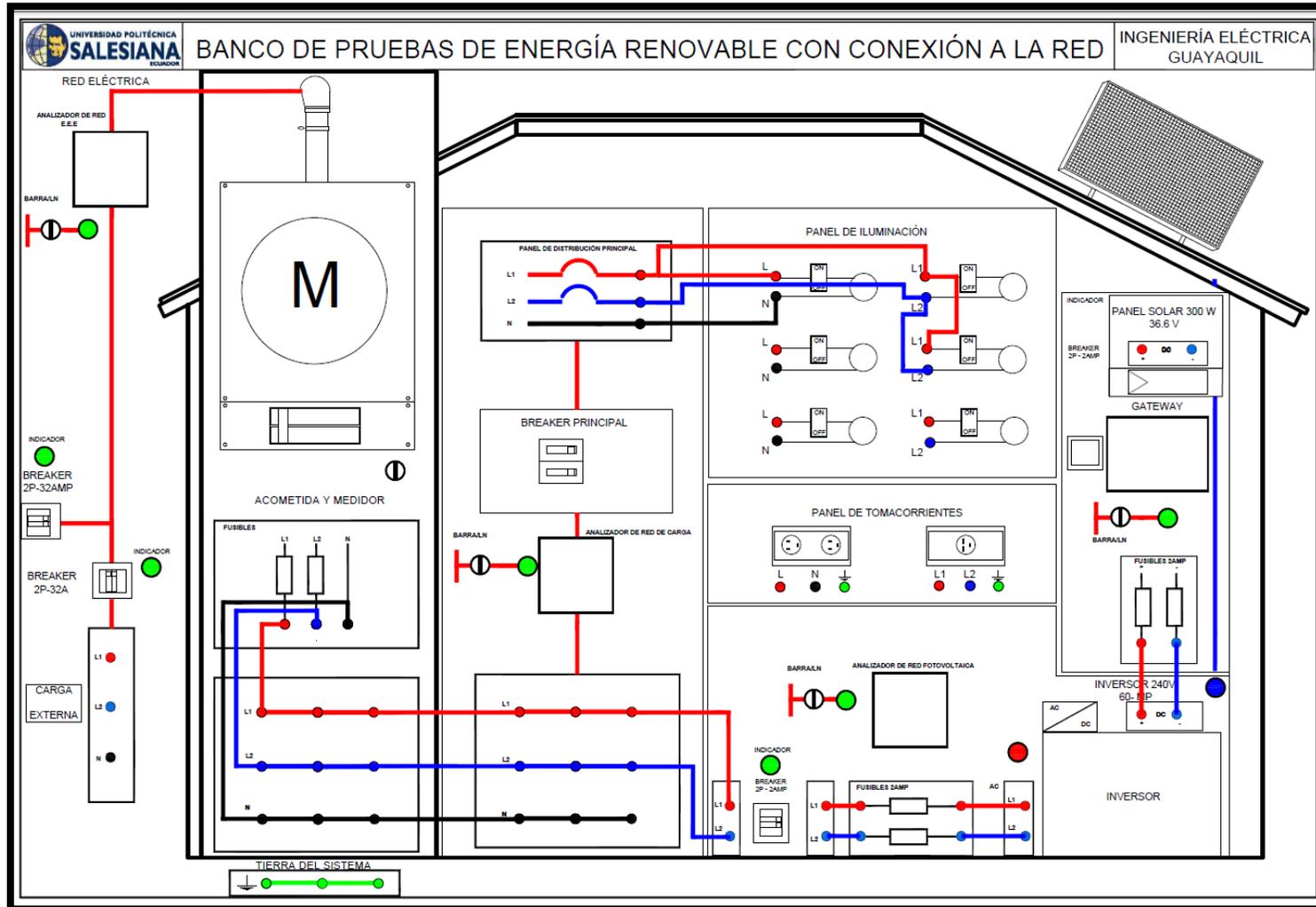
Fuente: Autores

Figura 75 Diagrama unifilar práctica 11



Fuente: Autores

Figura 76. Diagrama de conexiones práctica 11



Fuente: Autores

Registros de resultados:

Tabla 42. Valores de voltaje, corriente y potencia (220w/120v-240v)

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 220W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (220W/120V-240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 43. Analisis de potencia carga (220w/120v-240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 220W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 44. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 220W/120V-240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 220w/120v-240v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Vilorio (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

## **5.12 Práctica # 12 (Conexión de cuatro cargas de 2(100w/120v) y 2(60w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 12

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 2(100w/120v) y 2(60w/240v).

### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con tres cargas de 2(100w/120v) y 2(60w/240v).

### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

### **Marco teórico.**

#### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

#### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

### **Marco procedimental.**

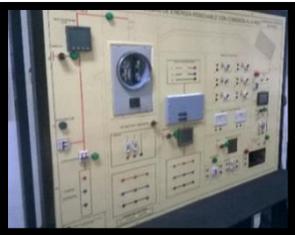
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 45, el diagrama unifilar de la figura 77 y el diagrama de conexiones de la figura 78.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 48.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar cuatro cables a la salida del borne L1 y N. Hacia los focos de 100w/120v.
- Conectar cuatro cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia los focos de 60w/240v.
- Verificar que los focos se enciendan y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v y 60w/240v. Completar la tabla 46 y 47.

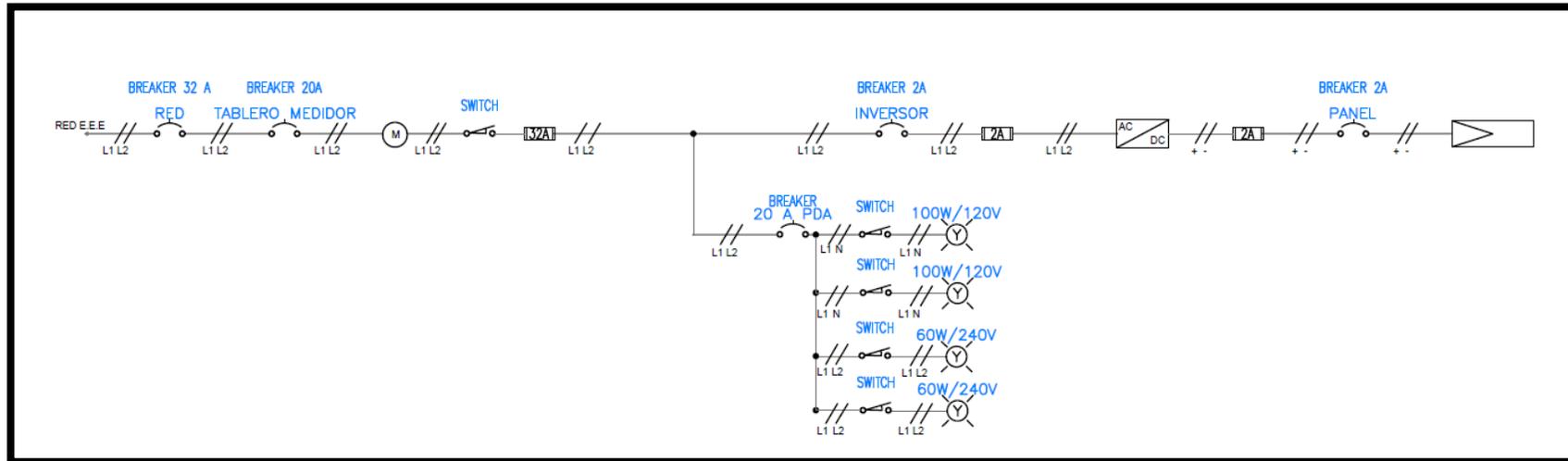
**Recursos utilizados.**

Tabla 45.Elementos práctica 12

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="652 1021 850 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 920">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 850 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1315 1267">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="660 1760 837 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1390 1738">Revisar las protecciones del módulo.</p>

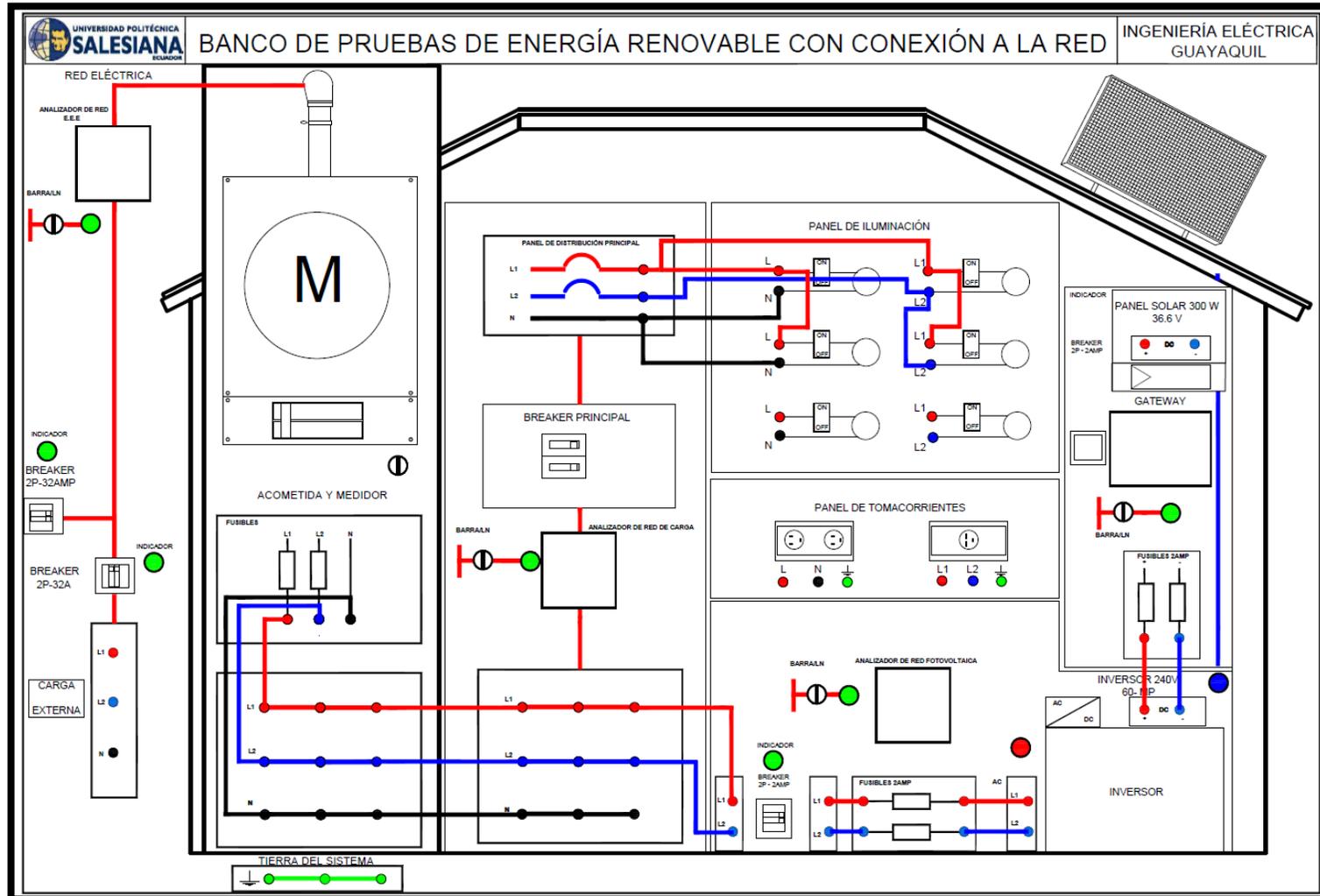
Fuente: Autores

Figura 77. Diagrama unifilar práctica 12



Fuente: Autores

Figura 78. Diagrama de conexiones práctica 12



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 46. Valores de voltaje, corriente y potencia (320w/120v-240v)*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 320W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (320W/120V-240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 47 Analisis de potencia carga (320w/120v-240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 320W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 48. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 320W/120V-240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 320w/120v-240v.
- Se determinó el valor  $E_p$  teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

### **5.13 Práctica # 13 (Conexión de seis cargas de 3(100w/120v) y 3(60w/240v).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 13

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORA

Datos de la práctica

Tema: Conexión de tres cargas de 3(100w/120v) y 3(60w/240v).

#### **Objetivo general.**

- Observar el comportamiento del sistema conectado a red con tres cargas de 3(100w/120v) y 3(60w/240v).

#### **Objetivo específico.**

- Identificar los valores de potencia salida del inversor.
- Comparar las potencia de la red y el inversor.

#### **Marco teórico.**

##### *Panel solar*

Se instalará fusibles, interruptores, etc. En ambos terminales para la desconexión de la célula fotovoltaica con el fin que la conexión sea más segura y facilitar el mantenimiento.

##### *Inversores*

Con potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento el máximo. Podrán trabajar de forma continua con una irradiancia superior al 10% y soportar picos de un 30%.

#### **Marco procedimental.**

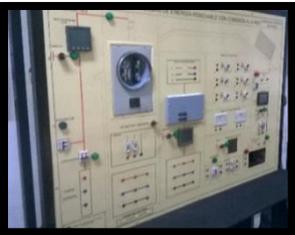
- Alimentar el módulo con un nivel de voltaje de 240v. Utilizar los elementos de la tabla 49, el diagrama unifilar de la figura 79 y el diagrama de conexiones de la figura 80.

- Activar el gateway que se encuentra ubicado en la zona de generación fotovoltaica. Girar el selector y se accionará el gateway, se activará también una luz verde indicado que hay presencia de energía.
- Ubicar en la celda fotovoltaica y conectar los cables del panel a la entrada de energía solar. Se recomienda que el panel se encuentre tapado para que no genere ningún voltaje DC y cuidar la polaridad.
- Conectar la salida de las fusileras al inversor en la zona DC. No invertir la polaridad.
- Accionar el disyuntor principal, se encenderán las luces pilotos. Hacer la maniobra de mover el selector que se encuentra junto a medidor.
- Activar el selector del analizador de red E.E.E, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que está ingresando a la acometida.
- Conectar la salida de las fusileras de la red los tres cables L1, L2 y neutro hacia el primer grupo de bornes después de realizar este paso conectar otros tres cables al segundo grupo de bornes.
- Conectar en este segundo grupo de bornes conectar otros dos cables a la entrada del disyuntor que va hacia el inversor también conectar otros cables a las fusileras y estos al inversor. Activar el disyuntor referido anteriormente.
- Activar el disyuntor de que protege el panel. En este momento el inversor inicia su proceso de entrega de energía. Nota: El panel solar no debe estar tapado por ningún material.
- Verificar que el gateway inicie la comunicación con el inversor.
- Revisar los niveles de voltaje del analizador de red fotovoltaica. Completar la tabla 52.
- Activar el selector del analizador del inversor, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia.
- Accionar los disyuntores que se encuentran en el panel de distribución (PDA).

- Medir con el multímetro si tenemos presencia de voltaje en los bornes L1, L2 y N.
- Conectar seis cables a la salida del borne L1 y N. Hacia los focos de 100w/120v.
- Conectar seis cables a la salida del bore L1 y L2. Hacia los focos de 60w/240v.
- Verificar que los focos se enciendan y procedemos revisar los valores.
- Activar el selector del analizador de la carga, este nos indicará los niveles de voltaje, corriente y potencia que van hacia los focos de 100w/120v y 60w/240v. Completar la tabla 50, 51.

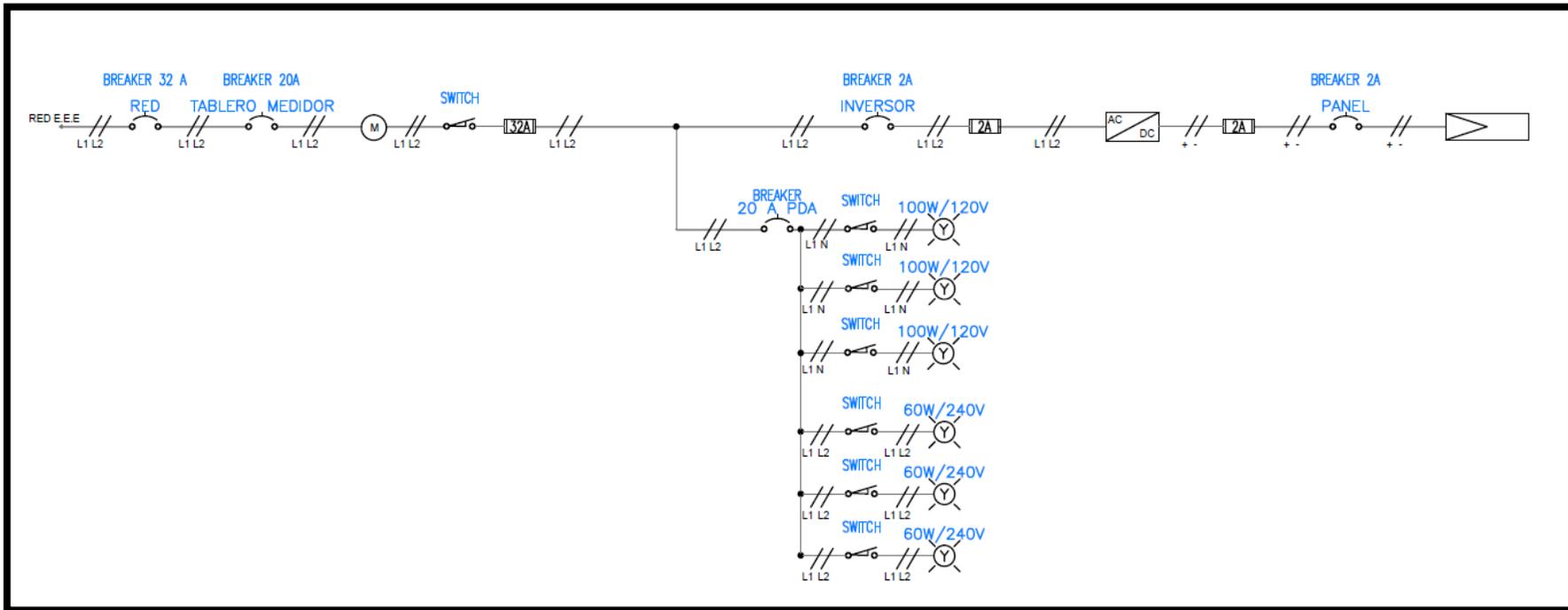
**Recursos utilizados.**

Tabla 49.Elementos práctica 12

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1366 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="652 1021 850 1055">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1334 920">Siempre conectar la red primero.</p>
Gateway	 <p data-bbox="647 1413 850 1447">Fuente: Manual</p>	<p data-bbox="1027 1167 1318 1267">Este equipo debe estar activado primero.</p>
Módulo de prácticas.	 <p data-bbox="660 1760 837 1794">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 1637 1390 1738">Revisar las protecciones del módulo.</p>

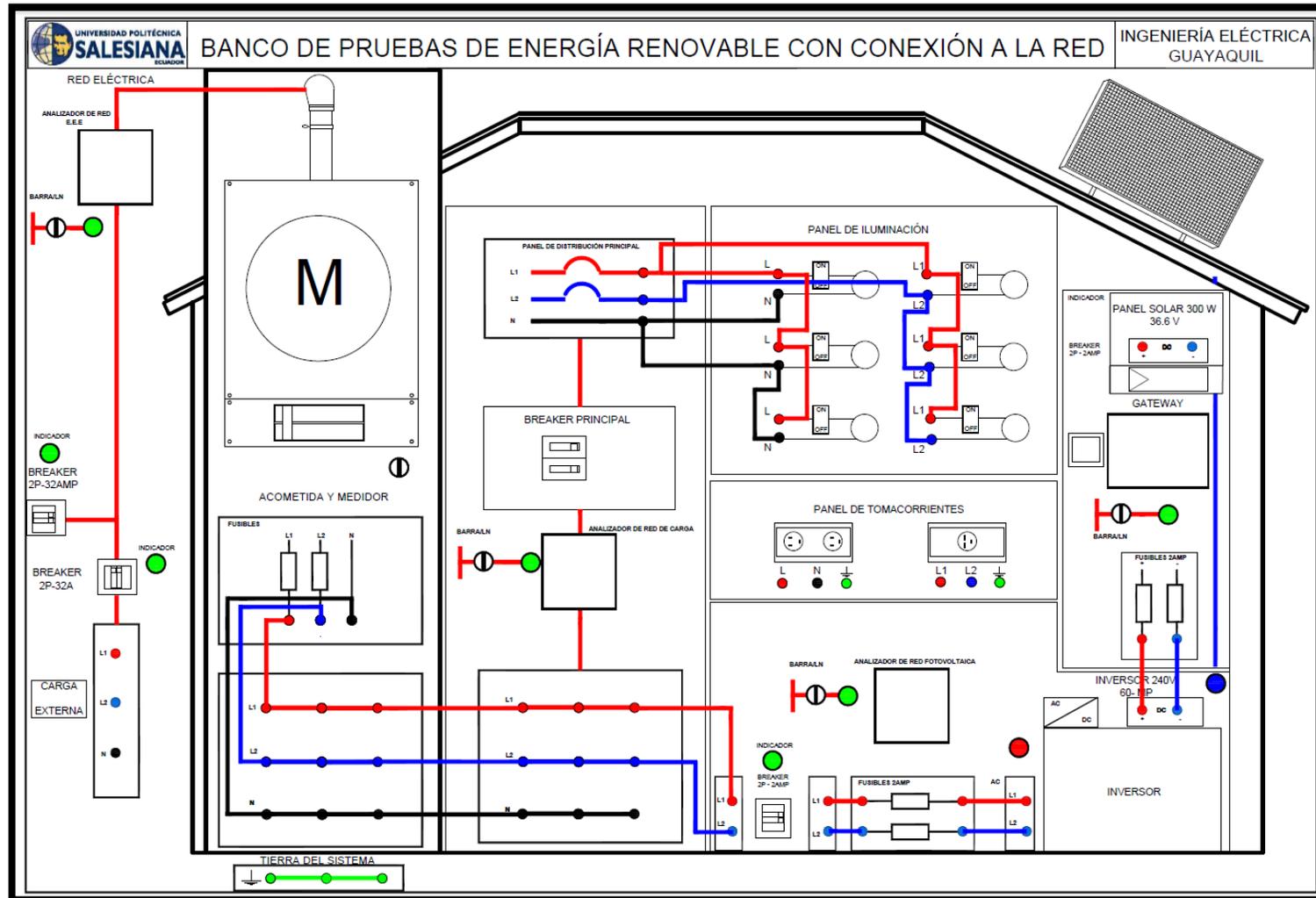
Fuente: Autores

Figura 79. Diagrama unifilar práctica 13



Fuente: Autores

Figura 80. Diagrama de conexiones práctica 13



Fuente: Autores

**Registros de resultados.**

*Tabla 50. Valores de voltaje, corriente y potencia (480w/120v-240v)*

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 480W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>ANALIZADOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>POTENCIA</b>
1	RED E.E.E.			
2	INVERSOR			
3	CARGA (480W/120V-240V)			
4	GATEWAY			
5	EP			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 51. Analisis de potencia carga (480w/120v-240v).

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>CARGA 480W/120-240V</b>				
<b>EQUIPO /TABLERO</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES POTENCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>RED E.E.E.</b>	<b>INVESOR</b>	<b>CARGA</b>
1	ENTREGA			
2	CONSUMO (SALIDA)			
3	RENDIMIENTO			
<b>RECOMENDACIONES:</b>				

El rectángulo azul no se llena.

Fuente: Autores

Tabla 52. Potencia del inversor a la red.

		
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
<b>CARGA 480W/120V-240V</b>		
<b>EQUIPO / INVERSOR</b>		<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : POTENCIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>INVERSOR</b>
1	ENTREGA	
2	CONSUMO (SALIDA)	
3	RENDIMIENTO	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se Evidencio cómo se comporta un sistema conectado a la red y sus variantes cuando se tiene una carga de 480w/120v-240v.
- Se determinó el valor Ep teóricamente para saber cuánto va ser la producción de energía de nuestro sistema.
- Se demostró que el sistema entrega a la red por medio del medidor de disco que gira en sentido contrario.

### **Recomendaciones.**

- Tener siempre en cuenta los procedimientos de conexión y desconexión para el sistema de conexión a red.
- Mantener el mismo ángulo de inclinación durante la prueba. Si no se mantiene esto se puede producir variación en la producción de potencia generada.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionarios.**

1. ¿Cuál es la fórmula para el cálculo de EP?
2. ¿En qué sentido giro el medidor? Justifique su respuesta.
3. ¿Calcule el coeficiente PR en el momento que se realizó la prueba?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Viloría (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

#### **5.14 Práctica # 14 (Mantenimiento de equipos).**

Datos Informativos

No. DE PRÁCTICA: 14

No. DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DEL DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1 HORA

Datos de la práctica

Tema: Mantenimiento de equipos.

#### **Objetivo general.**

- Vigilar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en el módulo.

#### **Objetivo específico.**

- Realizar correctamente el mantenimiento preventivo de los equipos del sistema fotovoltaico.
- Ejecutar los procedimientos convenientes si se presentará un mantenimiento correctivo.

#### **Marco teórico.**

*Módulo fotovoltaico y estructuras*

*Realizar las siguientes acciones para un mantenimiento básico.*

- Limpie sistemáticamente la cubierta frontal del vidrio del panel solar fotovoltaico. El tiempo de limpieza se realiza teniendo en cuenta el nivel de suciedad del ambiente. La operación consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua, no se puede usar ningún detergente, procurar evitar que el agua se acumule sobre el módulo. No es aceptable en ningún caso utilizar mangueras a presión.
- Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.

- Compruebe que no esté floja la caja de conexiones que se encuentra en la parte de atrás de panel.
- Verifica que la estructura de soporte está en buenas condiciones.
- No poner objetos cercanos que puedan dar sombras al panel como tanque de agua y las antenas.
- Inspeccionar visualmente si hay rotura del cristal.
- Comprobar la tensión de circuito abierto del campo fotovoltaico. Este se hace a la salida de la caja principal de conexiones.
- Medir la corriente de corto circuito a la salida del panel.
- Comprobar que la estructura no presenta deformaciones.

#### *Posibles averías en los módulos fotovoltaicas*

*Se pueden detectar los siguientes casos.*

##### Rotura del vidrio

La rotura del vidrio se produce, usualmente por acciones desde el exterior (mala instalación, golpes, pedradas, etc.).

La rotura del cristal, al ser templado, se produce siempre en forma de astillado total de la superficie, notándose perfectamente el lugar del impacto. El astillado reduce el rendimiento aproximadamente en un 30%, pero el módulo puede continuar en uso.

##### Penetración de humedad en el interior del módulo

Aunque ésta es una avería poco frecuente, puede producirse por golpes externos o ralladuras en el TEDLAR posterior por agresiones externas. Cuando penetra humedad hasta el circuito de las células y sus conexiones, aparecen corrosiones que reducen e incluso rompen el contacto eléctrico de los electrodos con el material de las células, impidiendo la recogida de electrones y haciendo inútil de esta forma el módulo

### *Fallos en las conexiones de los módulos*

Debido a las diferencias térmicas entre, por ejemplo, el día y la noche puede producirse aflojamiento de los conductores del cableado de los módulos. Por este motivo es necesario revisar periódicamente los conectores MC4, como se muestra en la figura 81. (Por ejemplo, cada seis meses) las conexiones, apretándolas en caso de ser necesario.

*Figura 81. Conectores MC4*



Fuente: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/conector-mc4>

### *Manteniendo del inversor*

Los inversores requieren un mantenimiento mínimo, que lo podemos hacer con una revisión anual para realizar acciones de mantenimiento preventivo.

- Comprobar que los cables estén bien conectados
- Comprobar que los bornes y terminales no presenten síntomas de corrosión. En caso contrario limpiarlos y aplicar un protector contra la corrosión.
- Eliminar suciedad del inversor.
- Comprobar las caídas de tensión entre diferentes elementos.
- Comprobar que los cables estén bien conectados.

### **Marco procedimental.**

### *Mantenimiento de la celda fotovoltaica*

- Limpiar la suciedad con agua sobre la placa y si va usar manguera que no sea a presión.
- No usar ningún detergente para la limpieza del panel solar. Aplicar y usar a los elementos de la tabla 53.
- No pasar ningún trapo o franela sobre la superficie del módulo. Solo agua.
- Dejar el modulo a 45° para que se escurra el agua.
- No usar ninguna herramienta que pueda rayar la superficie del módulo.
- Revisar que los conectores MC4 no estén afectados por la corrosión.
- Examinar los terminales que van hacia el inversor.
- Inspeccionar si el inversor si no presenta algún golpe.
- El terminal que se encuentra en la zona AC tiene necesita una herramienta especial para sacarla el terminal. No forzar nunca ningún conector.
- Medir el voltaje y corriente de circuito abierto. Completar la tabla 54.

### **Recursos utilizados.**

Tabla 53.Elementos práctica 14

Nombre / Código	Imagen	Observación
Panel solar	 <p data-bbox="708 685 890 719">Fuente: Autor</p>	<p data-bbox="1027 416 1362 517">La posición del panel es a 180°</p>
Inversor	 <p data-bbox="655 1016 847 1050">Fuente:Manual</p>	<p data-bbox="1027 819 1331 920">Siempre conectar la red primero.</p>
Agua	 <p data-bbox="560 1352 943 1386">Fuente:<a href="http://elexpresso.com/">http://elexpresso.com/</a></p>	<p data-bbox="1027 1167 1394 1267">Este elemento se usa para la limpieza.</p>
Equipo de medición	 <p data-bbox="703 1794 799 1827">Fuente:</p> <p data-bbox="549 1868 959 1901"><a href="http://www.catalogomoda.com/">http://www.catalogomoda.com/</a></p>	<p data-bbox="1027 1648 1347 1749">Usar equipo de medición certificado.</p>

Fuente: Autores

Registros de resultados:

Tabla 54. Panel solar prueba de circuito abierto

				
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
<b>PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO</b>				
<b>EQUIPO / PANEL</b>				<b>FECHA :</b>
<b>PRUEBA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE</b>				
ITEM	PANEL	VOLTAJE (Vca)	CORRIENTE(Icc)	OBSERVACIONES
1	300W			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>RENDIMIENTO:</b>		

Fuente: Autores

### **Conclusiones.**

- Se evidencio los procedimientos para el mantenimiento del panel fotovoltaico y el inversor conectado a red.
- Se comparó los catálogos del fabricante y los procedimientos mantenimiento preventivo.
- Se revisó que los equipos de medición estén bien calibrados.

### **Recomendaciones.**

- No dejar el panel fotovoltaico permanentemente en lugares que presenten sombras para el panel.
- Los conectores MC4 son de una sola vida si se llegan a dañar hay que cambiar no se pueden arreglar bajo ningún concepto.

### **Anexos.**

- Enecsys intallation and operation guide.

### **Cuestionario.**

1. ¿Qué mantenimiento preventivo tendríamos que hacer en módulo fotovoltaico?  
Escriba mínimo 3.
2. ¿Qué mantenimiento preventivo se tiene que hacer en el inversor?

### **Bibliografía.**

Miguel Casa- Mónica Barrio (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona España: Marcambo.

Roldan Vloria (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo.

[www.catalogomoda.com/](http://www.catalogomoda.com/)

<http://elexpresso.com/>

## Capítulo 6

### 6.1 Conclusiones

- Se puede afirmar que el banco de pruebas para un sistema fotovoltaico conectado a red funciona de forma indicada y ayudará a profundizar en el estudio de este sistema.
- Se demostró que el sistema fotovoltaico conectado a la red se conecta de forma segura para niveles de voltaje 120 V – 240 V.
- Se certifica que la guía de prácticas para los estudiantes cumple con todos los objetivos planteados.
- Se asegura que la guía de prácticas para el docente contiene registros, conclusiones y recomendaciones para el estudio de sistemas fotovoltaico conectado a red.

## **6.2 Recomendaciones**

- Tener en cuenta las normas de seguridad del módulo fotovoltaico, inversor y banco de pruebas, ya que alguna falla podría dañar de manera irreversible el módulo fotovoltaico e inversor que son la base del sistema con conexión a red.
- Cuidar el procedimiento de conexión y desconexión del sistema ya que este puede causar daños al equipo.
- Se recomienda tener especial atención al tema de conectores los MC4 que salen del panel no se encuentran en cualquier lado y si de conseguir utilizar la herramienta de compresión adecuada.
- Tener muy en cuenta el neutro del tablero este siempre tiene que trabajar con el nuestro de la alimentación.

## Bibliografía

- Méndez, Cuervo y Veritas. (7ª Edición). Energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Fundación Confemetal.
- Casa, Barrio. (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Barcelona, España: Marcombo S.A.
- Roldán J. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España: Paraninfo.
- González J. (2010). Foelectroquímica de semiconductores Barcelona, España: Reverté S.A.
- Pareja M. (2009). Energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Marcombo S.A.
- Fernández J. (2010). Compendio de energía solar. Madrid, España: MP
- Romero M. (2010). Energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Edoones Ceac.
- Cruz, Cruz. (2010). Guía de mantenimiento en instalaciones fotovoltaicas. Madrid, España: Ediciones experiencia.
- Torres M, Torres M. (2008). El ABC de la energía solar fotovoltaica en España. Madrid, España: RA-MA
- Jutglar L. (2012). Generación de energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Marcombo S.A.
- Martínez A. (2012). Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaica. Madrid, España: Paraninfo.
- Aguilera A. (2011). Mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España: Vertice.
- Enecsys. (2013). Manual de instalación. Recuperado de <http://www.enecsys>.

- [www.atersa.com](http://www.atersa.com)
- [www.isofoton.es](http://www.isofoton.es)
- [www.fronius.com](http://www.fronius.com)
- [www.albasolar.com](http://www.albasolar.com)

## Anexos

### Ficha técnica del inversor

## Enecsys Rack Mount Micro Inverters

### 240-60-MP

### 300-60-MP



intelligent reliable power

Technical Specification	24060MP-520M4R200		30060MP-520M4R200	
<b>Input Data (DC)</b>				
Nominal Input Power	250W		315W	
Recommended Input Power (STC)	270W		335W	
Maximum DC Voltage	44.0V		44.0V	
Minimum DC Voltage	21.0V		21.0V	
MPPT Voltage Range	24.0V - 35.0V		24.0V - 35.0V	
Min/Max Start-up Voltage	22.0V / 42.5V		22.0V / 42.5V	
Maximum Input Current	10.4A		13.1A	
Maximum Input Short Circuit Current	16.0A		16.0A	
<b>Output Data (AC)</b>				
	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
Maximum AC Output Power	240W		300W	
Nominal Output Voltage	230V	240V	230V	240V
Nominal AC Output Current	1.04A	1.0A	1.30A	1.25A
Nominal Frequency	50Hz <sup>1</sup>	60Hz <sup>1</sup>	50Hz <sup>1</sup>	60Hz <sup>1</sup>
Power Factor	> 0.95	> 0.95	> 0.95	> 0.95
Total Harmonic Distortion	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%
Maximum Fault Current	9.3A AC 3ms	9.3A AC 3ms	9.3A AC 3ms	9.3A AC 3ms
<b>Efficiency</b>				
Peak Efficiency (Europe/N. America)	96.4% / 96.5%			
Weighted Efficiency (Euro/CEC)	95% / 96%			
Maximum Night Power Consumption	< 30mW			
<b>Mechanical Data</b>				
Ambient Temperature Range	-40°C to 85°C			
Enclosure Rating	NEMA Type 6			
Dimensions (LxWxH)	240mm x 155mm x 34mm <sup>2</sup>			
Weight	1.65kg			
<b>Features &amp; Compliance</b>				
Safety Class & EMC (Emission & Immunity) Compliance	CE, UL 1741, CSA-C22.2 NO.107.1-01, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 62109-1, EN 62109-2, AS/NZS 3100, FCC Part 15 Class B			
Grid Connection Compliance	IEEE 1547.1 <sup>3</sup> , IEC 61727, IEC 62116, VDE 0126-1 <sup>4</sup> , VDE-AR-N 4105 <sup>4</sup> , AS 4777, G83/1, RD 1699/2011, CEI 0-21 <sup>5</sup>			
Communication	ZigBee IEEE 802.15.4			
Connector	MC4 compatible			
PV Compatibility	Compatible with most 60 cell modules			
Warranty	25 Years (at full ambient temperature range)			

**Notes**

1. Extended frequency range available to serve local markets.
  2. Excluding bracket.
  3. In accordance with the Enecsys Installation and Operation Manual.
  4. Install with location-appropriate disconnect device, such as an ENS solution.
  5. PV systems less than or equal to 6kW. Use appropriate interface protection system and voltage-frequency control with power factor for 3kW to 6kW installations.
- All specifications subject to change without notice.

Enecsys Enables  
OPTIMAL  
SOLAR  
SOLUTIONS

intelligent reliable power



## Enecsys Installation and Operation Guide



[www.enecsys.com](http://www.enecsys.com)

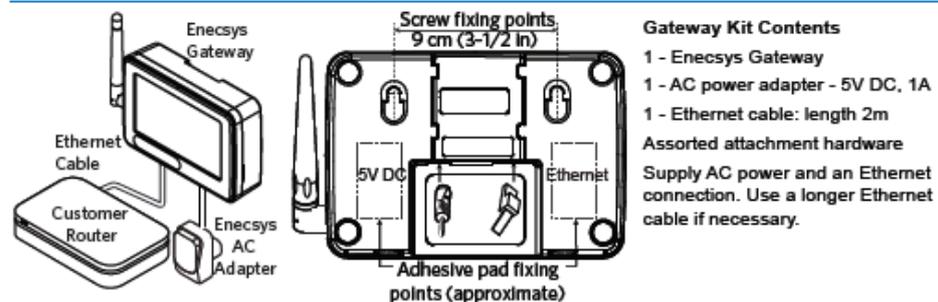
[www.enecsys.com](http://www.enecsys.com) | [info@enecsys.com](mailto:info@enecsys.com)  
Document number: IOGMP2-1  
version 2.1  
31 May 2013

## Chapter 3 Installing & Using the Enecsys Gateway

The Gateway is required; it initializes the micro inverters. If the installation will use the Enecsys Monitoring System, log into the Enecsys Monitoring website with the installer's account and set up the individual installation prior to installing the Gateway.

The installer will need details such as the homeowner's name and email address, street address of site, estimated yearly energy production, and average cost of electricity per kilowatt-hour. First-time Enecsys installers will need to set up an Installer Account.

**Figure 3. Enecsys Gateway Setup; Gateway Mounting Points & Connections; Contents**



### Step 1. Place the Gateway

- The gateway must be installed indoors near an AC power outlet.
- The gateway must be connected to the customer's router via wired Ethernet.
- It can be freestanding: rotate out the plastic feet for stability.
- It can be wall mounted using two screws in the position shown in the diagram.
- It can be mounted using adhesive pads in the position shown in Figure 3. (Adhesive pads are not supplied.)

You may wish to defer final mounting of the Gateway until all micro inverters are installed and RF connectivity is established. Sometimes small changes in the position of the Gateway can enhance RF reception.

### Step 2. Connect Ethernet

Connect the Gateway to the customer's router, if available. Gateway connectors are on the backside of the unit. Confirm that the customer's router is connected to the Internet.

### Step 3. Connect Power

Plug the Gateway power adapter into AC power and into the Gateway. The Gateway will initialize itself and then connect to the Internet. When it does so, it will contact the Enecsys energy monitoring web site, and it will automatically set its time and date. This can take a few minutes. When it is done, it will display the Gateway home screen.

#### If Internet Access Is Not Available

It is not strictly necessary to have internet access in order to set up and operate the panels and micro inverters. The Gateway is required, and must have its date and time manually configured. Otherwise, Gateway setup and inverter installation is as described herein.

## Chapter 5 Installing the Micro Inverters

### 5.1. The Enecsys Micro Inverter System

The Enecsys Micro Inverter System consists of:

- The micro inverter itself
- An AC cabling system
- The gateway-monitor
- Optional wireless repeaters

The micro inverters communicate wirelessly with the gateway. Wireless repeaters can be used if the gateway is too far from the micro inverters for good reception.

Micro inverters are available in the following models with various power ratings and DC input MPPT tracking voltage ranges:

Model	Maximum AC Output Power*	MPPT Range (DC Volts)*	The Micro Inverter
220-60-MP	220W	24V - 35V	
240-60-MP	240W	24V - 35V	
260-60-MP	260W	24V - 35V	
280-60-MP	280W	24V - 35V	
300-60-MP	300W	24V - 35V	

\*Consult Enecsys datasheets for the most current information. All technical specification information is subject to change without prior notice.

- Each micro inverter connects to one photovoltaic module.
- Use the [“Chapter 9 PV Module/Micro Inverter Serial Number Form”](#) on page 40 to keep track of the micro inverter serial numbers as they are installed in place. The stickers on the micro inverter should be removed and stuck to the sheet to refer to later. The sheet will be used during the installation finalization step: see [“Chapter 6 Monitoring Setup and Installation Launch”](#) on page 27 for details.

Each micro inverter includes a serial number sticker, on the micro inverter body.

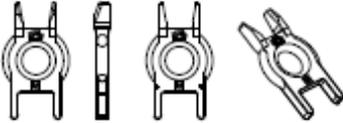
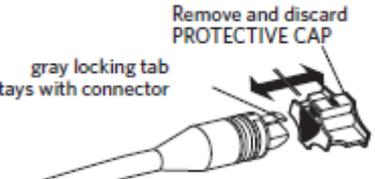


#### ATTENTION

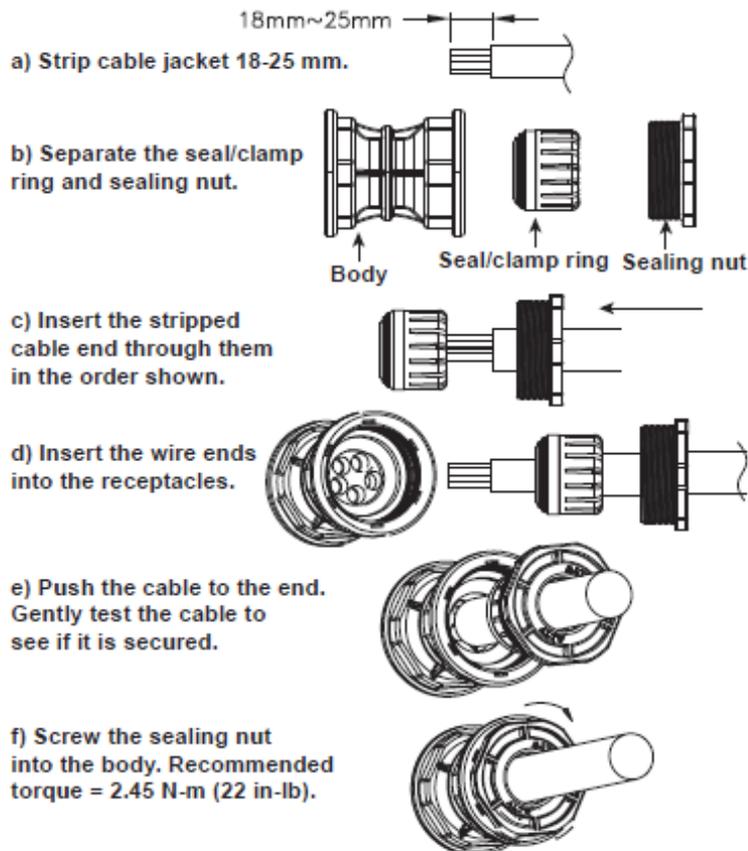
The serial number stickers are used to correlate the position of the micro inverter and its module to its location in the installation. Without installation location information, the physical location of the micro inverters and modules will not be known, and this knowledge is needed for the installation setup. A form for the stickers is provided: see [“Chapter 9 PV Module/Micro Inverter Serial Number Form”](#) on page 40.

There are a few special tools and techniques used with the connectors.

**Table 6. Special Tools and Techniques**

Item	Description	Application
	DC Connector Disconnect Tool	Disconnects micro inverter DC connection from module.
	Micro Inverter AC Connector Disconnect Tool	 Insert removal tool: Push until it clicks. Remove cap; recycle.
No Tool Required	AC Bus Cable Protective Cap Removal	 Remove and discard PROTECTIVE CAP gray locking tab stays with connector

**Figure 10. Trunk Cable End Cap Installation Instructions**



## Chapter 6 Monitoring Setup and Installation Launch

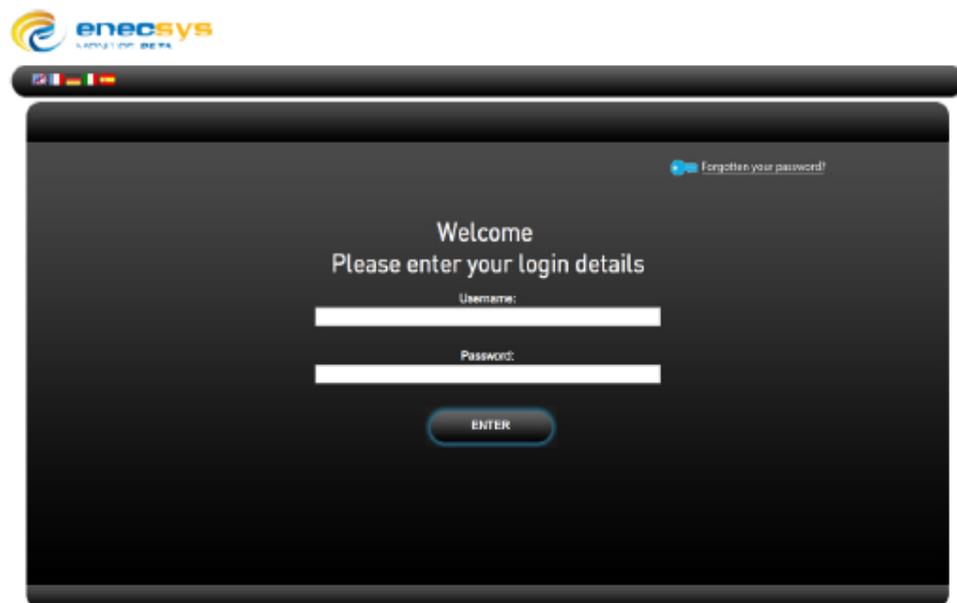
### 6.1. Logging Into the Enecsys Monitoring System for Installers

New installers will need to obtain an installer account credential from Enecsys. Please contact <http://www.enecsys.com/contact/technical-support/>

**Step 1.** Go to the <http://monitor.enecsys.net> monitoring website.

Use a standard PC and browser.

**Step 2.** Click on the Installer line to log in as an installer.



**Step 3.** Choose "Installer" login type

Choose login type		
Contact Type	Company Name	
Enecsys Admin		Go
Enecsys Customer		Go
Installer	Enecsys Ltd	Go

## 6.2. Navigating the Web Site

After logging in, the default view shows the live installations registered under the account name used to log in. New users will not see any listing here initially. As more sites are added, this list will grow. Note in this example there are four pages of live installation listings (see page count at the bottom of the screen).

The screenshot shows the Enecsys web application interface. At the top, there are navigation tabs: LIVE INSTALLATIONS (selected), PENDING INSTALLATIONS, ADD NEW INSTALLATION, and LOGOUT. Below the tabs is a search bar and a table of live installations. The table has the following columns: Installation Name, System Size (kWp), Current Power (kW), Lifetime Energy (kWh), Go Live Date, Number of Inverters, System Status, Location, and Weather. The table lists seven installations with various details. At the bottom of the table, it shows '1/234' indicating the current page and total number of installations.

Installation Name	System Size (kWp)	Current Power (kW)	Lifetime Energy (kWh)	Go Live Date	Number of Inverters	System Status	Location	Weather
Stephanie...	5.88	0.00	4666.10	17 Dec 2008	23		Cambridge, United Kingdom	50°F/16°C Cloudy
City House...	4.0	0.00	5434.50	21 Apr 2010	20		Rhein-Main, Germany	56°F/15°C Mostly cloudy
Ted Canad...	5.53	0.00	0.00	01 Aug 2012	23		Canada CE..., USA	64°F/18°C Fair
Sanita Mar...	6.88	0.00	0.00	07 May 2013	7		Albuquerque, USA	70°F/21°C Partly cloudy
Lafje Bers...	4.32	0.00	2797.30	28 Apr 2011	12		TD 2nd, France	48°F/9°C Clear
Xanox 001...	0.8	0.00	153.00	04 May 2011	4		Peasums, USA	56°F/15°C Partly cloudy
1 Planat	0.44	0.00	0.00	28 Jan 2011	2		Toronto, Canada	72°F/22°C Mostly cloudy

### Languages

Select among the available languages by clicking on the appropriate flag, at top left.

## 6.2.1. Live Installations

### Live Installations

This tab shows all of the installations that have been completed to 'live' status.

	Indicates that all data has been entered and that the system has been moved to the 'live' category. It does not mean that the system is currently on line. To determine if a system is on line, click on the Monitor icon.
	Indicates that the monitoring web site has not been able to communicate with the Gateway. This cannot be diagnosed from the web site; it must be diagnosed at the Gateway location.
	Sends an email to the customer containing their login information.
	The Monitor icon shows current and historical energy production data for the installation.
	Reverts the installation to Pending. This must be done in order to edit any installation information.

## 6.2.2. Pending Installations

The Pending Installations screen shows all in-progress installations. New users will not see any listing here initially. As more sites are added, this list will grow. Note in this example there are seven pages of pending installation listings (see page count at the bottom of the screen).

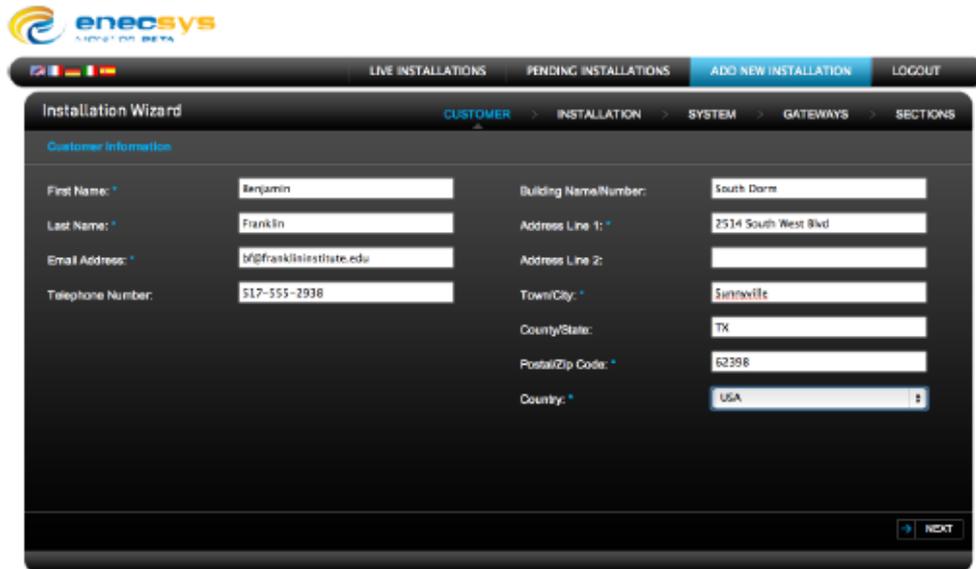
Installation Name	Installation Date	System Size (kWp)	Customer Information	Installation Details	System Details	Gateways Information	System Information	
Sagaris	04 May 2010	3.04	✓	✓	✓	✓	✓	
Helios T002	08 Apr 2011	0.4	✓	✓	✓	✗	✗	
Georg Schart	23 Apr 2011	0.4	✓	✓	✓	✗	✗	
	10 May 2011	0.2	✓	✓	✓	✗	✗	
dummy	10 May 2011	2	✓	✓	✓	✗	✗	
serial test	12 May 2011	2	✓	✓	✓	✗	✗	
SUNNY RES	17 May 2011	6	✓	✓	✓	✗	✗	

	Indicates the stage of installation is complete.
	Indicates the stage of installation is not complete.
	Opens the installation for editing and data entry.
	If red, transfers the installation from Pending to Live. All stages must be complete and green, or this button will be grayed out.

## 6.3. Adding a New Installation

### Step 1. To begin adding a new installation, select the **Add New Installation** tab.

Enter the customer data. Fields with asterisks (\*) are required. Click **Next** when done.



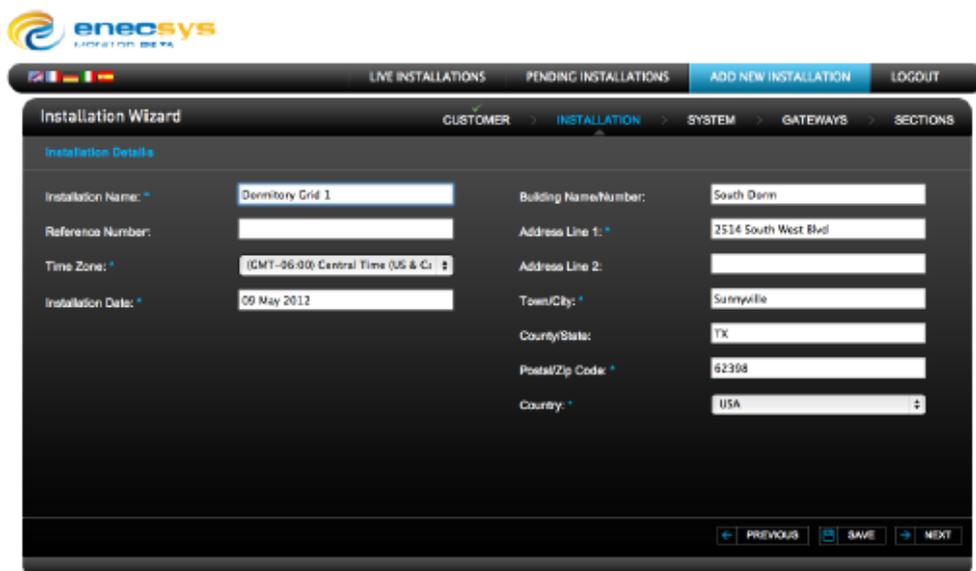
The screenshot shows the 'Installation Wizard' interface with the 'CUSTOMER' tab selected. The 'Customer Information' section contains the following fields:

First Name: *	Benjamin	Building Name/Number:	South Dorm
Last Name: *	Franklin	Address Line 1: *	2514 South West Blvd
Email Address: *	b@franklinstate.edu	Address Line 2:	
Telephone Number:	517-555-2938	Town/City: *	Sunnyville
		County/State:	TX
		Postal/Zip Code: *	62398
		Country: *	USA

A 'NEXT' button is located at the bottom right of the form.

### Step 2. Enter installation site details.

- The Installation Name is used to identify the installation site: this name will also be displayed on the installation owner's monitoring dashboard, so use something customer-viewable.
- Reference Numbers are optional: for example, they can help the installer to cross-reference the installation site to an account number.



The screenshot shows the 'Installation Wizard' interface with the 'INSTALLATION' tab selected. The 'Installation Details' section contains the following fields:

Installation Name: *	Dormitory Grid 1	Building Name/Number:	South Dorm
Reference Number:		Address Line 1: *	2514 South West Blvd
Time Zone: *	(GMT-06:00) Central Time (US & Ca)	Address Line 2:	
Installation Date: *	09 May 2012	Town/City: *	Sunnyville
		County/State:	TX
		Postal/Zip Code: *	62398
		Country: *	USA

Navigation buttons 'PREVIOUS', 'SAVE', and 'NEXT' are located at the bottom of the form.

### Step 3. Input the system information.

- System information describes the PV system: Type, Number of Modules, number of micro inverters, Mounting system, and Roof Type are entered here.
- “Total cost of system” and “Feed in Tariff” are used to calculate report values.

The screenshot shows the 'Installation Wizard' interface for 'enecsys MONITOR BETA'. The navigation bar includes 'LIVE INSTALLATIONS', 'PENDING INSTALLATIONS', 'ADD NEW INSTALLATION' (highlighted), and 'LOGOUT'. The wizard is currently on the 'SYSTEM' step, with other steps being 'CUSTOMER', 'INSTALLATION', 'GATEWAYS', and 'SECTIONS'. The 'System Details' section contains the following fields:

System Type:	Commercial	Mounting system:	Rack Mount
Number of Modules:	24	Roof Type:	Standing-seam metal
Number of Inverters:	24	Total cost of system:	0
		Feed in Tariff / kWh:	0.22

At the bottom, there are status indicators for 'MODULES' and 'INVERTERS', both showing 'Available to system: 24' and 'Added to system: 0'. Navigation buttons include 'PREVIOUS', 'SAVE', and 'NEXT'.

### Step 4. Add gateway serial number.

- Enter a serial number for each gateway used. Note that the micro inverter serial numbers will auto-populate as the installation is finalized.
- Note that the user interface says “You will need one gateway for every fifty inverters”: larger installations may use multiple gateways.

The screenshot shows the 'Installation Wizard' interface for 'enecsys MONITOR BETA' at the 'GATEWAYS' step. The navigation bar is the same as in Step 3. The wizard is currently on the 'GATEWAYS' step, with other steps being 'CUSTOMER', 'INSTALLATION', 'SYSTEM', and 'SECTIONS'. The 'Add New Gateway' section contains the following text and input:

Enter 10 digit Gateway Serial Number and select 'ADD GATEWAY.' You must add at least one gateway for every 50 inverters.

You have specified your system contains 24 inverter(s). This system requires at least 1 gateway(s). Please add 1 more gateway(s) to meet the requirement.

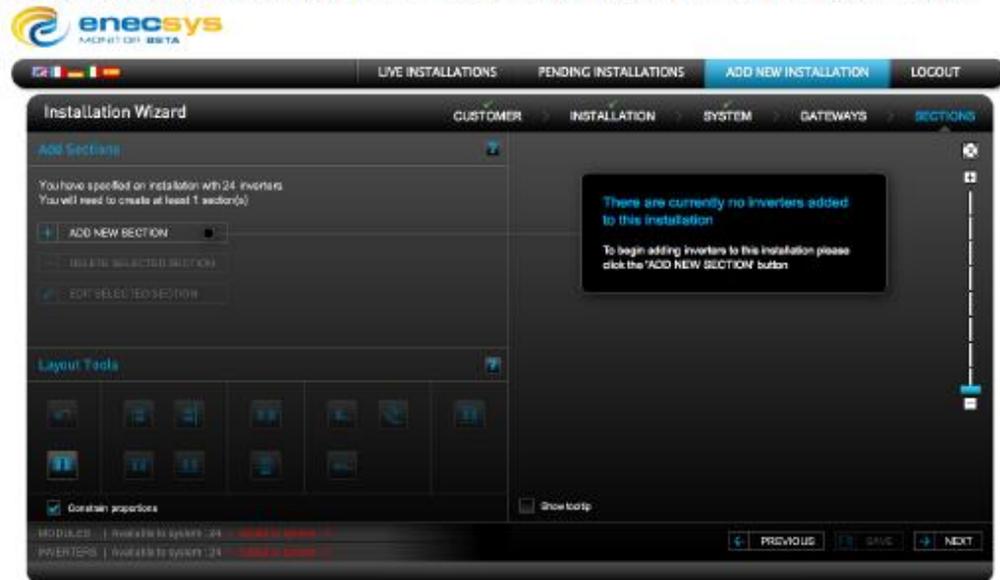
1953201305

ADD GATEWAY

At the bottom, there are status indicators for 'MODULES' and 'INVERTERS', both showing 'Available to system: 24' and 'Added to system: 0'. Navigation buttons include 'PREVIOUS', 'SAVE', and 'NEXT'.

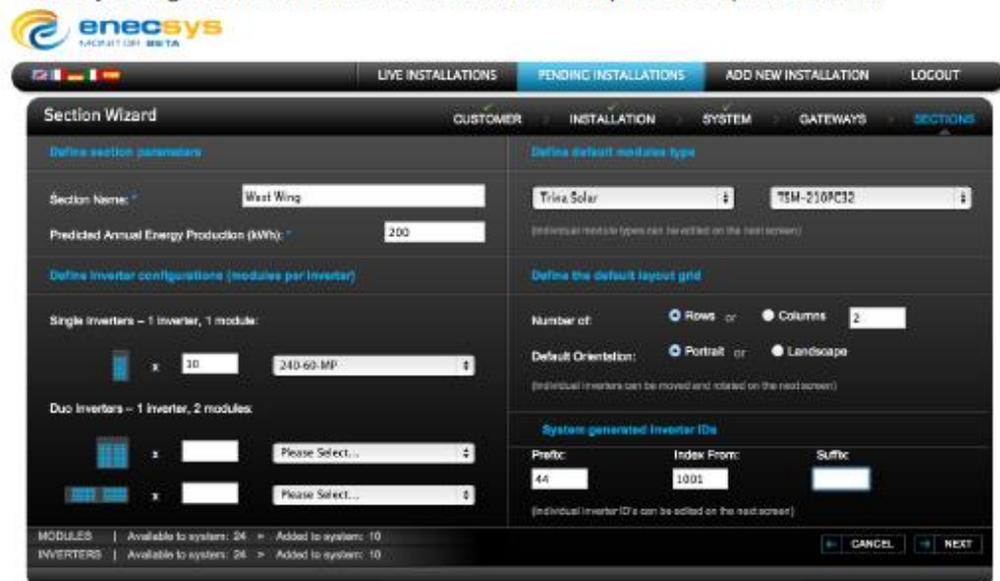
## Step 5. Begin layout by adding a section.

Installations may have areas of different energy production characteristics: different module types, layout characteristics such as orientation to the sun, or other factors to be defined separately to refine data collection. Before any sections are created, the screen will appear as below. Select the ADD A NEW SECTION button to create a new PV System layout.



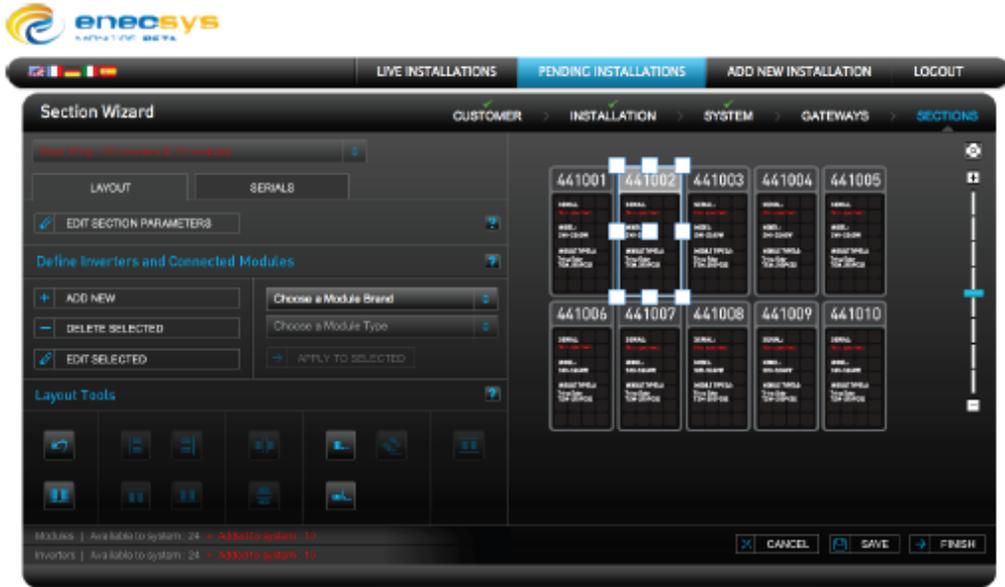
## Step 6. Enter section details.

- Define section parameters, predicted energy yield, and type of modules.
- Define micro inverter configuration: choose the appropriate icon and micro inverter model. This is for the layout to fill properly.
- Define the default layout grid. The grid can be changed later.
- The system-generated micro inverter ID field will look up entries to prevent errors.

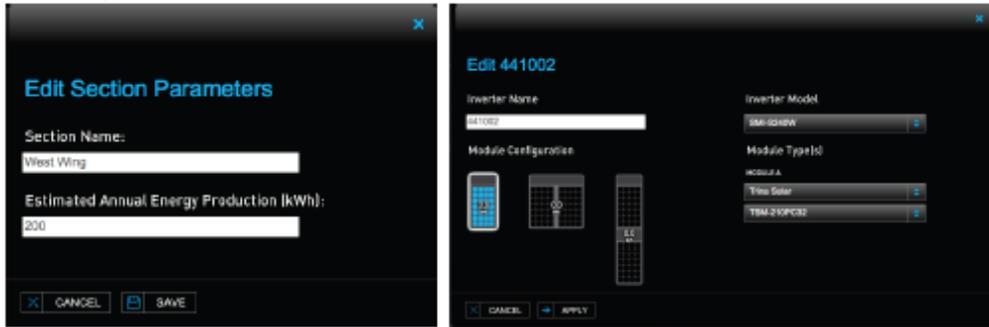


**Step 7. Adjust section layout, if required.**

Adjust, re-size, or reposition the section. Use the layout tools to assist with layout design.



Double-click on EDIT SECTION PARAMETERS Double-click on a panel to edit individual panel details. to edit the parameters for that section.



Installation Layout Tools Key					
Select All	Align: Left, Right, Top, Bottom	Distribute Horizontally & Vertically	Match Rotation	Match Scale	Undo

Rather than using the array layout tools, the installer can manually adjust the panels and enter the micro inverter serial numbers one-by-one.

- The LAYOUT tab allows the user to manually use the screen controls to access the PV modules in the layout view.
- Select the module, then click the EDIT SELECTED button to add or change panel characteristics. To add more modules, use the ADD NEW button.
- A selected module appears with white “handles”: it can be moved, turned, and stretched as needed.

## Step 8. Select a method to enter the serial numbers.

### Automatic versus Manual Serial Number Assignment

- The list of micro inverter serial numbers should be visible if:
  - The gateway serial number has been entered.
  - The array design was set up previously.
  - The gateway is communicating correctly.
- The SERIALS tab allows the user to manually load the micro inverter serial numbers, or to edit numbers that are already there.



Automatically-discovered serial numbers will appear and be labelled 'Reporting'.

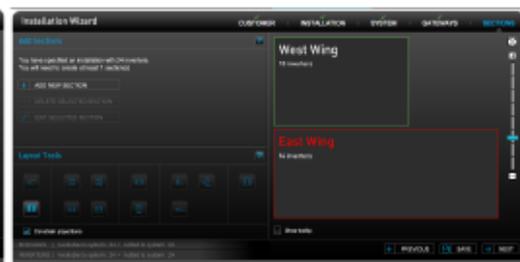


Manual serial number entry - the SERIAL tab. Serial numbers are entered in the Search box. ADD TO LIST will highlight. Serial numbers will be labelled 'Manual Load'.

In either case, drag each micro inverter serial number to the appropriate module. Use the ["PV Module/Micro Inverter Serial Number Form"](#) that was filled during installation for inverter positions in the array. Continue until all panels have an assigned serial number.



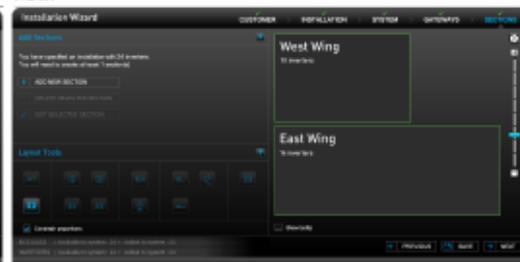
Here, serial numbers have been assigned to the section 'West Wing' in the array.



As a result, 'West Wing' now shows green in the Sections view.



The process is repeated for the next section, 'East Wing'.



Both sections are now complete and ready to go live.

### Step 9. Check work and launch installation.

- When serial numbers have been assigned to all panels, save and finish. The PENDING INSTALLATIONS Screen will appear.
- Find the row for the current installation. Note that it may not be visible until the correct page is selected. Installations can be sorted by name or date by clicking on the appropriate column. In this example, 'Dormitory Grid 1' is shown at the bottom of the screen
- There should be green check marks all across the row. If there is a red "x" in a column, it means that the information is not complete. Click on the edit (pencil) icon to add the information.
- If all the information is complete and correct, select the red 'Go Live' button, on the right.

Installation Name	Installation Date	System Size (kWp)	Customer Information	Installation Details	System Details	Gateways Information	Sections Information		
s	29 Aug 2012	0	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
The Hof - A'	10 Sep 2012	0.85	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
a	17 Jan 2013	0.96	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
en07	24 Jan 2013	0	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Mads Denmark	09 May 2013	0	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Dormitory Grid 1	09 May 2012	5.75	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Go Live

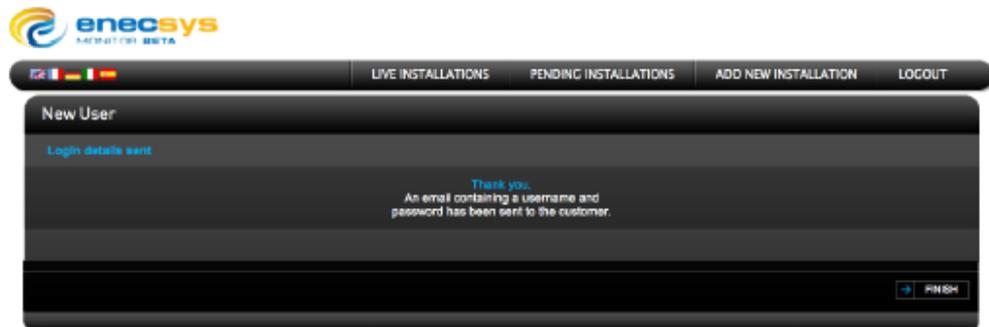
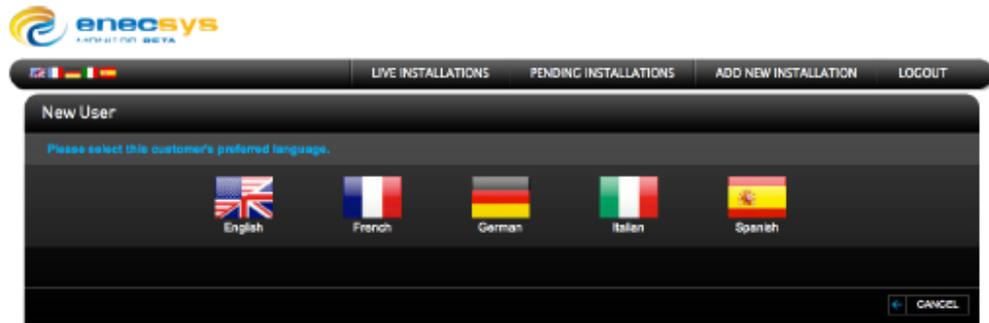
- You will see a confirmation screen. After setting the installation live, click Confirm. The installation will no longer be visible in the Pending Installations screen, but it will be visible in the Live Installations screen.

Launch Installation  
Are you sure?

Installation Name	System Size (kWp)	Current Power (kW)	Lifetime Energy (kWh)	Go Live Date	Number of Inverters	System Status	Location	Weather		
1 Park st.	0.44	0.00	6.00	29 Jun 2011	2	✓	Toronto, Canada	43°F/8°C Showers	✗	✗
Dormitory ...	5.75	0.00	0.00	09 May 2012	24	✓	Baltimore, USA	58°F/15°C Showers	✗	✗
ET Solar	0.72	0.00	23.80	23 Dec 2011	3	✓	Telshou, Canada	8°F/14°C Clear	✗	✗

## Step 10. Inform the customer.

- The user (customer) data has already been entered. Click the New User icon .
- The system will prompt for language choice, then send the installation owner a User Name and Password to access the monitoring account. The customer information the installer used for the owner details will be used to generate the email.



### Instructions for the Customer

- The customer should log in to the Enecsys monitoring website at <http://monitor.enecsys.net> using the Username and Password provided in the email. There is also a link to the "Monitoring System logon" on the Enecsys website.
- The customer should fill in all the screens with their details, and also set their username, password, and security questions to values that the customer can remember.
- When this is done, the customer clicks CONTINUE and can then use the new Username and Password on the Enecsys monitoring website to view Owner Monitoring screens and reports

### Saving A Pending Installation

- In order to be able to pause and return to finalize the installation later, if necessary, after the layout is done, click the SAVE button.

### Re-Opening a Pending Installation.

- Log on to the Enecsys monitoring site with the Installer information. Go to the "Pending Installations" tab and select a saved installation to view or modify it.

# ReneSola

# Virtus<sup>®</sup> II

## Virtus<sup>®</sup> II Module

290W, 295W, 300W, 305W, 310W



Efficiency

High Module Conversion Efficiencies



easy & quick

Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa

Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215:2005, IEC 61730: 2004, UL 1703 PV Standards

Conforms with IEC 61215:2005, IEC 61730: 2004, UL 1703 PV Standards



ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified

ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified



Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C

Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C



Also Available for Black Frame



APPROVED PRODUCT



ReneSola.com

# ReneSola

## Virtus<sup>II</sup>

### Virtus<sup>II</sup> Module

290W, 295W, 300W, 305W, 310W



High Module Conversion Efficiencies



Easy Installation and Handling for Various Applications



Mechanical Load Capability of up to 5400 Pa



Conforms with IEC 61215-2005,  
IEC 61730: 2004, UL 1703 PV Standards



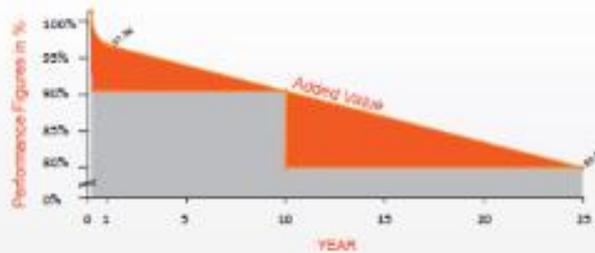
ISO9001, OHSAS18001, ISO14001 Certified



Application Class A, Safety Class II, Fire Rating C



Also Available for Black Frame



**10-year**  
material & workmanship

**25-year**  
linear power output



ReneSola.com



## Enecsys Communications Gateway

The Enecsys Communications Gateway enables simple system configuration through a menu-driven touchscreen, reducing installation times.

The local display screen provides power, energy (kWh), and network status for a quick overview of system performance.



### Plug-and-Play Installation

### Touchscreen allows ease of system set-up

### Scalable, reliable, ZigBee communication with Micro Inverters

### Enables firmware upgrades, diagnostics, and configuration of Micro Inverters

**Enecsys LLC**  
275 Shoreline Drive, Suite 200  
Redwood Shores, CA 94065, USA  
Tel. +1 855-ENECSYS (Toll Free)  
Tel. +1 650-730-5700

**Enecsys Europe GmbH**  
Louisenstraße 65  
61348 Bad Homburg, Germany  
Tel. +49 6172 8552430

**Enecsys Taiwan**  
9F, No.8, Ln. 321, Yangguang St  
Neihu District, Taipei City 114  
Taiwan (R.O.C.)  
Tel. +886-2-2627-6118

**Enecsys Limited, United Kingdom**  
Tel. +44 1223 875978

**Enecsys France**  
Tel. +33 (0) 4 13 09 64

[www.enecsys.com](http://www.enecsys.com) | [info@enecsys.com](mailto:info@enecsys.com)



## Enecsys Communications Gateway

intelligent reliable power



Specifications	GW-EU-RES-G20
<b>Communications</b>	
Interface to Micro Inverter	ZigBee Wireless Communication IEEE 802.15.4
Interface to Local Area Network	Ethernet 10/100 auto-sensing, auto-negotiating
<b>Power Requirements</b>	
AC Supply	100 - 240Vac, 50/60Hz
Power Consumption (Nominal)	1.3W
<b>Mechanical</b>	
Dimensions	129mm x 89mm x 34.6 (without feet)
Ambient Temperature Range	0°C to 50°C
Enclosure Rating	UL94/HB IP42, NEMA2
<b>Features and Compliance</b>	
Capacity	100 Micro inverters
Safety, EMC, Compliance	FCC Part 15 Class B, CE, IEC 60950-1:2005 + A1, EN 60950-1:2006 + A11 + A1 + A12, UL 60950-1-07, CAN/CSA C22.2 No. 60950-1-07, AS/NZS CISPR 22:2009, C-Tick
<b>Warranty</b>	
Standard Warranty	2 years
<b>Accessories</b>	
Repeater	Optional
Double Repeater	Optional
Plug-in Power Adapter	Included

All information contained within this document is subject to change without prior notice.