



## **LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Ing. Oscar Andrés López Anaya**

**Elaborado por:**

Martha García Suarez.

Wendy Sepúlveda Vega.

**PRACTICA #1:** Reconocimiento de los instrumentos y equipos del laboratorio de energía solar fotovoltaica

#### **1. OBJETIVOS**

- ✓ Reconocer e identificar los diferentes instrumentos y equipos que se utilizan en un sistema de energía solar fotovoltaica off-grid.
- ✓ Conocer la forma adecuada de conectar los elementos del sistema.

#### **2. INTRODUCCIÓN**

Debido al excesivo uso de combustibles fósiles, el inminente agotamiento de las reservas de los mismos y el daño ambiental que estos producen es necesario plantear fuentes alternativas de energía no contaminantes. Una de estas alternativas es la energía solar fotovoltaica, que tienen un mejor potencial de crecimiento en nuestro país y ha generado un impacto positivo ya que ha sido bien acogida en el ámbito industrial y doméstico.

### **3. MATERIALES**

- Bancos de energía solar fotovoltaica
- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Kill a watt
- Piranómetro
- Cables

### **4. PRE- INFORME**

Para el correcto desarrollo de la práctica es necesario manejar e investigar los siguientes temas.

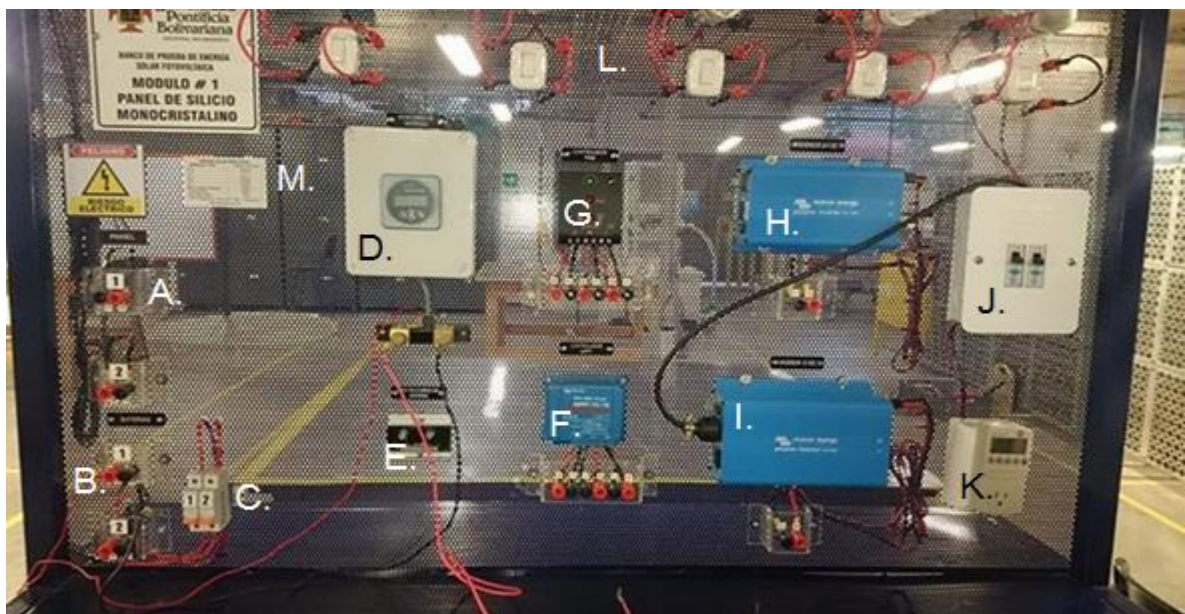
- ¿Qué es la energía solar?
- ¿Qué es el efecto fotovoltaico?
- ¿Qué es un panel solar?
- Tipos de paneles solares
- Función de los acumuladores
- Tipos de acumuladores
- Reguladores de carga (Victron y Phocos)
- Tipos de reguladores y su funcionamiento
- Tipos de inversores y funcionamiento (Victron)
- Que es y cómo funciona el Monitor de baterías Victron BMV 700
- Que es y cómo funciona el protector de baterías 60 A (Victron)
- Que es un medidor de radiación solar, Piranómetro (SM206)
- Que es el kill a watt
- Como instalar un sistema OFF-GRID

## 5. PROCEDIMIENTO

- ✓ Hacer grupos de 4 personas y seleccionar uno de los bancos de prueba (mono-cristalino, poli-cristalino o amorfo).
- ✓ Reconocer e identificar los diferentes elementos compuestos por un sistema OFF-GRID de acuerdo como no lo muestra la figura 1 y el ítem 6 de reconocimiento.
- ✓ Hacer la conexión del sistema OFF-GRID como lo muestra en la figura 2, 3 y 4; y no lo indican las instrucciones en el ítem 7.

## 6. RECONOCIMIENTO

- En la figura 1 encontramos todo los componentes del tablero de los bancos de prueba de energía solar fotovoltaica



**Figura 1.** Tablero de los instrumentos y equipos de los bancos de prueba de energía solar fotovoltaica

- A. Conexión de paneles.
- B. Conexión de batería

- C. Protección de baterías
- D. Monitor de baterías
- E. Guardián de baterías
- F. Controlador MPPT
- G. Controlador PWM
- H. Inversor Victron 24V-180Watts
- I. Inversor Victron 12V-350Watts
- J. Caja de protección
- K. Tomacorriente
- L. Bombillos
- M. Ficha técnica del panel

## **7. CONEXIONES**

### **IMPORTANTE:**

A la hora de realizar las conexiones es primordial tener en cuenta que las borneras rojas son las positivas y las negras negativas.

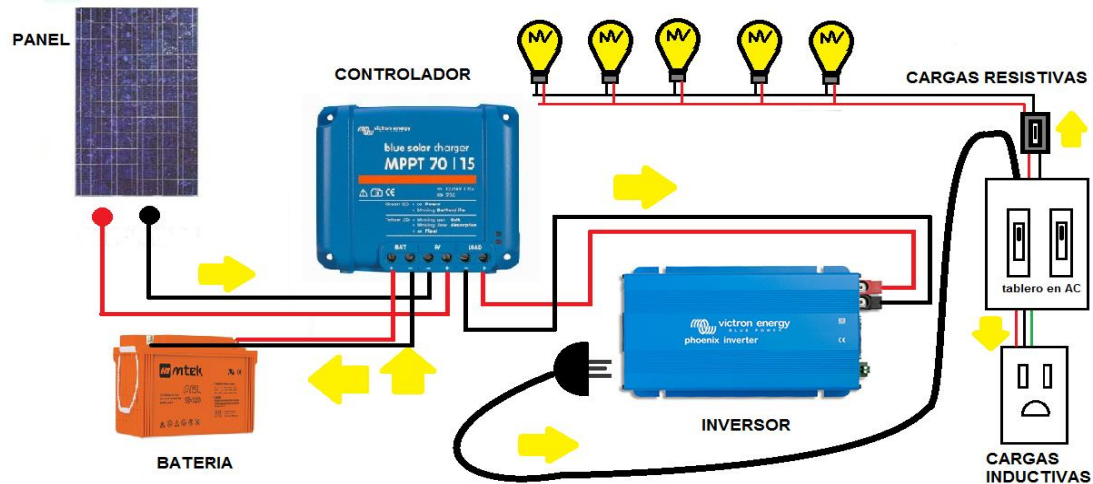
Es importante seguir el orden establecido a continuación, para evitar daños en los equipos.

- **Controlador**

Los puertos de conexión de los controladores (Ubicados en la parte inferior) están marcados indicando que elemento se conecta en cada puerto (Batería, panel o carga). Teniendo en cuenta la gráfica 2 y las instrucciones conecta.

1. Conectar la batería. Los cables deben conectarse primero al puerto batería del controlador y luego a la batería. Positivo de la batería con positivo de la batería en el controlador. Para los negativos es igual.
2. Conectar panel. Los cables deben conectarse primero al puerto panel del controlador y luego al panel.

3. Conectar el inversor. Desde el positivo del inversor al puerto positivo de la batería en el controlador. Igual con los negativos.



**FIGURA 2.** Diagrama de conexión de un sistema off-grid

**Fuente:** autor

### • TABLERO DE PROTECCIÓN

De acuerdo con el REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE) en el ARTÍCULO 6º- simbología y señalización. CAPÍTULO 6.3 código de colores para conductores nos indica que:

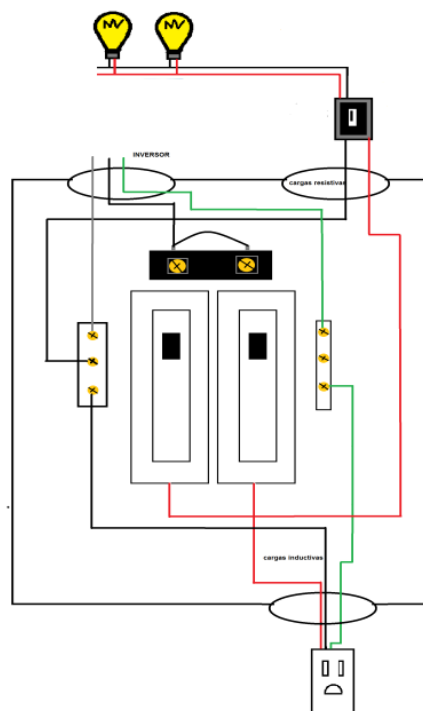
- El cable negro es la fase.
- El cable blanco es el neutro.
- El cable verde es la tierra.

**NOTA:** En las otras conexiones debido a que se maneja un voltaje en DC de 12V no es estrictamente necesario el uso del cable tierra. Para las demás conexiones en el tablero se emplearon cables de color rojo (fase o positivo) y negro (negativo)

El disyuntor tiene como función alimentar las cargas inductivas y las cargas resistivas (el sistema de bombillos y el tomacorriente).

De acuerdo a la figura 3 y a las instrucciones realizar las conexiones del tablero de protección.

1. De la clavija que se conecta al inversor salen los tres cables (Fase, neutro y tierra). La fase va conectada en la parte superior del disyuntor. Para que el inversor funcione con los dos breakers es necesario hacer un puente en la entrada de los dos disyuntores.
2. En la parte inferior de cada breakers está la salida de la fase que va conectada al tomacorriente y al sistema de bombillos.
3. En la caja de conexiones de los disyuntores está marcado el lugar correcto para conectar cada cable.



**FIGURA 3.**DIAGRAMA DEL TABLERO DE PROTECCIÓN

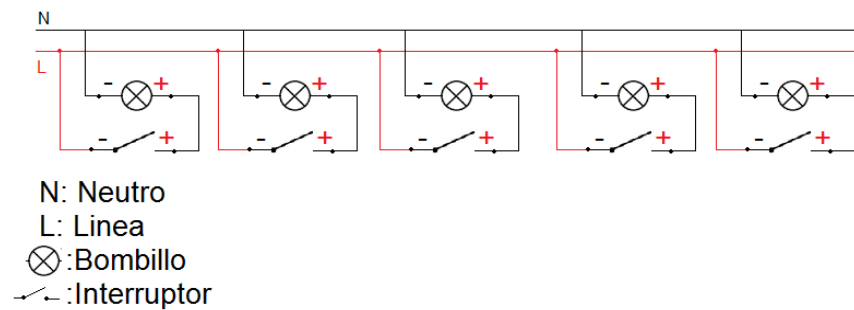
- **Bombillos.**

En la figura 4 se muestra el diagrama de conexión de los bombillos, teniendo en cuenta que las borneras están ubicadas de la siguiente manera (en orden descendente)

- Fase o línea
- Bombillo
- Interruptor

Para la conexión de los bombillos seguir las siguientes instrucciones teniendo en cuenta lo anterior y figura 4.

1. Del positivo de la línea al negativo del interruptor
2. Del positivo del interruptor al positivo del bombillo
3. Del negativo del bombillo al negativo de la línea.



**FIGURA 4.** Conexión bombillos

**Fuente.** Autor

## 8. INFORME

El informe debe ser presentado con normas IEEE y como mínimo debe tener la siguiente información.

- Objetivos
- Marco teórico
- Responder las preguntas propuestas
- Evidencia fotográfica
- Conclusiones

Responder para el informe

- ✓ Hacer un cuadro comparativo con los diferentes tipos de paneles (silicio mono-cristalino, poli-cristalino y amorfo).
- ✓ Para qué sirve el guardián de baterías
- ✓ Diferencia de un inversor de onda pura y onda modificada
- ✓ ¿Cuál es la diferencia entre una instalación solar fotovoltaica grid-tie y unas conexiones off-grid?
- ✓ ¿Cuál es la función de las baterías en una instalación fotovoltaica?
- ✓ Enuncie las diferencias entre un controlador MPPT y PWM





## **LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Ing. Oscar Andrés López Anaya**

**Elaborado por:**

Martha García Suarez.

Wendy Sepúlveda Vega.

## **PRÁCTICA #2: CONFIGURACIÓN DEL MONITOR Y EL GUARDIÁN DE BATERÍAS**

### **1. OBJETIVOS**

- Programar correctamente el monitor y protector de baterías.
- Conectar y configurar el sistema fotovoltaico completo

### **2. INTRODUCCIÓN.**

La presencia de un monitor en un sistema fotovoltaico cumple con la función principal de controlar e indicar el estado de carga de la batería, el protector de baterías es un disyuntor que nos permite controlar el sistema cuando la batería está totalmente cargada o también permite desconectar automáticamente consumos no esenciales de la batería antes de que esté totalmente descargada.

### **3. MATERIALES**

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Bancos de energía solar fotovoltaica
- Cables de conexión

#### **4. PRE INFORME**

- Cómo funciona el monitor de baterías BMV 700
- Para qué sirve el monitor de baterías BMV 700
- Que es el Shunt (500 A)
- Cómo funciona el protector de baterías 60A
- Para qué sirve el protector de baterías 60 A
- Como se conecta el protector de baterías
- Como se conecta el monitor de baterías

#### **5. PROCEDIMIENTO**

- Hacer grupos de 4 personas y seleccionar uno de los bancos de prueba (mono-cristalino, poli-cristalino o amorfo).
- Realizar la conexión respectiva de cada banco del sistema de acuerdo lo visto en la práctica anterior, seleccionado la tensión de trabajo (12 v o 24 v)
- Seguir las instrucciones para la programación del guardián de baterías como se indican en el ítem 6.
- Seguir las instrucciones para la programación del monitor de baterías como se indican en el ítem 7.

#### **6. PROGRAMACIÓN DEL GUARDIÁN DE BATERÍAS**

- ✓ Para la conexión del guardián necesitamos :
  - Terminales de ojo para la entrada positiva DC de la fuente
  - 2 terminales faston para la entrada negativa en DC
- ✓ Para la configuración y conexión del guardián de baterías se debe seguir las siguientes instrucciones.

- De acuerdo a la selección de tensión trabajo, basándose en la tabla 2, escoger el voltaje mínimo de carga para la batería.
- Teniendo en cuenta la tabla 1, seleccionar la posición que indicada de acuerdo a los límites de descarga de la batería de acuerdo a esta se configura el guardián de baterías.
- Seguir las instrucciones de programación

**Tabla 1.** Selección de posiciones

12 Volt mode				24 Volt mode			
		Undervoltage Threshold	Uppervoltage Threshold			Undervoltage Threshold	Uppervoltage Threshold
Position 1		10,5V	12 V	Position 1		21 V	24 V
Position 2		10 V	11,5V	Position 2		20 V	23 V
Position 3		9,5V	11,5V	Position 3		19 V	23 V
Position 4		11,25 V	13,25 V	Position 4		22,5 V	26,5 V
Position 5		11,5V	13,8 V	Position 5		23 V	27,6 V
Position 6		10,5V	12,8 V	Position 6		21 V	25,6 V
Position 7		11,5V	12,8 V	Position 7		23 V	25,6 V
Position 8		11,8 V	12,8 V	Position 8		23,6 V	25,6 V
Position 9		12 V	13 V	Position 9		24 V	26 V
Position 10		10 V	13.2 V	Position 10		20 V	26.4 V
Position 11	Normal Alarm Relay function			Position 11	Normal Alarm Relay function		
Position 12				Position 12			

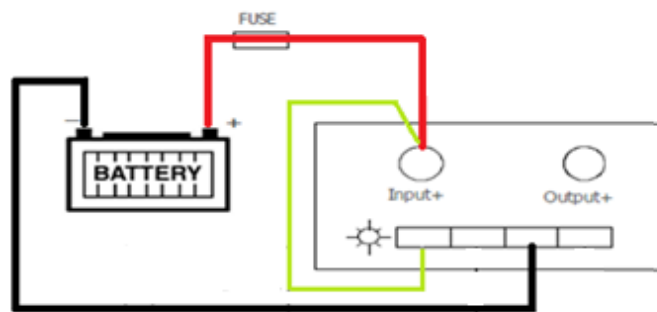
**Fuente:** Data Sheet guardián de baterías Victron

BANCO	BAT	VOLTAJE MÍNIMO CON CARGA A UNA TENSIÓN A 12 V	VOLTAJE MÍNIMO CON CARGA UNA TENSIÓN A 24 V
MONO- CRISTALINO	B1	10,40V	20,39 V
	B2	10,24 V	
POLI-CRISTALINO	B1	10,20V	21,2 V
	B2	10,22V	
AMORFO DE 100 W	B1	10,36V	20,39V
	B2	10,34 V	
AMORFO DE 142 W	B1	10,50 V	20,3 V
	B2	10,7 V	

**TABLA2.VOLTAJE MÍNIMO CON CARGAS**

Para la correcta programación del guardian de baterías, se debe proceder de la siguiente manera, teniendo en cuenta la figura 1 y las siguientes instrucciones:

1. Ubicar cada terminal en el lugar predeterminado para ello, se realiza la conexión de la batería y el guardian es decir el terminal que viene desde la batería (+) al input(+) del guardian.
2. Conectar el terminal de ojo del negativo(-) de la batería a la tercer puesto de izquierda a derecha con conector faston del guardian de baterías
3. Se realiza un “puente” entre el input (+) del guardian y el primer puerto negativo (de izquierda a derecha) del guardian para la programación, para esto es necesario estipular el voltaje mínimo de la batería utilizada y se revisa la tabla 2, para la selección de posiciones.
4. Después de estipular la posición programada, el led parpadeará las mismas veces de la posición escogida, después se puede desconectar el “puente” entre el input (+) del guardian y el primer puerto negativo.
5. Para confirmar la posición programada, el LED parpadeará el mismo número de veces de la posición seleccionada. En caso que no indique la posición deseada, se deben repetir los pasos anteriores.
6. Las posiciones que han sido programadas serán recordadas, incluso si la conexión de la batería es eliminada.

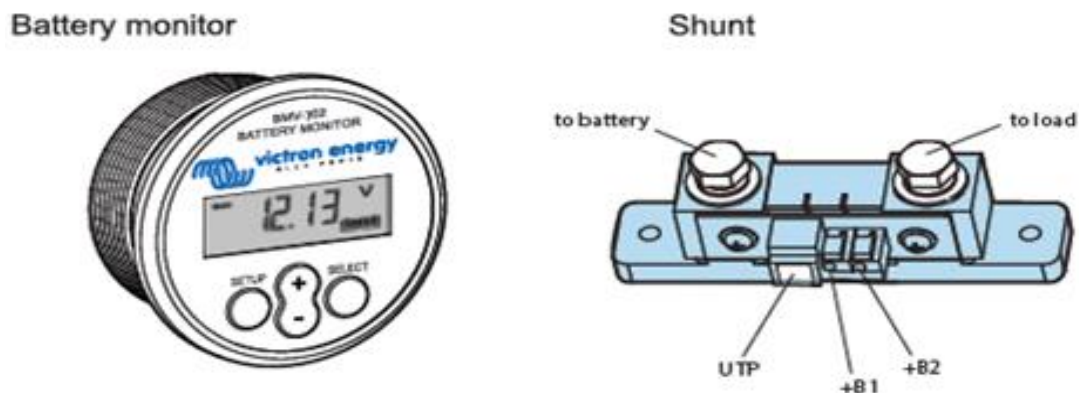


**Figura 1.** Conexión del guardian de baterías

**Fuente:** Data Sheet guardián de baterías Victron

## 7. PROGRAMACIÓN DEL MONITOR DE BATERÍAS

- ✓ Para la configuración y conexión del monitor de baterías se deben seguir las siguientes instrucciones.
- ✓ Para la conexión del monitor necesitamos:
  - dos cables con terminales de ojo
  - cable positivo con fusible
  - UTP cable RJ45



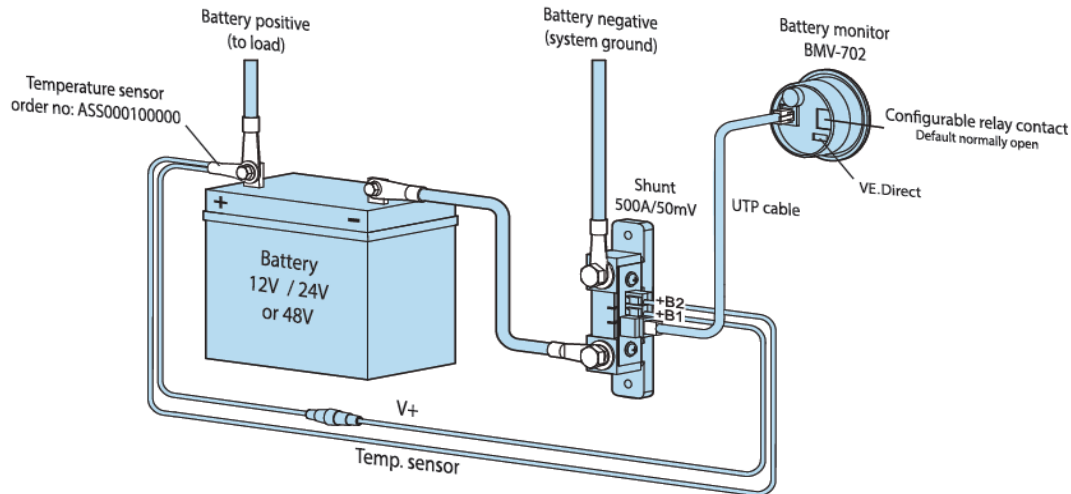
**Figura 2.** Monitor de baterías y Shunt

**Fuente:** Guía de instalación rápida Monitor de Bateria Victron.

Los pasos a seguir para la conexión del monitor de baterías es la siguiente:

- ✓ Reconocimiento del monitor de baterías y el shunt en el tablero de conexiones, como no lo muestra la figura 2.

- Ubicar cada terminal en el lugar predeterminado para ello, se realiza la conexión de la batería (-) al shunt (-) en el puerto que indica to battery como no lo muestra la figura 2.
- De igual manera el otro puerto del shunt (-) to load al puerto de conexión (-) del inversor
- El terminal del cable de alimentación (+) con fusible de la entrada B1 del shunt al puerto (+) de la batería
- El cable UTP RJ45 se conecta directamente al shunt en el puerto UTP como no lo muestra la figura 3.
- Después de realizar todas las conexiones el BMV- 700 iniciara automáticamente el sistema de instalación
- Seguir los pasos para la programación del monitor



**Figura 3.** Conexión de las baterías con el monitor

**Fuente:**Guía de instalación rápida Monitor de Bateria Victron.

**Nota.** Para la correcta instalación es importante no olvidar ninguna de las conexiones si no el monitor no funcionara de forma adecuada

✓ Configuración del monitor de baterías

- Después de realizar la correcta instalación del monitor de baterías, el monitor detecta la tensión nominal del sistema de baterías, por lo tanto los únicos valores que deben ajustarse son la capacidad de la batería siguiendo las instrucciones:

- Después de insertar el fusible en la pantalla mostrará el texto deslizable: 01 Battery Capacity. Si no se puede ver este texto, pulse SETUP y SELECT simultáneamente durante 3 segundos para restaurar los valores de fábrica, y para acceder a todas las funciones con la que cuenta el monitor de baterías

- Se utiliza los botones + y – para desplazarse por las funciones.

- Para la configuración de cualquier función del monitor se selecciona por medio del botón select, para el modo de edición seleccionando el número a cambiar con el botón select y se introduce el valor deseado con los botones + y -.

- Después de seleccionar el valor correspondiente quedará registrada automáticamente en la memoria no volátil al introducir el último dígito y pulsar SELECT. Esto quedará indicado mediante un pitido corto.

- Si fuese necesaria alguna corrección, pulse de nuevo SELECT y repita el procedimiento.

- Para la configuración básica del monitor solo será necesario la selección de capacidad de la batería.

- Después de la configuración de la capacidad de la batería podemos ver los diferentes parámetros como son:

- Corriente real que sale de la batería( negativa si sale) y (positiva si entra)

- Potencia extraída de la batería (negativa) y (positiva) si entra
  - Amperios/hora consumidos
  - Estado de la carga (%)
  - Autonomía restante
- 
- Debido a que no son los únicos parámetros para configurar en el monitor, se exploraran todo los menús y de acuerdo al anexo y a las indicaciones del docente encargado configurarán el monitor de baterías.

**Nota.** Para que el monitor de baterías de una lectura fiable, el estado de carga que muestra el monitor deba sincronizarse con el estado de carga real de la misma, esto se consigue cargando completamente la batería.

En el caso de una batería de 12 V el BMV 700 se resetea completamente cuando el parámetro de tensión está en 13,2v en el caso de una tensión a 24v se resetea cuando el parámetro de la tensión está en 26,4 v.

## **7. INFORME**

El informe debe ser presentado con normas IEEE y como mínimo debe tener la siguiente información.

- Encabezado
- Objetivos
- Breve reseña de lo realizado en la práctica.
- Evidencia fotográfica
- Conclusiones

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- ✓ Guía de instalación rapida Monitor de Bateria Victron.
- ✓ Data Sheet guardián de baterías Victron.
- ✓ Manual del monitor de bateria victron





**LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**Ing. Oscar Andrés López Anaya**

**Elaborado por:**

Martha García Suarez.

Wendy Sepúlveda Vega.

**Práctica #3:** Estudio y caracterización de los paneles solares

**1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Estudiar y caracterizar los paneles solares

**2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Calcular la eficiencia de un panel solar.
- ✓ Analizar el comportamiento de la corriente con respecto al ángulo de inclinación.
- ✓ Obtener la curva de la corriente con respecto a la temperatura de un panel

**3. INTRODUCCIÓN.**

La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado. En otras palabras la caracterización de corriente-voltaje permite visualizar el rendimiento de una celda fotovoltaica, evidenciando los efectos de la irradiación, la temperatura de la célula solar y la carga eléctrica en el comportamiento la misma.

#### **4. MATERIALES**

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Bancos de energía solar
- Cables de conexión

#### **5. PRE INFORME**

- Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos
- ¿Qué es la curva característica de un panel o curva i-v?
- Para que se calcula la curva i-v para baterías y paneles
- Eficiencia de un panel fotovoltaico
- Que es mishmash en un arreglo fotovoltaico

#### **6. PROCEDIMIENTO**

- Realizar la conexión del sistema empleando paneles, baterías, controlador e inversor.
- Para los diferentes procedimientos tenga en cuenta que hay medidas que se deben tomar antes de sacar los bancos al sol.

#### **✓ EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN EN LA CORRIENTE DEL PANEL**

- Para la primera parte de esta práctica se analiza la variación de la corriente con respecto al ángulo de inclinación del panel, los datos obtenidos se deben registrar en la tabla 1.

- Para determinar el ángulo, los bancos cuentan un transportador en cada panel. El ángulo también se puede medir empleando la aplicación llamada PV-SOL que se encuentra disponible en play store.

La determinación del ángulo óptimo de inclinación es un factor que afectara notablemente la producción total del sistema solar fotovoltaico, por lo cual en cualquier tipo de instalación es necesario tener en cuenta el ángulo óptimo en la ubicación deseada para una mayor producción.

Determinación del ángulo óptimo de inclinación teórico:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69\phi$$

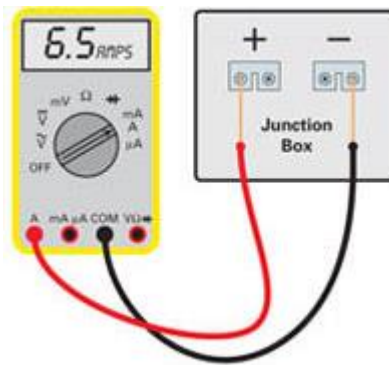
Angulo $\beta(^{\circ})$	Corriente(A)	Voltaje(V)	Perdida con respecto al optimo (%)

**TABLA #1**

**NOTA.** Para la caracterización de los paneles es importante tener en cuenta que todo cálculo se realizara con el ángulo óptimo.

## ✓ CARACTERIZACIÓN DE LOS PANELES

- Para la caracterización, se tomaran medidas de intensidad y voltaje para cada panel solar. (Para los módulos con dos paneles tenga en cuenta que puede haber mishmash)
- Los puntos más importantes para la curva I-V de un panel son la corriente en corto circuito ( $I_{sc}$ ) y el voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ )
- Para tomar estas medidas es necesario mantener una radiación constante.
- Medida de intensidad en corto circuito ( $I_{sc}$ ), como lo muestra la figura 1.

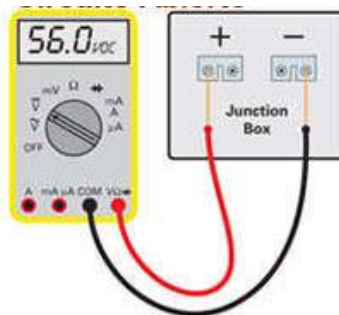


**FIGURA 1. CORRIENTE EN CORTO CIRCUITO ( $I_{sc}$ )**

**Fuente:** <http://www.electricidad-gratuita.com/Images/multimetro1.jpg>

**Importante:** Esta medida debe realizarse lo más rápido posible para evitar daños en el panel, debido que esta conexión puede ocasionar un corto circuito

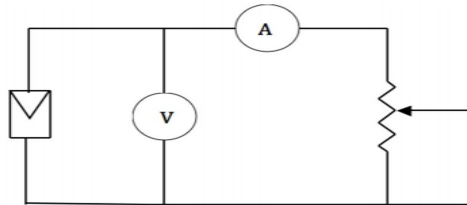
- Medida de voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ ). Figura 2.



**FIGURA 2. VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO ( $V_{oc}$ )**

**Fuente:** <http://www.electricidadgratuita.com/Images/multimetro1.jpg>

- Los elementos de medición se conectan como indica la figura 3.
- Los datos se toman variando las cargas resistivas desde la mayor potencia a menor la potencia. Esto con el fin de encontrar la corriente y el voltaje máximo en el sistema.
- Realizar la curva característica para cada tipo de panel.



**FIGURA 3:** Diagrama del circuito eléctrico para la medición de la curva I- V

**Fuente:** Autores

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Irradiación:** \_\_\_\_\_

Resistencia	Voltaje	Corriente	Potencia

**TABLA #2**

**NOTA:** La corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto se utilizan para fabricar la gráfica I-V.

#### ✓ EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL PANEL

Los sistemas de energía solar dependen de las condiciones ambientales de operación, la temperatura en el módulo es un factor importante en la eficiencia del

sistema para ello tomaremos los datos de la temperatura sobre la superficie del módulo con la pistola de temperatura.

1. Conectar el sistema (Panel, controlador, inversor, batería, cargas)
2. Medir la temperatura inicial del panel y posteriormente la corriente y el voltaje del panel. ESTA MEDIDA SE DEBE TOMAR ANTES DE EXPONER EL PANEL AL SOL.
3. Medir la temperatura, el voltaje, corriente e irradiancia en intervalos de 10 minutos. Tabla 3.

**Panel:** \_\_\_\_\_

T(°C)	(V)	I(mA)	W	I(W/m <sup>2</sup> )
10 minutos después				
20 minutos después				
30 minutos después				

**TABLA #3**

### ✓ EFECTO DE LA SOMBRA

Para analizar los efectos de la sombra en el comportamiento de la gráfica I-V del panel es necesario realizar mediciones con el panel totalmente descubierto, cubriendo una parte y cuando la mayoría del arreglo de celdas está tapado.

Esta prueba se realiza conectado el sistema completo (con cargas, inversor, controlador, baterías, monitor y protector). Los datos deben estar registrados en la tabla 4.

**Panel:** \_\_\_\_\_

Irradiación: \_\_\_\_\_

Cantidad de sombra	Voltaje	Potencia	Eficiencia	Corriente	Irradiancia
<i>Descubierto</i>					
<i>Una celda cubierta</i>					
<i>Todo cubierto</i>					

**TABLA #4**

### ✓ EFICIENCIA DEL PANEL

La eficiencia es la relación entre la potencia luminosa que incide en el panel y la potencia eléctrica que se obtiene.

La potencia se obtiene como el producto de la tensión por la intensidad y existe un punto de operación donde esta es máxima, que se sitúa en el punto de inflexión de las curvas, en este punto la resistencia de carga coincide con el valor de la resistencia interna de la célula.

La potencia máxima se suele dar cuando la intensidad es del 90% de la intensidad del circuito  $I_m=0,9I$ . En concreto la potencia máxima es el producto de esta corriente máxima por la tensión correspondiente.

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_{c\eta}} \times 100$$

$$P_M = V_{mp} \times I_{mp}$$

Dónde:

$P_m$ : Punto de potencia máxima, es cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus máximos valores

E: Irradiancia ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),

$A_{c\eta}$ : Área superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $\text{m}^2$ ).

En el siguiente calculan la eficiencia del panel de acuerdo a diferentes cargas, y realizar la comparación con las otras tecnologías

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Irradiación:** \_\_\_\_\_

RESISTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	RENDIMIENTO

**TABLA #5**

## 7. INFORME

El informe debe ser presentado con normas IEEE y como mínimo debe tener la siguiente información.

- Objetivos
- Marco teórico
- Toma de datos
- Cálculos realizados y ecuaciones usadas
- Curva característica
- Evidencia fotográfica
- Conclusiones



- El informe de esta práctica debe contar con la representación de 3 curvas I-V en las diferentes situaciones planteadas.
- los cálculos, tablas y comparación con los datos del fabricante (Curva teórica) Para ello deben descargar el datasheet de la tecnología que trabajaron correspondientemente.



**LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**Ing. Oscar Andrés López Anaya**

Elaborado por:  
Martha García Suarez.  
Wendy Sepúlveda Vega.

**Práctica #4:** Conexiones en serie y paralelo de los paneles

▪ **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Conectar en serie y paralelo de los paneles

▪ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar las variaciones en V y I para las conexiones en serie y paralelo de los paneles.
- ✓ Analizar el comportamiento de los paneles conectados en serie y paralelo.

▪ **INTRODUCCIÓN**

Los paneles solares permiten interconectarse para modificar sus características de operación como lo son la corriente y voltaje. Dependiendo del tipo de conexión (serie, paralelo), varia la corriente o el voltaje brindando las condiciones óptimas para satisfacer las necesidades de la aplicación.

## ▪ MATERIALES

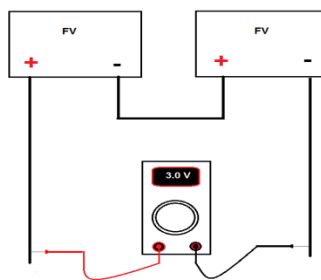
- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Cables de conexión
- Bancos de energía solar fotovoltaica.

## ▪ PRE INFORME

- Conexiones en serie y paralelo
- Conexiones en serie y paralelo para paneles solares
- Que es el MidPoint
- Que es el Ripple

## PROCEDIMIENTO

- Para las diferentes conexiones realizadas durante la práctica calcular el MidPoint con el fin de determinar las pérdidas por este factor en el sistema.
- Conectar en serie los paneles solares. Figura 1.



**FIGURA1.** Conexión en serie

**Fuente:** Autor

- Medir el voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) (Tomando la medida lo más rápido posible para evitar un corto circuito).
- Variando el ángulo de inclinación tomar 5 datos de voltaje y corriente.

- Conectar los paneles en paralelo (Figura 2) y repetir el procedimiento anterior.

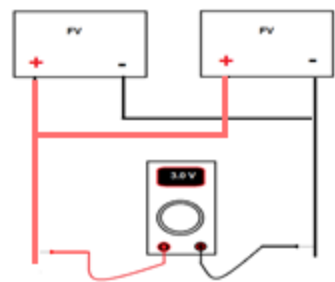


Figura 2. Conexión en paralelo.

Fuente: Autor

Panel: \_\_\_\_\_

Irradiación: \_\_\_\_\_

CONEXIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE(I)	ANGULO P1	ANGULO P2
SERIE				
PARALELO				

Tabla1. Sin cargas

- Conectando el sistema completo (Paneles, 1 batería, 1 controlador y 1 inversor). Tomar medidas de corriente y voltaje variando el tipo de cargas (Resistivas, inductivas y capacitivas) y la potencia de las mismas. Los datos obtenidos con esta prueba deberán estar registrados en las tablas 2, 3 y 4.

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Irradiación:** \_\_\_\_\_

CONEXIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE(I)	CARGAS
SERIE			
PARALELO			

**Tabla2. Con cargas resistivas**

Panel: \_\_\_\_\_

Irrradiación: \_\_\_\_\_

CONEXIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE(I)	CARGAS
SERIE			
PARALELO			

**Tabla3. Con cargas inductivas**

Panel: \_\_\_\_\_

Irrradiación: \_\_\_\_\_

CONEXIÓN	VOLTAJE(V)	CORRIENTE(I)	CARGAS
SERIE			
PARALELO			

**Tabla 4. Con cargas capacitivas.**

▪ **INFORME**

El informe debe ser presentado con normas IEEE y como mínimo debe tener la siguiente información.

- OBJETIVOS
- MARCO TEÓRICO
- TOMA DE DATOS
- CÁLCULOS REALIZADOS Y ECUACIONES USADAS
- CURVA CARACTERÍSTICAS
- EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
- CONCLUSIONES

El informe de esta práctica debe contar con la representación de todas las gráficas para los diferentes sistemas. Tanto en serie como en paralelo y comparar con una con otra.



**LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**Ing. Oscar Andrés López Anaya**

Elaborado por:  
Martha García Suarez.  
Wendy Sepúlveda Vega.

**Práctica #5:** Conexiones en serie y paralelo de las baterías

▪ **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Conectar en serie y paralelo las baterías

▪ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar las variaciones en V y I para las conexiones en serie y paralelo de las baterías.

▪ **INTRODUCCIÓN**

Las baterías permiten interconectarse para modificar sus características de operación como lo son la corriente y voltaje. Dependiendo del tipo de conexión (serie, paralelo), varía la corriente o el voltaje brindando las condiciones óptimas para satisfacer las necesidades de la aplicación.

▪ **MATERIALES**

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Cables de conexión
- Bancos de energía solar fotovoltaica.

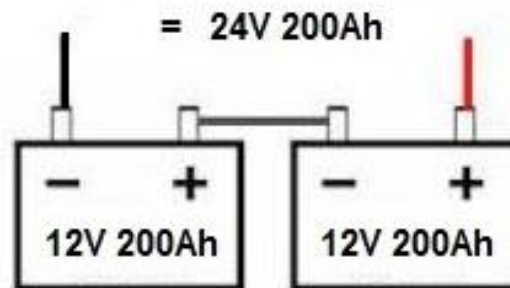


## PRE INFORME

- Conexiones en serie y paralelo
- Conexiones en serie y paralelo para baterías
- ¿Qué diferencia hay entre las baterías de GEL, las OPTzS y las VRLA?
- ¿cuál de estas baterías es mejor para las aplicaciones de energía solar?
- Que es el MidPoint
- Que es el ripple

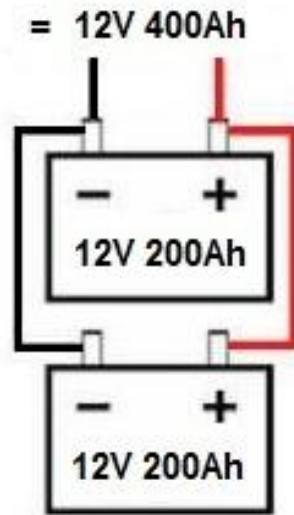
## PROCEDIMIENTO

- En grupo seleccionar un módulo y conectar las baterías en serie (Figura 1.) y posteriormente en paralelo (Figura 2)



**Figura 1.** Conexión de baterías en serie

**Fuente:** <http://www.mpptsolar.com/es/images/batterie/batterie-serie.jpg>



**Figura2.** Conexión de baterías en paralelo

**Fuente:** <http://www.mpptsolar.com/es/images/batterie/batterie-parallelo.jpg>

- Medir el voltaje y la corriente de las baterías sin cargas. Registrar los datos en la tabla 1.

CONEXIÓN	V	I
SERIE		
PARALELO		

**Tabla 1.**

- Posteriormente conectar las baterías en serie y las cargas (resistivas, inductivas y capacitivas). Medir la corriente y el voltaje de las baterías, variando la potencia de las cargas.
- Luego conectar las baterías en paralelo y repetir el paso anterior.
- Los datos obtenidos deberán ir registrados en las tablas 2, 3 y 4 respectivamente

CIRCUITO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
SERIE			
PARALELO			

**Tabla 2. Conexiones de las baterías en serie y paralelo con cargas inductiva**

CIRCUITO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
SERIE			
PARALELO			

**Tabla 3. Conexiones de las baterías en serie y paralelo con cargas capacitivas**

CIRCUITO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
SERIE			
PARALELO			

**Tabla 4. Conexiones de las baterías en serie y paralelo con cargas resistivas.**

#### ▪ INFORME

El informe debe ser presentado con normas IEEE y como mínimo debe tener la siguiente información.

- OBJETIVOS
- MARCO TEÓRICO
- TOMA DE DATOS
- CÁLCULOS REALIZADOS Y ECUACIONES USADAS
- CURVA CARACTERÍSTICAS
- EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
- CONCLUSIONES

El informe de esta práctica debe contar con la representación de todas las gráficas para los diferentes sistemas. Tanto en serie como en paralelo y comparar con una con otra.

Responder.

- Como varia el comportamiento de las baterías cuando se conecta una carga inductiva, una carga resistiva o una carga capacitiva.
- En qué condiciones debe ser almacenada una batería. Cargada o descargada. ¿Por qué?
- Investigar cómo sería la curva de carga y descarga de la batería de carro estacionario ¿Por qué no se utiliza la batería de carro para las aplicaciones de energía solar?