

CURSO DE INSTALACION DE ENERGIA SOLAR

Fotovoltaica (Electricidad solar)



INDICE:

- 1) ¿Qué es un sistema de generación eléctrica solar?**
- 2) Ventajas fundamentales de la electricidad solar.**
- 3) Principales aplicaciones.**
- 4) Componentes del sistema.**
- 5) Tipos de paneles solares.**
- 6) Paneles instalados.**
- 7) Especificaciones de los paneles.**
- 8) ¿Qué características tiene un buen panel solar?**
- 9) Dimensión de paneles.**
- 10) Tensión y corriente.**
 - a. Circuito básico.
 - b. Conexión en serie.
 - c. Conexión en paralelo.
 - d. Serie vs Paralelo.
 - e. Conclusión.

- 11) Potencia.**
- 12) Calculo de energía.**
- 13) Efecto de la intensidad de radiación solar.**
- 14) Efecto de la temperatura.**
- 15) Combinaciones de celdas y curvas resultantes.**
- 16) Potencia x10 vs Horario, esquema.**
- 17) Baterías.**
 - a. Panel directo a carga CC (sin batería)
 - b. Panel a baterías.
 - c. Panel con baterías y carga CC.
 - d. Sistema completo con CC e inversor a CA.
- 18) Banco de baterías.**
- 19) Banco de baterías vs Horario.**
- 20) Carga vs demanda y horario.**
- 21) Baterías recomendadas.**
- 22) Datos necesarios para dimensionar el sistema.**
 - a. Horas de utilización.
 - b. Autonomía requerida.
 - c. Paneles necesarios.
 - d. Conexión y sección cable.
 - e. Cableado.
 - f. Tabla sección de cable.

- g. Ubicación y orientación de los módulos.
- h. Distancia de esparcimiento por sobra.
- i. Orientación geográfica.
- j. Ubicación del equipamiento.

23) Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.

24) Mantenimiento de las baterías.

25) Conversores.

26) Resumen.

1) ¿QUE ES UN SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA SOLAR?

Es una fuente de energía que a través de la utilización de celdas fotovoltaicas convierte en forma directa la energía lumínica en electricidad.

2) VENTAJAS FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD SOLAR.

- No consume combustible
- No produce polución ni contaminación ambiental
- Es silencioso
- Tiene una vida útil superior a 20 años
- Resistentes a condiciones climáticas extremas (Granizo, viento, temperatura y humedad)
- No posee partes mecánicas, por lo que no requiere mantenimiento (a excepción de la limpieza de los paneles solares)
- Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos
- \$ Se ahorra MUCHO dinero \$

3) PRINCIPALES APLICACIONES

Generalmente es utilizado en zonas excluidas de la red de distribución eléctrica, pudiendo trabajar en forma independiente o combinada con sistemas de generación eléctrica convencional. Sus principales aplicaciones son:

- Electrificación de inmuebles rurales: luz, TV, telefonía, comunicaciones, bombas de agua
- Electrificación de alambrados
- Alumbrado exterior
- Balizado y Señalización
- Náutica, Casas Rodantes, etc.
- Alimentar sistemas de Cámaras o alarmas

4) COMPONENTES DEL SISTEMA

- Corriente continua 12V:
- Paneles o módulos de celdas fotovoltaicas
- El soporte para los mismos
- Regulador de carga de baterías y el Banco de baterías
- Corriente alterna 110/220V:

Es necesario instalar además entre las baterías y el consumo un Inversor de corriente de capacidad adecuada (el Inversor convierte la corriente continua o DC del módulo o generador solar en corriente alterna o AC. Dicha corriente alterna es utilizada típicamente por la mayoría de los equipos eléctricos domésticos).

PANELES



INVERTER



BATERIAS

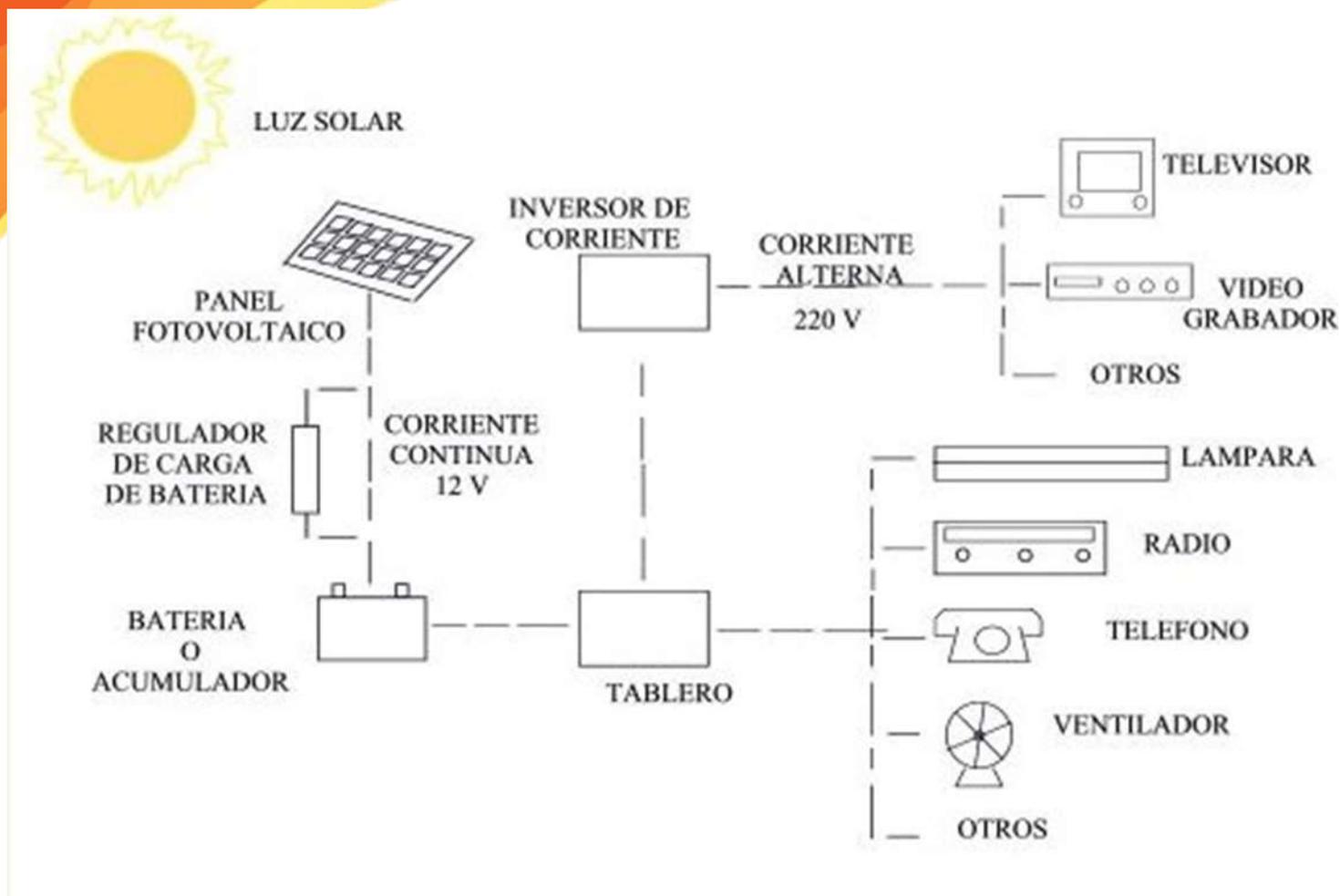


SOPORTES



CONECTORES MC4



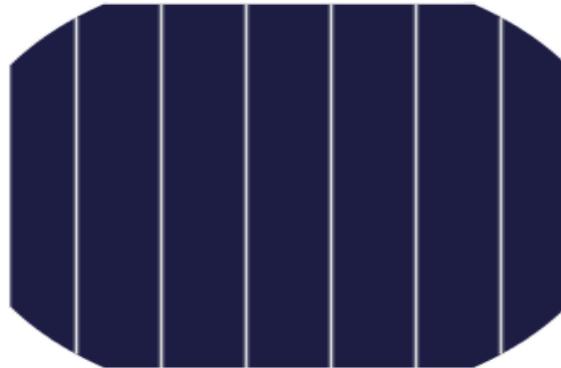


5) TIPOS DE PANELES SOLARES

Existen tres tipos de celdas; dependiendo su diferenciación según el método de fabricación:

- **Silicio Monocristalino:**
 - Estas celdas se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio Monocristalino producidas en hornos especiales.

- Las celdas se obtienen por cortado de las barras en forma de obleas cuadradas delgadas (0,4-0,5 mm de espesor).
- Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%.



MONOCRISTALINO

- **Silicio Policristalino:**

- Estas celdas se obtienen a partir de **bloques de silicio** obtenidos por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales.
- En los moldes el silicio se enfría lentamente, solidificándose.
- En este proceso, los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales.
- Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es un 10% menor a las de silicio Monocristalino.



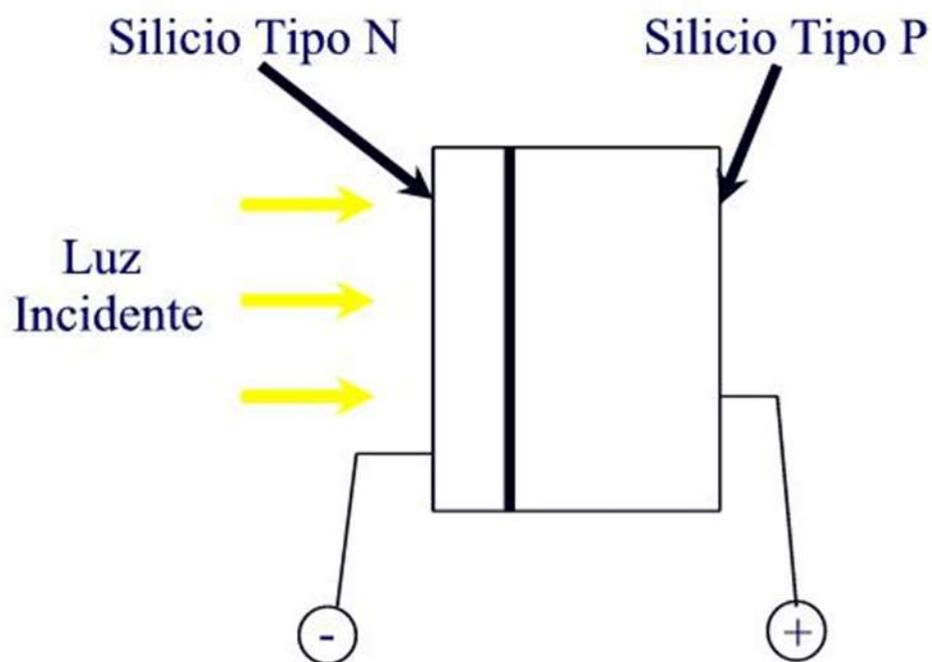
POLICRISTALINO

- **Silicio Amorfo:**
 - Estas celdas se obtienen mediante la deposición de capas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal.
 - Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad varía entre un 5 y un 7%.



AMORFO

CELDA SOLAR, ESQUEMA



A LA VISTA



Los distintos tonos de cristales de silicio son perfectamente visibles en las células policristalinas, que se distinguen bien de las monocristalinas (a la izquierda)

6) PANELES INSTALADOS



7) ESPECIFICACIONES DE LOS PANELES

- Está compuesto por 30, 32, 33 ,36 o más celdas en serie, según el requerimiento.
- La tensión de cada celda es de aproximadamente 0,5 V y la tensión nominal del panel será la sumatoria de la cantidad de celdas que lo componen.
- El módulo tiene un marco que se compone de aluminio o de poliuretano y cajas de conexiones a las cuales llegan las terminales positivo y negativo de la serie de celdas.
- En las borneras de las cajas se conectan los cables que vinculan el módulo al sistema.

8) ¿QUE CARACTERISTICAS TIENE UN BUEN PANEL SOLAR?

- **Características eléctricas operativas**
 - Aislación eléctrica (a 3000 Volt de C.C.)
 - Aspectos físicos, detalles de terminación, etc.
 - Resistencia al impacto
 - Resistencia a la tracción de las conexiones
- Características eléctricas operativas
- Aislación eléctrica (a 3000 Volt de C.C.)
- Aspectos físicos, detalles de terminación, etc.
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la tracción de las conexiones

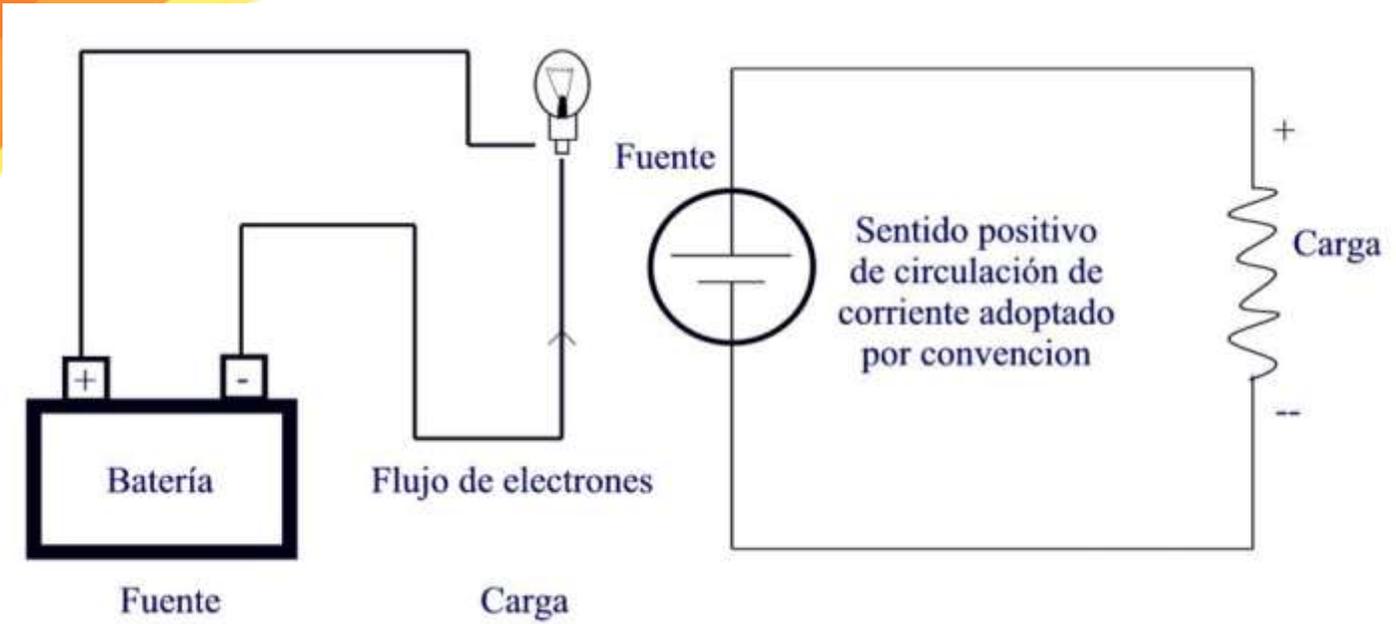
9) DIMENSIONES DE LOS PANELES

- **Pot: 45W ; VN: 12V ; 660x540x25 ; 4,23kg; Policristalino**
- **Pot: 85W ; VN: 12V ; 910x660x25 ; 6,65kg; Policristalino**
- **Pot: 145W ; VN: 12V ; 1470x680x25 ; 10,8kg; Policristalino**
- **Pot: 260W ; VN: 24V ; 1640x990x35 ; 18,5kg; Policristalino**
- **Pot: 330W; VN: 24V; 1960x990x40; 25,5kg. Monocristalino**

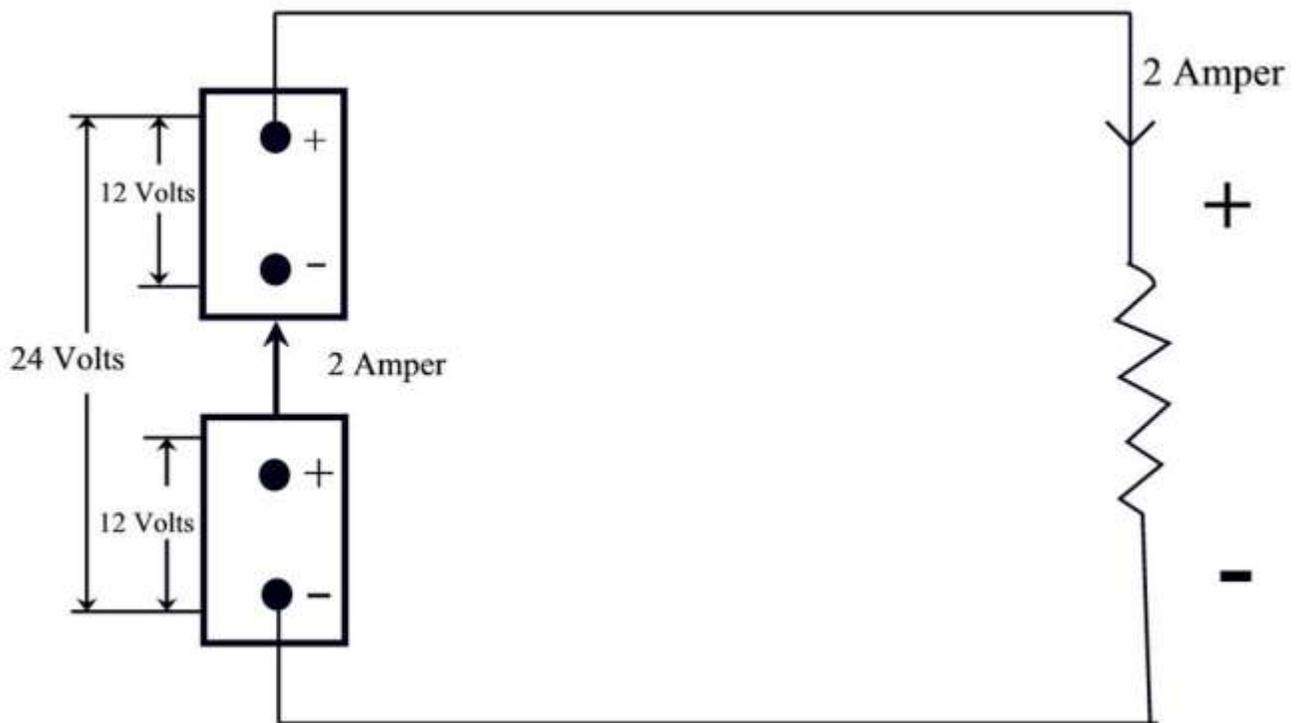
10) TENSION Y CORRIENTE

La electricidad es el flujo de partículas cargadas (electrones) que circulan a través de materiales conductores (por ejemplo cables o barras de cobre). Estas partículas ganan energía en una **fuentes** (generador, módulo fotovoltaico, batería, etc) y transfieren esta energía a una **carga** (lámpara, motor, equipo de comunicaciones, etc.) y luego retornan a la fuente para repetir el ciclo.

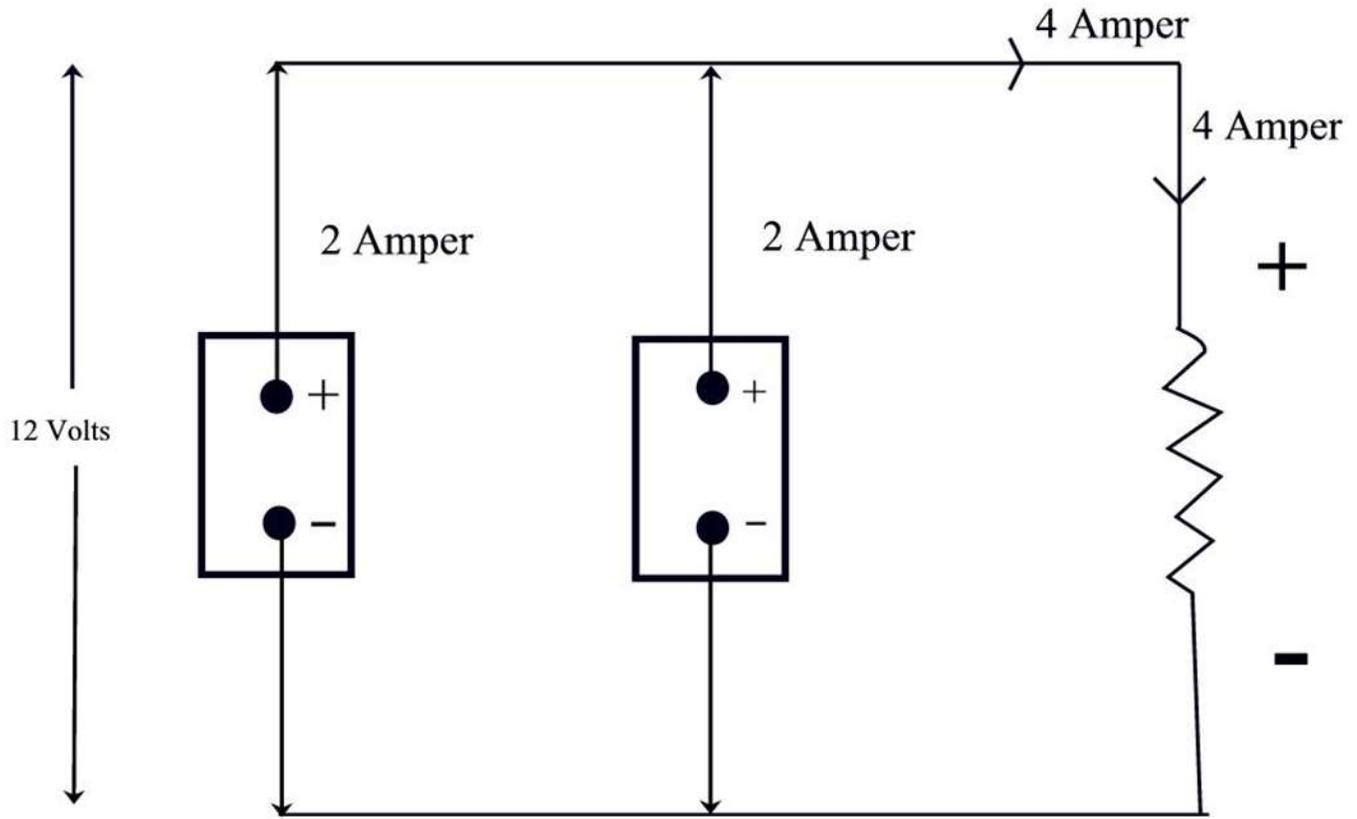
a. Circuito básico.



b. Conexión en serie



c. Conexión en paralelo



d. Serie vs Paralelo

- En un circuito Serie, se suma la tensión, mientras que la corriente es la misma
- En un circuito Paralelo, la tensión es la misma, mientras que la corriente se suma.

e. Conclusión

Es la energía suministrada en la unidad de tiempo

$$P=V \times I$$

Donde:

P es la potencia medida en Watts

V es la tensión aplicada medida en Volts

I es la corriente que circula medida en Amperes.

Si se analizan los casos vistos en la conexión serie y en la conexión paralela se observa que ambos manejan idénticos valores de potencia:

$$24 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 48 \text{ W}$$

$$12 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 48 \text{ W}$$

Una misma potencia eléctrica podrá estar en forma de alta tensión y baja corriente o baja tensión y alta corriente. Cada aplicación determinará la mejor elección.

11) POTENCIA

- La resistencia de un conductor eléctrico (un cable de cobre, por ejemplo) es una propiedad que depende de las características intrínsecas del material del conductor y de su geometría. Dicho en otros términos la resistencia de un conductor varía en relación directa a su resistividad y a su longitud y en relación inversa a su sección.

Se cumple que: $V = R \times I$

Donde:

"V" es la tensión del sistema en Volts

"I" es la corriente que se transmite en Amperes

"R" es la resistencia del elemento conductor en Ohms.

- Esta expresión constituye la Ley de Ohms e indica que la tensión aplicada es proporcional a la resistencia y a la corriente que circula por el circuito, Por lo tanto la pérdida de potencia será proporcional a la resistencia del conductor y al cuadrado de la corriente que circula por él.
 - En los sistemas fotovoltaicos que trabajan a tensiones bajas, interesa conocer qué caída de tensión se producirá al recorrer la corriente requerida, un conductor de determinada longitud y sección

12) CALCULO DE ENERGIA

Si se tiene que mantener encendida durante 2 horas una lámpara consume 60 Watts, la energía consumida será igual a:

$$E1 = 60 \text{ Watts} \times 2 \text{ hs} = 120 \text{ Watts hora}$$

Si además, se quisiera alimentar, con la misma fuente un televisor que consume 50 Watts, y funciona durante 3 horas, el consumo de energía del televisor será:

$$E2 = 50 \text{ Watts} \times 3 \text{ Hs} = 150 \text{ Watts hora}$$

Si E1 y E2 fueran los únicos consumos de energía de ese día, la energía total demandada a la fuente diariamente sería:

$$E_{\text{tot}} = E1 + E2 \quad E_{\text{tot}} = 270 \text{ Watts hora/día}$$

Es importante familiarizarse con este concepto de demanda diaria de energía ya que como se verá más adelante, es el que se utilizará en el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

NOTA: si se usa un inversor, la potencia debe tomarse un 15% superior, por la pérdida del mismo

13) EFECTO DE LA INTENSIDAD DE RADIACION SOLAR

- El resultado de un cambio en la intensidad de radiación es una variación en la corriente de salida para cualquier valor de tensión
- La corriente varía con la radiación en forma directamente proporcional.
- La tensión se mantiene prácticamente constante.

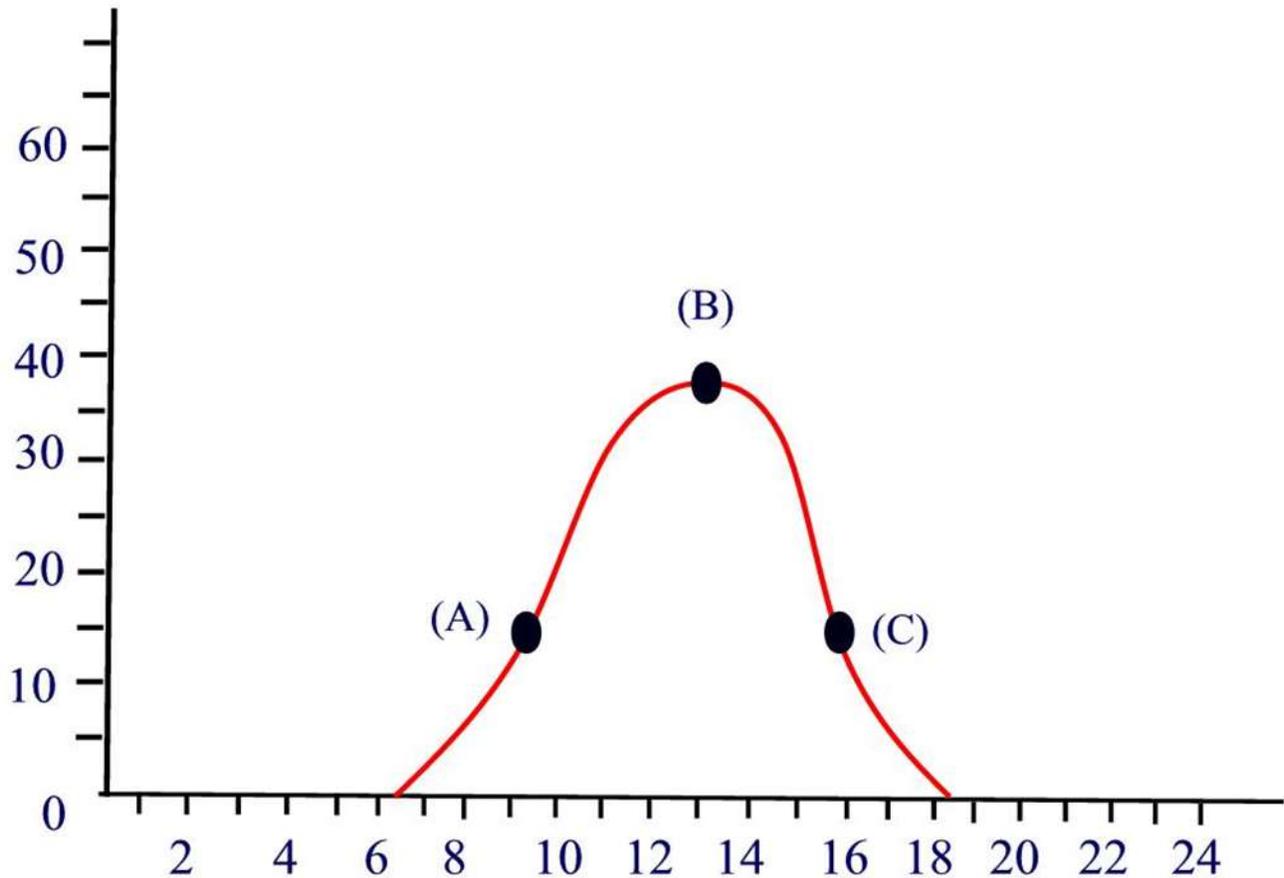
14) EFECTO DE LA TEMPERATURA

- El principal efecto provocado por el aumento de la temperatura del módulo es una reducción de la tensión en forma directamente proporcional. Existe un efecto secundario dado por un pequeño incremento de la corriente para valores bajos de tensión.
- Es por ello que para lugares con temperaturas ambientes muy altas son aptos módulos que poseen mayor cantidad de celdas en serie para que los mismos tengan la suficiente tensión de salida para cargar baterías.

15) COMBINACION DE SELDAS Y CURVAS RESULTANTES

Un módulo fotovoltaico es un conjunto de celdas conectadas en serie (se suman sus tensiones) que forman una unidad con suficiente tensión para poder cargar una batería de 12 volts de tensión nominal (Esta batería necesita entre 14 y 15 Volts para poder cargarse plenamente). Para lograr esta tensión se necesitan entre 30 y 36 celdas de silicio Monocristalino conectadas en serie.

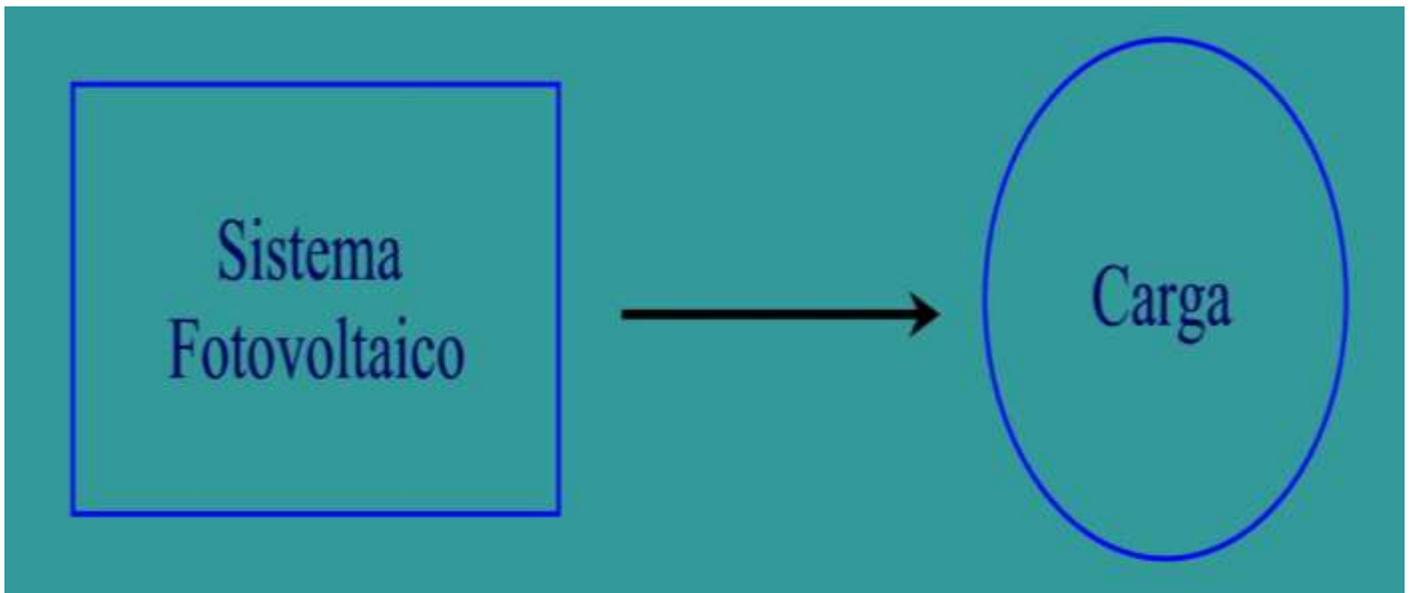
16) POTENCIA X 10 VS HORARIO



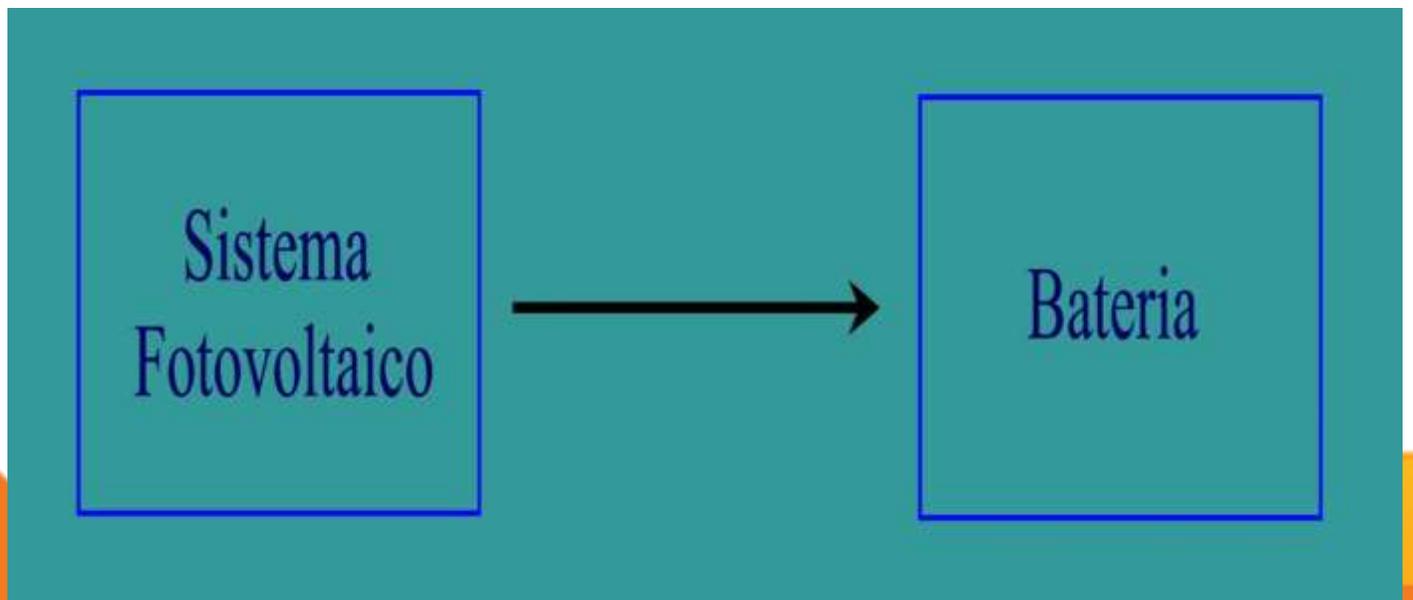
17) BATERIAS

Una batería tiene una tensión que depende de su estado de carga, antigüedad, temperatura, régimen de carga y descarga, etc. Esta tensión se la impone a todos los elementos que están conectados a ella, incluyendo el módulo fotovoltaico.

- **Panel directo a carga CC (Sin batería)**



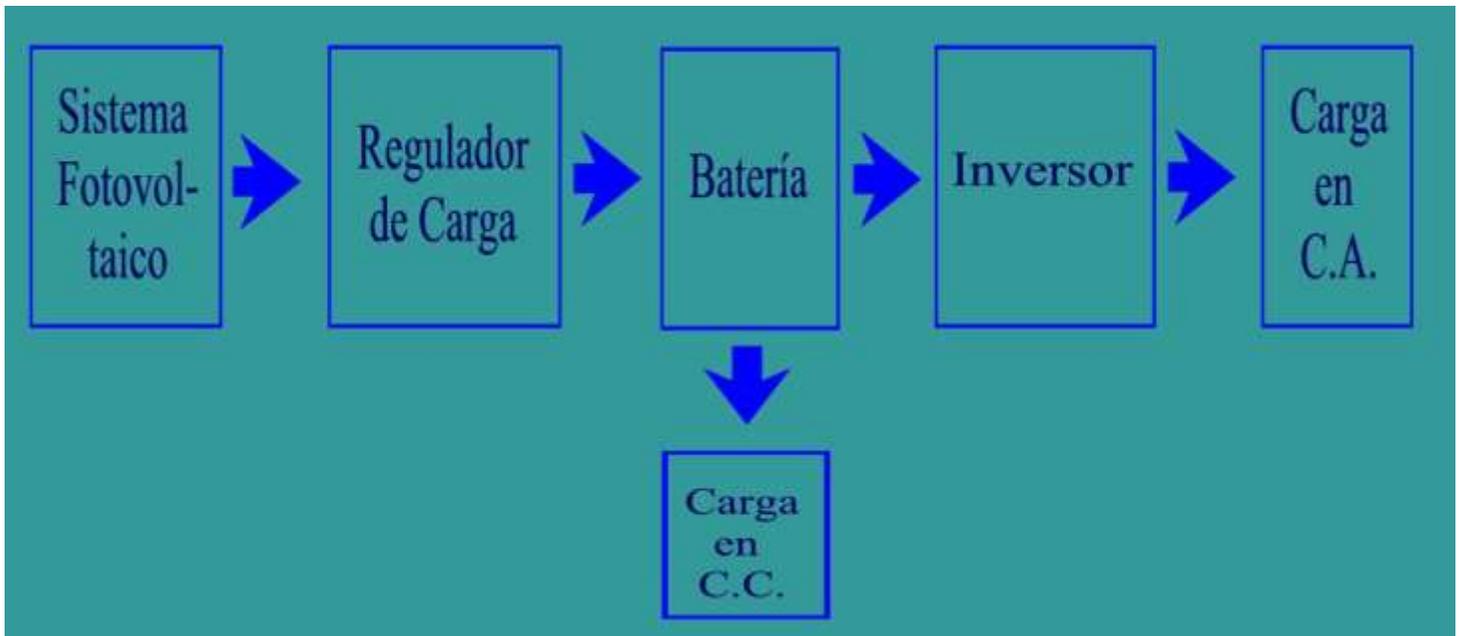
- **Panel a baterías**



- **Panel con baterías y carga CC**



- **Sistema completo con CC e inversor a CA**



18) BANCO DE BATERIAS

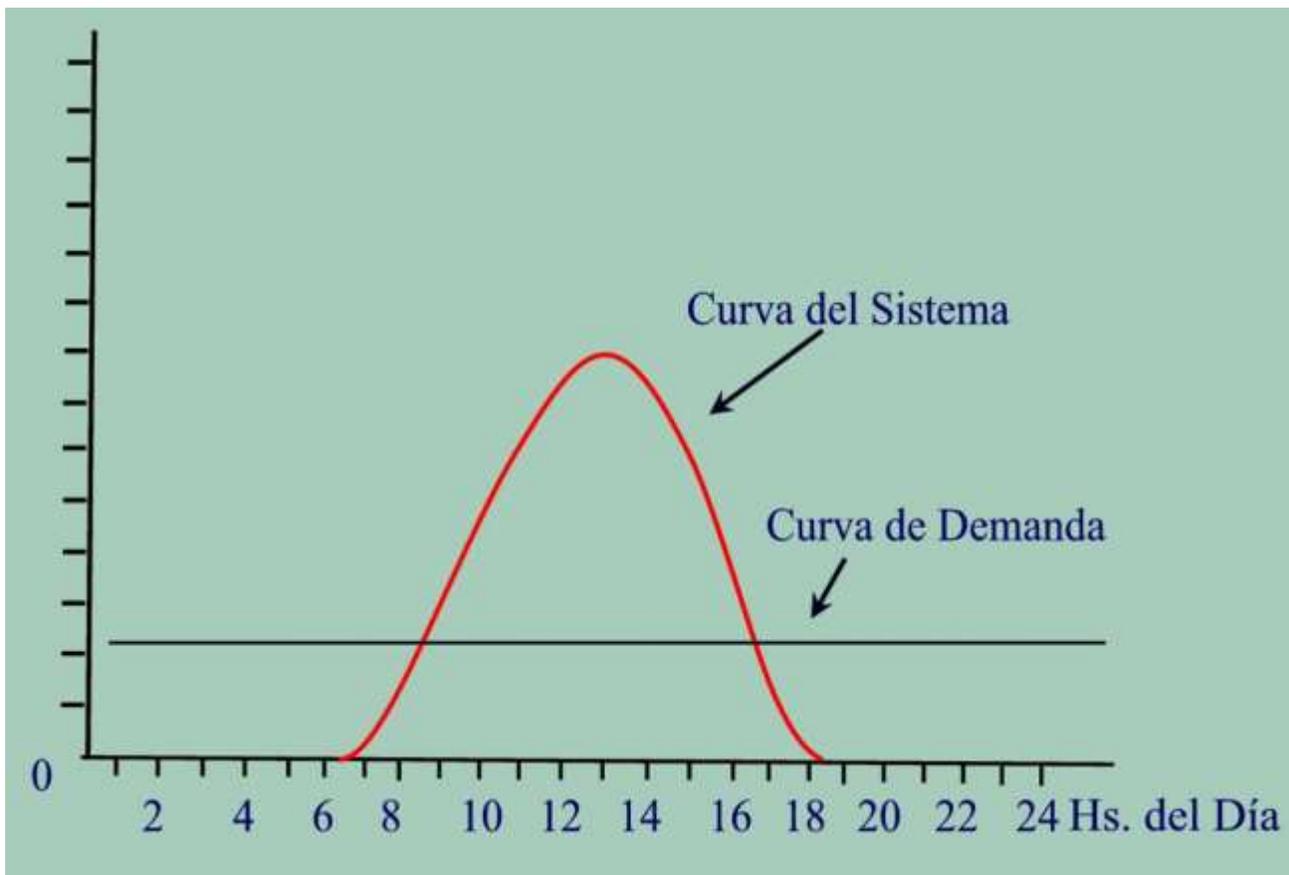
- La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.
- Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

19) BANCO DE BATERIAS VS HORARIOS

- Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas.
- Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías.
- En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor a la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte.
- Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas.
- Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías.

- En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor a la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte.
- Finalmente durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería. En la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

20) CARGA VS DEMANDA Y HORARIO



21) BATERIAS RECOMENDADAS

- Baterías gelificadas
- Baterías de Litio

22) Datos Necesarios para dimensionar el sistema

- Tensión nominal del sistema
Se refiere a la tensión típica con que operan las cargas a conectar. Se deberá, además, distinguir si dicha tensión es alterna o continua.
- La potencia que cada carga demanda es un dato esencial.
- Los equipos de comunicaciones requieren potencias importantes cuando funcionan en transmisión y esto, muchas veces ocurre solo durante algunos minutos por día. Durante el resto del tiempo requieren una pequeña potencia de mantenimiento. Esta diferenciación debe ser tomada en cuenta en el diseño del sistema.
 - a. Horas de utilización
- Conjuntamente con la potencia requerida por la carga deberá especificarse las horas diarias de utilización de dicha potencia.
- Multiplicando potencia por horas de utilización, se obtendrán los Watts hora requeridos por la carga al cabo de un día.
- Localización geográfica del sistema (Latitud, Longitud y la altura sobre el nivel del mar del sitio de la instalación).
- Si bien estos datos son necesarios para determinar el ángulo de inclinación adecuado para el modulo fotovoltaico y el nivel de radiación (promedio mensual) del lugar.

b. Autonomía requerida

- Esto se refiere a los días en que se prevé que disminuirá o no habrá generación y que deberán ser tenidos en cuenta en el dimensionamiento de las baterías. Para sistemas rurales domésticos se toman entre 3 y 5 días y para sistemas de comunicaciones remotos entre 7 y 10 días de autonomía.
- Nosotros tomaremos 2 o 3 días.

c. Paneles necesarios

Método Simplificado Sólo a modo explicativo

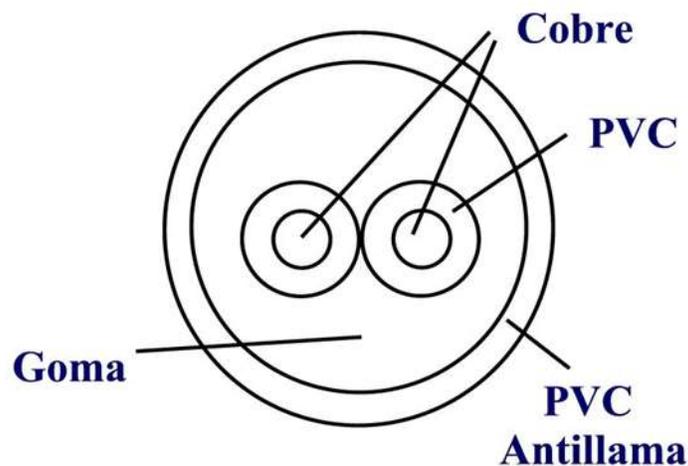
- Es necesaria la utilización de una tabla con los datos meteorológicos de la localidad donde será instalado el equipamiento esto es necesario para el dimensionamiento del mismo. se deben saber los niveles de radiación solar típicos de la región. Como ya se ha visto, la capacidad de generación de los módulos varía con la radiación.
- Para realizar un cálculo aproximado de la cantidad de módulos necesarios para una instalación se puede proceder de la siguiente forma:
 - * Calcular en base a la planilla de dimensionamiento la demanda total de energía de la instalación (Subtotal1 + Subtotal 2)
 - * Determinar en qué zona se realizara la instalación.
 - * Los valores de radiación deben calcularse para que en invierno 3hs de luminiscencia máxima y 6hs en verano
 - * Angulo de inclinación de 10° más que la latitud.

d. Conexión y sección cable

Para asegurar una operación apropiada de las cargas deberá hacerse una adecuada selección de los cables de conexión. Tanto de aquellos que vinculan al generador solar con las baterías como de aquellos que interconectan éstas con las cargas.

e. Cableado

Los cables cuyo recorrido se realiza prioritariamente en intemperie deberán ser aptos para esta condición. Se recomienda utilizar para estos casos el cable cuyas características fija la Norma IRAM 2220. Este cable cuya sección transversal responde a la siguiente Fig. No necesita protección mecánica, es decir que no necesitará realizar su recorrido dentro de un caño. Su nivel de aislación es de 1100 Volts.



Con el propósito de asegurar un funcionamiento adecuado de las cargas (luminarias, televisión, equipos de transmisión, etc.) no deberá haber más de un 5% de caída de tensión tanto entre módulos y baterías como entre baterías y centros de cargas.

Para simplificar el proceso de selección del cable, la siguiente Tabla nos muestra la sección adecuada de cable a utilizar para una caída de tensión del 5% en sistemas de 12 V.

Distancia máxima en metros para una caída de tensión de 5% en sistemas de 12 Volts

Para 220 CA Utilizar el cable según norma

- Con el propósito de asegurar un funcionamiento adecuado de las cargas (luminarias, televisión, equipos de transmisión, etc) no deberá haber más de un 5% de caída de tensión tanto entre módulos y baterías como entre baterías y centros de cargas.
- Para simplificar el proceso de selección del cable, la siguiente Tabla nos muestra la sección adecuada de cable a utilizar para una caída de tensión del 5% en sistemas de 12 V.
- Distancia máxima en metros para una caída de tensión de 5% en sistemas de 12 Volts
- Para 220 CA Utilizar el cable según norma

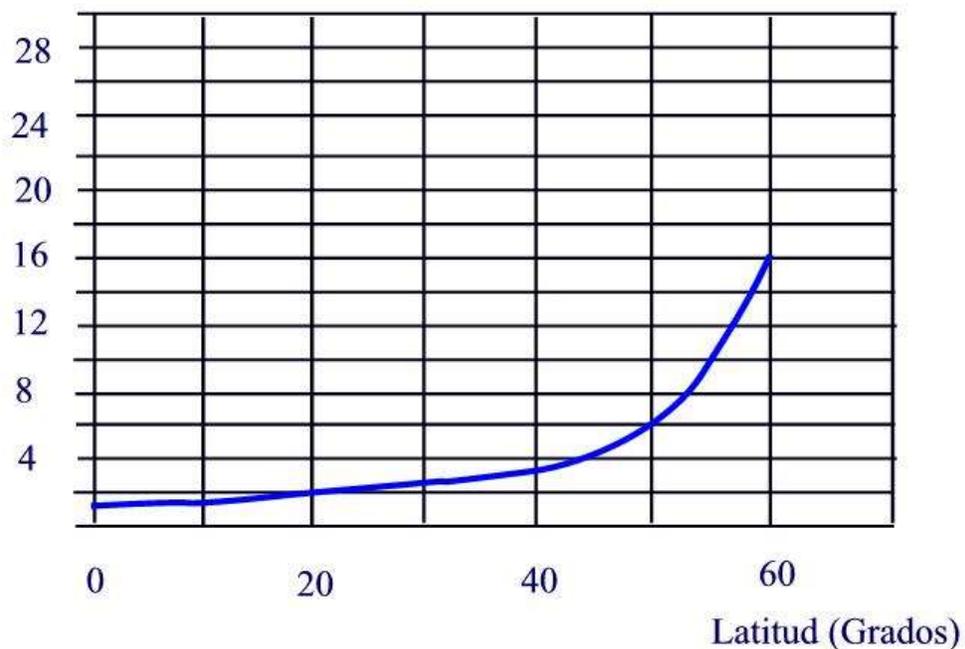
f. Tabla sección de cable

- Hasta 50 Amperes con 10mm de sección de cable
- Hasta 32 Amperes en 6 mm de sección de cable
- Dependiendo de las distancia variará la sección del cable.
- Las distancias deben ser del orden de los 3 a 6mts en CC y de 20 a 40mts en CA

- Ubicación y orientación de los módulos
- Un aspecto importante de una instalación es la selección de la mejor ubicación para los módulos fotovoltaicos.
- Ella debe reunir la condición de estar lo más cerca posible de las baterías (para evitar tener que instalar un cable de gran sección y por lo tanto, más costoso) y de ser la óptima para la recepción de la radiación solar.
- Los módulos deberán estar lo suficientemente alejados de cualquier objeto que proyecte sombra sobre ellos, durante las horas de mejor radiación (usualmente entre las nueve de la mañana y las cinco de la tarde) en el día de sombras más largas (el día de mayor sombra es el 21 de Junio para el Hemisferio Sur).

g. Distancia de esparcimiento por sombra

Factor de espaciamento (Fe)



h. Orientación geográfica

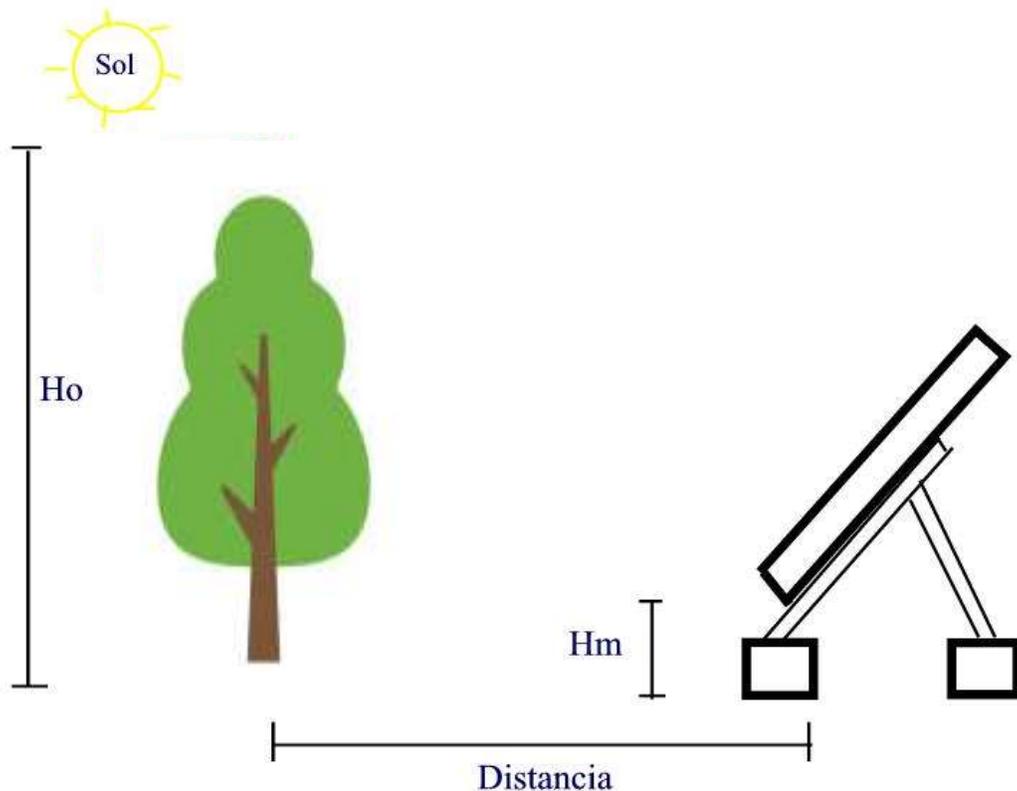
Los módulos deberán estar orientados de manera tal que el frente de los mismos mire al Norte geográfico. Cuando el sol alcanza el punto más alto en su trayectoria en el firmamento (mediodía) su posición coincide con el Norte geográfico.

Para lograr un mejor aprovechamiento de la radiación solar incidente, los módulos deberán inclinarse sobre el plano horizontal un ángulo que variará con la latitud del lugar de instalación.

La condición ideal será tener en invierno un ángulo de inclinación igual a la latitud más veinte grados y en verano un ángulo de inclinación que coincida con la latitud.

Nosotros tomamos 45° de inclinación y ubicación Norte o Noroeste.

MIRANDO AL NORTE



$$D = H_o \times K$$

donde K lo tomaremos en 2 para Argentina

J. Ubicación del equipamiento

- El regulador de carga de baterías podrá estar ubicado en la propia estructura (caso de los generadores solares de uno o dos módulos) o en algún lugar cerca del banco de baterías (caso de los generadores con mayor cantidad de módulos).
- Las baterías deberán instalarse en un cuarto separado del resto de la vivienda con una adecuada ventilación, ya que de las baterías de plomo - ácido emanan gases explosivos.
- Resulta aconsejable en instalaciones rurales tener un tablero de distribución con una entrada para el banco de baterías y una o dos salidas (con sus protecciones correspondientes), en las que se repartirán los consumos de las viviendas. En dicho tablero podrá haber también un sistema indicador del estado de carga de las baterías.
- Es conveniente colocar el mismo en un lugar de la vivienda que sea transitado frecuentemente para poder tener un control adecuado.

23) MANTENIMIENTO DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

- Una de las principales ventajas de los sistemas de generación fotovoltaicos es que no necesitan mantenimiento alguno. Es por ello que resultan ideales en lugares en los que se necesita autonomía de funcionamiento.

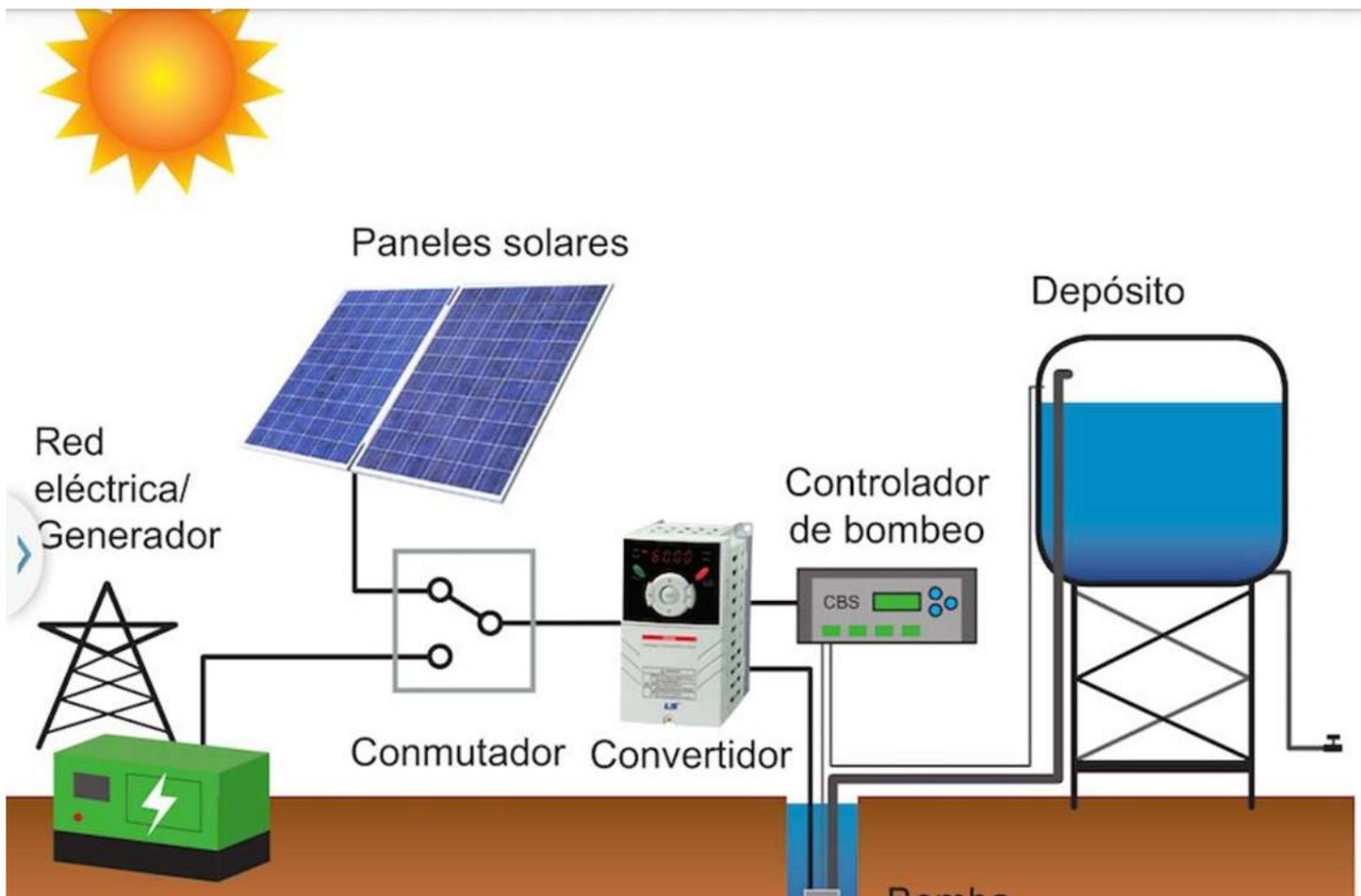
- Los módulos poseen en su frente, un vidrio templado de 3 a 3,5 mm de espesor que los hace resistentes al granizo, Admiten además, cualquier tipo de variación climática.
- Son auto limpiante, ya que debido a las latitudes que se manejan en nuestro país (Rep. Argentina), la propia inclinación que el módulo debe tener, hace que la suciedad escurra por el frente del mismo. De todas formas, en lugares donde es posible hacerlo, puede limpiarse el frente del módulo con agua con detergente.
- **Algunas consideraciones para tener en cuenta son:**
 - Controlar periódicamente que el ángulo de inclinación sea el especificado.
 - Confirmar que no haya proyección de sombras de objetos cercanos en ningún sector del módulo, por lo menos, entre las 9 de la mañana y las 5 de la tarde.
 - Examinar que todas las conexiones estén ajustadas convenientemente y sin indicios de oxidación.

24) MANTENIMIENTO DE LAS BATERIAS

- Observar periódicamente el nivel de líquido en todos y cada uno de los vasos de las baterías. En caso de que estuviese bajo, llenar hasta el nivel indicado con agua destilada.
- Inspeccionar los terminales, verificando que se encuentren bien ajustados y sin corrosión.
- Observar si existe sulfatación, ya que esto podría indicar gaseo en la batería y por lo tanto, una falla en el sistema de regulación.

25) CONVERSORES

- Hay Monofásicos, que convierten de CC a 220 CA Y Trifásicos, que transforman la CC en 3 fases , es decir 380 v
- Sistema ONGRID se conecta a la Red para sincronizar, no lleva baterías
- Sistema OFFGRID No se conecta a la Red, lleva baterías
- Sistema OFFGRID Híbridos, tienen dos sistemas de carga, uno corresponde a paneles fotovoltaicos y otro puede ser la red de 220 o un Grupo electrógeno para cargar las baterías



26)

RESUMEN

Al diseñar un sistema de energía solar debemos tener en cuenta:

- Consumo que deseo alimentar, esto determina cantidad de paneles solares.
- Definir si usare un sistema ONGRID u OFFGRID.
- Distribución diaria y horaria de ese consumo, determinando así la potencia y cantidad de conversores.
- Autonomía, es decir cantidad de horas o días que el sistema será sostenido por las baterías a pesar de no tener sol visible por tormentas o alta nubosidad. Esto determina cuantas baterías necesito.
- Sección del cableado.
- Espacio necesario para los paneles solares y para las baterías.
- Conectar la puesta a tierra del inverter y una llave inversora entre **RED y SOLAR**.
- También existe como energía alternativa, la energía eólica, que genera a través del efecto del viento.
- Y como aprovechamiento de las energías, también tenemos termotanques solares.

