

**INSUR**<sup>®</sup>  
EQUIPAMIENTO DIDACTICO



# **TABLERO DE ENTRENAMIENTO EN ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA LINEA SOL**

Versión 05

INSUR equipamiento didáctico S.A.

[www.insur.com.ar](http://www.insur.com.ar)

Gral. Vedia 477 – Sarandí – Buenos Aires - Argentina



## INDICE GENERAL

1.- PRESENTACIÓN.....	Página 7
2.- NORMAS DE SEGURIDAD DEL TABLERO DIDÁCTICO.....	Página 8
3.- REQUERIMIENTO PARA LA INSTALACION PREVIA DEL TABLERO.....	Página 9
4.- DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA SOL.....	Página 11
5.- FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO.....	Página 21
6.- INTRODUCCIÓN A LA ELECTRICIDAD.....	Página 27
7.- INTRODUCCIÓN A LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	Página 43
8.- GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS.....	Página 63
9.- MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....	Página 97
10.- DATOS TECNICOS.....	Página 111



## 1. PRESENTACION

Los Tableros Didácticos INSUR son una herramienta de apoyo y experimentación para docentes y alumnos en proceso de formación en disciplinas técnicas. Para los docentes significa una modalidad pedagógica que les permite ordenar y programar una secuencia de trabajos prácticos y experiencias, que facilita y brinda un marco adecuado para el aprendizaje. Para los alumnos representa la posibilidad de disponer en sus manos dispositivos y mecanismos de utilización real y frecuente en el ámbito de trabajo en industrias, talleres, edificios e instalaciones electromecánicas en general.

El equipamiento didáctico INSUR se diseña y fabrica en base a dos objetivos estratégicos:

- 1) Ser de utilización práctica y sencilla, que a su vez permita la experimentación con dispositivos de última tecnología.
- 2) Sus componentes constitutivos reflejan la realidad del mercado laboral en cuanto a la utilización de materiales normalizados de uso corriente.

Este tablero didáctico ha sido diseñado y construido respetando y teniendo en cuenta estrictamente en su fabricación, todas las normas de seguridad vigentes, en cuanto se refieren a la seguridad de las personas y los bienes. Constituye en ese sentido, una responsabilidad compartida el difundir, enseñar y poner en aplicación estas normativas en todos los procesos de armado, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de todos los equipos e instalaciones. Este equipo didáctico, utiliza componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos normalizados y homologados de primera marca y calidad.

La alimentación eléctrica que requiere el tablero es de red monofásica de 220 Volts sólo para la alimentación del instrumental de medición que se encuentra en distintos módulos.

Esto es a fin de mantener aislado el sistema de mediciones eléctricas y su alimentación del sistema de generación de energía alternativa, de forma tal de poder registrar las mediciones sin afectarlo.

Es nuestro deseo que este Tablero Didáctico INSUR les resulte de suma utilidad y los acompañe en el maravilloso proceso de formación y aprendizaje.

## 2. NORMAS DE SEGURIDAD EN EL TABLERO DIDACTICO

Este tablero didáctico INSUR cumple con todas las normas de seguridad vigentes, tanto en lo que respecta a su fabricación, como en la utilización de materiales y componentes de primera calidad y marca, todos aprobados y homologados por normas nacionales e internacionales.

Las mismas cumplen con las disposiciones de la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles, de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), edición aprobada el año 2006 y de las normas IRAM.

Este tablero cuenta con las siguientes medidas de seguridad:

- 1) Ficha tomacorriente con borne de puesta a tierra incorporado.
- 2) Instalación de puesta a tierra interna en todo el equipo. Ello incluye conexión fija, no seccionable de la estructura metálica y equipos bajo tensión. Ello es tendiente a fijar en el alumno la obligatoriedad de esta conexión de seguridad.
- 3) Interruptor general bipolar por corriente diferencial de fuga (interruptor diferencial), con corriente de operación nominal menor a 30 mili amperes.
- 4) Interruptores bipolares automáticos termomagnéticos
- 5) Cerradura eléctrica de accionamiento del tablero con llave a disposición del docente responsable de la clase. La activación de este elemento de maniobra se realizará luego de la revisión obligatoria por parte del docente, de los circuitos a experimentar por los alumnos.
- 6) Interruptor de emergencia para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas y evitar daños en el equipo o trabajos en curso, minimizando los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona.

### 3. REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACION PREVIA DEL TABLERO

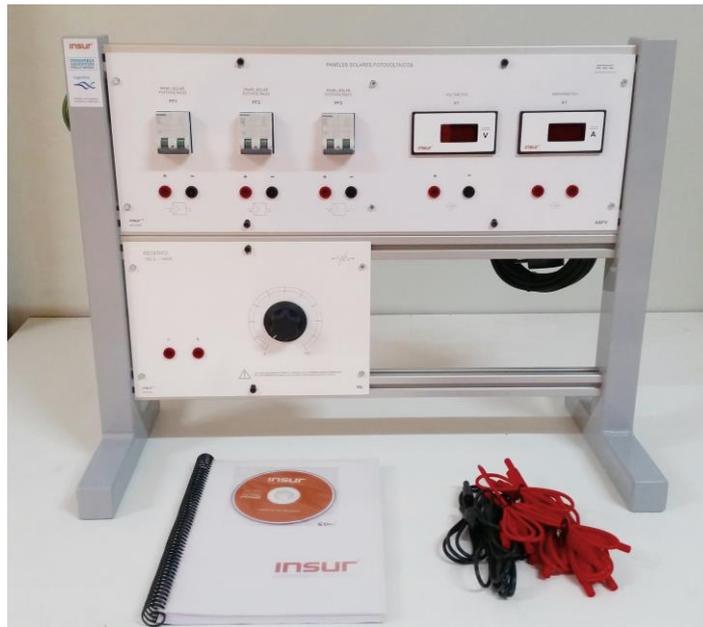
Con el objetivo de una correcta y adecuada utilización de este tablero didáctico que se ajuste a todas las normas de seguridad para las personas y los bienes, se deberán implementar obligatoriamente por parte de la escuela las siguientes acciones:

- 1) **Proveer de alimentación eléctrica monofásica.** Este suministro externo de alimentación al tablero deberá poseer los elementos de maniobra y protección reglamentarios: **Interruptor general bipolar por corriente diferencial de fuga** (interruptor diferencial) con corriente de operación nominal menor a 30 mA.
- 2) **Cables.** El tablero se entrega con un cable de conexión a red con una ficha macho monofásica con puesta a tierra.
- 3) **Puesta a tierra.** La misma deberá contar con una jabalina de 3mts x 3/4" hincada en terreno, caja de inspección y borne de conexión. Desde allí se conectará en forma directa no seccionable al borne correspondiente del tomacorriente hembra por medio de un conductor normalizado en color verde amarillo de sección mínima de 4mm<sup>2</sup>. La resistencia de la puesta a tierra deberá ser menor de 5 ohms.



## **4. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA SOL**



**SOL 12 TM4 - Tablero de mesa Energía Solar Fotovoltaica inicial****Contenido**

- 1 Panel solar fotovoltaico
- 1 Módulo reóstato para graficar curva característica
- 1 Módulo protección termomagnética e instrumental voltímetro y amperímetro digitales.
- 1 Soporte porta panel con ángulo regulable
- 1 Estructura porta-módulos para 4 módulos simples
- 1 Juego de cables para conexionado

**Trabajos Prácticos**

- TP N°1 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones eléctricas
- TP N°2 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones, orientación e inclinación
- TP N°3 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de celdas
- TP N°4 - Panel Solar Fotovoltaico - Trazado de curva característica I-V
- TP N°5 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de la potencia máxima generada
- TP N°6 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo del rendimiento
- TP N°7 - Paneles Solares Fotovoltaicos Distintos - Cálculo de tensión y corriente
- TP N°8 - Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y cálculos

## SOL 13 TP10C - Tablero de pie móvil Energía Solar Fotovoltaica intermedio



### Contenido

- 1 Panel solar fotovoltaico
- 1 Módulo alimentación y seguridad 220 Vca, cerradura codificada para acceso al docente e interruptor de emergencia
- 1 Módulo protección termomagnética e instrumental voltímetro y amperímetro digitales.
- 1 Módulo regulador electrónico de carga
- 1 Módulo batería
- 1 Módulo consumo lumínico 12 Vcc
- 1 Módulo resistencias
- 1 Soporte porta panel con ángulo regulable
- 1 Batería tipo solar de baja descarga 12 Vcc
- 1 Estructura porta-módulos para 10 módulos simples
- 1 Juego de cables para conexionado

## Trabajos Prácticos

TP N°1 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones eléctricas

TP N°2 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones, orientación e inclinación

TP N°3 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de celdas

TP N°6 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo del rendimiento

TP N°7 - Paneles Solares Fotovoltaicos Distintos - Cálculo de tensión y corriente

TP N°8 - Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y cálculos

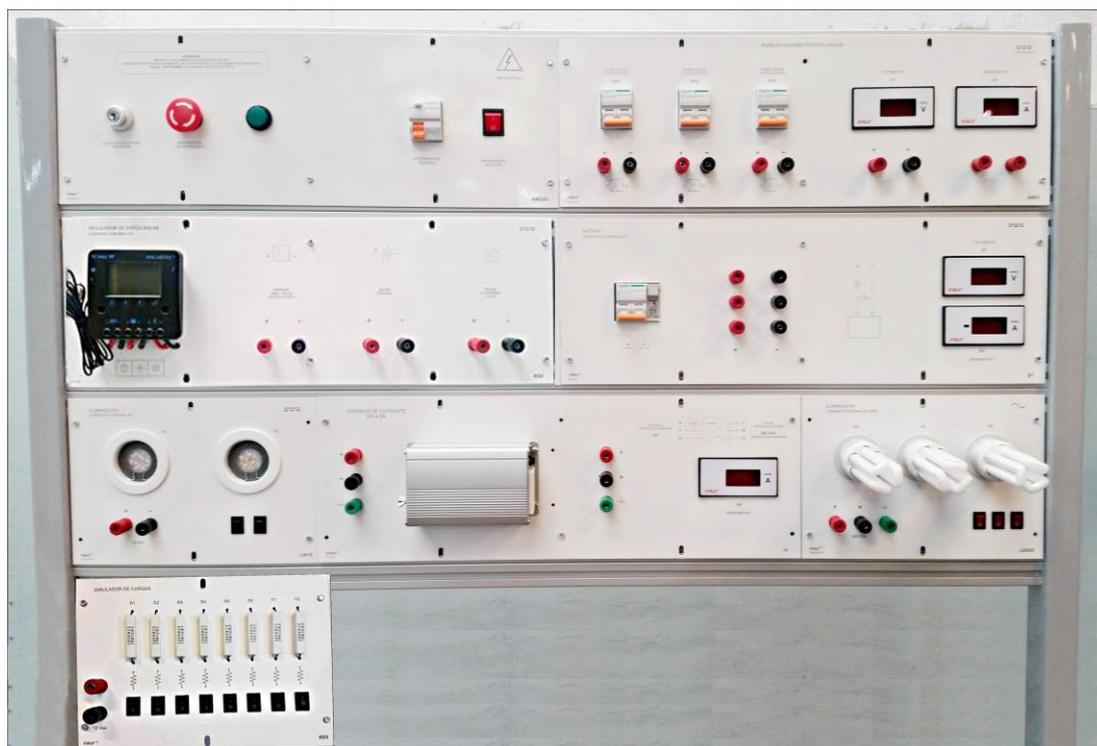
TP N°10 - Batería - Proceso de carga

TP N°11 - Batería - Estado de baja carga o desconexión

TP N°12 - Regulador de carga - Función

TP N°13 - Regulador de carga - Conexión a PC

## SOL 14 TP20C - Tablero de pie móvil Energía Solar Fotovoltaica avanzado



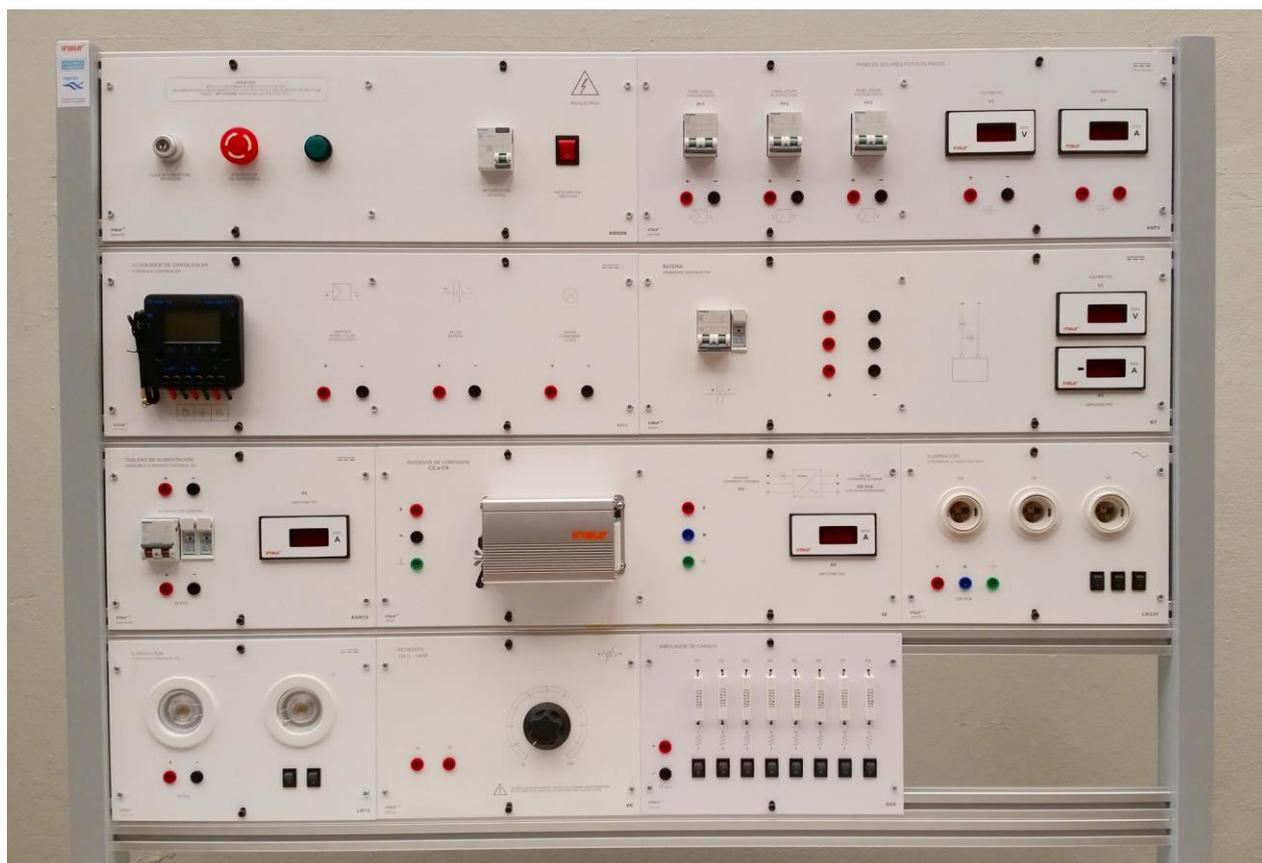
### Contenido

- 1 Panel solar fotovoltaico
- 1 Módulo alimentación y seguridad 220 Vca, cerradura codificada para acceso al docente e interruptor termomagnético
- 1 Módulo protección termomagnética e instrumental voltímetro y amperímetro digitales.
- 1 Módulo regulador electrónico de carga
- 1 Módulo inversor electrónico 12 Vcc a 220 Vca
- 1 Módulo batería
- 1 Módulo consumo lumínico 12 Vcc
- 1 Módulo consumo lumínico 220 Vca
- 1 Módulo resistencias
- 1 Soporte porta panel con ángulo regulable
- 1 Batería tipo solar de baja descarga 12 Vcc
- 1 Estructura porta-módulos para 20 módulos simples
- 1 Juego de cables para conexionado

## Trabajos Prácticos

- TP N°1 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones eléctricas
- TP N°2 - Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones, orientación e inclinación
- TP N°3 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de celdas
- TP N°6 - Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo del rendimiento
- TP N°7 - Paneles Solares Fotovoltaicos Distintos - Cálculo de tensión y corriente.
- TP N°8 - Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y cálculos
- TP N°10 - Batería - Proceso de carga
- TP N°11 - Batería - Estado de baja carga o desconexión
- TP N°12 - Regulador de carga - Función
- TP N°13 - Regulador de carga - Conexión a PC
- TP N°14 - Inversor de corriente - Conexión
- TP N°15 - Inversor - Valores consumos 220 Vca
- TP N°16 - Inversor - Comparativa de consumos lámparas en 220Vca vs lámparas en 12Vcc

## SOL 15 TP20C - Tablero de pie móvil Energía Solar Fotovoltaica avanzado

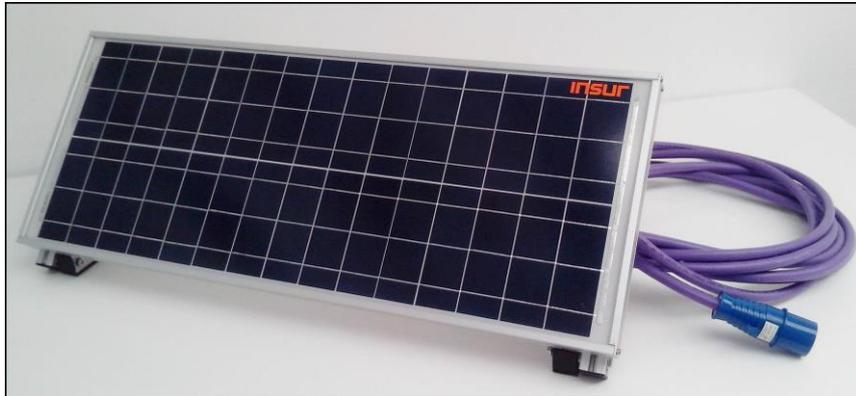


### Contenido

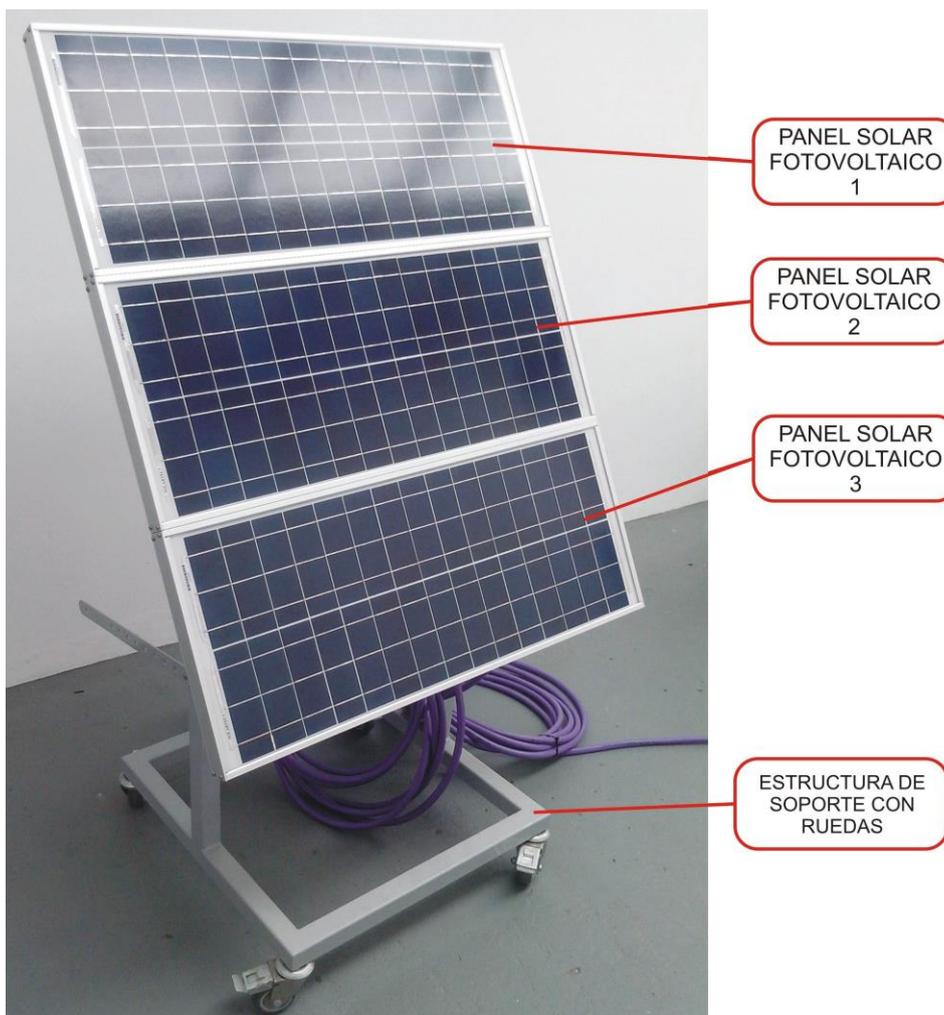
- 3 Paneles solares fotovoltaico
- 1 Módulo alimentación y seguridad 220 Vca, cerradura codificada para acceso al docente.
- 1 Módulo protección termomagnética e instrumental voltímetro y amperímetro digitales.
- 1 Módulo regulador electrónico de carga
- 1 Módulo inversor electrónico 12 Vcc a 220 Vca
- 1 Módulo batería
- 1 Módulo protección y seguridad 12 Vcc
- 1 Módulo consumo eléctrico lumínico 12 Vcc
- 1 Módulo consumo eléctrico lumínico 220 Vca
- 1 Módulo reóstato
- 1 Módulo resistencias
- 1 Carrito móvil porta paneles con orientación graduable en ángulos
- 1 Batería tipo solar de baja descarga 12 Vcc
- 1 Estructura porta-módulos para 20 módulos simples
- 1 Juego de cables para conexionado

Con el modelo SOL15 se podrán realizar todos los trabajos prácticos que se encuentran en el manual de usuario

## ESTRUCTURA PORTA PANEL SOLAR CON ANGULO REGULABLE



## CARRITO MOVIL PORTA PANELES CON ORIENTACION GRADUABLE EN ANGULOS





## **5. FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO**



# FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO

## **Cerradura eléctrica de accionamiento general del tablero, con llave a disposición del docente responsable de la clase.**

El encendido del tablero está comandado por una llave de seguridad, que deberá poseer el docente a cargo, quien habilitará al equipo luego de una revisión del armado del mismo por parte de los alumnos. El objetivo es que el docente verifique el correcto conexionado y corrija de ser necesaria alguna anomalía antes de poner en funcionamiento el equipo.

## **Tensiones eléctricas en el tablero didáctico.**

El equipo posee varios tipos de tensión eléctrica. Una de ellas es la tensión monofásica en 220 Volts de corriente alterna, que como se mencionó anteriormente, es sólo para la alimentación del instrumental del equipo y está aislada de la parte de generación de energía. En el área de generación, el equipo cuenta con una tensión de 12 Volts de corriente continua (paneles generadores fotovoltaicos, batería, alimentación iluminación 12 Vcc). El inversor del equipo se alimenta de los 12 Volts de corriente continua que provee el sistema de generación fotovoltaica, y provee 220 Volts aproximadamente de tensión alterna independientemente de la tensión de red.

## **Conectores:**

Para la utilización de la tensión continua de 12 Volts de los paneles fotovoltaicos se utilizan cables de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección normalizada de colores rojo y negro con fichas tipo banana que deben ser conectados en los bornes ubicados en el tablero con aislación para 500 Volts. Es importante siempre respetar la polaridad de las conexiones, utilizando los cables rojos para la polaridad positiva (+) y los de color negro para la polaridad negativa (-). Se proveen cables de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección para el área de tensión 220 Voltios de corriente alterna generados por el inversor y para la conexión de los elementos de iluminación de 220 voltios de alterna, de color rojo, azul y verde.

## **Preparación de los Trabajos Prácticos**

Leer con atención el trabajo práctico a realizar. Analizar el objetivo de la práctica y el conexionado del circuito. Visualizar e identificar en el tablero didáctico los módulos que intervendrán en la práctica.

## **Normas de seguridad**

Antes de proceder al armado, el docente deberá en forma obligatoria retirar las llaves de seguridad y encendido por fuera del tablero y conservarlas en su poder. Colocar en posición de apagado los interruptores diferencial y termo magnéticos. En cada uno de los casos el docente a cargo verificará el conexionado del práctico antes de habilitar al tablero con las llaves de seguridad.

### Armado del circuito en 12 volts corriente continua

Se realizará el armado de los circuitos utilizando los cables de color rojo y negro de 2,5mm<sup>2</sup> de sección, mediante el uso de fichas con protección. Los bornes del tablero poseen aislación de 500 volts. Los cables de conexión con fichas se insertan en los bornes del tablero, teniendo especial atención y cuidado en la correcta colocación a fondo de los mismos y el ajuste firme a presión, a fin de evitar falsos contactos y accidentes. La tensión continua de 12 voltios se toma de los bornes rojos y negros (+ y -) del módulo correspondiente, de forma similar en la que se conecta también la batería. Es sumamente importante respetar la **polaridad** (+ y -). Conectar con sumo cuidado y atención los dispositivos de accionamiento tales como interruptores diferenciales, llaves térmicas y los elementos eléctricos. Conectar en forma obligatoria las puestas a tierra de cada módulo interviniente según sea el caso, en los circuitos del trabajo práctico. Las mismas se realizan en los módulos correspondientes utilizando los bornes verdes de puesta a tierra de cada módulo ( $\text{≡}$ ), como el caso del módulo inversor.

### Terminal de conexión de puesta a tierra de la estructura del tablero didáctico.

Como puede observarse en la parte posterior del módulo **ASI220** (*fig.1*) se encuentra un tornillo de puesta a tierra con tuerca, para ajustar la conexión con el terminal tipo horquilla. Es imprescindible que dicho tornillo sea conectado a la estructura del equipo, utilizando el cable verde-amarillo con terminal horquilla en su extremo, fijado en el parante estructural.



Posterior módulo ASI220  
Tornillo de puesta a tierra (*fig. 1*)

El presente módulo cuenta con fichas toma corriente para la alimentación instrumental y para los contactores internos accionados por la llave profesor.

## **ATENCIÓN**

Al realizar las conexiones durante el armado de los circuitos propuestos, se debe respetar la simbología con sus respectivos números, símbolos y letras presentes en los esquemas del TP en concordancia con las del tablero.

Tener en cuenta que deberá realizarse con el equipo apagado y con todos los interruptores diferenciales y llaves térmicas en posición **OFF**. También deben estar desactivados los interruptores a cerradura denominados **Llave Interruptora Profesor**, que deben estar en la posición **0** (cero) y las llaves en poder del docente a cargo. Una vez armado el circuito el equipo deberá accionarse en primera instancia mediante el interruptor diferencial del módulo **ASI220**, accionado en forma conjunta el interruptor circular de encendido del instrumental de medición. Deberá observarse el encendido del instrumental de medición de todos los módulos. Seguidamente deben accionarse las llaves denominadas **Llave Interruptora Profesor**; luego los interruptores térmicos de los correspondientes módulos pasando los mismos a posición **ON**. Además, según sea el caso los circuitos deben realizarse con la correspondiente conexión a la puesta a tierra con los cables y bornes provistos para tal fin.



## **6.- INTRODUCCION A LA ELECTRICIDAD**



## ELECTRICIDAD

**La Electricidad es un movimiento de electrones.** Si conseguimos mover electrones a través de un conductor (cable) o receptor (por ejemplo un motor) hemos conseguido generar energía eléctrica.

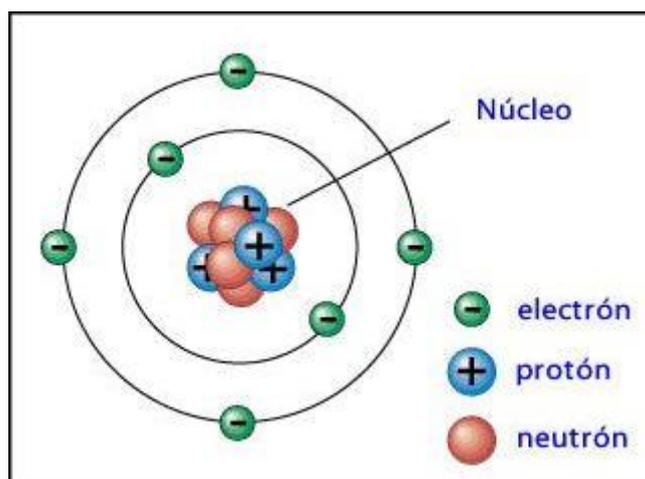
Podemos definir a la electricidad como una forma de energía natural, que puede ser producida artificialmente y que se caracteriza por su poder de transformación, ya que se puede convertir en luz, calor, sonido, movimiento, magnetismo, etc.

Para hablar de la electricidad debemos conocer el átomo. Sin introducirnos en la química, explicaremos solo lo necesario para entender la electricidad, sin profundizar demasiado, lo justo para entenderlo.

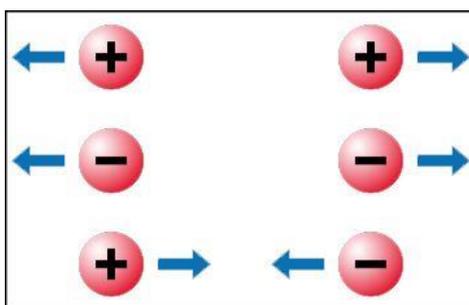
La materia o cualquier material está formado por partículas muy pequeñas que no se ven a simple vista llamadas átomos.

Los átomos son los elementos con los que está hecho todo a nuestro alrededor. Un átomo está compuesto por protones, electrones y neutrones. El centro de un átomo, al cual se llama "núcleo", tiene al menos un protón. Alrededor del núcleo viajan los electrones (en igual cantidad que los protones) a gran velocidad. Los protones y electrones tienen una propiedad llamada carga, la de los protones es de signo positivo y la de los electrones es de signo negativo. Los neutrones no tienen carga. Los protones y electrones se atraen entre sí porque tienen cargas de distinto signo. En cambio las partículas que tienen cargas del mismo signo se repelen.

### Modelo atómico



## Interacción entre distintas combinaciones de cargas



## ¿Cómo llega la energía eléctrica a nuestros hogares?

### Generación de la energía eléctrica:

La generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, etc), en energía eléctrica.

La podemos obtener a través de centrales eléctricas, las mismas pueden ser de distintos tipos:

- Centrales hidráulicas
- Centrales térmicas
- Centrales nucleares
- Centrales de energías alternativas
  - a) Eólicas
  - b) Fotovoltaicas

### Transmisión de la energía eléctrica:

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

Para ello, los niveles de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar la tensión se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por Efecto Joule. Con este fin se emplazan subestaciones elevadoras en las cuales dicha transformación se efectúa empleando transformadores, o bien autotransformadores. De esta manera, una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 220 kV y superiores, denominados alta tensión, de 400 o de 500 kV.

Parte de la red de transporte de energía eléctrica son las llamadas líneas de transporte.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión.

## Distribución de la energía eléctrica:

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los Operadores del Sistema de Distribución.

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

- Subestación de Distribución: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.
- Circuito Primario.
- Circuito Secundario.

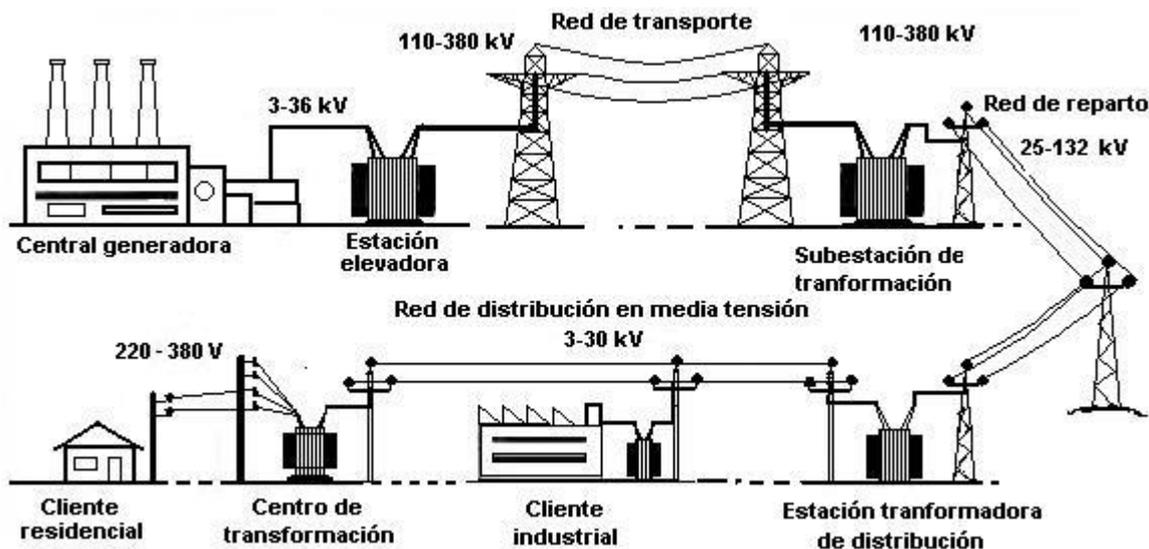
La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 ó 220/380 V).

Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas, al contrario que las redes de transporte y de reparto. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red.

## GENERACION, TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA



### Parámetros y variables eléctricas

A continuación realizaremos el estudio de las principales variables eléctricas que utilizaremos para el desarrollo de una instalación eléctrica.

### TENSION

La **Tensión eléctrica** es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se puede medir con un voltímetro. Su unidad de medida es el Voltio.

### CORRIENTE

La **Corriente o intensidad eléctrica** es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (coulomb sobre segundo), unidad que se denomina Amper (A). Una corriente eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético, un fenómeno que puede aprovecharse en el electroimán.

El instrumento usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica es el galvanómetro que, calibrado en Amper, se llama amperímetro, colocado en serie con el conductor por el que circula la corriente que se desea medir.

## RESISTENCIA

Se denomina **Resistencia eléctrica** a la oposición del flujo de electrones al moverse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el Ohm, que se representa con la letra griega Omega ( $\Omega$ )

## POTENCIA

La **Potencia eléctrica** es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el Vatio o Watt (W).

## LEY DE OHM

La ley de Ohm establece que la intensidad de corriente eléctrica que circula por un conductor es directamente proporcional a la tensión aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia que se opone al flujo de electrones.

$$I = \frac{V}{R}$$

## LEYES DE KIRCHHOFF

### Primera ley:

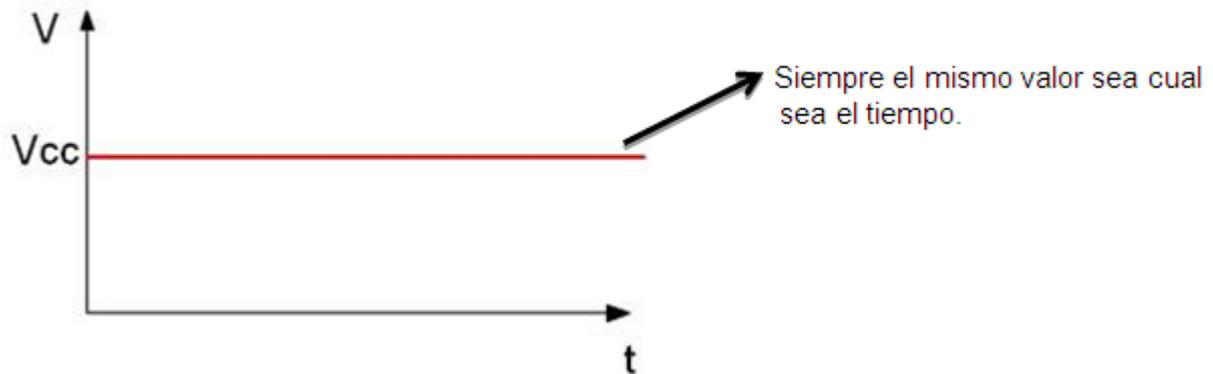
La corriente entrante a un nodo es igual a la suma de las corrientes salientes. Del mismo modo se puede generalizar la primera ley de Kirchhoff sosteniendo que la suma de las corrientes entrantes a un nodo son iguales a la suma de las corrientes salientes.

### Segunda ley:

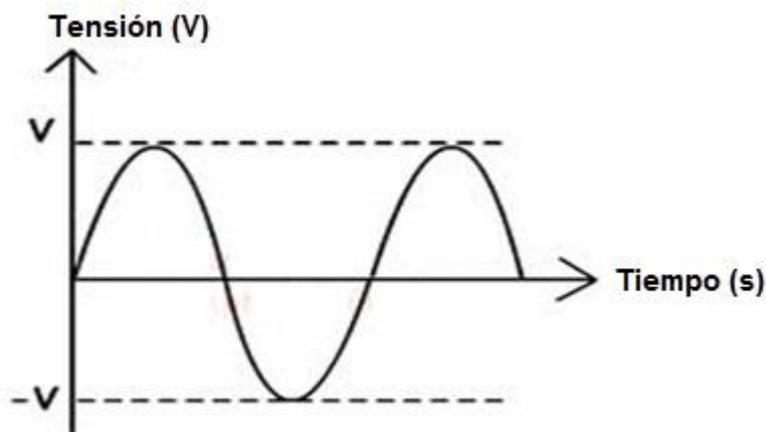
En un circuito cerrado, la suma de las tensiones de batería que se encuentran al recorrerlo siempre serán iguales a la suma de las caídas de tensión existente sobre los resistores. Generalizando podemos afirmar que la suma de todas las caídas de tensión en un circuito cerrado debe ser igual a cero.

**Tipos de corriente eléctrica:**

**CORRIENTE CONTINUA:** en cada instante los electrones circulan en la misma cantidad y sentido. Es el tipo de corriente generada por una pila o batería.



**CORRIENTE ALTERNA:** dependiendo del instante, los electrones circularán en un sentido o en otro, siendo también variable su cantidad. Es el tipo de corriente más empleada, siendo esta de la que se dispone en cualquier vivienda o industria.

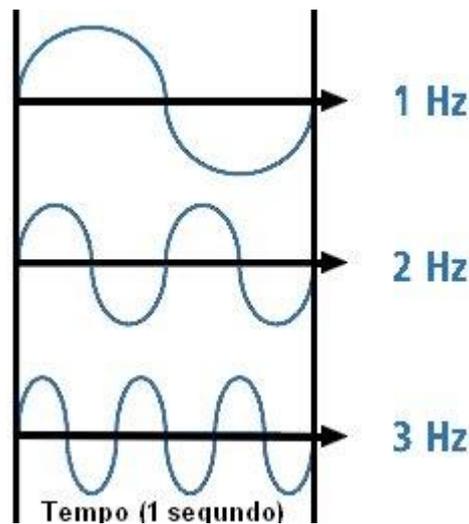


**FRECUENCIA:**

La frecuencia es la cantidad de ciclos completos en una corriente eléctrica y se calculan por segundo, por ejemplo, la corriente alterna oscila o cambia con una frecuencia de 50 ó 60 ciclos por segundo.

La unidad para medir estos ciclos es el Hertz (Hz)

$$1 \text{ Hz} = 1 / \text{seg}$$



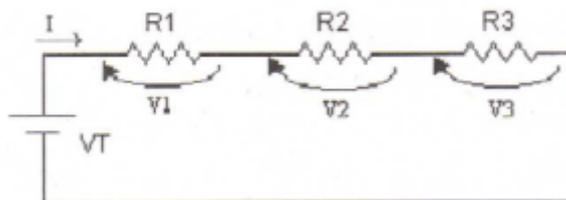
En esta ilustración se puede observar a la izquierda, la representación gráfica de una onda sinusoidal de corriente alterna con una frecuencia de un ciclo por segundo o hertz, mientras que a la derecha aparece la misma onda, pero ahora con cinco ciclos por segundo de frecuencia o Hertz

En Argentina se utiliza un valor de frecuencia de 50 Hz.

### Fórmulas para resolver sumas de resistencias:

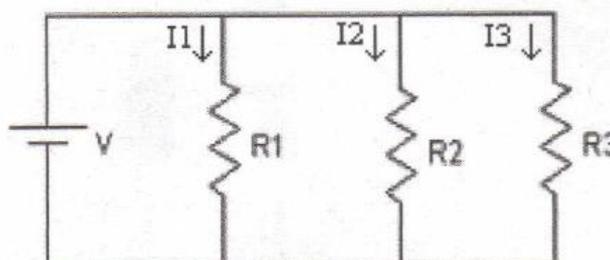
#### EN SERIE

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

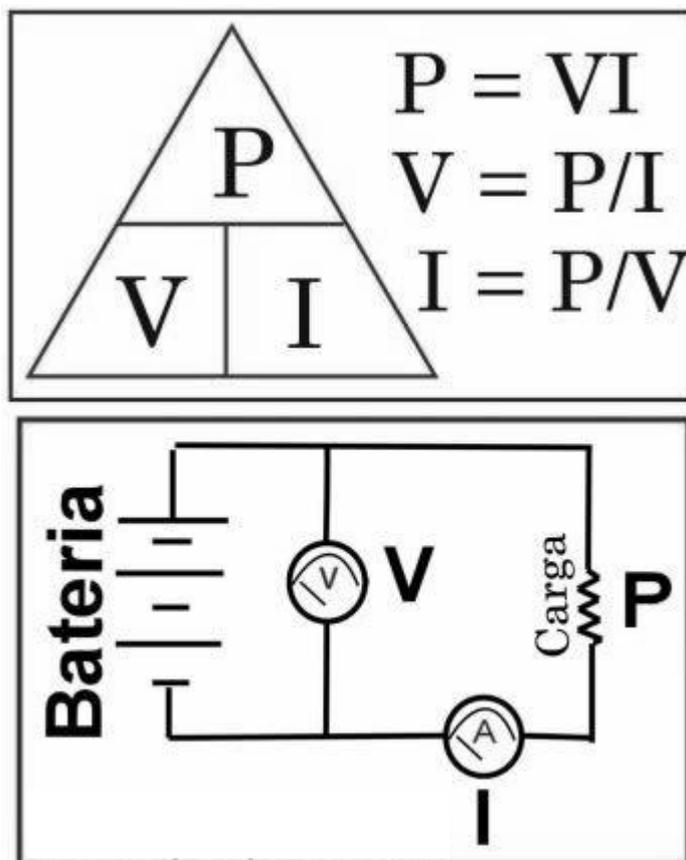


#### EN PARALELO

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$$



### POTENCIA en corriente continua



### POTENCIA en corriente alterna

Potencia Activa o Resistiva: cuando conectamos una resistencia o carga resistiva en un circuito de corriente alterna, el trabajo útil que genera dicha carga determinará la potencia activa que tendrá que proporcionar la fuente de fuerza electromotriz (FEM). La Potencia activa se representa por medio de la letra (P) y su unidad de medida es el Watt (W).

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi$$

**P** = potencia de consumo eléctrico expresada en Watt

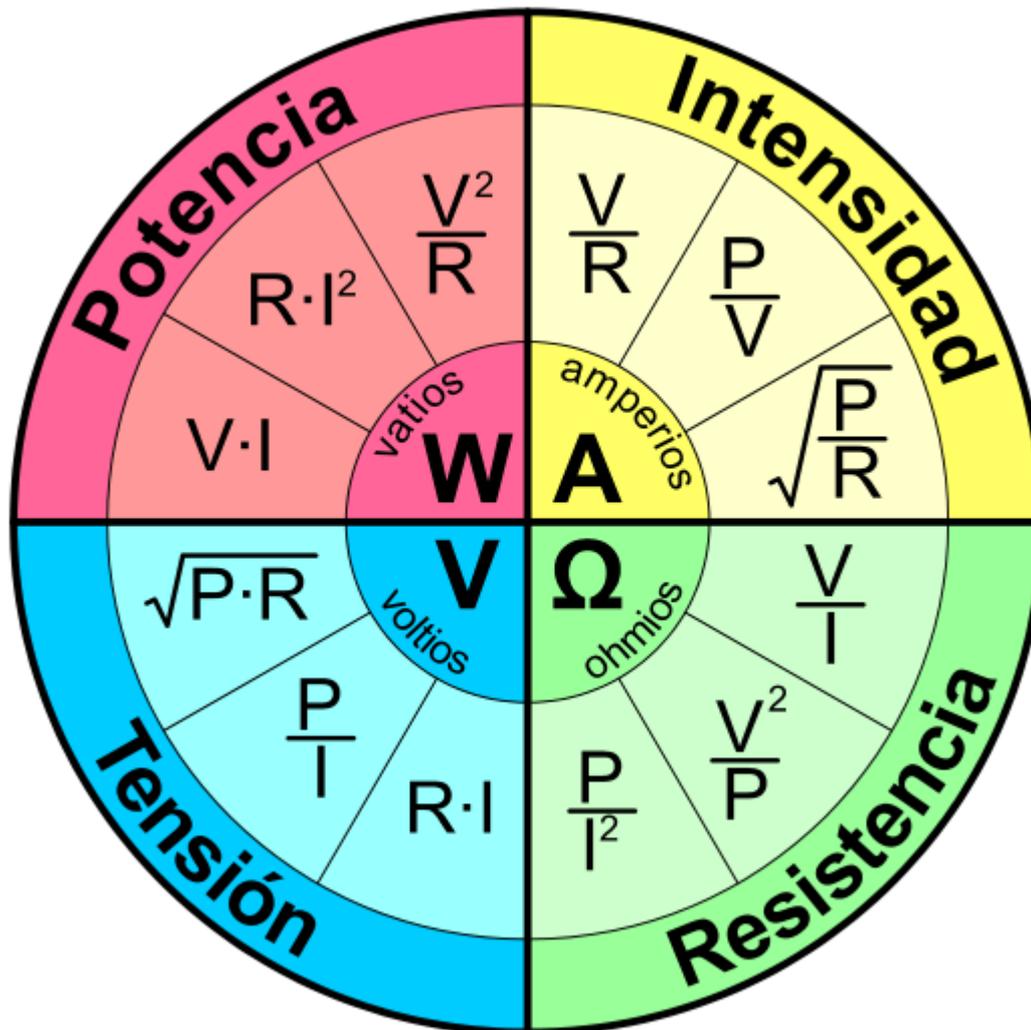
**V** = tensión eléctrica de línea aplicada al circuito (Volt)

**I** = intensidad de la corriente que fluye por el circuito (Amper)

**Cos φ** = valor del factor de potencia o coseno “Fi”

En los dispositivos que poseen solamente carga resistiva, el factor de potencia es siempre igual a “1”, mientras que en los que poseen carga inductiva ese valor será siempre menor a “1”.

## Formulas por despeje



### Conductores eléctricos

Los cables que se utilizan para conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material, o de aluminio que aunque posee menor conductividad es más económico.

La sección de los conductores se determina según la intensidad de corriente que circule por los mismos. Los valores para la elección van a depender del tipo y diseño según el fabricante, a continuación dejamos una tabla a modo de referencia.

Sección del conductor de cobre según IRAM 2183	Corriente máxima admisible
S (mm <sup>2</sup> )	I (A)
1	9,6
1,5	13
2,5	18
4	24
6	31
10	43
16	59
25	77
35	96
50	116
70	148
95	180

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

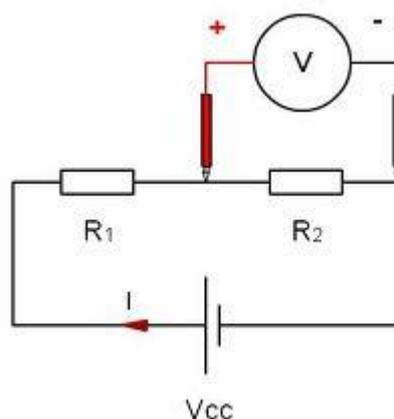
Existen ciertos aparatos que pueden medir la tensión, la resistencia, la intensidad de corriente que circula en un circuito eléctrico, capacitancia, inductancia, etc; algunos de ellos son:

#### **VOLTIMETRO**

Es un aparato diseñado y construido para medir tensión eléctrica entre dos puntos de un circuito medido en Volts, este instrumento se debe conectar en paralelo con el circuito activo.

**Uso del Voltímetro:** Para medir con el voltímetro es necesario conectarlo en paralelo con el circuito a medir, tomar en cuenta la polaridad (en caso de corriente continua).

Ejemplo:





Voltímetro Analógico



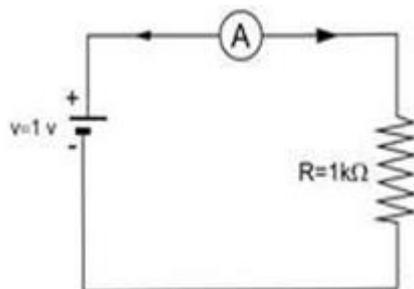
Voltímetro Digital

## AMPERIMETRO

El **Amperímetro** es un aparato que sirve para medir la intensidad de corriente, no es necesario interrumpir el circuito y se conecta en serie con la carga.

**Uso del Amperímetro:** Para medir con el amperímetro es necesario conectarlo en serie con el circuito a medir.

Ejemplo:



Amperímetro Analógico



Amperímetro Digital

## MULTIMETRO

Un **Multímetro** o **Tester**, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas, como corrientes y tensiones, o pasivas, como resistencias, capacidades y otras.

Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma, con alguna variante añadida.

Consta de dos puntas con las cuales tomas la medición en el punto del circuito que te interesa. También posee una llave selectora donde se indica la magnitud, y escala en la cual vas a medir la parte del circuito seleccionada, si no es colocada la escala correspondiente, es probable que el multímetro se queme, aunque hoy en día muchos son con auto rango, pero igual debes tener cuidado. Para poder utilizar el multímetro, debemos tener en cuenta el rango que se deba utilizar, el cual tiene que ser mayor al del instrumento a medir.



## PINZA AMPEROMETRICA

La **Pinza Amperométrica** es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente genera. Recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente queremos medir.

Este método evita abrir el circuito para efectuar la medida, así como las caídas de tensión que podría producir un instrumento clásico. Por otra parte, es sumamente seguro para el operario que realiza la medición, por cuanto no es necesario un contacto eléctrico con el circuito bajo medida ya que, en el caso de cables aislados, ni siquiera es necesario levantar el aislante.

Para utilizar una pinza, hay que pasar un solo conductor a través de la sonda o utilizar sus dos polos disponibles, si se pasa más de un conductor a través del bucle de medida, lo que se obtendrá será la suma vectorial de las corrientes que fluyen por los conductores y que dependen de la relación de fase entre las corrientes.





## **7. INTRODUCCION A LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**



## INDICE

Capítulo 1: LA RADIACIÓN SOLAR.....	Página 47
Capítulo 2: ESQUEMA GENERAL COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR.....	Página 50
Capítulo 3: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	Página 51
Capítulo 4: REGULADOR DE CARGA SOLAR.....	Página 56
Capítulo 5: BATERÍA.....	Página 57
Capítulo 6: INVERSOR DE CORRIENTE.....	Página 61



## Capítulo 1: LA RADIACION SOLAR

### 1.1 Introducción

La energía proveniente del sol, se denomina energía solar, aunque se conoce como radiación solar. La radiación solar, que recibe la tierra, es del orden de 1,5 Kw/h, esto se podría traducir en un suministro de energía capaz de soportar el consumo mundial. Ante estos datos, se podría decir que se dispone de una fuente de energía con un enorme potencial, además se trata de una energía renovable.

### 1.2 El sol

El sol es una inmensa fuente de energía inagotable con un diámetro de  $1,39 \cdot 10^9$  metros situados a la distancia media de  $1,5 \cdot 10^{11}$  m respecto de la Tierra.

Se trata de una estrella que ilumina y calienta la Tierra, se comporta como un reactor nuclear de fusión. Tiene una temperatura media de 5500°C, en cuyo interior ocurren una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Dicha energía se distribuye como radiación electromagnética, denominada radiación solar.

### 1.3 La radiación solar

La radiación solar emitida por el sol, llega a la atmósfera de la Tierra considerablemente debilitada debido a la distancia entre el Sol y la Tierra. Después dicha radiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica.

Se distinguen tres tipos de radiación solar en función de cómo inciden los rayos del sol sobre la Tierra:

**Directa:** es la recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.

**Difusa:** es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión o difusión en la atmósfera.

**Reflejada:** es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

De entre los tres tipos la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas. Aunque en días nublados en los cuales no se recibe radiación directa, se continúa recibiendo radiación solar sobre la superficie debido a la radiación difusa.

En consecuencia la radiación solar total, será la suma de todos los tipos de radiaciones:

$$\text{Radiación Total} = \text{Radiación directa} + \text{Radiación difusa} + \text{Radiación reflejada}$$

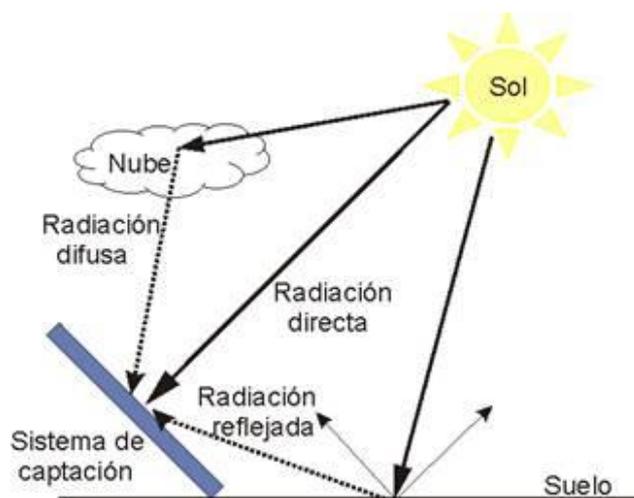


Fig. 1.1 Radiación

### 1.4 Posición solar y ubicación de los paneles solares

La colocación de los dispositivos que permiten recoger la energía proveniente del sol es importante, puesto que la incidencia del sol se ve modificada en función de la estación y de la zona geográfica. En consecuencia hay algunos términos que se deben conocer, tales como:

**Latitud:** se define como la distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador. Se corresponde con el ángulo **a** de la figura 1.2.

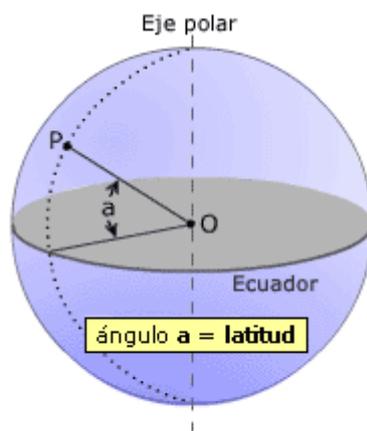


Fig. 1.2 Latitud

**Orientación:** se define la orientación como el ángulo de desviación respecto al sur geográfico de una superficie. El sur geográfico no es lo mismo que el sur magnético. Como norma general los captadores situados en el hemisferio sur se orientan hacia el sur. Se corresponde con el ángulo  $\alpha$  de la figura 1.3

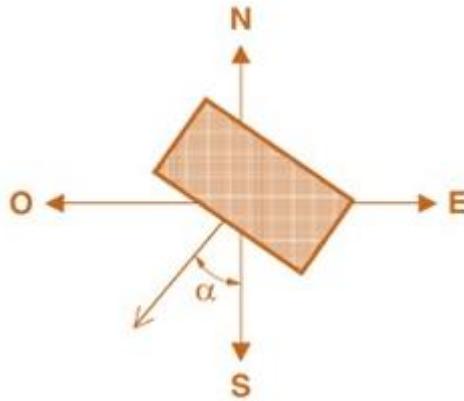


Fig. 1.3 Orientación

**Inclinación:** se define como el ángulo que forma el plano de la superficie captadora y la horizontal. Se corresponde con el ángulo  $\beta$  de la figura 1.4

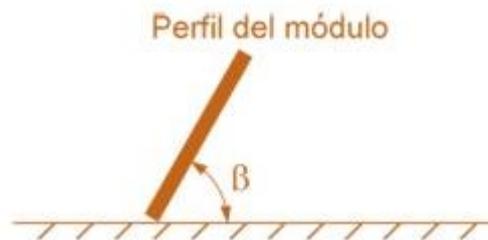


Fig. 1.4 Inclinación

**Incidencia:** se define como el ángulo que forma la radiación directa sobre la superficie captadora y la perpendicular del captador. Este dato conviene que sea menor posible porque la energía captada será mayor. Se corresponde con el ángulo  $\varphi$  de la figura 1.5.

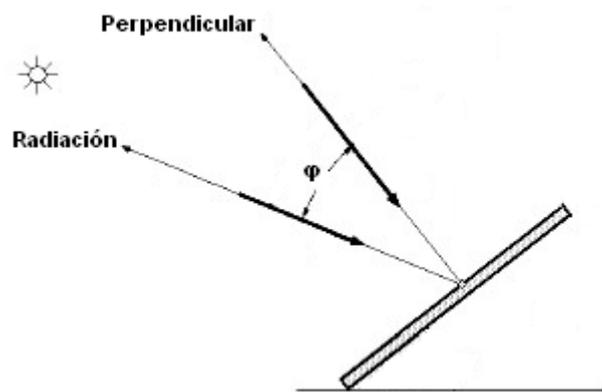
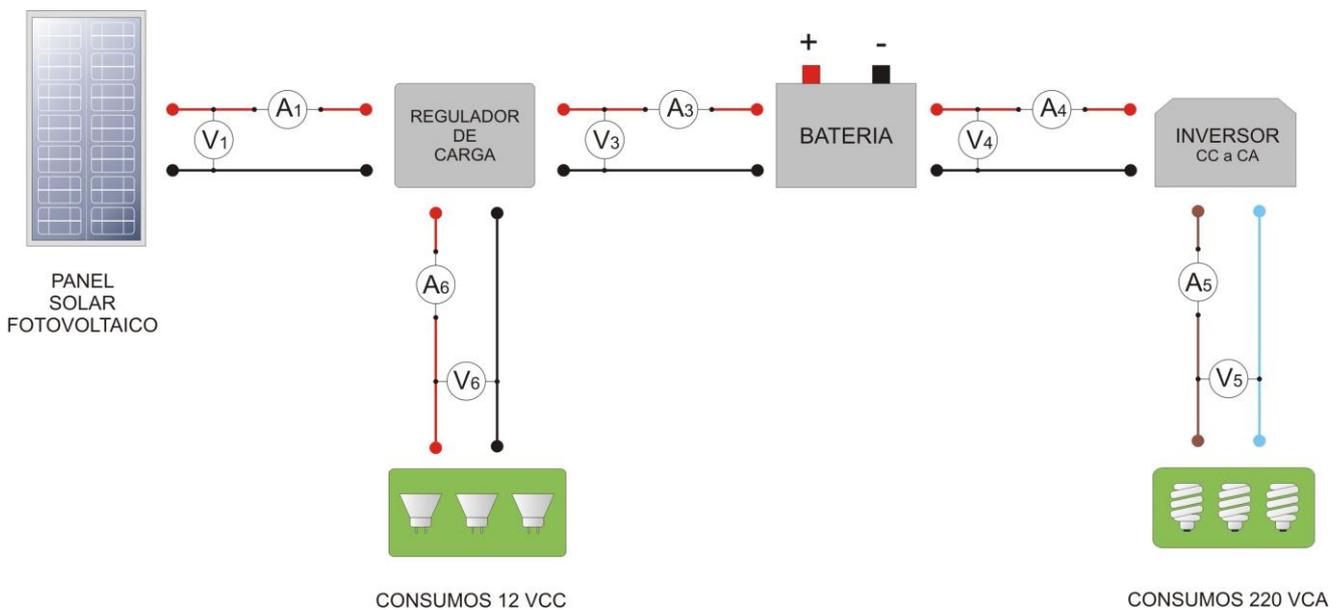


Fig. 1.5 Incidencia

## Capítulo 2: ESQUEMA GENERAL COMPONENTES INSTALACIÓN SOLAR

Las Instalaciones Solares Fotovoltaicas Autónomas están compuestas por los siguientes elementos:

- Módulos o Paneles Solares:** transforman la irradiación solar en energía eléctrica continua.
- Regulador:** Controla las sobrecargas y las descargas en las baterías.
- Baterías o Acumuladores:** Sirven para almacenar energía y dar una tensión estable; aunque los paneles no estén captando energía.
- Ondulador o Inversor:** Transforma la energía eléctrica continua a alterna.
- Cargas:** Los consumos que conectamos en continua o alterna.
- Protecciones:** Aunque no estén en el esquema se utilizan para evitar daños a las personas y a los elementos de la instalación.



## Capítulo 3: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

### 3.1 Introducción

Denominado panel solar o modulo fotovoltaico, su principal función es la de proporcionar energía a la instalación a partir de la irradiación solar, aprovechando el efecto fotoeléctrico. Un modulo fotovoltaico esta conformado por la interconexión de varias células solares en serie y/o paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente requeridos.



### 3.2 Tipos de paneles

Los paneles se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran tres tipos principales:

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Mono cristalino	24%	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las individuales entre si. La superficie esta	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el numero de fases de cristalización.
	Amorfo	16%	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lamina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

### 3.3 Partes de un panel fotovoltaico

Un modulo fotovoltaico esta compuesto por varias células fotovoltaicas, pero además dispone de elementos que permiten la sujeción de todas las celulas si como la conexión de la misma las partes que forman un modulo fotovoltaico son:

**Perfil:** se corresponde con el soporte metálico que servirá para el montaje del modulo fotovoltaico, proporcionándole rigidez y protección ante los vientos. El material mas utilizado es el aluminio anodizado.

**Agujero de fijación:** en el perfil se suelen colocar unos taladros que permiten anclarlo y fijarlo a otros módulos, o sobre un soporte, o conexión de la toma de tierra.

**Conexión exterior:** se utilizan para la conexión en la instalación o entre los módulos fotovoltaicos entre si. Pueden aparecen en cajas de conexión en donde se realiza la conexión o aparecen en cables exteriores con conectores especiales que facilitan la interconexión entre los propios módulos fotovoltaicos.

**Protección inferior:** se encuentra en la parte trasera del modulo fotovoltaico y suele ser opaca, su función es la de protección contra agentes externos. Los materiales utilizados son Tedlar u otro tipo de vidrio.

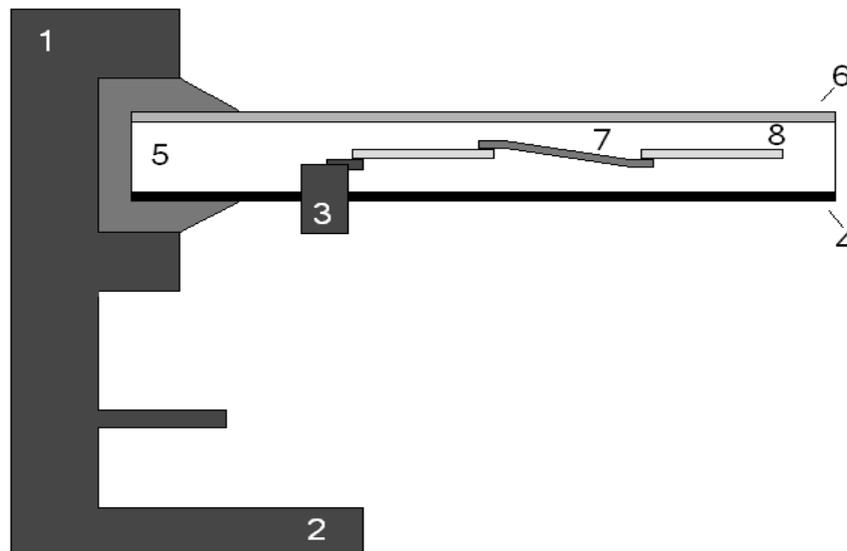
**Encapsulante o material encapsulante:** se encuentra recubriendo las células y las conexiones eléctricas, deben presentar una transparencia a la radiación solar. Su función es la de unión entre el vidrio y la protección inferior, además protege a las células ante posibles vibraciones. Los materiales, mas utilizados son siliconas, polivinilo y etil-vinil-acetileno.

**Vidrio:** se trata de un vidrio resistente a los golpes y con una superficie lisa para que no retenga la suciedad. Se trata de un elemento de protección para las células y debe presentar una elevada transparencia a la radiación solar. También se puede denominar cubierta superior.

**Conexión:** se corresponde con las conexiones internas del modulo fotovoltaico para la interconexión de las células.

**Célula fotoeléctrica:** se trata del elemento principal y que proporciona la transformación a energía eléctrica. Se ha descrito en detalle tanto el funcionamiento como los materiales utilizados en los apartados.

**Diodos:** en la caja de conexión exterior que se encuentra en la parte posterior de modulo fotovoltaico se pueden ver dos diodos denominados dios de paso, o diodo de by pass, y su función es la de proteger individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales, evitando que los módulos fotovoltaicos actúen como receptores.



### 3.4 Características eléctricas

Para ello hay que consultar la denominada curva V-I, ya que representa la relación entre la tensión y la corriente entregada del panel a partir de unos valores de irradiación o, en su defecto, se indicaran ciertos parámetros que sirven para definirla. Los parámetros que la definen son:

**Intensidad de corriente:** denominada como  $I_{sc}$ , es la máxima intensidad que se puede obtener en un panel. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida de 0 voltios).

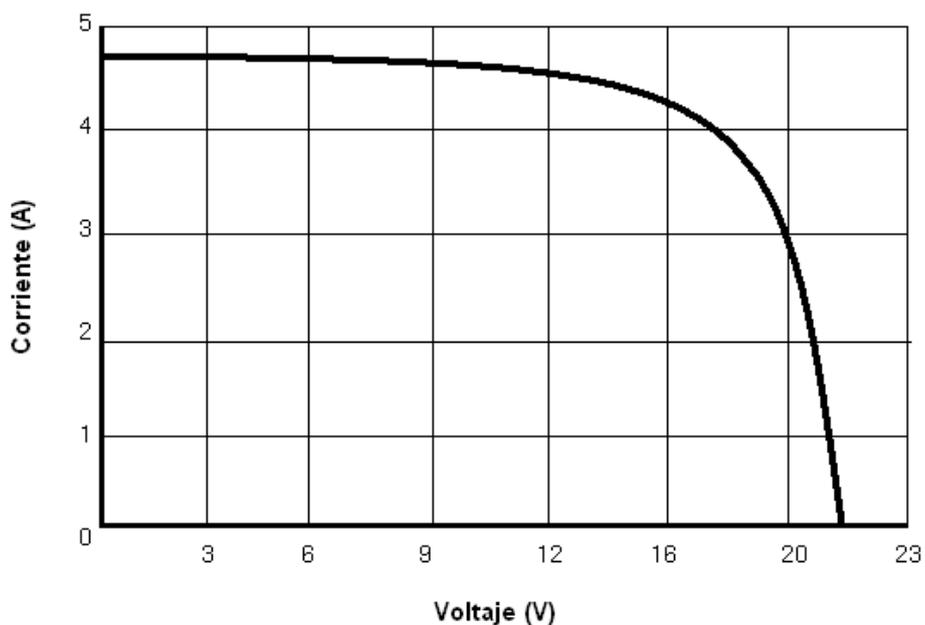
**Tensión en circuito abierto:** denominado como  $V_{oc}$ , es el valor máximo de voltaje que se mediría en un panel o modulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo (intensidad de 0 amperios).

**Tensión nominal:** denominada como  $V_n$ , es el valor de diseño al que trabaja el panel o modulo fotovoltaico.

**Potencia máxima:** denominada como  $P_m$ , es el valor máximo de potencia que se obtiene entre el producto de la corriente por la tensión de salida del modulo fotovoltaico. Se trata del valor máximo que se puede obtener del panel. También se denomina potencia de pico del panel; este último término es el más utilizado para los cálculos de una instalación conectada a la red.

**Tensión máxima:** denominada como  $V_m$ , se corresponde con el valor de tensión para la potencia máxima. Se trata aproximadamente del 80% de la tensión en circuito abierto. En algunos casos se indica como  $V_{mp}$  (de potencia máxima).

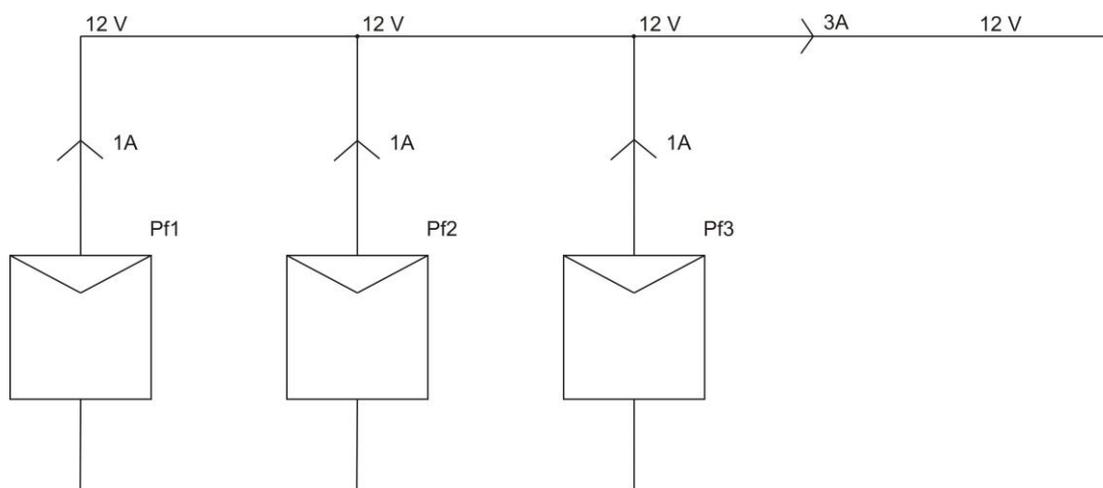
**Corriente máxima:** denominada como  $I_m$ , se corresponde con el valor de corriente para la potencia máxima. En algunos casos se indica como  $I_{mp}$ .



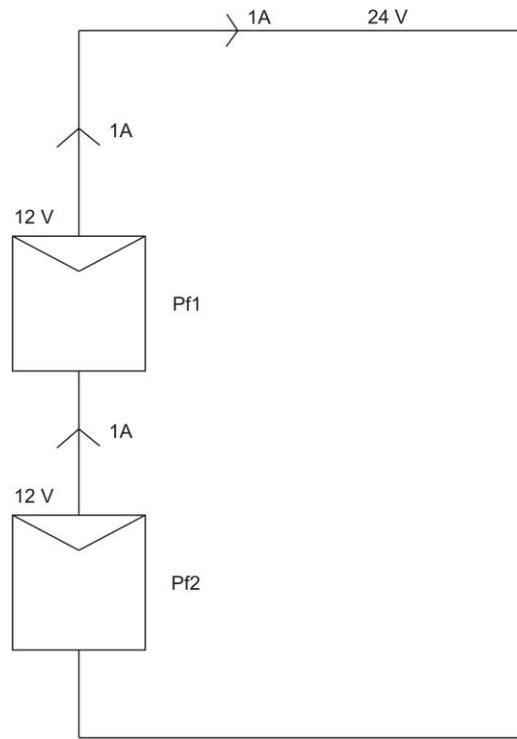
### 3.5 Agrupamiento y conexiones de paneles

En la mayoría de las instalaciones será necesario asociar varios paneles en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente adecuados.

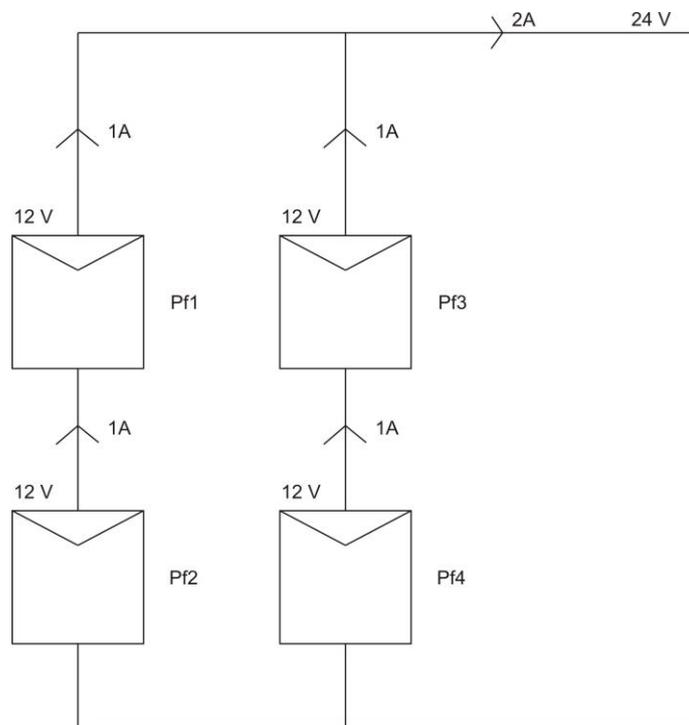
**Paralelo:** se conectan todos los polos positivos y, por separado, todos los polos negativos. Con ello se consigue aumentar la corriente generada y mantener un mismo valor de tensión. La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada modulo.



**Serie:** se conecta un polo positivo de un modulo negativo con el polo negativo del siguiente. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada. La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada modulo.



**Mixto:** se encuentran asociados tanto en serie como en paralelo. Sumando las corrientes de cada rama, y en el caso de la tensión sumas parciales en serie, y una igualdad de tensión por rama.



## Capítulo 4: REGULADOR DE CARGA SOLAR

### 4.1 Introducción

El regulador es el encargado de controlar los procesos de carga en la unión entre los paneles solares y la batería. Mantiene constante la tensión de alimentación del circuito y la de carga de baterías, asegurando de ese modo el correcto funcionamiento de la instalación. Para esto utiliza circuitos electrónicos, (comparadores y reguladores electrónicos de tensión) que controlan el paso de la corriente eléctrica hacia la batería.



### 4.2 Funcionamiento

Las principales tareas que realiza son:

**Evita sobrecargas** en la batería que una vez cargada la batería no continúe cargando. Así se evita la generación de gases y la disminución del líquido en el interior de la batería, en consecuencia aumenta la vida de la misma.

**Evita la sobredescarga** de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: cuando una vez la batería este descargada no continúe suministrando corriente a la instalación; en consecuencia aumenta la vida de la batería.

Asegura el funcionamiento del sistema en el **punto de máxima eficacia**.

### 4.3 Conexiones

Existen dos tipos de reguladores: paralelo y serie. En instalaciones de baja potencia se utilizan los reguladores paralelo, y para potencias mayores los reguladores serie. Esto es así porque para tensiones mayores se necesita unos disipadores de potencia para los dispositivos de control de potencia de mayor tamaño, ya que deben soportar mayores niveles de intensidad.

**Serie:** el funcionamiento de este regulador es el de cortar el suministro de energía del generador antes de que alcance la tensión máxima de la batería; es decir, cortar antes de que se llegue al nivel de sobrecarga.

**Paralelo:** el funcionamiento de este regulador es disipar potencia, con el fin de eliminar el exceso de energía generada. Consiste en un transistor situado en paralelo con el generador fotovoltaico.

## Capítulo 5: BATERIA

### 5.1 Introducción

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. Son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.



### 5.2 Funcionamiento

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Existen muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida. Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía. Para ello se utiliza la **batería**.

### 5.3 Tipos de baterías

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de electrolitos utilizados. En la siguiente tabla se puede comparar los principales tipos de baterías, a través de sus características básicas.

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Auto descarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-acido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20%	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ion litio)	3,6	2-4 horas	6%	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

## 5.4 Vida útil

La vida útil se mide en ciclos, que se definen como el número de veces que se produce la carga y la descarga, es decir, con carga y descarga (ciclo) la batería va perdiendo propiedades, así pues contra más ciclos entonces más envejece la batería, disminuyendo la capacidad máxima que puede alcanzar la batería.

Las más utilizadas son las baterías denominadas estacionarias, que se utilizan también como sistemas de alimentación interrumpida. La principal característica es que son capaces de permanecer largos periodos de tiempo totalmente cargadas y, además, son capaces de resistir descargas profundas de forma esporádica.

## 5.5 Características técnicas

Las baterías o acumuladores se definen por un conjunto de especificaciones eléctricas con las que se indican sus condiciones de trabajo y funcionamiento. Las características principales de una batería son:

**Tensión:** indicada como tensión nominal, y se representa como el producto de 2 voltios por cada vaso. Así pues como las monobloc disponen de 6 vasos entonces tienen una tensión nominal de 12 voltios.

**Capacidad:** indica la cantidad de electricidad que puede suministrar la batería.

**Capacidad útil:** indica la capacidad de la batería disponible, teniendo en cuenta la descarga de la batería. Es decir indica la cantidad de corriente que se puede obtener de la batería en un momento dado.

**Estado de carga:** indica la energía que se puede obtener de una batería, puesto que al disminuir la capacidad esta se ve afectada por la tensión en bornes de la batería.

**Régimen de carga o descarga:** es el coeficiente entre la capacidad nominal de la batería y la corriente de carga o descarga. Este dato aparece en las hojas del fabricante cuando indica la capacidad.

**Ciclos de vida:** indica el número de veces que es posible cargar completamente la batería. Esto es debido a que durante los procesos de carga y descarga va perdiendo propiedades.

**Autodescarga:** indica la pérdida de energía que experimenta la batería cuando están inactivas o en circuito abierto. Un valor común de auto descarga es del 3% al 10% del valor nominal en un mes.

**Sobrecarga:** si durante la carga se llega al máximo de la capacidad de la batería, sino se finaliza el proceso de carga el agua de la disminución se empieza a descomponer. Es decir una sobrecarga supondrá una pérdida de líquido en el interior de la batería.

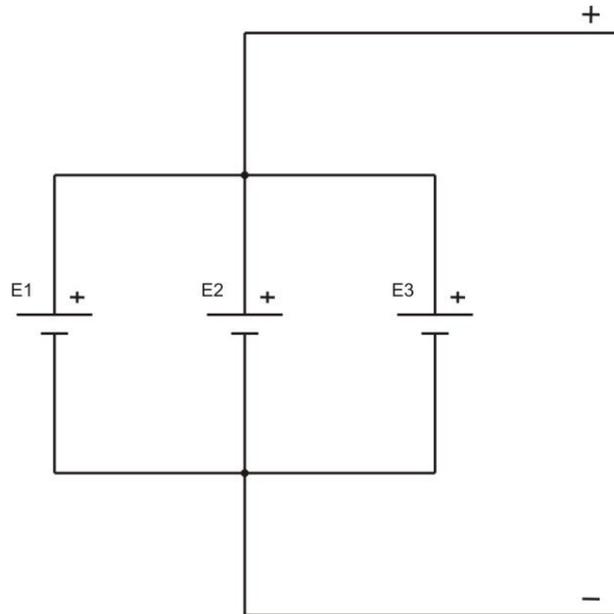
**Sobredescarga:** si durante la descarga no se produce la carga de la batería durante mucho tiempo y permaneciendo durante un tiempo prolongado la batería con un estado de carga bajo, la batería presenta una dificultad al proceso de carga normal. Esto es debido a que aparecen cristales de sulfato que aumentan la resistencia interna de la batería y disminuyen la capacidad de la batería.

## 5.6 Asociación de baterías

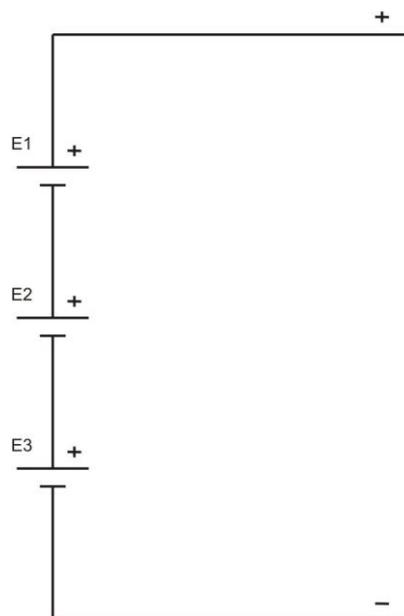
En la mayoría de las instalaciones, dependiendo de la potencia de la capacidad y tensión de la instalación, será necesario asociar varias baterías en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y capacidad adecuados.

Para la asociación de baterías hay tres posibilidades:

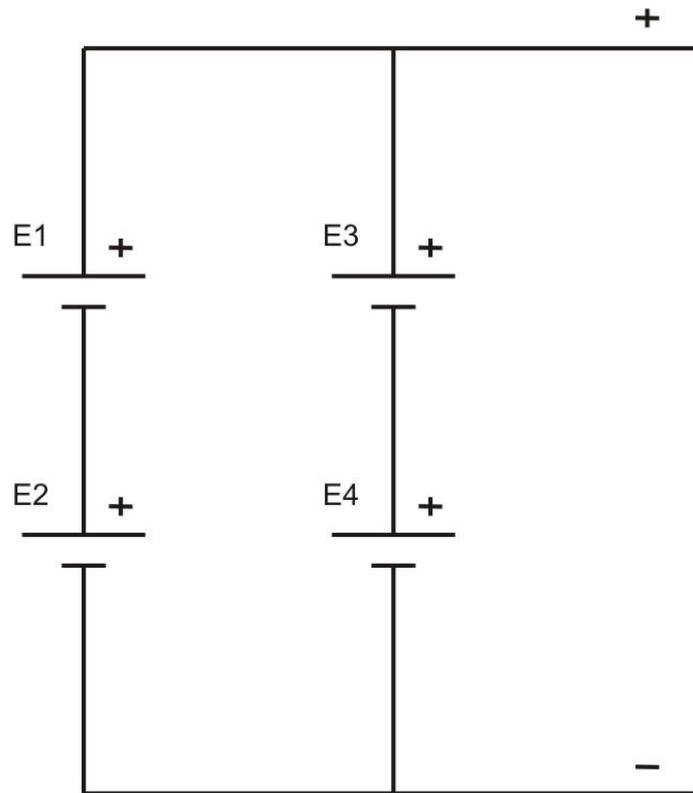
**Paralelo:** se conectan todos los polos positivos y, por separado, todos los polos negativos. Con ello se consiguen aumentar la capacidad y mantener un mismo valor de tensión. La capacidad es igual a la suma de todas las capacidades de cada batería.



**Serie:** se conecta un polo positivo de un módulo negativo con el polo negativo del siguiente. Con ello se consiguen aumentar la tensión y mantener el mismo valor de capacidad. La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada batería.



**Mixto:** se encuentra asociadas tanto en serie como en paralelo.



## Capítulo 6: INVERSOR DE CORRIENTE

### 6.1 Introducción

Los convertidores son dispositivos contruidos a base de circuitos electrónicos alimentados a tensión continua y generan una señal de tensión y frecuencia determinada, en la mayoría de los casos se generan 220 voltios y 50Hz. El mas utilizado en una instalación fotovoltaica aislada es del tipo cc/ca que convierte la tensión del banco de batería a consumos de 220 Vca. A este tipo de reguladores se les suele denominar inversores. Disponen de diversas protecciones: sobrecarga o sobredescarga de la batería, posibles cortocircuitos a la entrada o la detección de ausencia de consumo, quedándose en modo de reposo denominado estado de stand-by.



### 6.2 Tipos de instalación

Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, y estará presente en la mayoría de las instalaciones autónomas.

**Aislada:** el objetivo en una instalación aislada es proporcionar una corriente alterna como la de la red eléctrica, con el fin de que se puedan conectar a la misma electrodomésticos de los utilizados habitualmente en las viviendas.

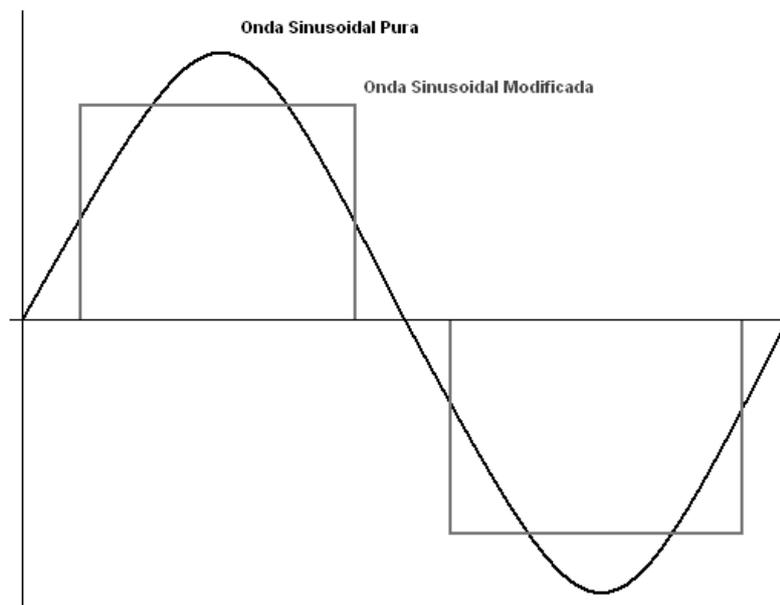
**A red:** en el caso de las instalaciones a la red, el inversor debe proporcionar una corriente alterna que sea de las mismas características de la red eléctrica a la que esta conectado, tanto en forma (senoidal) como en valor eficaz (230V) y sobre todo en la frecuencia (50Hz); no se permiten prácticamente variaciones, con el fin de evitar perturbaciones sobre la red eléctrica de distribución.

### 6.3 Tipos de señal

Como inversores se pueden encontrar los de onda modificada u onda pura.

Los inversores de **onda sinusoidal modificada** pueden alimentar a la mayoría de electrodomésticos. Sin embargo, esta forma de onda puede presentar algunos problemas de rendimiento con cargas inductivas. A pesar de estas limitaciones, son muy utilizados debido a su reducido precio.

Los inversores de **onda sinusoidal pura** son los más sofisticados del mercado actual. Diseñada para reproducir la energía suministrada por las compañías eléctricas, la onda sinusoidal es la mejor forma de onda eléctrica para alimentar equipos electrónicos mas sofisticados. Además, eliminan los problemas de rendimiento e incompatibilidad. Por el contrario, son más caros que los inversores de onda modificada.



## **8. GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS**



## INDICE GENERAL

TP N°1: Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones eléctricas.....	Página 67
TP N°2: Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones, orientación e inclinación.....	Página 69
TP N°3: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de celdas.....	Página 71
TP N°4: Panel Solar Fotovoltaico - Trazado de curva característica I-V.....	Página 73
TP N°5: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de la potencia máxima generada.....	Página 75
TP N°6: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo del rendimiento.....	Página 77
TP N°7: Paneles Solares Fotovoltaicos Distintos - Cálculo de tensión y corriente....	Página 78
TP N°8: Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y cálculos.....	Página 80
TP N°9: Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y conexionado.....	Página 81
TP N°10: Batería - Proceso de carga.....	Página 85
TP N°11: Batería - Estado de baja carga o desconexión.....	Página 86
TP N°12: Regulador de Carga - Función.....	Página 87
TP N°13: Regulador de carga - Conexión a PC.....	Página 89
TP N°14: Inversor de corriente - Conexionado.....	Página 90
TP N°15: Inversor - Valores consumos 220Vca.....	Página 92
TP N°16: Inversor - Comparativa de consumos Lámparas en 220Vca vs lámparas en 12Vcc.....	Página 94

**Obs.:** Los módulos y componentes pueden variar de acuerdo a las distintas versiones de tableros de la línea SOL.



## TP N°1: Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones eléctricas

### Objetivo:

Medición y comprensión de los parámetros eléctricos de los paneles solares fotovoltaicos. Obtener los valores de la Intensidad de corto circuito ( $I_{sc}$ ) y de la Tensión a circuito abierto ( $V_{oc}$ )

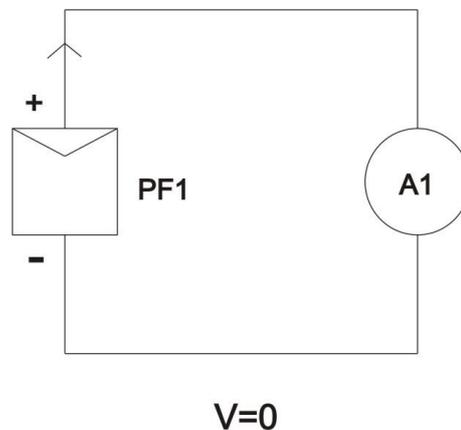
### Elementos necesarios:

- Módulo ASFV (Alimentación y Seguridad paneles fotovoltaicos)
- 1 Panel Solar Fotovoltaico
- Cables de conexión

### Procedimiento:

#### 1) Medición de corriente de **cortocircuito** $I_{sc}$

- a. Conectar la ficha del panel solar fotovoltaico (PF1) al toma corriente que se encuentra en la parte posterior del módulo de alimentación y seguridad (ASFV)
- b. Realizar un cortocircuito conectando los bornes de salida del panel, al amperímetro tal como indica el esquema.
- c. Observar en el amperímetro A1 el valor de corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).



Valor de intensidad de corto circuito ( $I_{sc}$ ) = \_\_\_\_\_ A

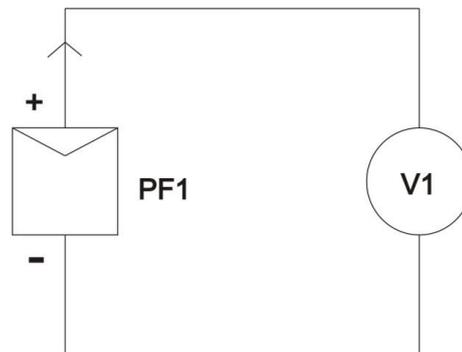
¿El valor obtenido, coincide con la característica de intensidad de corriente de diseño del panel?

Ver características generales del panel solar fotovoltaico utilizado.

En caso de que los valores no coincidan con las características del panel, ¿qué puede estar sucediendo con esas variables?

2) Medición de tensión de **circuito abierto**  $V_{oc}$

- a. Conectar la ficha del panel solar fotovoltaico (PF1) al toma corriente que se encuentra en la parte posterior del módulo de alimentación y seguridad (ASFV)
- b. Realizar una conexión en paralelo de los bornes de salida del panel, al voltímetro tal como indica el esquema
- c. Observar en el voltímetro V1 el valor de tensión a circuito abierto  $V_{oc}$ .



$$I=0$$

Valor de tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) = \_\_\_\_\_ V

¿El valor obtenido, coincide con la característica de tensión de diseño del panel?

Ver características generales del panel solar fotovoltaico utilizado.

En caso de que los valores no coincidan con las características del panel, ¿Qué puede estar sucediendo con esas variables?

**TP N°2: Panel Solar Fotovoltaico - Mediciones, orientación e inclinación****Objetivo:**

Medición y comprensión de los parámetros eléctricos de los paneles solares fotovoltaicos, según la inclinación y orientación establecida. Obtener variables eléctricas mediante la radiación solar que incide sobre el panel.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASFV (Alimentación y Seguridad paneles fotovoltaicos)
- 1 Panel Solar Fotovoltaico
- Cables de conexión

**Procedimiento:**

1) Medición de tensión a circuito abierto ( $V_{oc}$ ), y corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) variando las posiciones del panel solar, según su inclinación y orientación.

- Colocar el panel solar paralelo al suelo, y registrar el valor de tensión.
- Inclinar el panel y orientarlo hacia el Norte, obtener el valor de tensión.



Para realizar un mejor aprovechamiento de la energía solar, inclinar el panel de manera que apunte de forma directa a los rayos del Sol.

- Realizar el mismo procedimiento para los demás puntos cardinales, Este, Oeste y Sur
- Tapar 1/4 del panel con un objeto, de manera que la radiación solar esté obstruida y no incida sobre una pequeña parte del panel solar. Registrar el valor de tensión.
- Se debe volver a realizar el mismo procedimiento, para obtener los valores de intensidad de **corriente**.

Completar la siguiente tabla:

ORIENTACION E INCLINACION	Voc (V)	Isc (A)
Paralelo al suelo		
Norte		
Sur		
Este		
Oeste		
Panel obstruido		

Determinar hacia qué punto, y con qué inclinación el panel genera mayores valores de tensión y corriente, por lo tanto mayor potencia generada.

- f. Calcule la potencia eléctrica máxima generada en vacío con los datos obtenidos. (Tener en cuenta que no se aplicó ninguna carga)

**Potencia = Tensión x Corriente = \_\_\_\_\_ Watts.**

Nota: los puntos cardinales se pueden determinar con la salida y puesta del sol. Sale por el Este, y se oculta por el Oeste en Argentina.

### TP N°3: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de celdas

#### Objetivo:

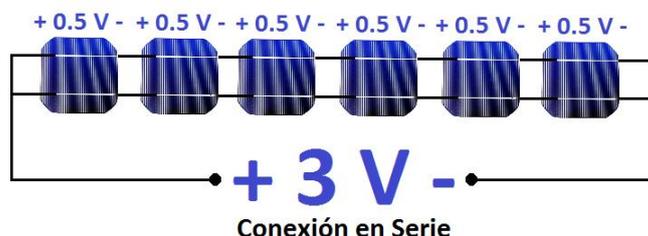
Identificar la cantidad de celdas, estudiar su comportamiento y realizar el cálculo de tensión mediante la conexión interna del panel solar fotovoltaico.

#### Procedimiento:

- 1) Contar la cantidad de celdas que contiene el panel provisto. Ver conexión que posee, y realizar el cálculo de tensión eléctrica.

Tomar como referencia que cada celda genera 0,5 V

En el siguiente esquema se muestran un ejemplo:



Realizar la suma de todas las celdas en serie-paralelo, y calcular la tensión total que suministra el panel solar que posee.

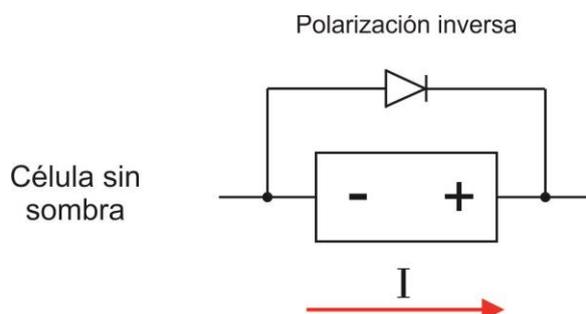
**Tensión total panel solar = \_\_\_\_\_ V**

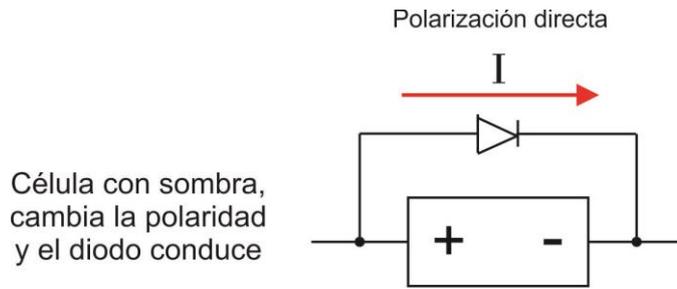
2)

#### Diodo bypass

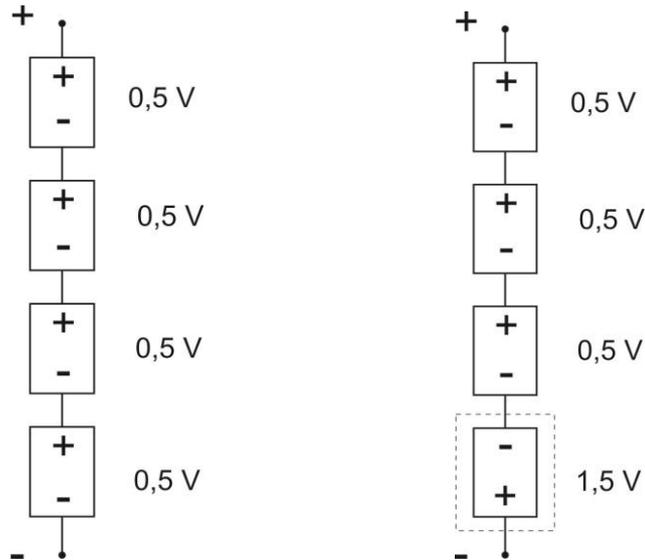
Si una parte del panel tiene sombra deja de generar energía y se convierte en carga, consume en forma de calor la corriente que le llega de las otras células, se conoce como "Punto Caliente".

Para evitarlo se ponen diodos en inversa en la caja de conexiones. La parte sombreada, al convertirse en carga, cambia su polaridad y cuando el diodo detecta este cambio hace que la corriente pase por él, en lugar de pasar por las células.



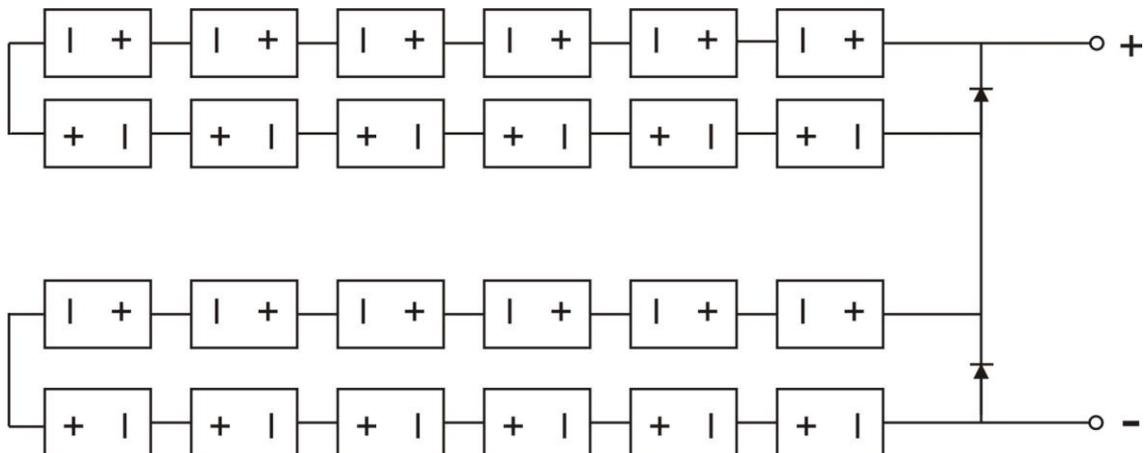


**Ejemplo:** un panel con cuatro células. En la imagen que se encuentra a la izquierda ninguna célula tiene sombra, y en el esquema de la derecha hay una que si tiene sombra, cambiando su polaridad.



Por ley de *Kirchhoff* sabemos que la suma de tensiones que hay en una malla, ha de ser igual a 0V. Con lo que la tensión en la célula sombreada será la de las otras tres y se disipará la potencia en ella.

- 3) El siguiente esquema representa un panel solar, si cada celda genera 0,5 V. Se desea conocer la tensión final en los bornes de conexión. Calcular.



- 4) Tape una sola célula, y vuelva a calcular la tensión.

## TP N°4: Panel Solar Fotovoltaico - Trazado de curva característica I-V

### Objetivo:

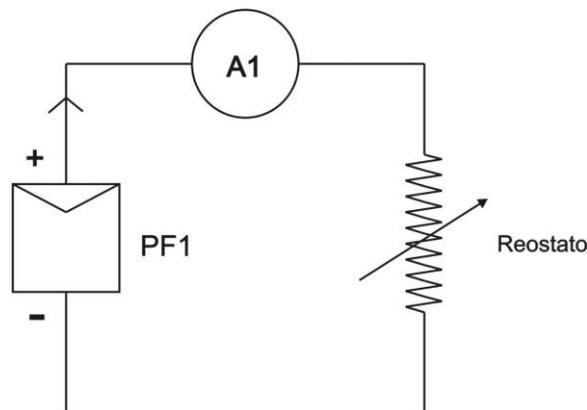
Trazar la curva característica de Corriente-Tensión de un panel solar fotovoltaico.

### Elementos necesarios:

- Módulo ASFV (Alimentación y seguridad fotovoltaica)
- Reóstato RE – 100 Ohm
- 1 Panel Solar Fotovoltaico
- Cables de conexión

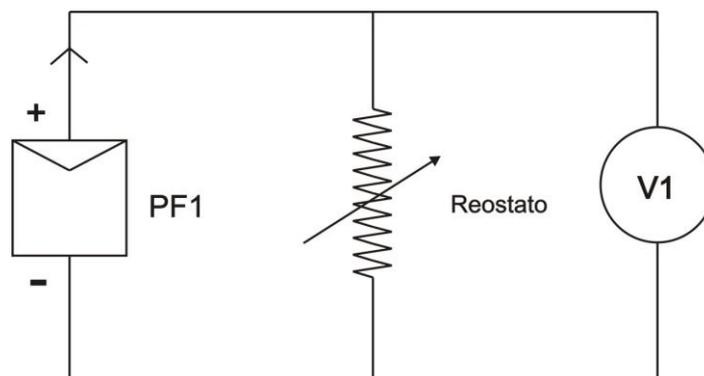
### Procedimiento:

- 1.- Conectar el panel solar fotovoltaico PF1 al módulo ASFV
- 2.- Conectar los bornes del panel desde el módulo ASFV en serie con el amperímetro y el reóstato tal como indica el esquema.



- 3.- Utilizando la perilla del reóstato variar para obtener distintos valores de resistencia, anotar los once valores de corriente según las graduaciones del módulo RE.

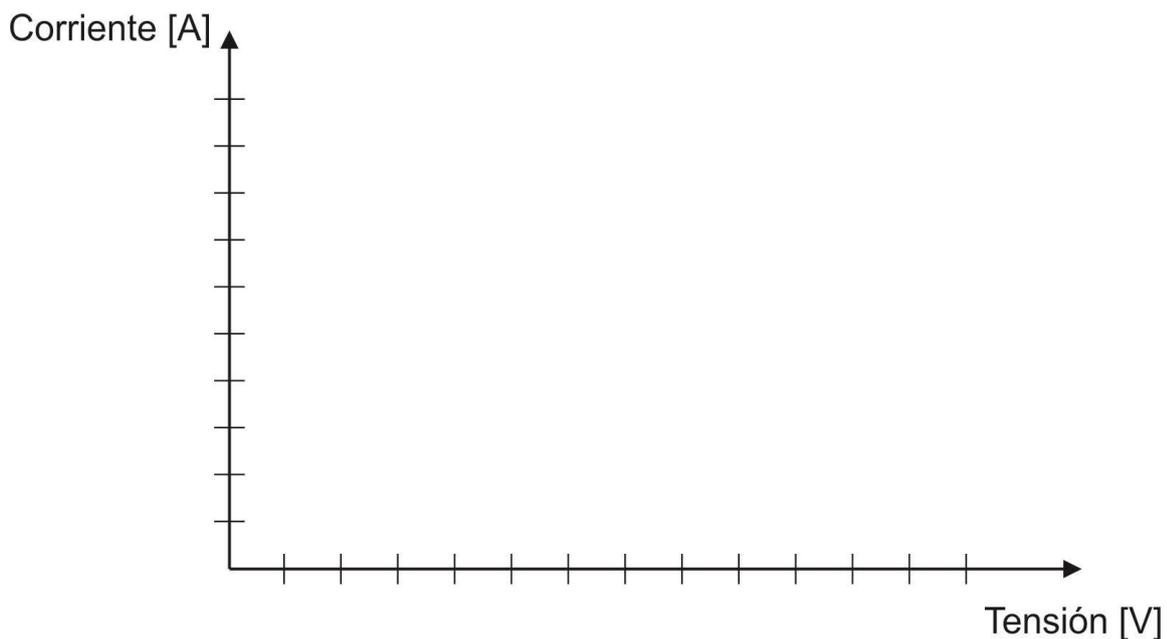
- 4.- Conectar los bornes del panel solar en paralelo con el voltímetro y el reóstato tal como indica el esquema. Realizar el mismo procedimiento, variar el reóstato y obtener todos los valores de tensión.



5.- Volcar en la siguiente tabla los valores de tensión y corriente obtenidos:

RE	V1 [ V ]	A1 [ A ]
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

6.- Con los valores de V1 y A1, trazar en el siguiente gráfico la curva característica I-V.



7.- Comparar la curva obtenida con la curva del Panel solar Fotovoltaico realizada por el fabricante. ¿Qué sucede en caso de que no sean similares?

Nota: los valores de tensión y corriente se deben obtener de forma que la radiación solar sea lo más estable posible, para que la curva no sea vea afectada.

**TP N°5: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo de la potencia máxima generada****Objetivo:**

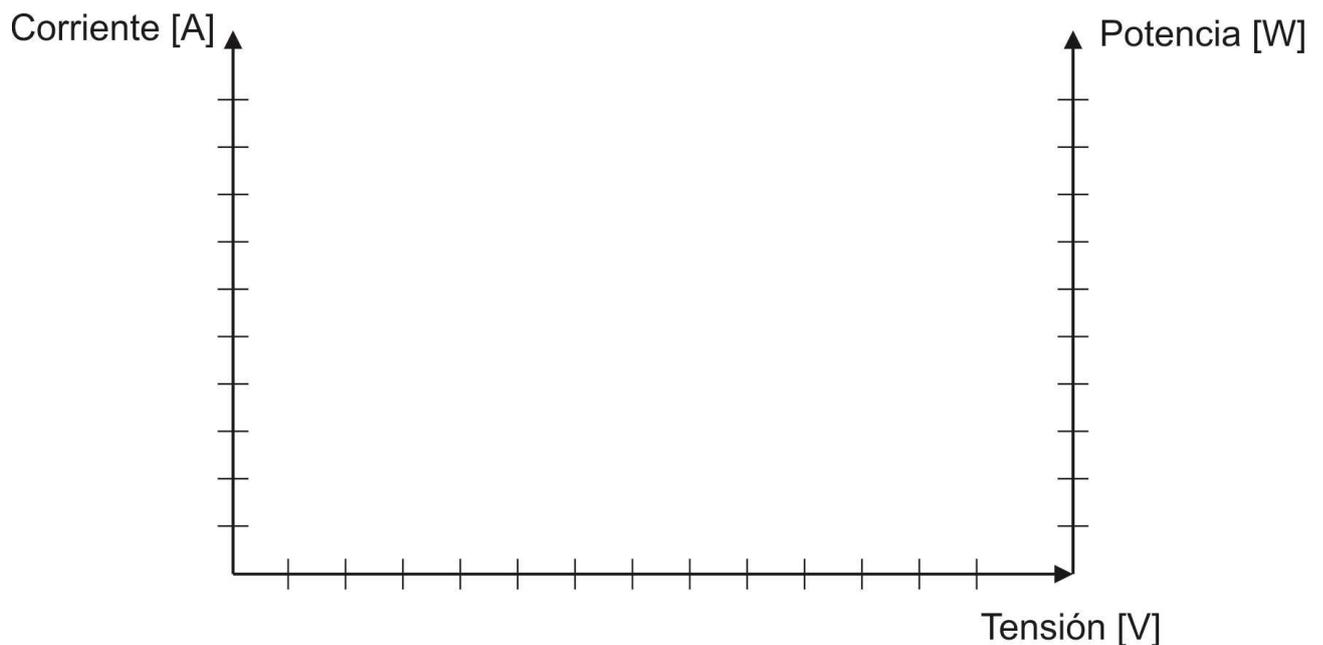
Obtener mediante un procedimiento gráfico, el valor de la potencia máxima que entrega un Panel Solar Fotovoltaico

**Procedimiento:**

1.- Realizando el producto de los valores de V1 y A1, obtenidos en el TP N°4 y completar la siguiente tabla:

V1 [V]	A1 [A]	P [W]

2.- Con los datos obtenidos trazar la curva de potencia en función de la tensión, utilizando el mismo gráfico de la curva I-V realizada en el TP N°4.



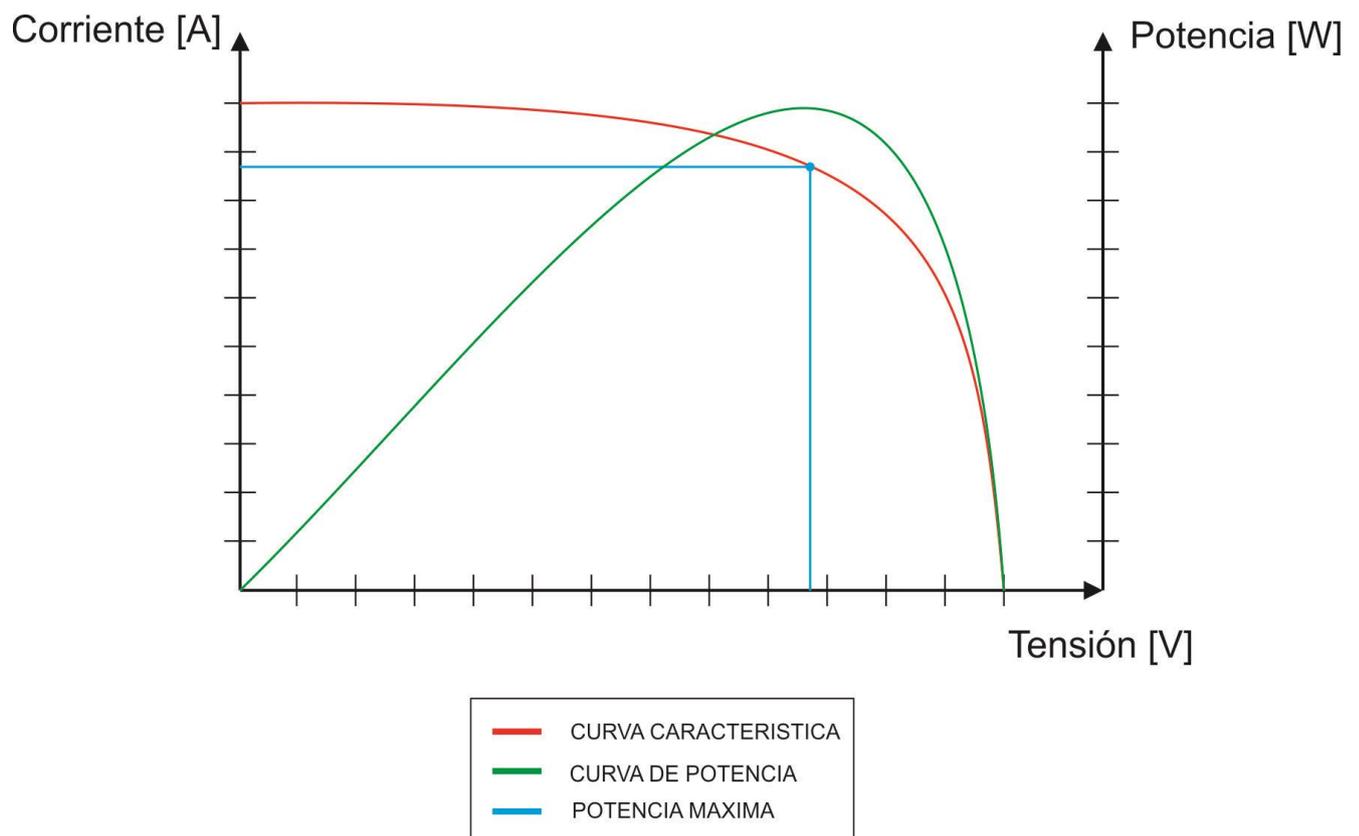
3.- Trazar una línea vertical desde el pico de la curva de potencia, donde corte a la curva característica (I-V), bajando hasta el eje de las tensiones, obtener el valor de  $V_M$  (tensión máxima).

4.- Trazar una línea horizontal desde el punto de corte con la curva característica hasta el eje de las corrientes, obtener el valor de  $I_M$  (corriente máxima).

5.- La potencia máxima ( $P_M$ ) se obtiene entre el producto de la corriente máxima ( $I_M$ ) por la tensión máxima ( $V_M$ ).

$$P_M = I_M \times V_M = \text{_____ Watts}$$

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de cómo deben quedar los gráficos. Pueden variar según las condiciones solares.



**TP N°6: Panel Solar Fotovoltaico - Cálculo del Rendimiento del panel****Objetivo:**

Estudiar y calcular el rendimiento del panel solar a través de las características generales que posee el mismo.

**Elementos necesarios:**

- Cinta métrica
- Calculadora
- 1 Panel Solar Fotovoltaico

- 1) Para realizar el cálculo del rendimiento, se debe tener en cuenta la relación entre la potencia que suministra el panel por superficie, y la irradiancia estándar.

Utilizar la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{W_p / S}{W_r}$$

Donde:

$\eta$  = Rendimiento

$W_p$  = Potencia de pico o máxima

$S$  = Superficie

$W_r$  = Irradiancia estándar valor 1000 W/m<sup>2</sup>

- a- Con los valores máximos de corriente y tensión de pico, calcular  $W_p$ , o bien utilizar el valor del TP N°5 ( $P_M$ )
- b- Tomar las medidas que posee el panel y calcular la superficie en m<sup>2</sup> (metros cuadrados)
- c- Calcule el rendimiento del panel solar. El resultado multiplicarlo por 100 para expresar la unidad en porcentaje.

- 2) Se dispone de un panel solar con los siguientes datos del fabricante:

Potencia = 175 W

Medidas = 1,2 m x 0,8 m

¿Cuál es su rendimiento?

- 3) Calcule la potencia si el panel solar mide 2,2 m x 1,5 m y su rendimiento es del 18%

**TP N°7: Paneles Solares fotovoltaicos distintos - Cálculo de tensión y corriente**

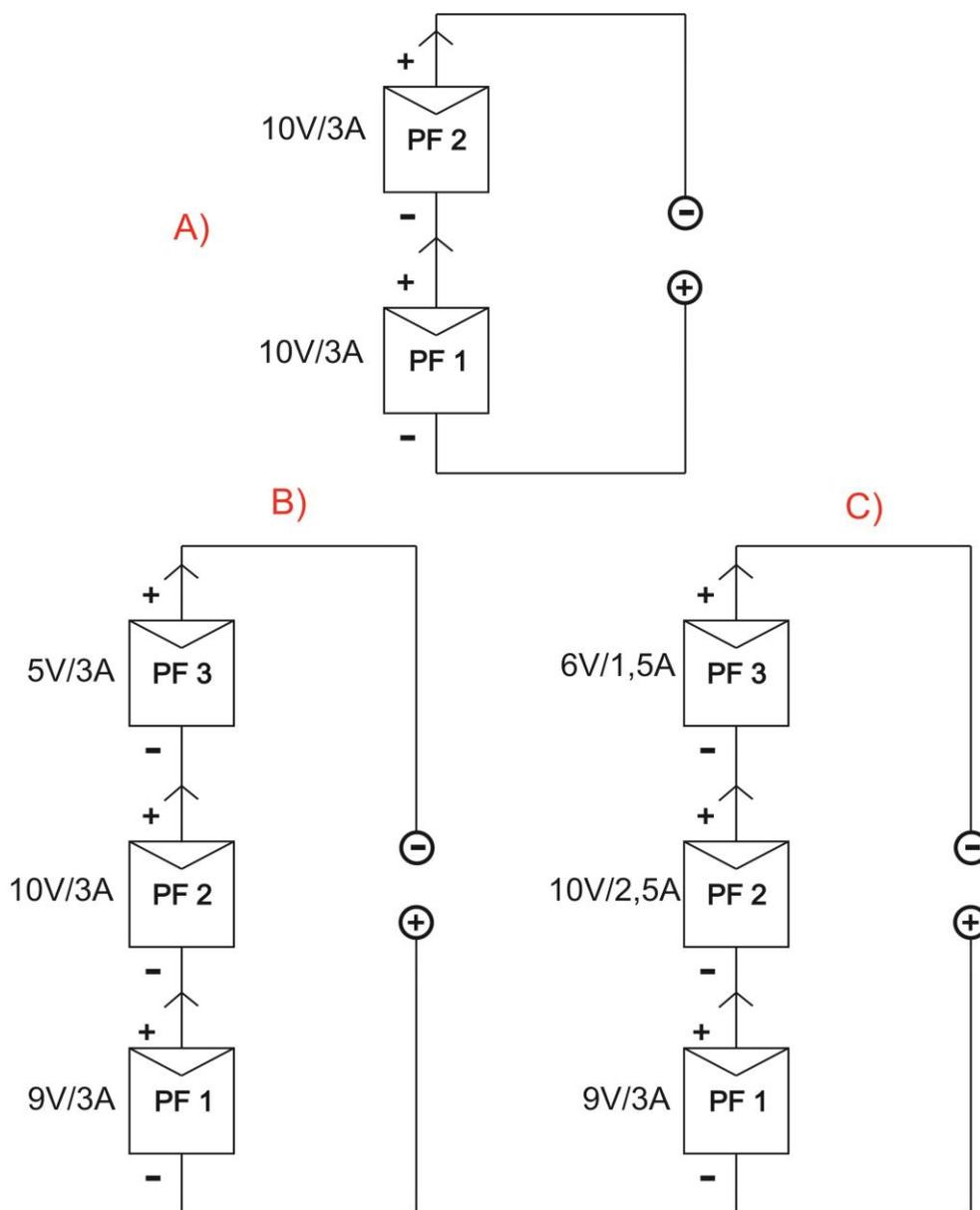
**Objetivo:**

Determinar de forma teórica los valores de tensión y corriente para el conjunto de paneles solares conectados de manera como indica el esquema.

**Procedimiento:**

En los siguientes esquemas se representa la conexión de paneles agrupados en serie y paralelo. Se desea conocer la tensión y la corriente total del circuito en los terminales. La configuración A son paneles de iguales características, B y C son distintos.

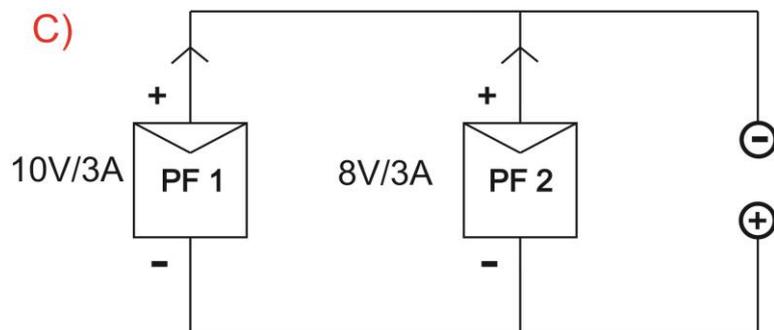
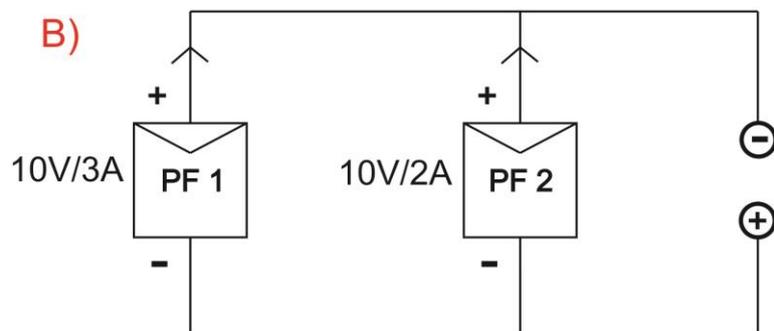
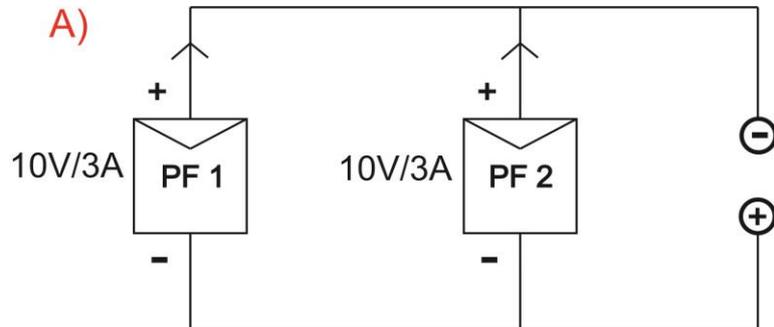
**SERIE**



**Recordar:** los paneles solares fotovoltaicos conectados en serie, la tensión se suma, y la intensidad de corriente se mantiene si son iguales, en caso de suministrar una corriente distinta, predomina la de menor intensidad.

RTA: A) 20V/3A B) 24V/3A C) 25V/1,5A

## PARALELO



Recordar: los paneles conectados en paralelo, la tensión se mantiene en caso de ser iguales, y la intensidad de corriente se suma.

RTA: A) 10V/6A B) 10V/5A C) No es posible – No se recomienda – Pérdida de carga

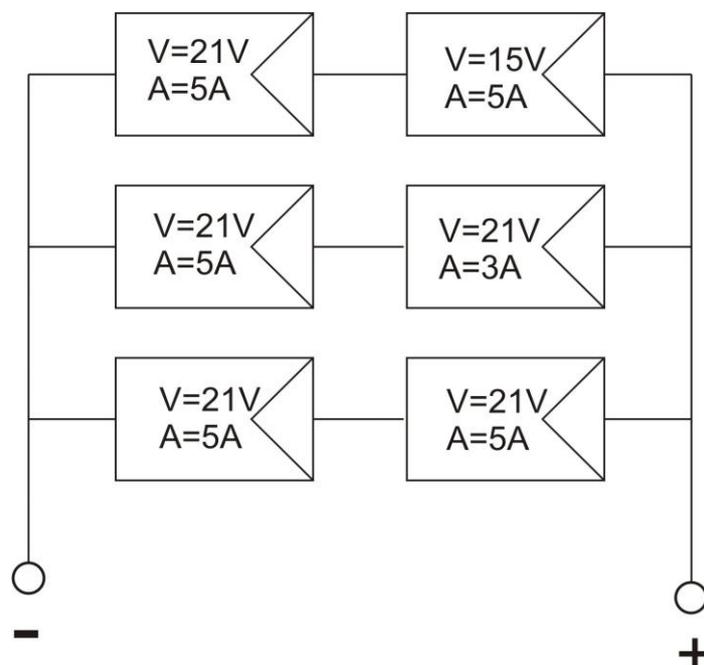
**TP N°8: Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y cálculo de tensión y corriente**

**Objetivo:**

Cálculo de tensión y corriente de un conjunto de paneles solares conectados de forma mixta (serie-paralelo)

**Procedimiento:**

En el siguiente esquema se representa la conexión de paneles agrupados en serie-paralelo. Se desea conocer la tensión y la corriente total del circuito en los terminales.



- a- Calcular la potencia de manera independiente en cada rama ( $Pot=V \times A$ )
- b- ¿Se pierde potencia con ésta conexión?
- c- ¿Cómo se podría solucionar? Modificar conexionado, agregar quitar, o cambiar paneles para mejor el aprovechamiento de energía.

Nota: considerar que en cada rama prevalece el panel de menor intensidad de corriente absorbiendo potencia.

**TP N°9: Paneles Solares Fotovoltaicos - Agrupamiento y conexionado****Objetivo:**

Estudiar los distintos tipos de conexiones que se utilizan para asociar paneles solares, realizando combinaciones según la utilidad.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV.
- 3 Paneles Solares Fotovoltaicos

**Procedimiento:**Nota:

Para la realización del siguiente TP es conveniente establecer inicialmente los valores entregados por un solo panel. Para ello se deberá realizar la medición de  $I_{sc}$  y  $V_{oc}$  (como en el TP N°1) instantes antes de comenzar con los distintos conexionados.

De esta manera se podrá comprender más fácilmente los valores obtenidos en los distintos agrupamientos.

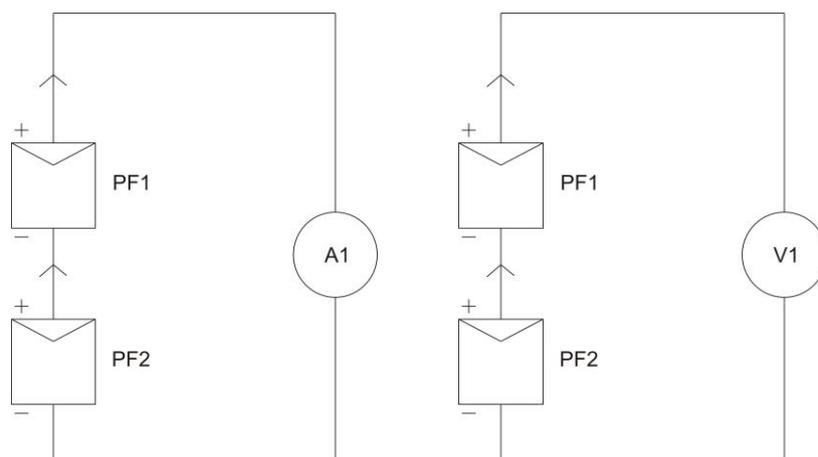
Igualmente hay que tener en cuenta que en días nublados los valores de radiación oscilan según la presencia o ausencia del sol, y por lo tanto también lo hacen los valores de corriente entregados por el panel.

**1) Conexión en Serie de 2 paneles solares****1.1) Medición de corriente de cortocircuito  $I_{sc}$** 

- a. En el Módulo ASFV conectar en serie 2 paneles solares (PF1, PF2)
- b. Realizar un cortocircuito conectando los bornes al amperímetro. Ver esquema.
- c. Observar en el amperímetro A1 el valor de corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).

**1.2) Medición de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$** 

- a. En el Módulo ASFV conectar en serie 2 paneles solares (PF1, PF2)
- b. Realizar una conexión en paralelo de ambos paneles, al voltímetro tal como indica el esquema.
- c. Observar en el voltímetro V1 el valor de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ .



1.3) Elaborar conclusiones con los valores de Corriente y Tensión obtenidos.

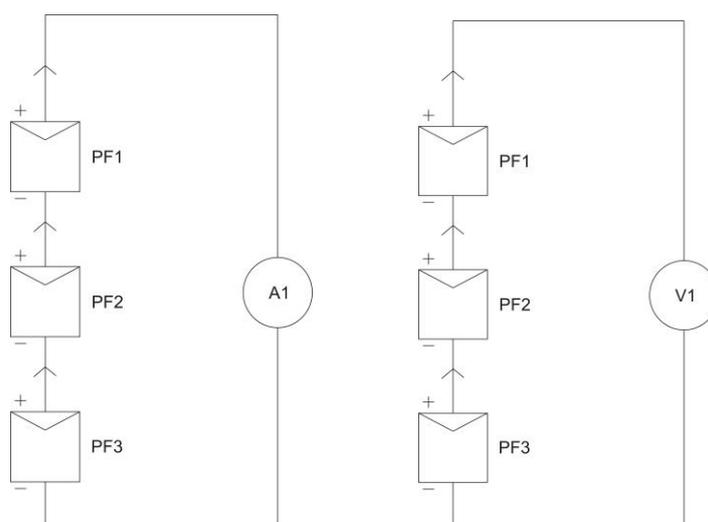
## 2) Conexión en Serie de 3 paneles solares

### 2.1) Medición de corriente de cortocircuito $I_{sc}$

- En el Módulo ASFV conectar en serie 3 paneles solares (PF1, PF2 y PF3)
- Realizar un cortocircuito conectando los bornes al amperímetro. Ver esquema.
- Observar en el amperímetro A1 el valor de corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).

### 2.2) Medición de tensión de circuito abierto $V_{oc}$

- En el Módulo ASFV conectar en serie 3 paneles solares (PF1, PF2 y PF3)
- Realizar una conexión en paralelo de ambos paneles, al voltímetro tal como indica el esquema.
- Observar en el voltímetro V1 el valor de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ .



2.3) Elaborar conclusiones con los valores de Corriente y Tensión obtenidos.

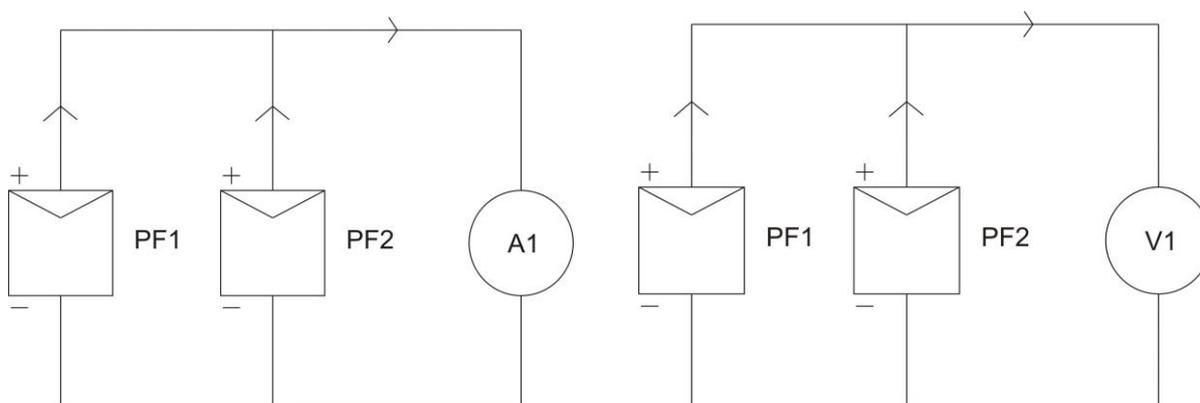
### 3) Conexión en Paralelo de 2 paneles solares

#### 3.1) Medición de corriente de cortocircuito $I_{sc}$

- En el Módulo ASFV conectar en paralelo 2 paneles solares (PF1, PF2)
- Realizar un cortocircuito conectando los bornes al amperímetro. Ver esquema.
- Observar en el amperímetro A1 el valor de corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).

#### 3.2) Medición de tensión de circuito abierto $V_{oc}$

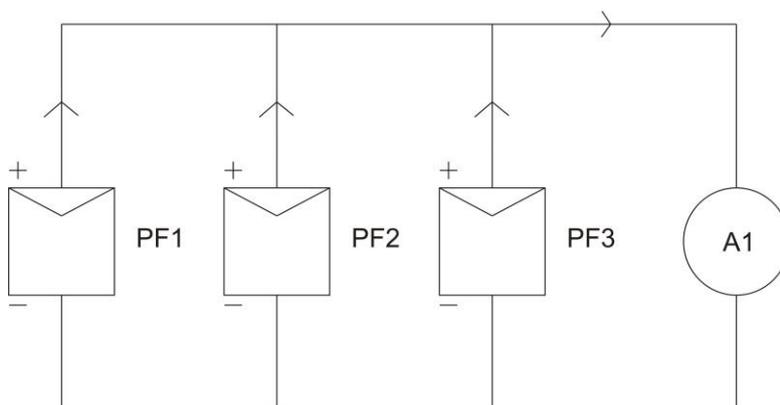
- En el Módulo ASFV conectar en paralelo 2 paneles solares (PF1, PF2)
- Realizar una conexión en paralelo de ambos paneles, al voltímetro tal como indica el esquema.
- Observar en el voltímetro V1 el valor de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ .

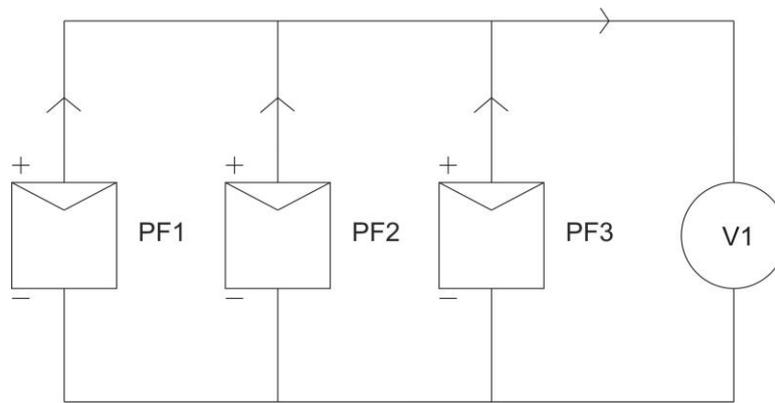


#### 3.3) Elaborar conclusiones con los valores de Corriente y Tensión obtenidos.

### 4) Conexión en Paralelo de 3 paneles solares

Realizar el mismo procedimiento que el punto 3 agregando el panel PF3 y elaborar conclusiones con los valores de Corriente y Tensión obtenidos.





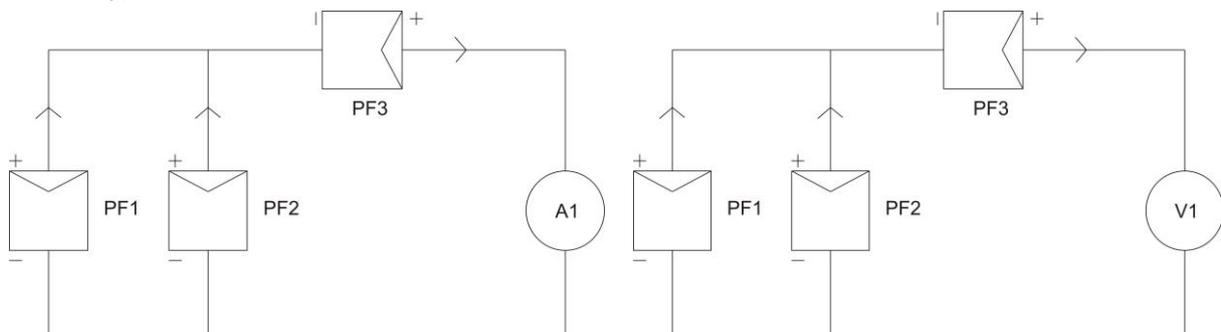
## 5) Conexión Mixta

### 5.1) Medición de corriente de cortocircuito $I_{sc}$

- En el Módulo ASFV conectar los 3 paneles solares (PF1, PF2, PF3) 2 en paralelo y 1 en serie.
- Realizar un cortocircuito conectando los bornes al amperímetro. Ver esquema.
- Observar en el amperímetro A1 el valor de corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).

### 5.2) Medición de tensión de circuito abierto $V_{oc}$

- En el Módulo ASFV conectar los 3 paneles solares (PF1, PF2, PF3) 2 en paralelo y 1 en serie.
- Realizar una conexión en paralelo de ambos paneles, al voltímetro tal como indica el esquema.
- Observar en el voltímetro V1 el valor de tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ .
- 



### 5.3) Elaborar conclusiones con los valores de Corriente y Tensión obtenidos.

**Nota:** observar que en ésta configuración, el panel que me determina la corriente final es el PF3, debido a que actúa como una carga absorbiendo potencia. Corroborar valores teóricos con los prácticos.

## TP N°10: Batería - Proceso de carga

### Objetivo:

Realizar el estudio de carga de una batería, utilizando un Panel Solar Fotovoltaico.

### Elementos necesarios:

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV
- Módulo RGS
- Módulo BT
- Cables de conexión

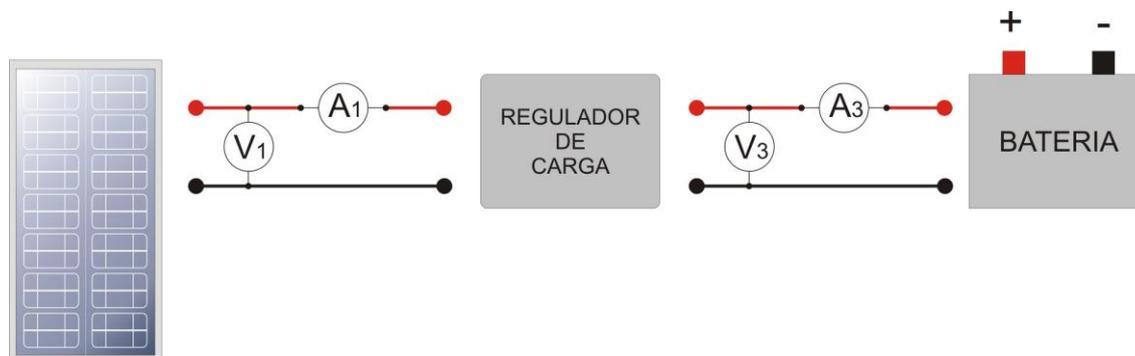
### Procedimiento:

Nota: Establecer los valores iniciales de la radiación solar, midiendo previamente el valor de  $I_{sc}$ .

Para realizar las pruebas debemos tener una considerable energía proveniente del sol.

1.- Realizar el conexionado según el siguiente circuito:

Recordar en el módulo ASFV la conexión del voltímetro se realiza en paralelo y el amperímetro en serie.



2.- Observar en los amperímetros A1 y A3 la circulación de corriente. Esa corriente es la que está utilizando en este momento la batería para realizar su carga. Observar también en el display del regulador la indicación del estado de carga de la batería.

Corriente del panel antes de regular = \_\_\_\_\_ A

Corriente batería cargando = \_\_\_\_\_ A

Tensión del panel antes de regular = \_\_\_\_\_ A

Tensión de la batería cargando = \_\_\_\_\_ A

*Es importante que la batería se cargue por completo con frecuencia (al menos una vez al mes).*

*De lo contrario, la batería quedará dañada de forma permanente.*

**TP N°11: Batería - Estado de baja carga o desconexión**

**Objetivo:**

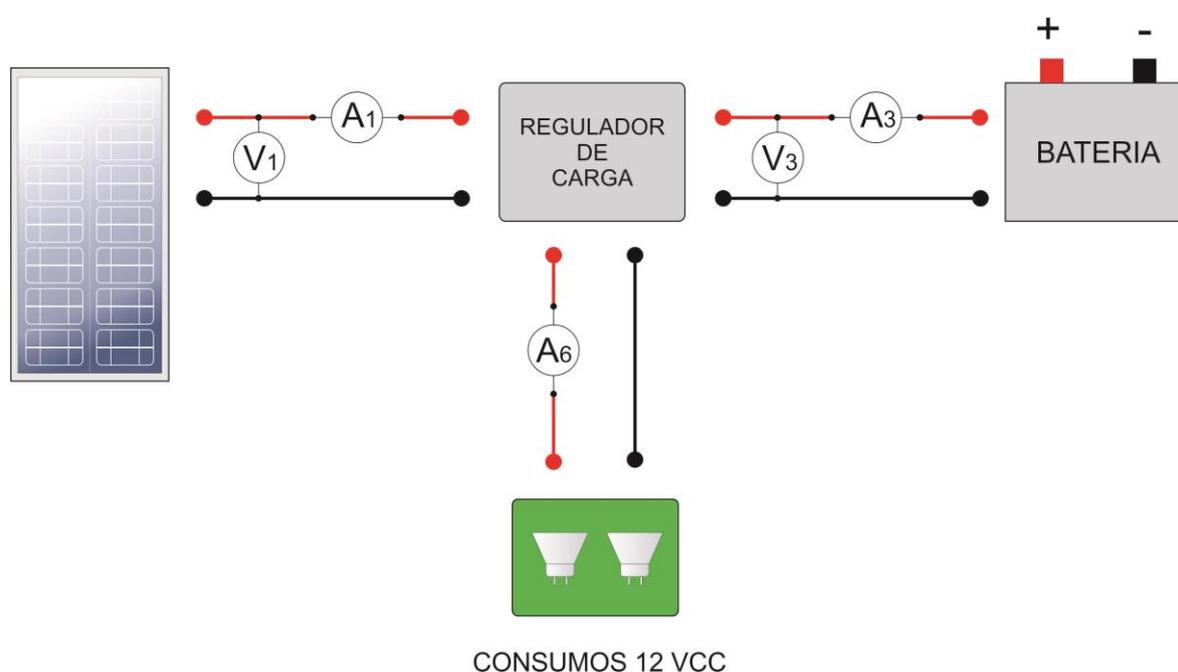
Observar que ocurre en un Sistema Solar Fotovoltaico cuando la batería esta vacía o se produce una desconexión, agotamiento o falla.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV
- Módulo RGS
- Módulo BT
- Cables de conexión

**Procedimiento:**

1) Realizar el siguiente circuito:



- 2) Encender las lámparas con los interruptores.
- 3) Simular la desconexión de la batería usando la llave termomagnética del módulo BT.
- 4) Observar en el display del regulador el mensaje de error y escuchar la señal acústica.
- 5) ¿Qué sucede con el regulador de carga? ¿Puede funcionar si no se encuentra la batería?
- 6) Elabore conclusiones.

## TP Nº12: Regulador de Carga - Función

### Objetivo:

Comprender las funciones del regulador de carga solar como administrador del sistema solar fotovoltaico de acuerdo a distintas variables.

### Elementos necesarios:

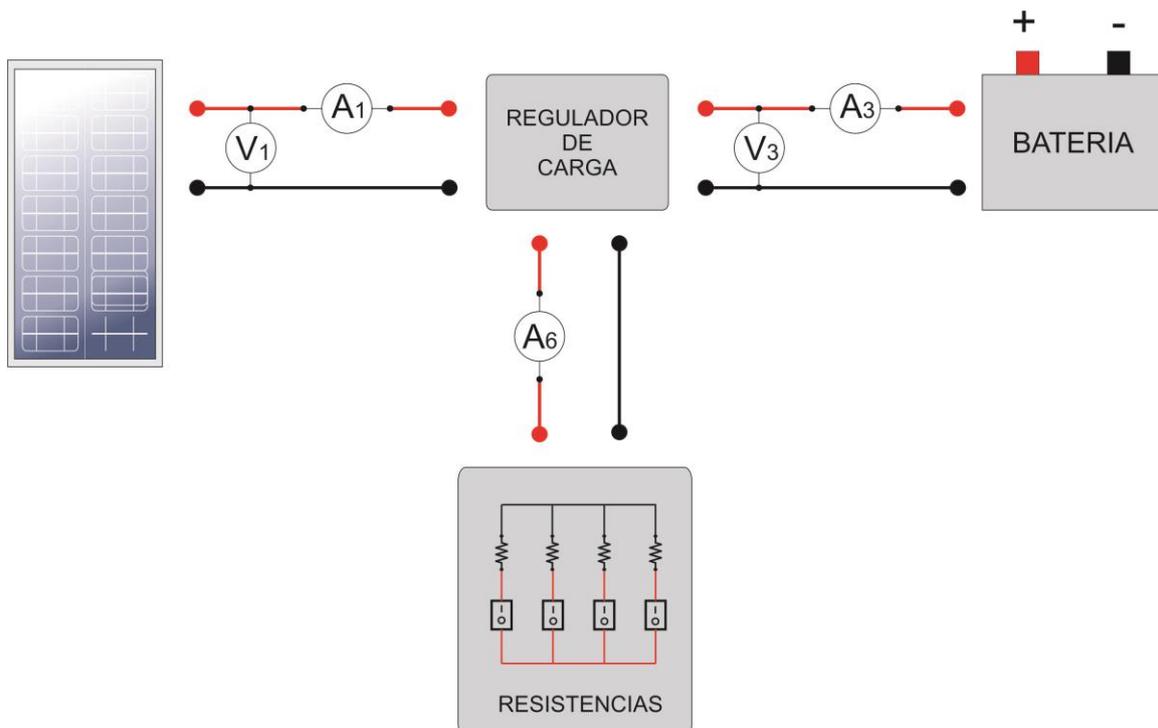
- Módulo ASI220
- Módulo ASFV
- Módulo RGS
- Módulo BT
- Módulo ASM12
- Módulo LM12
- Módulo RES
- Cables de conexión

### Procedimiento:

Utilizando el módulo de resistencias RES como simulador de carga/consumo, activando de uno a la vez los interruptores, desarrollar las siguientes variables:

1. La energía generada por el panel es igual al consumo.  $E_{pf} = \text{Consumo}$
2. La energía generada por el panel es mayor al consumo.  $E_{pf} > \text{Consumo}$
3. La energía generada por el panel es menor al consumo.  $E_{pf} < \text{Consumo}$

Para ello realizar el siguiente conexionado:



### 1. La energía generada por el panel es igual al consumo ( $E_{pf} = \text{Consumo}$ )

- Activar la cantidad necesaria de resistencias para simular una carga igual a la generada por el panel.
- El amperímetro A3 deberá indicar un valor cero.
- Elaborar conclusiones

### 2. La energía generada por el panel es mayor al consumo. $E_{pf} > \text{Consumo}$

- Activar la cantidad necesaria de resistencias para simular una carga menor a la generada por el panel.
- El amperímetro A3 deberá indicar un valor positivo.
- Elaborar conclusiones

### 3. La energía generada por el panel es menor al consumo ( $E_{pf} < \text{Consumo}$ )

- Activar la cantidad necesaria de resistencias para simular una carga mayor a la generada por el panel.
- El amperímetro A3 deberá indicar un valor negativo.
- Elaborar conclusiones

**TP Nº13: Regulador de carga - Conexión a PC**

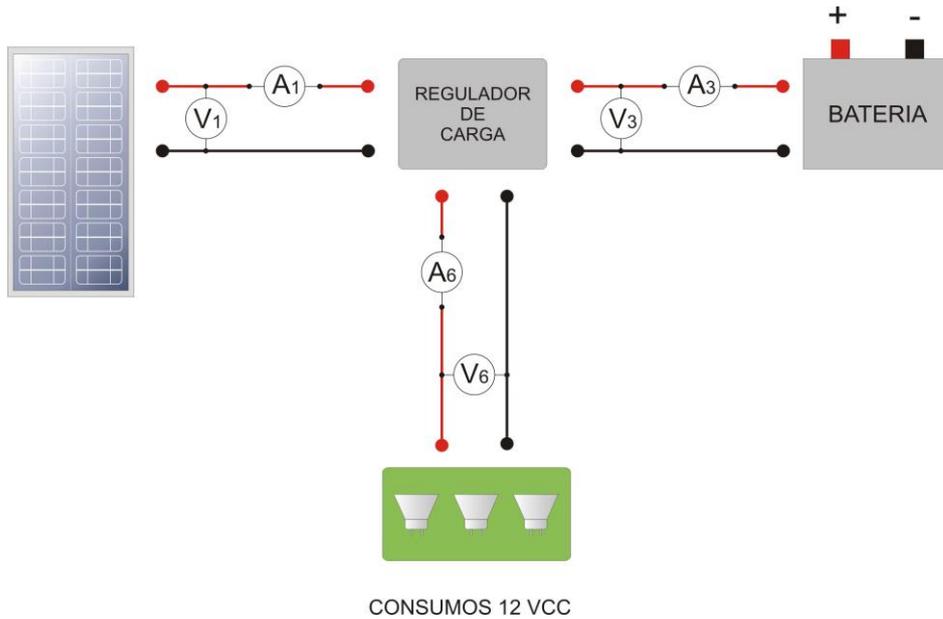
(Ver modelo según versión)

**Objetivo:**

Utilizar el software del regulador.

**Procedimiento:**

1.- Realizar el siguiente circuito:



2.- Conectar el regulador a una PC mediante la interfaz.

**TP Nº14: INVERSOR DE CORRIENTE - Conexionado**

**Objetivo:**

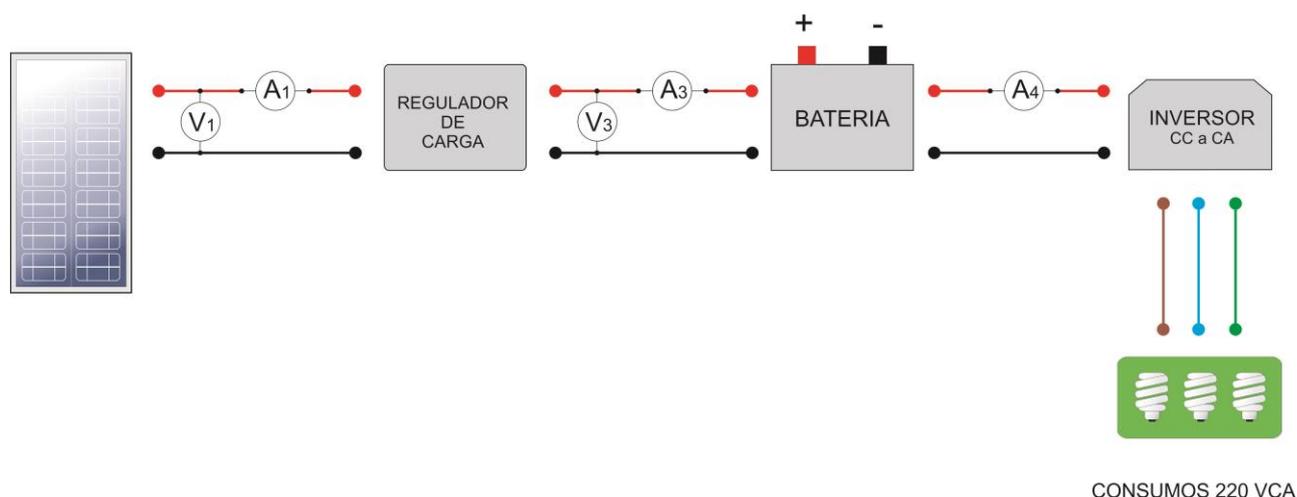
Comprender el conexionado y cual es la función de un inversor de corriente en un sistema eólico.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV.
- Módulo RGS.
- Módulo BT.
- Módulo IV.
- Módulo LM220.
- Cables de conexión

**Procedimiento:**

1.- Realizar el conexionado del inversor según el siguiente esquema.



2) Encender el inversor mediante el interruptor que se encuentra en el dispositivo, además posee un tomacorriente auxiliar 220Vca para dispositivos de baja potencia.

3) Encender las lámparas de 220 Vca y verificar el correcto funcionamiento.

4) Responder las siguientes preguntas:

- a- ¿Qué es un inversor de corriente?
- b- ¿Qué función cumple?
- c- ¿Qué tipos de inversores existen?

5) Calcule la potencia consumida de las 3 lámparas encendidas al mismo tiempo.

En el amperímetro A4 visualizamos la corriente consumida en 12 Volts corriente continua.

Para el cálculo de potencia, se debe multiplicar la tensión por la corriente leída en el instrumento:

$$\text{Potencia} = 12\text{V} \times \text{A} = \text{W}$$

Para aumentar la corriente, puede conectar un artefacto al tomacorriente 220Vca del inversor, que no supere los 150 Watts de potencia, ejemplo una radio, cargador de celular, o bien una lámpara de mayor potencia en el módulo LM220. No sobrepasar esa potencia, de lo contrario el inversor emitirá un sonido y se apagará para protegerlo.

Se propone realizar nuevamente el cálculo con la nueva carga.

Obtener conclusiones:

**TP N°15: INVERSOR - Valores consumos entre lámparas 220Vca**

**Objetivo:**

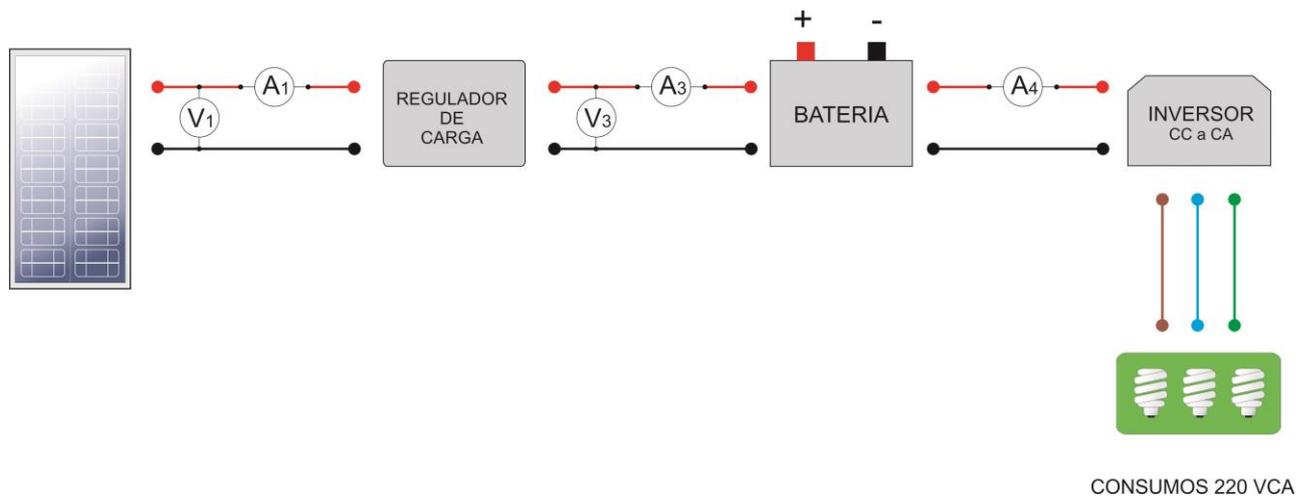
Comparar los consumos de las distintas fuentes de luz según su composición.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV.
- Módulo RGS.
- Módulo BT.
- Módulo IV.
- Módulo LM220
- Cables de conexión

**Procedimiento:**

1) Realizar el siguiente circuito



2) Encender las lámparas de a una a la vez, y tomar los valores de consumo individual de corriente continua observando el amperímetro A4.

Lámpara N°1 = \_\_\_\_\_ A

Lámpara N°2 = \_\_\_\_\_ A

Lámpara N°3 = \_\_\_\_\_ A

Corriente total = \_\_\_\_\_ A

3 ) En el TP N°14 se calculó la potencia total de las 3 lámparas mediante la suma total de la corriente que arrojaba el instrumento.

En este caso se propone encontrar la potencia parcial de cada una, con los valores de intensidad de corriente anotados en el ítem anterior, calcule la potencia de cada lámpara.

**Potencia Lámpara N°1 = 12V x \_\_\_\_ A = \_\_\_\_ W**

**Potencia Lámpara N°2 = 12V x \_\_\_\_ A = \_\_\_\_ W**

**Potencia Lámpara N°3 = 12V x \_\_\_\_ A = \_\_\_\_ W**

Nota: las lámparas son de 220Vca, pero el instrumento mide corriente continua, por tal motivo se adopta una tensión de 12Vcc. Para obtener una mayor precisión, utilizar la tensión actual de la batería.

¿La intensidad lumínica concuerda con la intensidad de corriente?

Elaborar conclusiones.

**TP N°16: INVERSOR - Comparativa de consumos Lámparas en 220Vca vs lámparas en 12Vcc**

**Objetivo:**

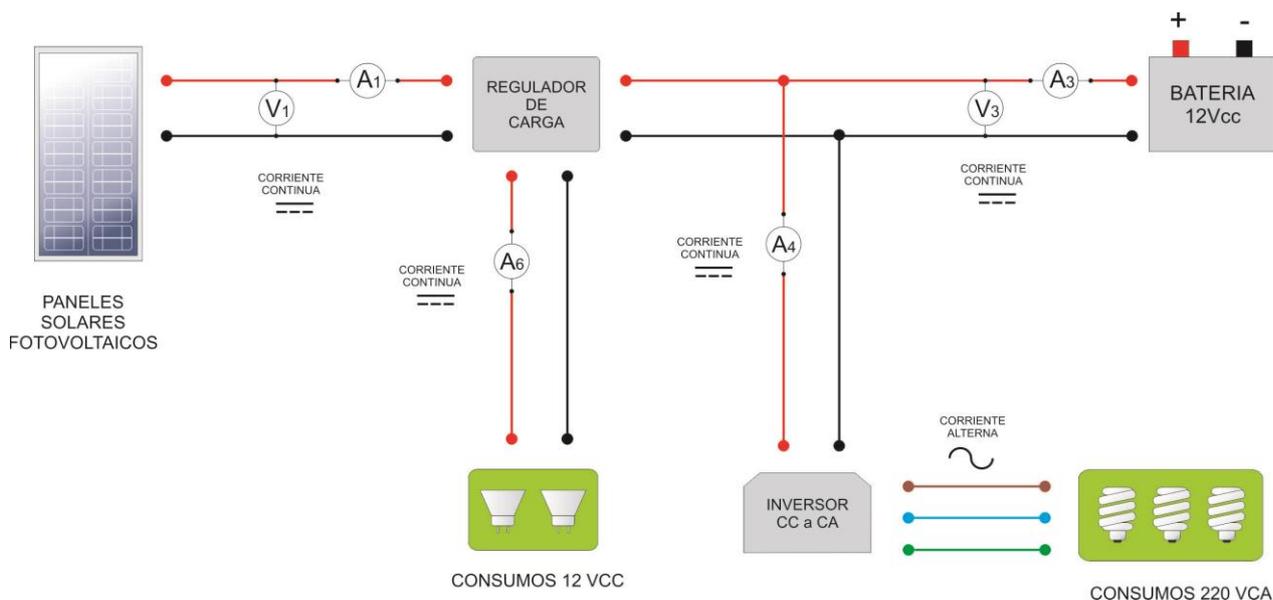
Comparar el consumo que utilizan las lámparas de 220 Vca con el consumo de las lámparas de 12 Vcc.

**Elementos necesarios:**

- Módulo ASI220
- Módulo ASFV.
- Módulo RGS.
- Módulo BT.
- Módulo IV.
- Módulo LM220
- Cables conexión

**Procedimiento:**

1) Realizar el siguiente circuito



**2) Consumos lámparas 220 Vca**

Encender las lámparas del módulo LM220 de una a la vez, y tomar los valores de consumo individual de corriente en 12 Vcc observando el amperímetro A4

- Lámpara N°1 = \_\_\_\_\_ A.  
 Lámpara N°2 = \_\_\_\_\_ A.  
 Lámpara N°3 = \_\_\_\_\_ A.  
 Corriente Total = \_\_\_\_\_ A.  
 Potencia Total = \_\_\_\_\_ W.

### 3) Consumos lámparas 12 Vcc

Encender las lámparas del módulo LM12 de una a la vez, y tomar los valores de consumo individual de corriente en 12 Vcc observando el amperímetro A6.

Lámpara N°1 = \_\_\_\_\_ A.

Lámpara N°2 = \_\_\_\_\_ A.

Corriente Total = \_\_\_\_\_ A.

Potencia Total = \_\_\_\_\_ W.

- ¿Cuál genera un mayor gasto de energía? Tener en cuenta la intensidad lumínica de las lámparas.
- Elaborar conclusiones



## **9. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**



## INTRODUCCIÓN

El plan de mantenimiento de un sistema fotovoltaico debe contemplar inspecciones periódicas, así como el registro e historial de las mediciones hechas en las mismas. Este plan debe dar prioridad a los componentes más susceptibles de sufrir deterioro. La frecuencia de las inspecciones estará dictada por las condiciones de uso, la antigüedad del sistema, los problemas potenciales que se hayan identificado, o por situaciones fortuitas (tormentas o períodos de baja insolación).

Este documento detalla los procedimientos a seguir para evaluar si los sistemas fotovoltaicos instalados funcionan correctamente y para corregir aquellos inconvenientes que se hubieran producido durante el uso.

## DEFINICIONES

A continuación se muestran las definiciones de los términos utilizados en este manual.

Radiación solar	Energía proveniente del sol en forma de luz visible, ultravioleta e infrarroja. La unidad de la radiación solar es $W/m^2$ .
Módulos fotovoltaicos	Dispositivos que transforman la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.
Estructuras soporte	Dispositivos que mantienen a los módulos fotovoltaicos orientados e inclinados para optimizar la captación de radiación solar.
Baterías	Dispositivos químicos que almacenan energía eléctrica de corriente continua.
Reguladores de Carga	Dispositivos que protegen las baterías contra sobre carga y sobre descarga.
Inversores	Dispositivos que transforman la corriente continua en corriente alterna de 220 V
Consumos	Dispositivos que consumen energía eléctrica. Puede haber consumos de corriente continua o de corriente alterna de 220 V.
Sistemas Fotovoltaicos	Conjunto de dispositivos formado por: módulos fotovoltaicos, estructuras soporte, baterías, reguladores de carga e inversores, interconectados entre sí. Los sistemas fotovoltaicos alimentan eléctricamente a los consumos
Inclinación	Angulo formado por los módulos fotovoltaicos y el suelo.
Orientación	Angulo formado por el frente de los módulos fotovoltaicos y el norte geográfico.

## CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN

Las visitas para el mantenimiento de los sistemas deberían realizarse en forma preventiva lo mas periódicamente factible (como mínimo 4 veces por año),y lo antes posible cuando se produzca un inconveniente que no pueda ser reparado por el usuario.

## PRECAUCIONES

Hay que tener extrema precaución cuando se trabaja con los sistemas fotovoltaicos, dado que los módulos fotovoltaicos producen energía eléctrica cuando están expuestos a la radiación solar y un cortocircuito en las baterías trae aparejado la producción de una corriente muy alta.

Aún cuando la tensión de trabajo sea baja, los módulos fotovoltaicos y/o las baterías pueden producir daños importantes. Una buena precaución es cubrir los módulos con un material opaco antes de comenzar a trabajar con el sistema.

## MATERIALES

En cada visita es necesario contar con:

- Documentación del sistema y de cada componente
- Papel
- Lápiz
- Instrumental de medición
- Herramientas varias
- Soldador
- Estaño
- Brújula
- Detergente neutro
- Trapos secos
- Fuente de tensión regulada
- Repuestos de equipos (módulos fotovoltaicos, reguladores, inversores, fusibles, etc.)
- Cables de distintas secciones y tipos
- Kit de primeros auxilios
- Guantes
- Antiparras Bicarbonato de Sodio
- Densímetro
- Agua destilada

## DOCUMENTACIÓN

Es indispensable que todas las operaciones y tareas de mantenimiento sean documentadas con el fin de efectuar un seguimiento del funcionamiento de cada uno de los componentes de los sistemas.

Esta documentación será necesaria presentar en el momento de solicitar la aplicación de las garantías de los distintos componentes fotovoltaicos.

## PROCEDIMIENTO DE INSPECCION

Los sistemas fotovoltaicos están generalmente compuestos por los siguientes componentes.

- Módulos Fotovoltaicos
- Estructuras soporte
- Cajas de conexionado externo
- Tableros
- Reguladores de carga
- Baterías
- Inversores
- Cableado
- Consumos

La inspección deberá efectuarse sobre todos aquellos componentes que tiene el sistema.

Si la inspección se realiza en forma detallada podrá detectarse el deterioro prematuro de los componentes expuestos a los rigores del clima (temperatura, radiación ultravioleta, lluvia, granizo, etc.), el ataque de los roedores, la oxidación o el aflojamiento de la tornillería usada para conectar cables o amarrar sostenes.

Si el sistema tiene algún tipo de medidor (voltímetro, amperímetro o medidor de Ah) o simplemente luces indicadoras, la inspección visual de los mismos dará una rápida evaluación del funcionamiento del sistema.

Al final de este documento se presenta una Planilla de Problemas y Acciones Correctivas que frente a alguna falla detectada se indica la posible causa de la misma y las acciones que permitirían su reparación.

### Módulos fotovoltaicos

Hacer una inspección visual de los módulos y de su conexionado.

Tomar nota de la ubicación de los módulos deteriorados. Identificar cada módulo roto y reemplazarlo por uno en buen estado de funcionamiento.

En caso necesario, lavar los módulos, utilizando un trapo suave, agua y detergente. No utilizar cepillos, detergentes agresivos, ni ningún tipo de solvente.

Verificar, bajo insolación y ausencia de sombras, que los módulos fotovoltaicos cargan las baterías siempre que estas no estén totalmente cargadas. En caso contrario hay algún problema en los módulos, el conexionado o el regulador de carga.

En caso contrario, desconectar los módulos fotovoltaicos del regulador y verificar el funcionamiento de los módulos en forma grupal o individual midiendo la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de los mismos. Los folletos de los módulos indican los valores de las características eléctricas de los mismos.

En caso de encontrar uno o más módulos con problemas reemplazarlos por nuevos.

## **Estructuras Soporte**

Reparar o reemplazar cualquier soporte torcido o corroído.

Verificar que no se produzcan sombras sobre los módulos. Quitar cualquier obstáculo que pueda producir las sombras en los módulos desde las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde.

Verificar que todos los módulos están orientados en una misma dirección, la cual debe ser perpendicular a la línea que une todos los caños verticales. En caso contrario, reorientarlos.

Verificar la correcta inclinación de los todos módulos fotovoltaicos respecto de la horizontal. La óptima inclinación corresponde al ángulo óptimo correspondiente.

## **Regulador de carga**

Verificar que el lugar donde se encuentra instalado el regulador permanezca ventilado y seco. Los reguladores no están preparados para ser instalados a la intemperie.

Leer previamente y con detenimiento el manual del regulador de carga. Verificar el buen funcionamiento de la señalización que presenta el regulador

Si existe un problema en la carga de las baterías y se sospecha que es a causa de un mal funcionamiento del regulador de carga, verificar que los valores de tensión de corte por alta y corte por baja son los adecuados. Esta tarea debe efectuarse retirando el regulador del sistema y verificando los valores de control en laboratorio mediante una fuente de tensión regulada.

Si es necesario desconectar o recablear un regulador, esté seguro de seguir las instrucciones recomendadas para la secuencia de desconexión y reconexión. Apartamientos de estos procedimientos puede conducir al daño del regulador o de otros equipos o consumos.

## **Cableado**

Utilizar un voltímetro para chequear fusibles y llaves de circuitos.

Si la continuidad del sistema de tierra ha sido alterada corregirla inmediatamente.

Inspeccionar visualmente el conexionado. Para ello, abrir las cajas de conexión y mirar dentro. Observar si hay cables, terminales o conexiones rotas o corroídas. En caso de haberse producido esto último solucionar el inconveniente inmediatamente.

## Tableros

Verificar que los fusibles en los tableros no estén quemados o cortados. En caso necesario reemplazarlos con nuevos de igual características físicas y eléctricas que el de los originales.

Que observar que el cableado interno no se haya deteriorado o aflojado. En caso necesario, efectuar todas las tareas para llevarlos a su correcto estado de instalación.

## Baterías

*Sea muy cuidadoso cuando trabaja con baterías!.*

Aún a bajos voltajes, un banco de baterías puede descargar cantidades de corriente letales. Usar siempre protección en sus ojos y utilice guantes en sus manos. Cuando una batería se sobrecarga desprende hidrógeno, que es un gas muy explosivo. Mantener cigarrillos, chispas o llamas alejadas de las baterías.

Evitar usar anillos, cadenas metálicas o un reloj pulsera con malla metálica mientras trabaja. A veces la reacción incontrolada que provoca un cortocircuito inesperado puede causar un accidente imprevisible.

Verificar que las baterías estén correctamente ventiladas en un lugar limpio y seco.

Antes de trabajar con las mismas y al final de la inspección limpiar la parte exterior de las baterías con agua y bicarbonato de sodio. Enjuagar y secar con trapo limpio y seco.

Mantener a mano una abundante cantidad de bicarbonato de soda para neutralizar el ácido del electrolito y de agua para enjuagarse.

**Si ácido alcanza los ojos, lavarlos inmediatamente con agua durante al menos 10 minutos y dirigirse inmediatamente a un centro asistencial. Si el ácido cae en la piel neutralizarlo inmediatamente con agua y bicarbonato de sodio.**

***Cuidado: NO DEBE INGRESAR LA SOLUCION DE BICARBONATO DE SODIO DENTRO DE LAS BATERIAS.***

Retirar los tapones de las baterías, chequear el nivel del electrolito de cada vaso. Si el nivel está 3 cm por debajo de la tapa adicionar agua destilada hasta que alcance ese nivel, sin superarlo demasiado pues diluye mucho la solución.

Una excesiva cantidad de electrolito acelera su expulsión al exterior, lo que se traduce en una pérdida del ácido. Al agregar agua destilada la densidad del electrolito cambia, de manera que es aconsejable dejar pasar un período de carga antes de volver a medir la densidad. Vigile la velocidad de pérdida del electrolito. Si todas las baterías bajan rápidamente el nivel del electrolito, el sistema de carga está forzando una gasificación excesiva.

Una carga de ecualización es una sobrecarga intencional que permite emparejar el estado de carga de las baterías. Esto debería realizarse con el fin de evitar que aquellas baterías con estado de carga bajo limiten el comportamiento general del banco.

Realizar la ecualización del banco de baterías si se produce alguna de estas situaciones:

- se incorpora una nueva batería al banco
- el sistema estuvo descargado por mas de un mes
- las baterías presentan densidades muy desparejas
- las baterías presentan tensiones muy desparejas

Para efectuar la carga de ecualización forzar la conexión de los módulos fotovoltaicos o recargarlas con un sistema auxiliar hasta que:

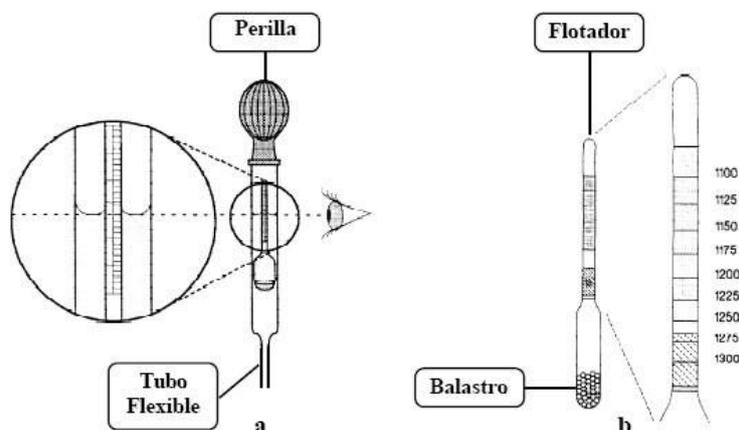
- los voltajes de las celdas se hayan emparejado
- las baterías estén completamente cargadas (situación indicada por la densidad o tensión)

En el caso del banco de baterías la inspección visual deberá determinar si hay pérdidas excesivas del electrolito. Estas se manifiestan como depósitos en el contacto positivo, presencia de residuos ácidos o en el deterioro de la base de sostén.

En cada visita, o con mayor frecuencia si se nota algún problema, deberá medirse (en baterías abiertas) la densidad del electrolito en cada una de las celdas de cada batería y registrar los resultados. La comparación de los resultados con medidas hechas con anterioridad permitirá detectar el comienzo de problemas en una determinada celda. Bruscas variaciones en la densidad o el nivel del electrolito, ayudan a determinar el envejecimiento de una batería o el uso incorrecto del sistema fotovoltaico.

La mejor manera de organizar el registro de los valores de la densidad del electrolito es usar una combinación de dos números (o un número y una letra), para identificar cada celda y su correspondiente batería. Por ejemplo, las combinaciones 1-3 o 1-C, identificarán la tercera celda de la batería número 1. Un esquema del banco de baterías, conteniendo esta información, le permitirá asociar la locación de cada batería y la de cada celda dentro de la misma.

La medición de la densidad del electrolito en una celda se lleva a cabo con un densímetro. La siguiente figura ilustra este aparato de medida.



El bulbo del flotador tiene un balastro de peso fijo, el que termina en un tubo que tiene impresa una escala (Figura b).

El flotador está colocado dentro de un tubo de vidrio de mayor diámetro. Uno de sus extremos tiene una perilla de goma; el opuesto un tubo flexible del mismo material, de diámetro reducido, el que puede introducirse dentro de la celda a medir (Figura a). Oprimiendo la perilla de goma se desplaza el aire dentro de la misma, produciéndose un vacío que permite llenar el tubo de prueba con electrolito de la celda cuando ésta se infla nuevamente.

Dependiendo de la densidad del electrolito, la sección de la escala que emerge de la superficie del líquido tendrá una longitud variable. La lectura de la escala debe hacerse como lo ilustra la Figura a, tomando en consideración el nivel del líquido en la parte media, lo que permite determinar el valor de la densidad del electrolito con un mínimo de error.

La medición de la densidad debe hacerse con una batería en reposo, sin llenar excesivamente el tubo de prueba, lo que evitaría la libre flotación del bulbo de medida. Para equilibrar la temperatura del densímetro, al medir la primer celda (densímetro frío), es conveniente llenar y vaciar el tubo de prueba, lentamente, unas tres veces. Para evitar que el flotador se adhiera a la pared del tubo de prueba golpear suavemente la pared exterior del densímetro con los dedos.

La escala tiene graduaciones con valores entre 1000 y 1300. Estos valores representan el número de veces que la densidad del electrolito supera la del mismo volumen de agua. Para facilitar la impresión, la escala no muestra la coma decimal. Un valor de densidad 1.2 veces mayor que la del agua aparece como 1200. Esta manera de presentar las cantidades, por consistencia, continúa al darse los valores de corrección por temperatura, de manera que el valor +0.020 aparece como +0020.

El valor de la densidad permite determinar el estado de carga de la batería. La siguiente tabla muestra la relación entre la densidad del electrolito y su estado de carga.

Estado de Carga (%)	Densidad del Electrolito	Voltaje a Circuito Abierto (V)
100	1260	12.6
75	1220	12.4
50	1185	12.2
25	1150	11.9
Descargada	1120	11.0 o menor

Cuando la batería ha sido cargada, el valor de la densidad del electrolito no debe diferir más de 0020 entre celdas. Si la densidad de una celda, respecto al resto de ellas en una batería, está 0020 o más unidades por debajo, ésta debe considerarse con problema. Controlar el nivel del electrolito y su densidad con mayor frecuencia.

**IMPORTANTE:** *Tener presente que todos los valores dados anteriormente son aproximados pues la densidad del electrolito depende de su temperatura.*

## **Inversores**

Recordar que el voltaje de salida del inversor puede causar la muerte por electrocución.

Verificar que el inversor trabaje en un lugar fresco, seco y limpio y que no existan obstrucciones a su refrigeración.

Verificar la operación del inversor. Consultar el manual de operación del inversor y observar la señalización que indica su estado de operación y condición.

Verificar que no haya cables rotos, corroídos o conexiones defectuosas. En caso contrario, corregir los inconvenientes.

## **Consumos**

Medir la corriente de los consumos para asegurarse que no se han agregado consumos no previstos o que son de características no compatibles con los sistemas fotovoltaicos (planchas, heladeras, ventiladores, freezers u otro equipo de alto consumo)

Asegurarse de que las potencias y tiempo de funcionamiento de los consumos son aproximadamente iguales a las consideradas en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico instalado. En caso contrario, modificar los consumos o rediseñar el sistema fotovoltaico.

En caso de encontrarse con luminarias que no encienden o encienden defectuosamente, retirarlas de los artefactos y reemplazarlas.

**PLANILLA DE PROBLEMAS Y ACCIONES CORRECTIVAS**

<b>MODULOS FOTOVOLTAICOS</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Módulos mal orientados	Bulonería desajustada	Orientar correctamente. Ajustar bulonería.
Módulos mal inclinados	Bulonería desajustada	Inclinar correctamente. Ajustar bulonería.
Vidrio roto	Impacto muy fuerte sobre el vidrio	Reemplazar el módulo
Baja corriente de salida	Módulos mal orientados	Orientar correctamente. Ajustar bulonería.
	Módulos mal inclinados	Inclinar correctamente. Ajustar bulonería.
	Sombras sobre el módulo	Quitar objetos que producen sombras
	Vidrio sucio	Limpiar el vidrio del módulo
	Vidrio roto	Reemplazar el módulo
	Módulo muy viejo	Reemplazar el módulo
Baja tensión de salida o sin tensión cuando incide radiación solar	Módulo dañado	Reemplazar el módulo
Módulo faltante	Extracción del módulo	Colocar un nuevo módulo

<b>ESTRUCTURAS SOPORTE</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Módulos mal orientados	Bulonería desajustada	Orientar correctamente. Ajustar bulonería.
Módulos mal inclinados	Bulonería desajustada	Inclinar correctamente. Ajustar bulonería.
Estructura corroída	Pérdida de galvanizado	Reemplazar partes sin galvanizado.
Falta de algunas partes	Extracción de la falta faltante	Completar la estructura

<b>REGULADORES</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Señalización funciona incorrectamente	Deterioro del regulador	Arreglar o reemplazar el regulador.
Corte por alta descalibrado	Descalibración o falla del regulador	Recalibrar la tensión de corte por alta o cambiar el regulador. Agregar agua destilada
Fusible de salida quemado	Alta corriente de consumo	Reducir la corriente de entrada. Reemplazar el fusible.
Fet del corte por baja quemado (interno)	Cortocircuito en el consumo	Eliminar cortocircuito. Reparar o reemplazar el regulador.
Fet del corte por alta quemado (interno)	Alta corriente de entrada	Reducir la corriente de entrada. Reparar o reemplazar el regulador.

<b>BATERIAS</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Bajo nivel de electrolito	Alta temperatura	Mejorar la ventilación. Agregar agua destilada
	Descalibración o falla del regulador	Recalibrar tensión de corte por alta o cambiar el regulador. Agregar agua destilada
Bornes sulfatados	Falta de vaselina	Limpiar los bornes y agregarle vaselina
	Rotura de caja de batería	Reemplazar batería
No aceptan carga	Batería dañada	Efectuar una carga a fondo con una corriente no supere los 20 A por cada serie de baterías. En este proceso de carga la temperatura de cada celda no debe superar los 55°C. Si el problema persiste, cambiar la batería
Tensión de salida extremadamente bajo	Placas sulfatadas	Efectuar una carga a fondo con una corriente no supere los 20 A por cada serie de baterías. En este proceso de carga la temperatura de cada celda no debe superar los 55°C. Si el problema persiste, cambiar la batería
	Placas en cortocircuito	Reemplazar la batería
Electrolito descoloreado o con olor	Electrolito contaminado	Reemplazar la batería

<b>INVERSOR</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Falta de tensión de salida	Inversor apagado	Encender el inversor
	Fusible quemado por alta corriente de consumo	Reducir la corriente de salida. Reemplazar el fusible.
	Alta temperatura	Ventilar correctamente el inversor.
	Baja tensión de batería	Ver inconvenientes con baterías.
	Deterioro del inversor	Reparar o reemplazar el inversor.
Señalización funciona incorrectamente	Deterioro del inversor	Reparar o reemplazar el inversor.

<b>CONEXIONES</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Altas caídas de tensión en cables	Altos consumos	Reducir los consumos.
	Baja sección de los cables	Aumentar la sección de los cables.
	Bornes flojos	Ajustar bornes
Cables corroídos	Roedores o acción del hombre	Cambiar los cables. Tratar de evitar que se vuelva a producir esta situación.
Cables en cortocircuito	Varias	Eliminar cortocircuitos.

<b>CONSUMOS</b>		
<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>	<b>Acción Correctiva</b>
Luminarias no encienden	Luminarias apagadas	Encender luminarias.
	Baja tensión de baterías	Ver inconvenientes con baterías.
	Luminarias quemadas por alta tensión de baterías	Ver inconvenientes con regulador.
	Luminarias agotadas por envejecimiento	Reemplazar las luminarias.
	Desconexión de cables	Reconectar los cables correctamente.
	Fusibles quemados	Establecer porque se quemaron los fusibles. Resolver el problema y reemplazar los fusibles.
	Llaves térmicas saltadas	Establecer porque saltaron las llaves térmicas. Resolver el problema y activar las llaves térmicas.
Consumos en 220 V no encienden	Consumos apagados	Encender los consumos
	Inversor sin salida de corriente	Ver inconvenientes con el inversor.
	Desconexión de cables	Conectar los cables correctamente.
	Fusibles quemados	Establecer porque se quemaron los fusibles. Resolver el problema y reemplazar los fusibles.
	Llaves térmicas saltadas	Establecer porque saltaron las llaves térmicas. Resolver el problema y activar las llaves térmicas.
	Disyuntor diferencial saltado	Establecer porque saltó el disyuntor diferencial. Resolver el problema y activar el disyuntor diferencial.



## 10. DATOS TECNICOS



	<i>FICHA TECNICA</i>		<i>LINEA SOL</i>
	<i>TABLERO DE ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA</i>		
<b>ESPECIFICACION DE COMPONENTES</b>			
<i>REGULADOR ELECTRONICO DE CARGA</i>			
Alimentación eléctrica y características	<i>Datos</i>		<i>Descripción</i>
	Voltaje del sistema	12 / 24 V reconocimiento automático	
	Corriente Max.	10 A (corriente de carga máxima)	
	Carga principal	14.4/28.8 V (25 °C), 30 min. (diarios)	
	Corte por baja	Batería LiFePO4: 11.5/23.0 V por voltaje	
	Nivel de reconexión	12.8/25.6 V	
	Protección sobrevoltaje	15.5/31.0 V	
	Voltaje máximo FV	30 V en sistemas 12 V	
<i>INVERSOR ELECTRONICO</i>			
Alimentación eléctrica	Tensión de entrada	12 VCC	
	Tensión de salida	220 VAC - 50 Hz	
	Potencia constante	150 W	
	Consumo propio	< 0.3 A	
Alarmas	Por baja carga	10,5 ± 0,5 V	
	Por batería baja	10 ± 0,5 V	
	Por batería alta	15,5 ± 0,5 V	
	Por corte térmico	60°C ± 5°C	
<i>REOSTATO</i>			
Valores	Potencia	140 W	
	Valor de resistencia	100 Ohm	
<i>RESISTENCIAS</i>			
Valores	Potencia	15 W	
	Valor de resistencia	12 Ohm	
<i>BATERIA</i>			
Valores	Tensión nominal	12 VCC	
	ICC	1200 A (Corriente de cortocircuito)	
	Tiempo de uso	35 Hs	

	<i>FICHA TECNICA</i>		<i>LINEA SOL</i>
	<i>TABLERO DE ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA</i>		
<b>ESPECIFICACION DE COMPONENTES</b>			
<i>PANEL FOTVOLTAICO</i>			
Valores	<i>Datos</i>		<i>Descripción</i>
	Tensión a PN		15.88 V
	Corriente a PN		2.84 A
	Potencia Nominal (PN)		45.0 W
	Tensión a circuito abierto		18,75 V
	ICC		3.01 A (Corriente de cortocircuito)
	Longitud de cable		15 metros de cable tipo Sintenax
Estructura Carro móvil 3 paneles	Tipo	En hierro reforzado con pintura epoxi horneada de alta resistencia	
	CARR-3PFV-SOL	Con paneles en posición vertical: Alto: 1,50m x Largo: 0,87m x Ancho:0,60m Con paneles en posición horizontal(reposo): Alto: 1,05m x Largo: 0,87m x Ancho:1,05m	
Estructura Un panel individual	Tipo	En hierro reforzado con pintura epoxi horneada de alta resistencia	
	EST-1PFV-SOL	Medidas: 0,87m x 0,34m	