

**MODULO I.**

**MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO DE  
FABRICACIÓN**

---

## OBJETIVO

El objetivo de este módulo es conocer a fondo cada uno de los materiales y materias para cada uno de los componentes que se utilizan en el proceso de fabricación de los paneles solares, especificando técnicas, y características fisicoquímicas para cada una.

### CELIDAS DE PV CRISTALINO

Debido a que una celda solar genera corrientes y tensiones pequeños, están no son los elementos que se utilizan en las aplicaciones prácticas, sino que, con objeto de lograr potencias mayores, se acoplan en serie o en paralelo para obtener mayores tensiones y corrientes formando lo que se denomina módulos fotovoltaicos, que es el elemento que se comercializa. A la vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener las tensiones y corrientes que nos den la potencia deseada.

El proceso de fabricación de las células solares de silicio lo podemos dividir en tres grandes etapas:

- I. **Obtención del Si de alta pureza:** este se obtiene del óxido de silicio, básicamente cuarzo, cuya abundancia en la naturaleza elimina problemas de abastecimiento. Este tiene que ser de alta pureza, semejante al semiconductor que se utiliza en la industria electrónica. Actualmente se está trabajando con silicio de menor pureza, pero útil para la fabricación de células solares y a un menor costo.
- II. **Obtención de obleas:** utilizando como materia prima polvo de silicio de alta pureza se hace crecer el monocristal hasta obtener una pieza cilíndrica de diámetro variable entre 2 y 20cm y longitud de alrededor de 1m. el crecimiento del monocristal sirve para purificar el material y para la creación de una estructura perfecta, gracias a la cual la futura oblea gozara de propiedades semiconductoras. La barra de silicio se corta mediante sierras especiales produciendo obleas de espesor aproximadamente el 60% en forma de serrín. Actualmente existe otras formas más eficientes de cortado de la barra.
- III. **Procesamiento de la oblea:** para obtener finalmente la célula solar, la oblea sufre un procesamiento que consiste de los siguientes pasos:
  - Lapeado y pulido.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

- Formación de unión P-N.
- Decapado y limpieza.
- Capa antirreflectante.
- Fotolitografía para formación de contactos.
- Formación de contactos o electrodos.
- Materia para soldadura de electrodos.
- Limpieza del decapante y comprobación de las características de la celda.

La formación de la unión P-N es la etapa más crítica de todo el proceso de fabricación, debido a que el buen funcionamiento de la célula solar depende en gran medida de una buena unión P-N. Por otro lado, una adecuada capa antirreflejante también es necesaria, ya que una superficie de Si bien pulida puede llegar a reflejar hasta el 34% de la radiación de onda larga y un 54% de la radiación es de onda corta.



## VIDRIO

El vidrio es un material artificial o incluso natural que se obtiene por enfriamiento a una velocidad determinada de una mezcla de componentes de tipo inorgánico fundida o bien en el

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



enfriamiento de ciertas rocas fundidas. Desde el punto de vista industrial se logra por este procedimiento, así como por diversos métodos de moldeado, una amplia variedad de materiales con múltiples usos en la vida ordinaria, construcción, industria, tecnología, investigación, etc. En el caso de "vidrios naturales" no sólo han tenido diversas aplicaciones prácticas' como utensilios en diversos pueblos antiguos como es el caso de las obsidias, sino que además tienen un gran interés su estudio en el campo de la Geoquímica.

Aunque desde hace siglos la Naturaleza proporciona los componentes esenciales para la fabricación de vidrios con componentes abundantes y de fácil extracción, hoy en día se utilizan además productos químicos sintéticos y una amplia gama de residuos. Para la formulación de composiciones vítreas en vidrios de óxidos se refieren las mismas en razón de las proporciones de ciertos óxidos y en función de su carácter o papel en la estructura del fundido. Así, desde el punto de vista estructural el vidrio está constituido por:

- a) Óxidos formadores de la red vítrea, vitrificantes, tales como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  ó  $\text{P}_2\text{O}_5$  para los tipos de productos vítreos más generales o tradicionales.
- b) óxidos modificadores de la red vítrea, fundentes, que aportan enlaces por los denominados "oxígenos no-puente", tales como óxidos alcalinos:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ... u óxidos alcalinotérreos:  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ...etc.) Óxidos "estabilizantes" que tienen un carácter intermedio o anfótero, aportando los denominados "oxígenos puente", tales como:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

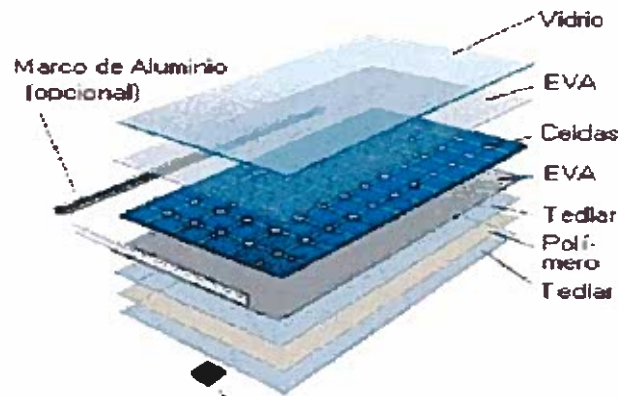
Tipo de producto vítreo	Forma del producto vítreo	Aplicaciones o uso
<b>Vidrio masivos</b>	Vidrio plano Vidrio hueco	Construcción doméstica, industrial.
<b>Vidrio poroso</b>	En placas Granulaos	Construcción, industria biológico, construcción.
<b>Fibras vítreas</b>	Fibras largas Fibras cortas	Construcción composites (construcción).
<b>Vidrios en capas</b>	Según grosor y soporte	Azulejos y pavimentos

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

o vidriados		cerámicos, recubrimientos.
Vitrocericos	Masivos: convencionales/petrurgicos sinterizados	Industrial, construcción

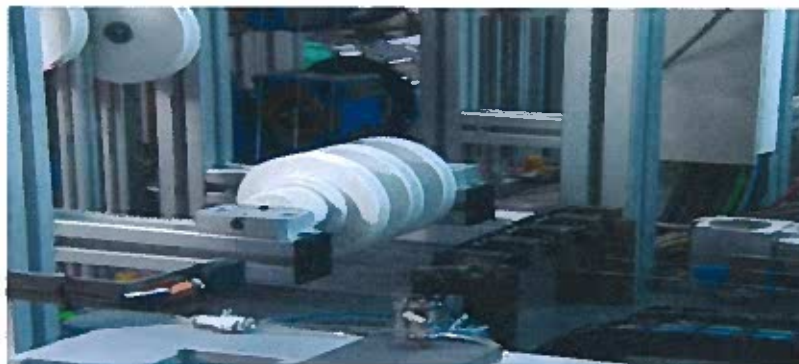
Tipos de productos vítreos en el mercado y sus aplicaciones comerciales

El vidrio templado y antirreflejante con cualidades de transmisión de luz a más 90%, resistente a la abrasión e impactos de naturaleza "antibalas". Es importante está cubierta porque reduce significativamente el reflejo, de manera que entra más luz en la célula solar, lo cual se traduce en una mayor conversión de potencial.



### LISTÓN DE PESTAÑA PARA LA CELDA

Es también llamada banda de electrodos, en la cual se coloca mediante maquinas especiales, esto es una banda de conductividad de la energía. También este listón de pestaña de celda se puede colocar manualmente.



### LISTÓN DE INTERCONEXIÓN O “BARRA DE BUS”

Es un adhesivo que absorbe la tensión para soportar el rigor de ciclado térmico, que representa una excelente estabilidad conductiva para metalizaciones de listón y celdas durante exposiciones al calor húmedo. Además, el adhesivo conductivo está diseñado para hacerse gel rápidamente y luego poder a completar el curado a través de la laminación del encapsulante y el proceso de curado.

### MARCO DE ALUMINIO

El marco de aluminio asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporado los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el modulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.

#### Detalles constructivos:

**SUPERFICIE EXTERIOR**  
Cristal templado de 3,2 mm.  
de alta transmitancia óptica

**EVA (Etil Vinil Acetato)**  
de rápida solidificación

**CAJA DE CONEXIONES**  
Con conectores rápidos y cable  
de doble aislamiento flexible,  
con 3 diodos de by-pass

**BASE TPT**

Capa posterior de Tedlar para protección del módulo

**DISTANCIA MARCO-CELULA**  
Especialmente diseñado para  
evitar que las sombras  
transversales anulen la parte  
activa de la serie de células

40 mm.

60 mm.

**ROBUSTEZ**

Gracias a su marco de aluminio

**CELULAS DE SILICIO**  
Monocristalino

### TORNILLO DE ACERO INOXIDABLE

Se le denomina tornillo a un elemento operador mecánico cilíndrico con una cabeza, generalmente metálico. Las características mecánicas de los aceros de los tornillos la podemos encontrar en el mismo tornillo. Lo que se requiere es el conocimiento básico sobre la interpretación de los símbolos y números empleados por los fabricantes para mostrar la información según la norma de fabricación del pero o de la tuerca.



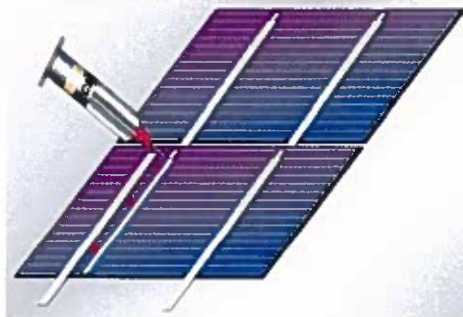
### ENCAPSULANTE FABRICADO DE EVA (ACETATO DE ETILO VINILO)

En el mercado podemos hallar fácilmente estos revestimientos anti-reflectantes que garantizan un óptimo equilibrio entre rendimiento óptico, resistencia y costos.

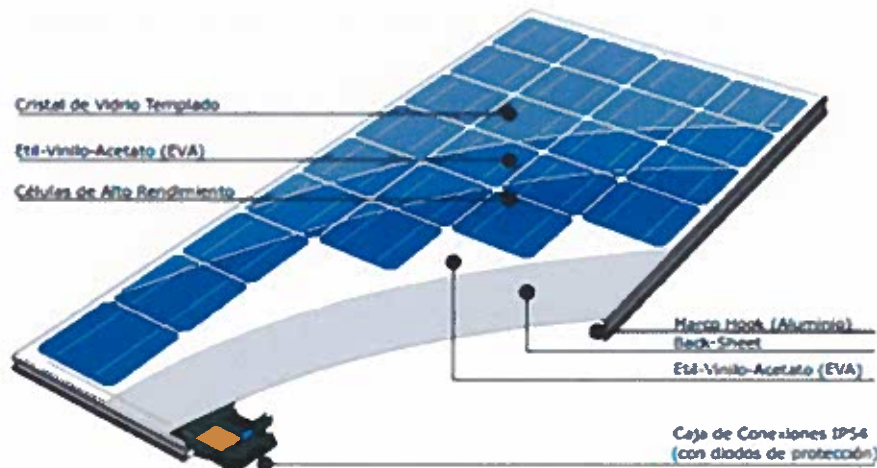
Gracias a su aplicación por una sola cara, se consigue también una correspondencia perfecta entre el índice de refracción del aire y del vidrio, al mismo tiempo que se impide el desequilibrio entre el índice de refracción del vidrio y de la capa de EVA que algunos usan como revestimientos en ambos lados.

Consiste en una simple estructura en forma de caja, en forma de fondo que puede ser de madera, de aluminio o de vidrio cuyo tamaño varía acorde al número y tamaño de células. Sobre esta plancha descansan las células pegadas perfectamente con silicona el mismo que es un perfecto sellador para evitar ingreso de aire, agua o partículas hacia el grupo de las células mencionadas

Hay costumbres de algunos hacedores de paneles fotovoltaicos usar como plancha base de panel, el vidrio con revestimiento de un conocido material polímero termoplástico conocido "goma EVA".



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



### HOJA DE RESPALDO

Actualmente ellos usan una película de resina como hoja de respaldo y forman una película de silicio depositada por vapor en su superficie con el fin de reducir la permeabilidad al vapor de agua. Sin embargo, con sólo una película de silicio depositado por vapor la propiedad de barrera se reduce conforme pasa el tiempo, por lo que es difícil mantener esa propiedad.

### CAJA DE UNIÓN

Es una pequeña caja que va asegurada en la parte posterior del panel y cuenta con bordes de salida para la conexión del panel con otros como baterías, regulador o carga directa de consumo. Es usado para corriente eléctrica derivada por el panel donde está asegurada y debe ser resistente a cambios de clima rigurosos.







## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### CABLES CONDUCTORES

Desde la parte trasera del panel solar hasta el inversor donde se convierte la electricidad CC en energía eléctrica CA limpia, desde el inversor hasta el transformador donde se transfiere la electricidad a la subestación, y desde la subestación hasta la red de energía, General Cable ofrece una amplia variedad de productos de energía renovable para el mercado solar.

#### Cables de transmisión de bajo tensión

- Del panel a la caja de conexiones
- De la caja de conexiones al inversor
- Del inversor al transformador

#### Cables de transmisión de media tensión

- Del transformador a la subestación

#### Cables y conductores de alta y extra alta tensión

- De la subestación a la red

#### Cables específicos según la aplicación

- Cables de fibra óptica
- Cables para subestación
- Conjuntos de cables a medida

### CONECTORES

Es el elemento que transporta la energía eléctrica desde su generación, para su posterior distribución y transporte. Su dimensionamiento viene determinado por el criterio más restrictivo entre la máxima caída de tensión admisible y la intensidad máxima admisible. Aumentar las secciones de conductor que se obtienen como resultado de los cálculos teóricos aporta ventajas añadidas como:

- Líneas más descargadas, lo que prolonga la vida útil de los cables.
- Posibilidad de aumento de potencia de la planta sin cambiar el conductor.
- Mejor respuesta a posibles cortocircuitos.
- Mejora del performance ratio (PR) de la instalación.



### FLUJO LÍQUIDO PARA LA SOLDADURA

Las soldaduras líquidas son metales fundidos desarrollados para unir dos superficies de metal. Son adhesivos poderosos e impermeables que ofrecen un enfoque alternativo efectivo al convencional, puntos de interconexiones de soldadura de alta fusión. Las soldaduras líquidas son cada vez más elecciones populares, adhesivos de alta resistencia para muchos trabajadores y contratistas de metales.

### ETIQUETAS

En muchas ocasiones hablamos de las **características eléctricas** de un módulo fotovoltaico, en unos casos para poder determinar las condiciones de trabajo de una instalación existente en otras para dimensionar el sistema que vamos a instalar. Para ello existe la ficha técnica, la cual contiene características como:

- Parámetros térmicos, veremos los coeficientes de temperatura para tensión y corriente.
- Rango de funcionamiento, temperatura de uso, máxima tensión del sistema, cargas de viento y nieve, así como la máxima corriente inversa que puede admitir.
- Características físicas.

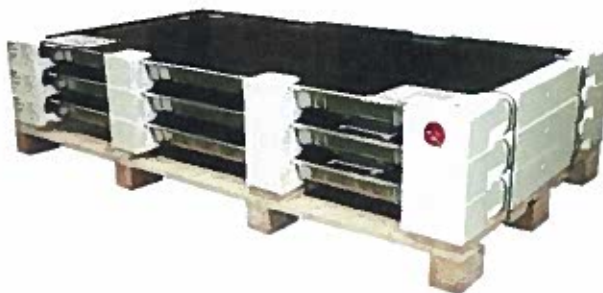
## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



### EMPAQUES

Dentro del empaque de las celdas solares se encuentran diversos tipos de empaques aquí mencionamos uno. Las piezas moldeadas de embalaje, protegen los productos solares que sean pesados y, a la vez, sensibles como las obleas, los convertidores, elementos fotovoltaicos y colectores solares.

Existen productos que desarrollan, producen y distribuyen piezas técnicas moldeadas a medida y embalajes de protección a partir de espumas expandibles como, p. ej., EPS (poliestireno expandido) y EPP (polipropileno expandido).



**MODULO II**

**PROCESO DE MANUFACTURA**

---

# INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

## OBJETIVO 1

Desarrollar los procedimientos de manufactura del producto mediante la definición de los procesos de manufactura que se utilizan:

- SECUENCIA DE MANUFACTURA Y MAQUINAS A UTILIZAR
- CONDICIONES DEL PROCESO
- PARAMETROS CRITICOS DEL PROCESO
- LOS MATERIALES Y COMPONENTES A UTILIZAR EN CADA FASE Y RECOMENDACIONES PARA IDENTIFICACION, MANEJO, ALMACENAJE Y PRESERVACION
- SISTEMAS PROPUESTOS DE IDENTIFICACION Y RASTREABILIDAD DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS Y SEMIELABORADOS
- FRECUENCIA DE MUESTREO Y PRUEBAS
- CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO
- EQUIPO NECESARIO DE INSPECCION Y PRUEBAS
- DETALLES DE LAS PRUEBAS INTERNAS Y EXTERNAS ADICIONALES.

Existen diversos tipos de manufactura, como al igual existen diversos tipos de líneas de producción, las cuales pueden ser desde 12MW hasta los 60 MW.

Para llevar a cabo este manual trabajaremos con la producción de 60MW, en donde es necesario saber el tipo de maquinaria que se necesita y cual es el funcionamiento en cada una de ellas.

La línea es completamente automática, tiene un diseño ergonómico y flujo óptimo de materiales para una eficiencia máxima de proceso. Sistema de control por ordenador para la administración central del proceso. Es posible producir una amplia variedad de tipos de panel con ajustes mínimos, incluyendo paneles BIPV. Rendimiento óptimo con soldadura IR y el mejor laminador en el mercado. Simulador solar robótico de última generación que cumple plenamente las normas internacionales. Almacén de clasificación automática. En la figura se muestra la línea de producción.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE 60 MW	
Energía instalada *	320 Kw
Consumo de energía *	160 Kw
Consumo de aire *	5.000 L/min
Área requerida (L X A)	40 x 25 m.
Operarios	15 ~ 20
Módulos por hora	27.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los requerimientos de energía pueden variar en función del diseño final y los equipos opcionales elegidos.</li> </ul>	

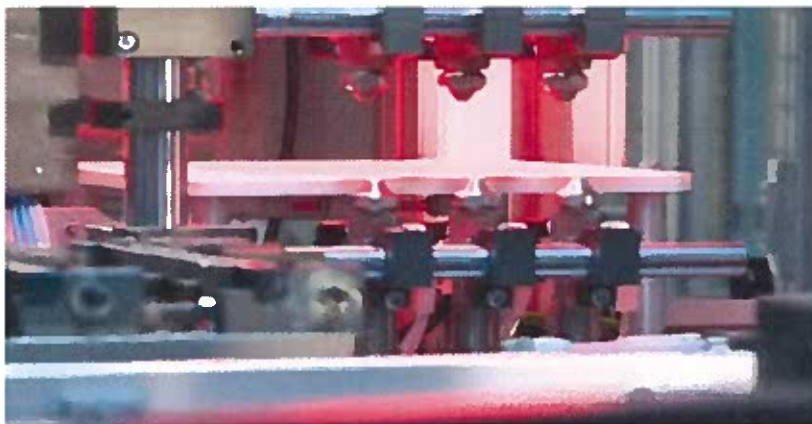
La maquinaria con la cual se inicia el proceso de fabricación es Tabber & Stringer, (ver Fig. 2.1) la cual realiza la medición y la clasificación de las células fotovoltaicas, cuenta con un software que se encarga de la definición de los parámetros a medir.

Tiene el funcionamiento de hacer series de celdas soldando entre si las pestañas de estas (figura 2.2).



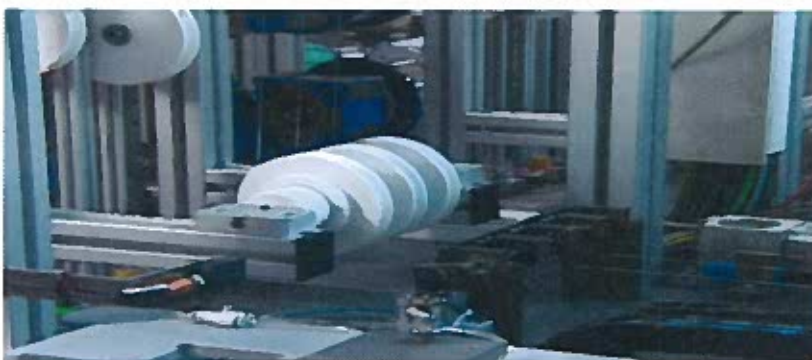
**Figura 2.1** Tabber & Stringer

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



**Figura 2.2** funcionamiento de maquinaria Tabber & stringer

Posteriormente pasa por una banda transportadora la cual tiene la función de colocar los conductores (Ver Fig. 2.3 y 2.4), luego de este paso, continúa así la maquinaria hasta conseguir el total de celdas, la cual la transporta mediante un aparato de succión para enseguida colocarla en el módulo, como se muestra en la figura 2.5.

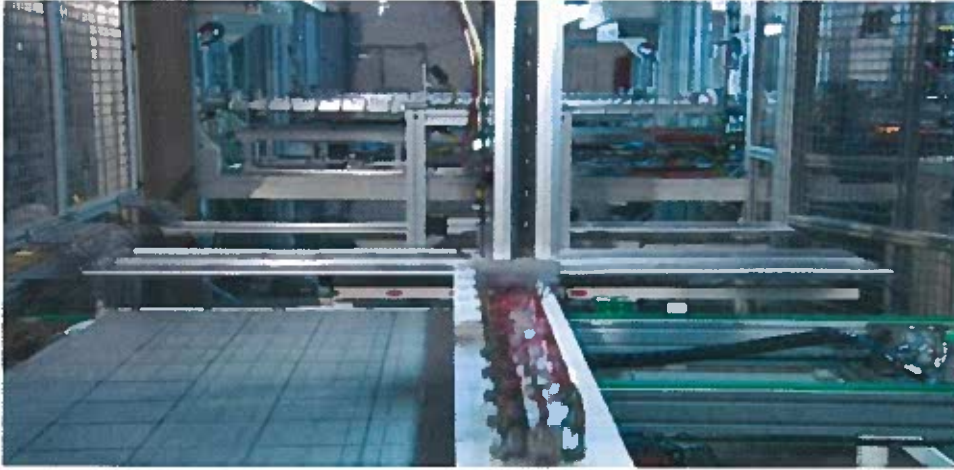


**Figura 2.3** Banda de electrodos



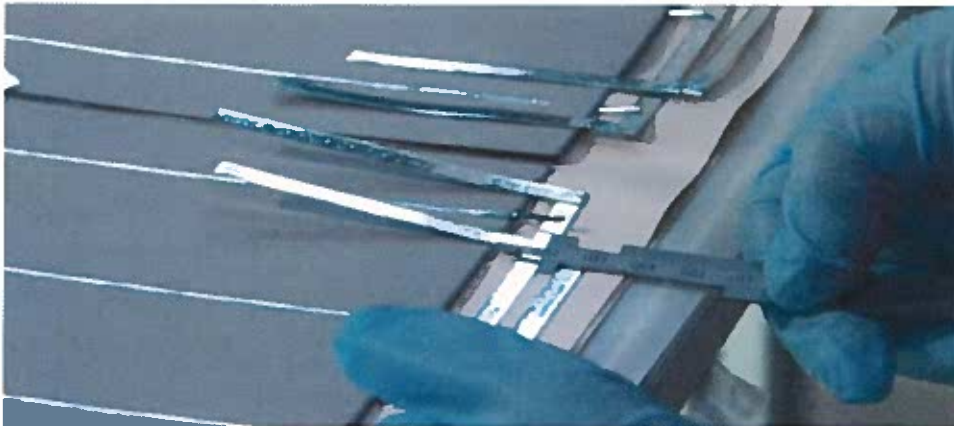
**Figura 2.4** Aplicación de electrodos

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



**Figura 2.5** Colocación de total de paneles

Para finalizar con esta maquinaria pasamos al Pre-bussing, el cual le es colocado un fúndete para soldadura, en esta etapa del proceso, se realiza manualmente, para posteriormente pasar a la maquinaria de Automated Bussing (Fig.2.6)



**Figura 2.6** Pre-bussing

En la siguiente maquinaria Automated Bussing, tiene el funcionamiento de soldar las láminas que se colocaron en el Pre-bussing. Este curso es importante debido a la precisión que se toma al momento de soldar, ya que se evita la formación de puntos calientes en el panel (Fig. 2.7 y 2.8)



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



**Figura 2.7** Maquinaria Automated Bussing



**Figura 2.8** Automated Bussing

A continuación pasa por el proceso de EVA & Backsheet Layup, en el cual las celdas se refuerzan con una plancha laminada y finalmente se coloca una película de sellado como protección para los módulos fotovoltaicos. En este trascurso se realiza manualmente. (Fig. 2.9 y 2.10)

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



**Figura 2.9** Proceso EVA & Backsheet Layup



**Figura 2.10** Película de sellado

Al terminar este paso pasa por la banda transportadora a la cual llega a la etapa de LIFO buffer, el cual junta dos módulos para posteriormente pasar al laminador. En donde su proceso es fundamental para asegurar la calidad final del panel solar. La durabilidad a la intemperie depende de gran medida a la unión entre las capas de los paneles, que se produce durante la laminación.

En la laminación tiene la función de dos cámaras separadas, que pueden evacuarse por separado, tras eliminar el aire por un proceso de vaciado, se lamina el conjunto del módulo (ventilando la cámara superior) con una presión ajustable y establecida.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

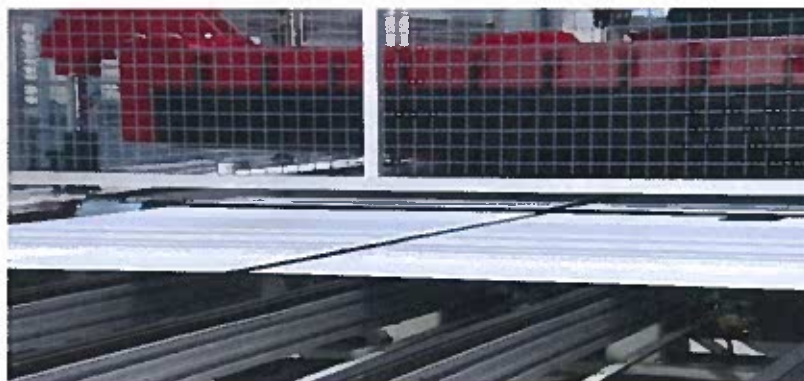
La unidad de calefacción, montada en la parte superior de la cámara, realiza el tratamiento de temperatura y presión de los módulos durante el proceso de laminación.

(Ver Fig. 2.11)



**Figura 2.12 Laminación**

Al finalizar con la laminación, el módulo pasa por la banda transportadora hasta el Back end, en donde llega a una terminal llamada Edge Trimming el cual le es recortado el exceso de módulo, este proceso es llevado manualmente (Fig. 2.13)



**Figura 2.13 Edge Trimming**

De ahí pasa nuevamente a la banda transportadora, en donde se le colocara la caja de conexión que va en el módulo solar, a esta conexión se le aplica un pegamento especial, para que este resista los cambios climáticos a que estará expuesto (ver figura 2.14)

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



Figura 2.14 Caja de conexión

Posteriormente pasa a la etapa llamada J-Box fixing, en el cual se adhiere la caja de conexión en el panel solar, después se soldara su positivo y negativo de los módulos, concluyendo con el cierre de la caja de conexión de la celda fotovoltaica. (Figura 2.15)



Figura 2.15 J-Box Fixing

Al terminar con el proceso antes mencionado, pasa el módulo fotovoltaico al simulador de sol, el cual mide la calidad de rendimiento de los módulos, el cual permite la clasificación de los mismos en función de su calidad y rendimiento. La maquinaria muestra una imagen

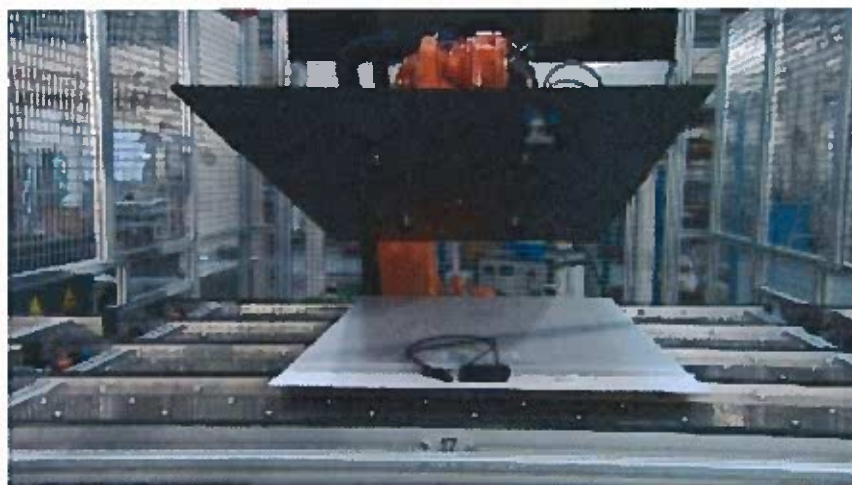
## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

termográfica del panel, para localizar los puntos calientes y áreas oscuras, detectando cualquier fallo eléctrico en las celdas. (Ver figura 2.16)



**Figura 2.16** Maquinaria de simulación de sol

Al terminar el proceso de simulación de sol, pasa el módulo al área de Framing, en donde se le es instalado el marco de aluminio al módulo, aquí es por ayuda de maquinaria y también es manual. (Figura 2.17)



**Figura 2.17** Framing

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



Cuando termina el proceso de framing, pasa el módulo por el área de Hit-Pot Test, el cual permite clasificar los módulos en función de su calidad y rendimiento, este equipo realiza automáticamente la prueba de aislamiento del panel sometido a alta tensión. Una vez realizada la prueba, se indica si el modulo es aceptado o no.

El propósito de esta secuencia de prueba, es determinar la característica eléctrica del módulo e identifica si es capaz de soportar una exposición prolongada a los climas descritos en el ámbito de utilización. (Figura 2.18)



**Figura 2.18** Hit-Post Test

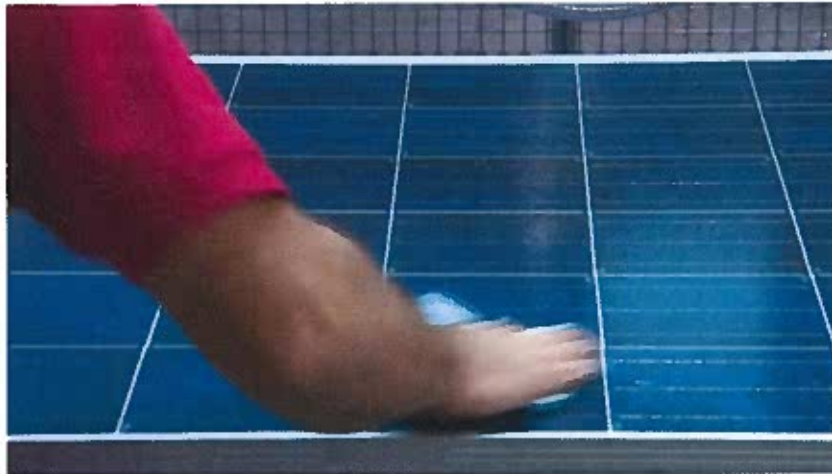
Para concluir con el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos, existe la máquina para inspección de los módulos solares, llamada El Inspection, el cual su función es utilizar las imágenes de electroluminiscencia (EL), para identificar defectos invisibles como (microgrietas, áreas oscuras, finger brakes, cortocircuitos). La EL muestra mediante tecnología de cámara CCD I. La imagen se capta en un segundo, luego el operador valida el panel; el tiempo total de validación es de menos de 30 segundos. (Ver figura 2.19)

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



**Figura 2.19** Electroluminiscencia de inspección

Una vez concluido el proceso de fabricación, se tiene Final inspection & Unloading, el cual mediante unos brazos robóticos posicionan la celda para que este sea limpiado manualmente (Ver figura 2.20) y después llevado mediante otra maquinaria de succión, para ser empacada y este llegue a su destino (figura 2.21)



**Figura 2.20** Limpieza manual

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACÍFICO



Figura 4.21 Empaquetado del módulo fotovoltaico



## OBJETIVO 2

Desarrollo de instrucciones para el procedimiento de trabajo, identificación, rastreabilidad, inspección y control necesario para el correcto desarrollo del proceso de producción.

### DESARROLLO DE PROCESO DE MANUFACTURA PARA EL PRODUCTO DEFINIDO

Proceso de manufactura es el conjunto de operaciones o actividades relacionadas y ordenadas que permiten la modificación de la forma, propiedades o apariencias de cualquier materia prima sin importar sus características o propiedades y generalmente con un fin comercial. Los tipos de procesos de manufactura son:

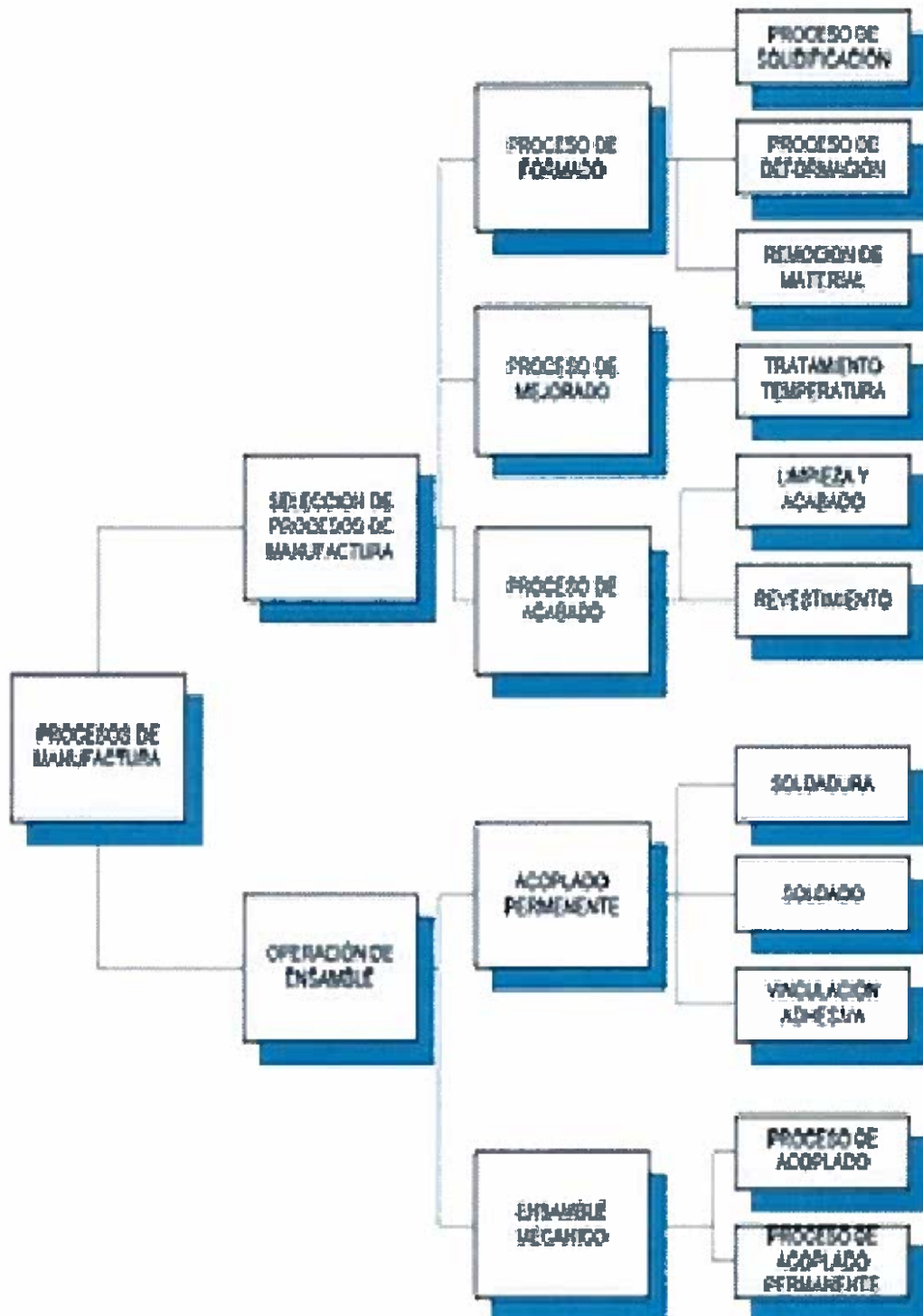
- **Operaciones de proceso:** es todo aquello que se realizan al material con el fin de darles un valor agregado; entre ellas están el formad, la mejora de propiedades y el tratamiento de superficie.
- **Proceso de ensamble:** es el proceso por el cual dos o más partes se unen para formar una nueva. El ensamblado puede ser de forma permanente en las que se incluyen procesos como la soldadura fuerte o blanda y el pegado con adhesivos; los procesos de ensamble también pueden ser semipermanentes o mecánicos mediante el uso de tornillos, tuercas y demás sujetadores, en este tipo de ensamble asegura el desarme cuando convenga,

#### Características de los procesos de ensamble:

- El uso de piezas como tornillos, pernos y tuercas es muy común.
- Generalmente se da al final del proceso de producción.
- Siempre se unen dos o más piezas.
- **Materiales residuales o virutas:** son todos aquellos materiales residuales con forma de láminas curvas o espirales que resultan de un proceso de fabricación y son extraídas de los materiales mediante el uso de herramientas y/o maquinas como brocas, cepillos, talad5ros y otros.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### DESARROLLO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS COMPONENTES



La

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Las especificaciones podrán aplicarse a las instalaciones fotovoltaicas que cumplan las siguientes condiciones:

- Instalaciones aisladas de la red: instalaciones cuya potencia pico de diseño no requiera energía de apoyo durante todo el ciclo anual. Siempre y cuando su tensión de trabajo sea inferior a 440 V (alterna o continua) y su potencia sea inferior a 16 KVA.
- Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red se someterán a lo especificado según normativa vigente.

Las presentes especificaciones serán de aplicación a este tipo de instalaciones, desde la generación fotovoltaica hasta el elemento de separación galvánica. Para el resto de elementos y componentes será de aplicación el documento comentado en el párrafo anterior.

En el apartado siguiente se mostrara un ejemplo de las especificaciones técnicas de los componentes de un sistema fotovoltaico:

- Regulador:

Corriente nominal	20A	30A	60A
Tensión de batería	12 / 24Vdc		36 / 48Vdc
Rango de tensión FV	5 - 60Vdc		80 - 130Vdc
Máxima tensión FV	60Vdc		130Vdc
Tensión en campo FV (recomendada)	35Vdc		110Vdc
Protecciones	Sobretensión, Subtensión, Cortocircuito, Inversor polaridad		
Subtensión	10,5 / 21Vdc		31,5 / 42Vdc
Consumo stand by	< 1mA		< 30mA
Interface	3 led		Display
Salida auxiliar	No		Si
Temperatura funcionamiento	-25°C ~ +60°C		
Refrigeración	Natural		Forzada
Dimensiones (mm)	190x112x59		190x335x100
Peso (kg)	0,87	0,89	3

- Baterías

# INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

SunWare alcances y especificaciones:						
Modelo:	Pico Watts	Cantidad de Celdas	Corriente máxima 13.8V	Corriente en circuito abierto V:	Nº Parte:	Dimensiones mm. Red/Peso del paquete
Hi-Power Range SunWare Marine 70	70W	40	3.3A	24.6V	CA-10/70	638x891x5mm 6.1 / 8.5 kg
SunWare Compact 69	69W	39	3.3A	24V	CA-10/69	600x890x5mm 5.4 / 7.7 kg
SunWare Compact 48	48W	39	2.2A	24V	CA-10/68	780x460x5mm 3.5 / 5 kg
Mid Power Range SunWare Marine 36	36W	40	1.65A	24.6V	CA-10/67	459x638x5mm 3.1 / 4.4 kg
SunWare Marine 24	24W	40	1.1A	24.6V	CA-10/66	459x467x5mm 2.3 / 3.2 kg

- inversores

MODELO	712	1512	824	1524	1524V	2024V	3024V	848	1548	2548	2548V	5048V	4120V
<b>Especificaciones Eléctricas</b>													
Potencia Nominal a 20°C	700 VA	1500 VA	800 VA	1500 VA	1500 VA	2000 VA	3000 VA	800 VA	1500 VA	2500 VA	2500 VA	5000 VA	4000 VA
Tensión Nominal de Entrada	12 Vdc			24 Vdc				48 Vdc			120 Vdc		
Rango Tensión de Entrada (Vdc)	10-16			20-32				40-64			100-160		
Desconexión Automática Baja Tensión (Vdc)	10.8-11.5			21.9-23.2				43.8-46.4			106-112		
Potencia Pico de Arranque	-300%												
Intensidad máxima de Pico de Arranque en CC	180 A	150 A	180 A	300 A	350 A	150 A	180 A	350 A	90 A				
Forma de Onda	Senoidal Pura												
Tensión Nominal de Salida	230 Vac o 110 Vac (según modelo)												
Rango Tensión de salida	± 7 %												
Frecuencia Nominal de Salida	60 Hz o 60Hz (según modelo)												
Rango Frecuencia de salida	± 0.1 Hz												
Distorsión Armónica Medía	< 4 %												
Rendimiento Máximo	93 %												
Potencia en Régimen Constante	450 VA	1400 VA	500 VA	900 VA	1350 VA	1600 VA	2800 VA	600 VA	900 VA	1100 VA	2300 VA	4200 VA	3500 VA
Opción de tensión de salida 110V y 60Hz	Si	Si	Si	Si		No	Si			Si		Si	Si
Sensibilidad para Arranque Automático	9 W												
Consumo aprox. en Vacío a tensión nominal generando AC	0.70 A	0.80 A	0.35 A	0.39 A	0.65 A	0.85 A	0.15 A	0.25 A	0.30 A	0.80 A	0.30 A		
Consumo Medio en automático	70 mA		48 mA		60 mA	70 mA	32 mA		34 mA		60 mA	38 mA	
Consumo Máximo en automático	47 mA		33 mA		33 mA				25 mA		25 mA	25 mA	
Sistema de Aislamiento	Transformador toroidal según norma VDE-0550												
<b>Especificaciones Físicas</b>													
Formato (ver página siguiente)	A		B		A		B		A		B		
Sistema de Refrigeración (por convección)	Natural		Forzada		Natural		Forzada		Natural		Forzada		
Rango de Temperatura de Trabajo	-5 / +40 °C												
Humedad Relativa Máxima (sin condensación)	< 95 %												
Dimensiones aprox. (en mm.)	425x216x195	678x330x233	425x250x195		678x330x233		425x250x195		678x330x233				
Peso (aprox.)	14 kg	30 kg	14 kg	17 kg	34 kg	34 kg	14 kg	17 kg	19 kg	34 kg			32 kg
Índice de protección	IP20												
Materiales envolventes	Chapa de Aluminio pintada con resina EPOXI en caliente												
Terminales	Acero Inox												



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### OBJETIVO 3

Operaciones, proceso y definición posterior del trabajo.

**DESARROLLO DE INSTRUCCIONES DE TRABAJO COMPLETAMENTE DETALLADA PARA CADA PASO DEL PROCESO.**

En este objetivo se muestra en el objetivo anterior.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



### OBJETIVO 4

Definición de los procedimientos de manufactura.

**Desarrollo de documentos en el que se define cada uno de los procesos de manufactura necesarios para el producto definido. El documento incluye una definición de cada paso, presentando como un flujo grama que proporciona una visión esquemática.**

En el objetivo cuatro, se define también el proceso de manufactura en el objetivo dos.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

## **Módulo III.**

# **DAC, TARIFAS Y PROCEDIMIENTOS ANTE CFE**

---



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### OBJETIVO

En este apartado el alumno conocerá las particularidades del mercado eléctrico en México de cara a las nuevas disposiciones contenidas en la reforma energética. Adicionalmente se dará capacitación sobre el correcto mantenimiento que una máquina de este tipo debe tener.

### FIDE

Fideicomiso privado, sin fines de lucro, constituido el 14 de agosto de 1990, por iniciativa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica; para coadyuvar en las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

#### El FIDE se constituye por:

- Fideicomitentes: CONCAMIN, CANACINTRA, CANAME, CMIC, CNEC y SUTERM
- Fiduciaria: Nacional Financiera, S.N.C., quien otorga facultades a un delegado fiduciario que se ostenta como apoderado de la Fiduciaria, quien a su vez delega facultades al Director General del FIDE y éste a su vez a los Subdirectores en el área de su competencia.
- Fideicomisarios: CFE y consumidores de energía eléctrica que resulten beneficiarios de los servicios que imparta el Fideicomiso.

#### El Comité Técnico del FIDE se integra por:

- Presidente y vicepresidente, que se designan por mayoría de votos de los Fideicomitentes Fundadores y la CFE;
- Un representante de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE);
- Un representante de la CFE;
- Un representante de cada uno de los Fideicomitentes Fundadores: CONCAMIN, CANACINTRA, CANAME, CMIC, CNEC y el SUTERM;
- Cinco vocales, que serán nombrados por los miembros restantes del propio Comité Técnico, seleccionados entre representantes de las empresas afiliadas a las respectivas





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Cámaras de Industria (actualmente Grupo Carso, Grupo Kuo, CEMEX, Minera México y Grupo Villacero),

- Un representante de la Fiduciaria (NAFIN), quien tendrá voz pero no voto.

### ¿Cuáles son sus metas?

El ahorro y el uso eficiente de energía eléctrica en los sectores de la sociedad, a través de proyectos que fomenten el desarrollo tecnológico y, con ello, disminuir el uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad, para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

### ¿Qué ofrece?

Apoyos técnico y financiero a través de programas...

#### De ahorro y mejora de la eficiencia

**Eficiencia Energética:** su fin es promover e inducir el uso eficiente de la energía eléctrica, a través de proyectos que brinden asistencia técnica y/o financiamiento, para la aplicación de tecnologías eficientes que demuestren el ahorro y rentabilidad en sistemas y procesos de producción, iluminación, fuerza motriz (motores), aire acondicionado, y refrigeración, entre otros.

**Eco-Crédito Empresarial:** está diseñado para apoyar al sector empresarial y productivo, mediante financiamientos preferenciales, para la sustitución de equipos obsoletos por aquellos de alta eficiencia aprobados por el FIDE como: aire acondicionado de 1 a 5 TR; iluminación con lámparas fluorescentes (T5, T8 entre otras), lámparas de inducción magnética o diodos de iluminación (Led); motores eléctricos; subestaciones eléctricas y refrigeradores, que cumplan con los requisitos de sustentabilidad económica y energética que exige el FIDE.

#### De apoyo

**Sello FIDE:** es un distintivo que se otorga a productos que inciden directa o indirectamente en el ahorro de energía eléctrica. Es garantía de cumplimiento de las normas de eficiencia energética y un plus adicional de ahorro.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Educación para el Uso Racional y Ahorro de la Energía Eléctrica (EDUCAREE):**

fomenta en centros educativos, culturales, organismos de participación social, empresas y organismos internacionales, la formación de las personas en la cultura del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

**Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica (PNAEE):** es un reconocimiento público anual que se otorga a las empresas e instituciones que se hayan destacado por los esfuerzos y logros obtenidos en el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

**Horario de Verano:** su principal objetivo es hacer un mejor uso de la luz solar durante los meses de mayor insolación, para reducir el consumo de energía eléctrica utilizada en iluminación, equivalente a una hora de luz artificial por las noches, teniendo su mayor impacto en el sector doméstico. El horario de verano inicia a las dos horas del primer domingo de abril y concluye a las dos horas del último domingo de octubre, a excepción de los municipios ubicados en la franja fronteriza norte. Instancias participantes: Secretaría de Energía (SENER), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y FIDE.

Su fin es promover e inducir, con acciones y resultados, el uso eficiente de energía eléctrica, a través, de proyectos que permitan la vinculación entre la innovación tecnológica y el consumo de energía eléctrica, mediante la aplicación de tecnologías eficientes.

Estos proyectos están orientados al sector productivo, mediante el otorgamiento de asesoría y asistencia técnica -con y sin financiamiento-, para la modernización de instalaciones, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, de tal forma que con el ahorro y la eficiencia energética se contribuya a la conservación de los recursos naturales no renovables, al aprovechamiento sustentable de la energía y la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos proyectos permiten además desarrollar un mercado de consultoría y tecnologías de alta eficiencia, contribuyendo al crecimiento del empleo.

**Instancias participantes en el Programa: Comisión Federal de Electricidad y el FIDE.**

**Los *Proyectos de Eficiencia Energética* FIDE apoyan a los sectores siguientes:**



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

- Comercios y servicios
- Industrias
- Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MI PyMES)
- Municipios

**Con estos proyectos se obtienen los siguientes beneficios ambientales:**

- Disminuir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
  - Disminuir la quema de barriles de petróleo.
  - Fomentar el uso de fuentes alternativas de energía.

Monto a financiar	Concepto variables con base en la capacidad de pago del usuario, ahorro energético proyectado y tarifa contratada con CFE
Tasa *	
Plazo	
Tipo de cobro *	

### **Beneficios para el usuario:**

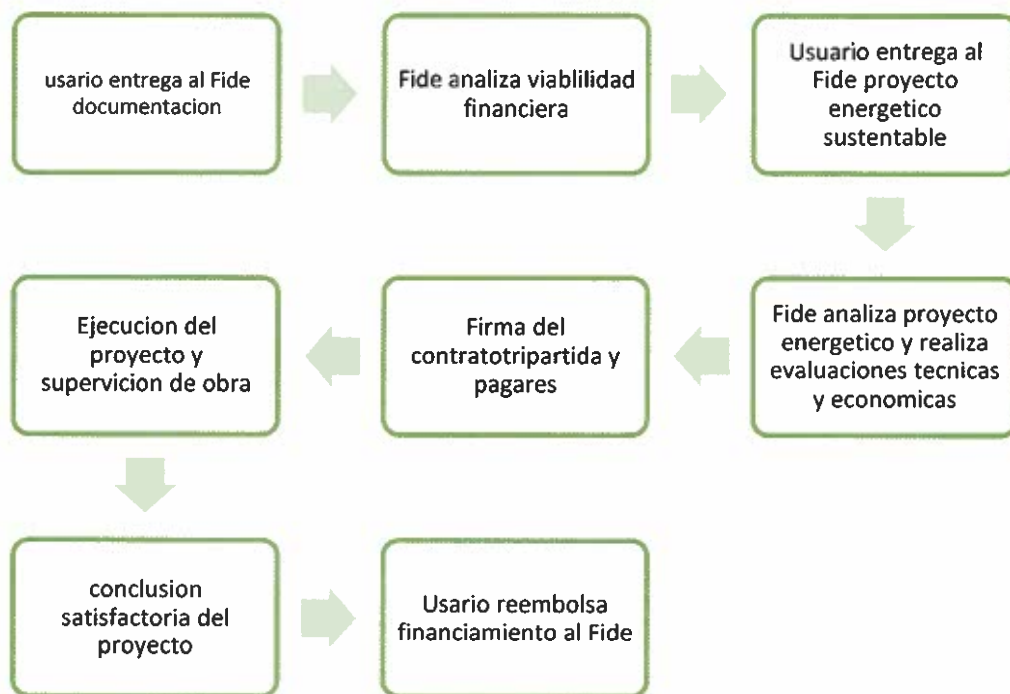
- Convertirse en una empresa comprometida con la protección del medio ambiente.
- Contar con tecnología de punta en el consumo de energía eléctrica.
- Reducción de los costos de facturación eléctrica.
- Incremento de la competitividad y productividad.
- Disminución de costos de mantenimiento.
- Costo de los equipos, deducibles de impuestos.

### **Equipos a financiar:**

- Aire acondicionado
- Aislamiento térmico
- Automatización y monitoreo remoto
- Balastros electrónicos
- Bombas para pozos
- Compresores de aire
- Control de la demanda
- Equipos de proceso
- Generadores de energía eléctrica en pequeña escala hasta 500 kW con fuentes alternas (fotovoltaicas, biogás, gas natural y eólicas)

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

- Luminarias y/o lámparas para alumbrado público
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión
- Lámparas fluorescentes compactas
- Lámparas fluorescentes lineales T-5 y T-8 y reflectores especulares
- Luminarias con LED's (diodos emisores de luz)
- Micro cogeneración
- Motores eléctricos de alta eficiencia
- Refrigeración
- Sensores de presencia
  - Transformadores (cambio de tarifa)
  - Unidades generadoras de agua helada
  - Variadores de velocidad
  - Ventilación
  - y, en general, equipos de alta eficiencia energética





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### Requisitos Financieros:

1. Solicitud
2. Recibo de CFE sin adeudos de un año
3. Autorización de consulta de buró de crédito
4. Identificación oficial
5. Comprobante de domicilio
6. RFC
7. Análisis crediticio, en su caso (se podrían requerir estados financieros o declaraciones fiscales)
8. Acta de Cabildo, en caso de ser municipio, si el financiamiento se amortiza dentro de la administración municipal vigente
9. Cualquier otro que requiera el Comité de Crédito

### Requisitos técnicos

1. Ficha técnica o Diagnóstico energético, dependiendo el tipo de proyecto y monto a financiar.
2. Descripción del proyecto
3. Análisis de facturación eléctrica
4. Descripción sistema ineficiente
5. Descripción sistema eficiente
6. Comparativo de ahorros energéticos y económicos
7. Inversión
8. Periodo simple de recuperación
9. Lista de precios
10. Catálogos con especificaciones técnicas
  11. Sello Fide, en su caso.
  12. Inhabilitación del equipo a sustituir.

## TARIFAS ESPECIALES, HO, OM, ETC.

### Tarifa OM

Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100kW.

### Aplicación:



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100W.

### **Tarifa H-M**

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.

#### **Aplicación:**

Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

### **Tarifa H-MC**

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más. Para corta utilización.

#### **Aplicación:**

Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión en las regiones Baja California y Noreste, con una demanda de 100 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, en cual tendrá vigencia mínima de un año.

### **TARIFA OMF**

Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW, con cargos fijos

#### **Aplicación**

Esta tarifa se aplicará a los servicios suministrados en media tensión con una demanda menor a 100 kilowatts, cualquiera que sea el uso al que se destine la energía eléctrica, siempre que los usuarios soliciten inscribirse en este servicio. La solicitud de inscripción deberá presentarse durante los primeros 15 (quince) días naturales de cualquier mes del año.

La inscripción en esta tarifa tendrá una vigencia mínima de un año y no podrá darse por



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

terminada antes de que concluya el último lapso de permanencia para el cual el usuario tenga potencia media comprometida mayor que 0 (cero). Por lapso de permanencia se entenderá un periodo de 12 (doce) meses calendario consecutivo en que el usuario se compromete a una potencia media.

El lapso de permanencia se podrá renovar por nuevos lapsos, en los que a partir del mes siguiente a aquél en que sea aceptada la solicitud de renovación, se aplicarán los nuevos cargos que se notifiquen y para los cuales, en su caso, se adecuarán las potencias y energías comprometidas.

### **TARIFA H-MF**

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100kW o más, con cargos fijos.

#### **Aplicación**

Esta tarifa se aplicara a los servicios suministrados en media tensión con una demanda de 100 kilowatts o más, cualquiera que sea el uso al que se destine la energía eléctrica, siempre que los usuarios soliciten inscribirse en este servicio. La solicitud de inscripción deberá presentarse durante los primero 1 (quince) días naturales de cualquier mes del año.

Las inscripciones en esta tarifa tendrán una vigencia mínima de un año y no podrá darse por terminada antes de que concluya el último lapso de permanencia para el cual el usuario tiene potencias medias comprometidas mayores que cero.

Por lapso de permanencia se entenderá un periodo de doce meses calendario consecutivo en que el usuario se compromete a una potencia media. El lapso e permanencia se podrá renovar por nuevos lapsos, en los que a partir del mes siguiente a aquel en que sea aceptada la solicitud de renovación, se aplicaran los nuevos cargos que se notifiquen y para los cuales, en su caso, se adecuaran las potencias y energías comprometidas.

### **TARIFA H-MCF**

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más, para corta utilización, con cargos fijos.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Aplicación**

Esta tarifa se aplicará a los servicios suministrados en media tensión en las regiones Baja California y Noroeste, con una demanda de 100 kilowatts o más, cualquiera que sea el uso al que se destine la energía eléctrica, siempre que los usuarios soliciten inscribirse en este servicio. La solicitud de inscripción deberá presentarse durante los primeros 15 (quince) días naturales de cualquier mes del año.

La inscripción en esta tarifa tendrá una vigencia mínima de un año y no podrá darse por terminada antes de que concluya el último lapso de permanencia para el cual el usuario tenga potencias medias comprometidas mayores que 0 (cero).

Por lapso de permanencia se entenderá un periodo de 12 (doce) meses calendario consecutivo en que el usuario se compromete a una potencia media. El lapso de permanencia se podrá renovar por nuevos lapsos, en los que a partir del mes siguiente a aquél en que sea aceptada la solicitud de renovación, se aplicarán los nuevos cargos que se notifiquen y para los cuales, en su caso, se adecuarán las potencias y energías comprometidas

### **Tarifa H-S**

Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmision

### **Aplicación**

Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmision y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

### **Tarifa H-SL**

Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización

### **Aplicación**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Tarifa H-T**

Tarifa horaria para servicios general en alta tensión, nivel transmisión.

#### **Aplicación**

En esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

### **Tarifa H-TL**

Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización.

#### **Aplicación**

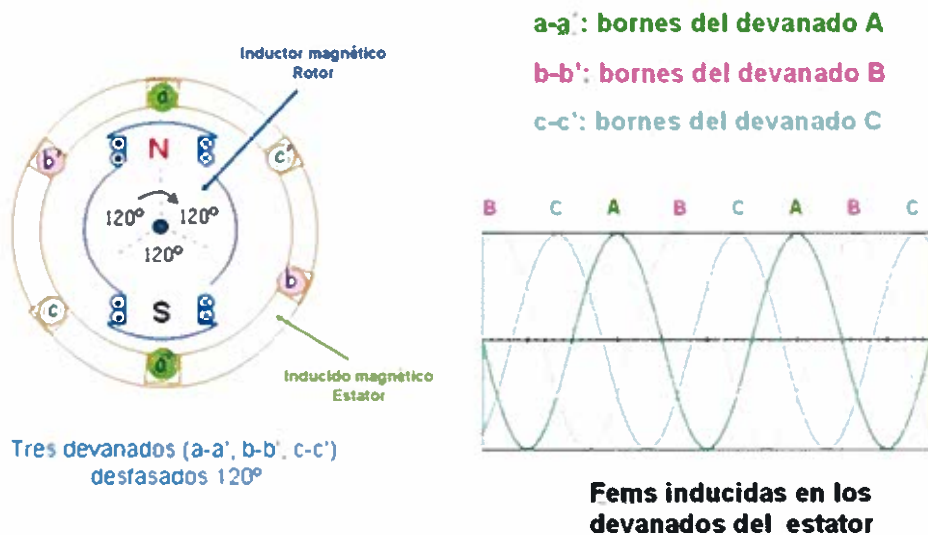
Esta tarifa se aplicara a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmision, y que por las características de utilización de su demanda soliciten

## SISTEMAS TRIFASICOS

Los alternadores de las centrales eléctricas generan sistemas trifásicos equilibrados en tensiones, de frecuencia 50Hz y donde las tensiones tienen el mismo valor eficaz pero están desfasadas  $120^\circ$  entre sí. A lo largo de la red eléctrica este equilibrio se va perdiendo y la calidad del suministro disminuye. Sin embargo los avances técnicos consiguen a través de potentes y precisos filtros eléctricos, que se compense la distorsión de las tensiones y disminuya el grado de desequilibrio.

### Generación y transporte de tensión trifásica

Para generar tensiones trifásicas es necesario un alternador con tres devanados iguales pero desfasados  $120^\circ$  en el espacio. Normalmente estos devanados se encuentran en la parte no giratoria de la maquina llamada estator. La variación de flujo magnético necesaria para generar Fem, se consigue al circular corriente continua por un devanado inductor situado en la parte móvil llamada rotor, que se somete a giro mediante una fuerza motriz exterior (turbina). De esta forma, el campo magnético creado para el devanado retorico es constante, pero los devanados del estator lo "ven" variable debido a que el rotor está girando. En la siguiente figura podemos observar un alternador elemental de dos polos, donde las Fems inducidas en cada bobina estatorica son iguales en valor eficaz pero están desfasadas  $120^\circ$ .



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACÍFICO

La frecuencia de las tensiones inducidas en el alternador depende de:

- El número de polos del campo magnético.
- La velocidad de giro del rotor.

Se puede demostrar que la frecuencia responde a la siguiente expresión:

$$N = \frac{60 \cdot f}{P}$$

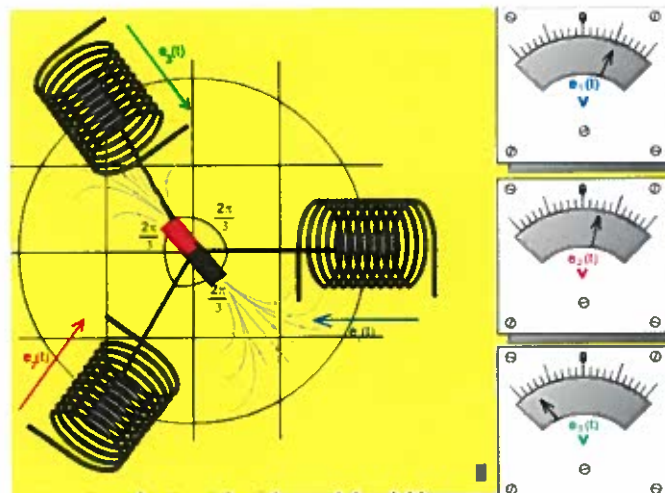
Dónde:

N = velocidad de giro del alternador en rpm.

f = frecuencia en Hz.

P = número de pares de polos del campo magnético.

En la siguiente imagen se muestra el principio del alternador:



### Red trifásica

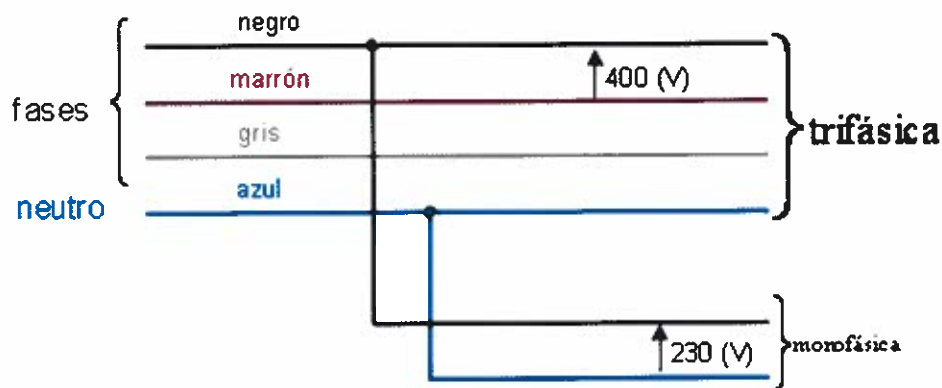
Inicialmente son las centrales eléctricas las encargadas de generar tensiones trifásicas, mediante los alternadores. Estos normalmente suelen producir tensiones de 12, 15, 20 o 22 kV que, tras ser elevadas mediante un transformador se transportan a grandes distancias

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



mediante líneas eléctricas trifásicas. Posteriormente estas líneas sufren reducciones de tensión mediante transformadores para poder alimentar a los puntos de consumo tanto industriales, comerciales y domésticos. Ten en cuenta que desde la central hasta los puntos de consumo en BT, las redes que transportan la energía eléctrica son trifásicas.

En los puntos de consumo por ejemplo en la entrada de un edificio, las líneas son trifásicas se van desdoblando en monofásicas para alimentar a pequeños consumidores como viviendas, locales, etc. En la siguiente figura se observa las líneas monofásicas de BT a partir de una trifásica.



### Cargas o receptores trifásicos

Es habitual llamar a los receptores trifásicos “cargas” y así lo haremos a partir de ahora. Sin una carga monofásica es equivalente a una impedancia, una carga trifásica equilibrada está formada por tres impedancias iguales. A la hora de conectar entre si estas tres impedancias hay dos posibilidades:

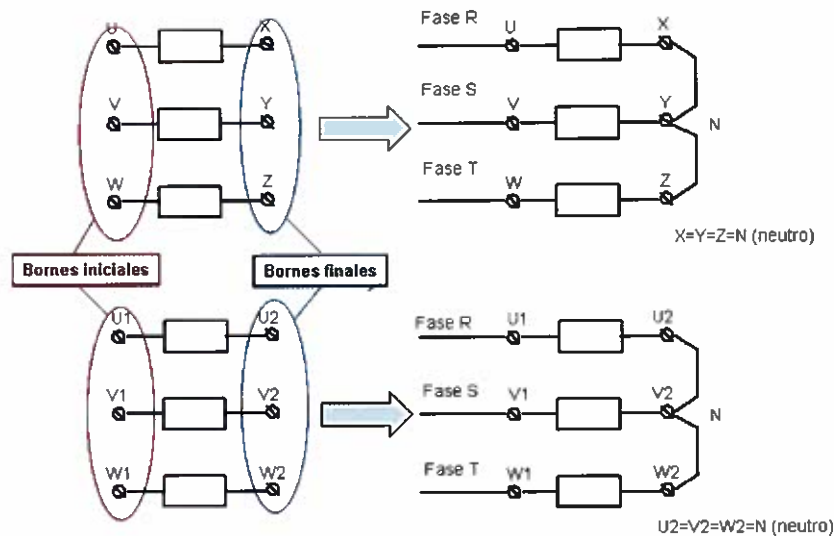
- Conexión estrella.
- Conexión triangulo.

Además las corrientes absorbidas por una carga trifásica se clasifican en tres corrientes de líneas y tres corrientes de fase; ambos grupos como veremos, iguales en valor eficaz y desfasadas  $120^\circ$  entre sí.

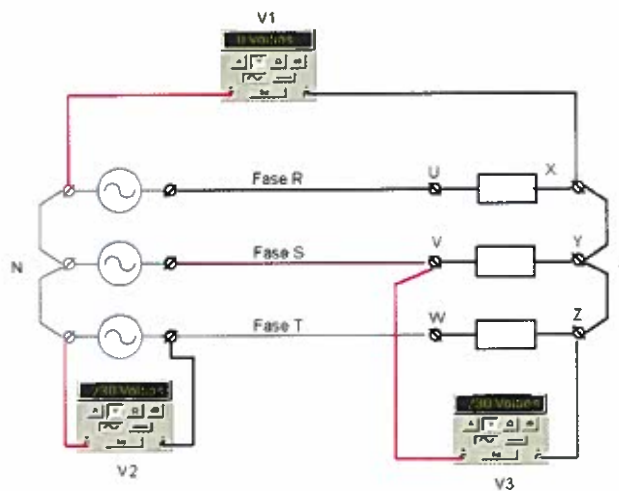
# INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

## Carga trifásica equilibrada en estrella (Y)

Los bordes de la impedancia suelen recibir la denominación que podemos ver en la figura. Los bordes finales de cada impedancia se conectan formando el punto neutro de la estrella y los iniciales reciben a los conductores de fase de la red.



La característica más importante de la conexión estrella equilibrada es que el punto neutro de la carga coincide eléctricamente con el punto neutro de la red trifásica que la alimenta, aunque físicamente puedan estar separados una distancia apreciable. Es decir, si conectamos un voltímetro entre ambos puntos neutros, marcará 0V. Al ser ambos puntos neutros el mismo, cualquier voltímetro entre una fase y alguno de los neutros, marcará lo mismo. Observa que en la siguiente figura el voltímetro V1 marca 0 (V); V2 y V3 marcan la tensión de fase (230 V), puesto que están conectados entre alguna fase y el punto neutro.

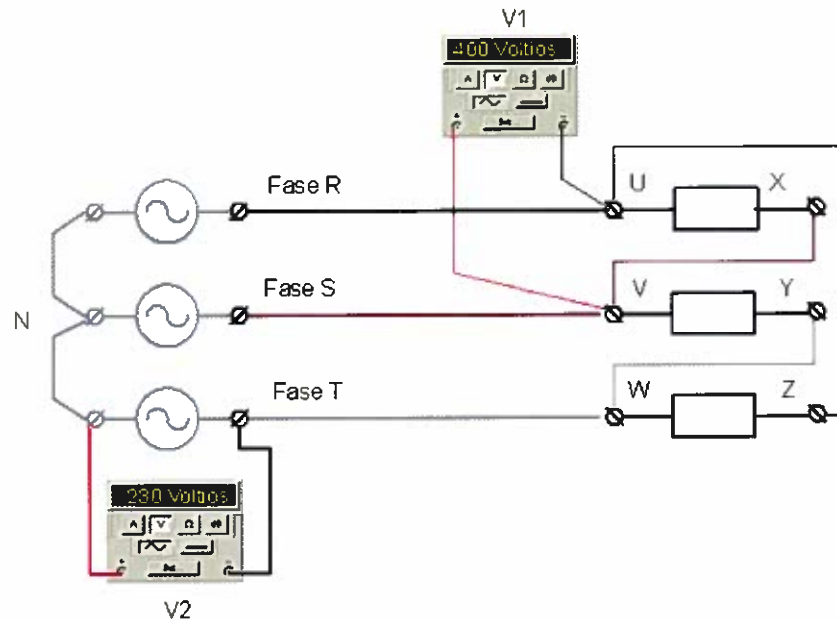


## Carga trifásica equilibrada en triángulo ( $\Delta$ )

Para conectar tres impedancias en triángulo, cada una de ellas debe estar conectada entre dos fases. Para ello basta con unir cada borne final con el borne inicial de la siguiente impedancia:

- 1.- X con V
- 2.- Y con W
- 3.- Z con U

Finalmente, unimos los bornes iniciales a las fases de la red. **No existe por tanto, el punto neutro de la carga.**



Observa que cada impedancia está conectada entre dos fases, por tanto soporta la tensión de línea, que será 400 (V) si la tensión de fase de la red es 230 (V). En este caso habrá que tener precauciones especiales puesto que cada impedancia de fase debe estar preparada para soportar 400 (V).

## Corrientes absorbidas

Tanto para una carga en estrella como en triángulo se definen corrientes de fase y corrientes de línea. La definición de ambos tipos de corriente es la misma para ambas conexiones:

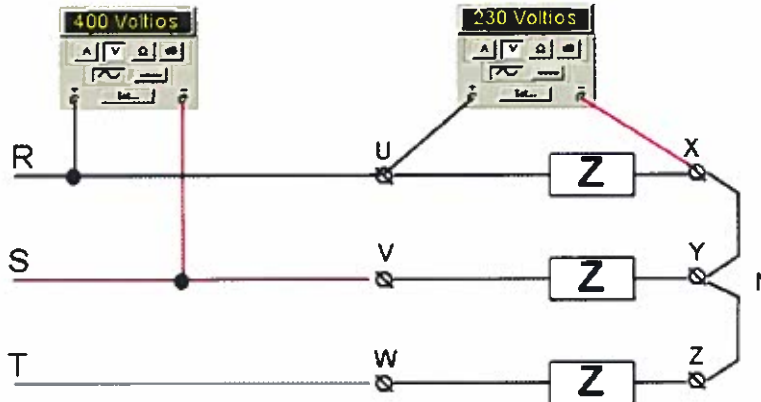
- Corrientes de línea: son las que circulan hacia la carga por cada uno de los conductores de la red trifásica. Las llamaremos  $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ .
- Corrientes de fase: son las que circulan por cada impedancia de la carga trifásica.

Para entender convenientemente las corrientes de línea y fase, las tendremos que analizar por separado en una carga en estrella y en triángulo.

## Carga en estrella

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Puedes ver el valor de la intensidad de línea y de fase en una red de 400 V, en el caso de impedancias por fase de 10, 23 y 46 Ω. (Ponte encima del valor de la impedancia que puedes ver la parte inferior)



### Relaciones estrella-triángulo

Supongamos que disponemos de tres impedancias iguales y pretendemos con ellas realizar una carga trifásica. El consumo de corriente de línea de la carga, dependerá de que la conexión sea estrella o triángulo. Vamos a comparar las expresiones vistas en el apartado anterior, suponiendo que evidentemente la tensión de red no varía:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Estrella} \rightarrow I_L(Y) = I_F(Y) = \frac{V_F}{Z} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{V_L}{\sqrt{3} * Z} \\
 \text{Triángulo} \rightarrow I_L(\Delta) = \sqrt{3} * I_F(\Delta) = \sqrt{3} * \frac{V_L}{Z}
 \end{array} \right\} \Rightarrow I_L(\Delta) = 3 * I_L(Y)$$



### COMPETITIVIDAD SFVIR- SUBESTACION

Las subestaciones eléctricas son las instalaciones encargadas de realizar transformaciones de la tensión, de la frecuencia, del número de fases o la conexión de dos o más circuitos.

Puede encontrarse junto a las centrales generadoras y en la periferia de las zonas de consumo, en el exterior o interior de los edificios. Actualmente en las ciudades las subestaciones están en el interior de los edificios para ahorrar espacio y contaminación. En cambio las instalaciones al aire libre están situadas en las afueras de la ciudad.

Las subestaciones pueden ser de dos tipos:

- **Subestaciones de transformación:** son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante una o más transformadores. Estas subestaciones pueden ser elevadoras o reductoras de tensión.
- **Subestaciones de maniobra:** son las encargadas de conectar dos o mas circuitos y realizar sus maniobras. Por lo tanto, en este tipo de subestaciones no se transforma la tensión.

#### **Subestaciones transformadoras elevadoras**

Elevan la tensión generadora de media a alta o muy alta para poderla transportar. Se encuentran al aire libre estas situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad.

La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de línea de transporte (66, 110, 220 o 380kV), mientras que en la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30 kV).

#### **Subestaciones transformadoras reductoras**

Son subestaciones con la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.

La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (66, 110, 220 o 380 kV). Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30 kV).

### Principales tipos de averías y su sistema de protección

Las averías más frecuentes que se producen en los circuitos eléctricos son:

**Cortocircuito:** es la conexión voluntaria o accidental de dos puntos de un circuito entre los que hay una diferencia de potencial. Estas averías se tienen que eliminar en un tiempo inferior a los cinco segundos.

Los sistemas de protección utilizados son:

- Fusibles.
- Seccionadores.
- Interruptores electromagnéticos.

**Sobre-intensidad:** es una intensidad superior a la nominal y puede producir a su tiempo una sobrecarga o un cortocircuito. Se entiende por sobrecarga a un aumento de corriente que sobrepasa la corriente nominal.

Los sistemas de protección utilizados son:

- Fusibles.
- Interruptores electromagnéticos y magnetotérmicos.

**Contacto directo:** es el contacto entre personas y partes activas de la instalación. Los sistemas de protección utilizados son:

- Aislar las partes activas de la instalación.
- Habilitar una distancia de seguridad mediante obstáculos.

**Contacto indirecto:** contacto de personas con masas que se encuentran accidentalmente en tensión como por ejemplo suele pasar con las carcasas de las máquinas eléctricas.

La protección contra contactos indirectos más utilizada es la que combina el interruptor diferencial con las masas de tierra.

### Perturbaciones



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

- **Sobretensiones:** tensiones superiores al valor máximo que pueden existir entre dos puntos de una instalación eléctrica. Para evitar las sobretensiones se utilizan relés de protección contra sobretensiones.
- **Subtensiones:** tensión inferior a la tensión nominal de funcionamiento del circuito. Para evitar las subtensiones se instalan relés de protección contra subtensiones.

### Definición de los sistemas de protección

Es necesario tener sistemas de protección a las diferentes instalaciones eléctricas, como son:

**Cortocircuitos fusible:** son dispositivos destinados a cortar automáticamente el circuito eléctrico cuando la corriente eléctrica que los atraviesa es muy alta.

El fusible es la parte de un corto circuito que se funde si pasa de una intensidad superior para la que se construyó.

### Relé térmico

Dispositivo de protección que tiene la capacidad de detectar las intensidades no admisibles. Por sí solo no puede eliminar la avería y necesita otro elemento que realice la desconexión de los receptores. Se suele utilizar una lámpara de señalización al cerrar el corto circuito para indicar que el relé térmico ha actuado debido a una sobreintensidad no admisible.

### Interruptor magneto-térmico

Dispositivo electromecánico con capacidad para cortar, por sí mismo, las sobre intensidades no admisibles y los cortocircuitos que se puedan producir.

- **Desconexión por cortocircuito:** actúa por principio de funcionamiento magnético. Una bobina magnética crea una fuerza que por medio de un sistema de palancas se encarga de abrir el contacto móvil (entrada de corriente).

Si la corriente eléctrica que atraviesa el interruptor automático supera la intensidad nominal de distintas veces, su apertura tiene lugar a un tiempo inferior a 5 ms.

- **Desconexión por sobrecarga:** en este caso actúa por principio de funcionamiento térmico.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Un bimetálico se curva cuando es atravesado por una sobreintensidad no admisible y origina una fuerza que se transmite por medio de palancas y desconecta el contacto móvil.

El tiempo de actuación lo determina la intensidad que lo atraviesa: a más intensidad menos tiempo tarda en actuar.

### Interruptor diferencial

Dispositivo de protección que detecta y elimina los defectos de aislamiento.

Este dispositivo tiene mucha importancia en las instalaciones eléctricas y necesita estar protegido de las sobreintensidades y cortocircuitos, colocando un interruptor magnetotérmico antes del mismo.

Durante el funcionamiento de este dispositivo en situaciones de normalidad, la corriente que entra en un receptor tiene el mismo valor que el que sale de este.

Sin embargo, en caso de que haya un defecto de aislamiento, se producirá un desequilibrio entre la corriente de entrada y la de salida; la variación de corriente no será nula. El interruptor diferencial actúa abriendo el circuito cuando detecta que **esta variación de corriente no es nula**.

### Interruptor o relé electromagnético

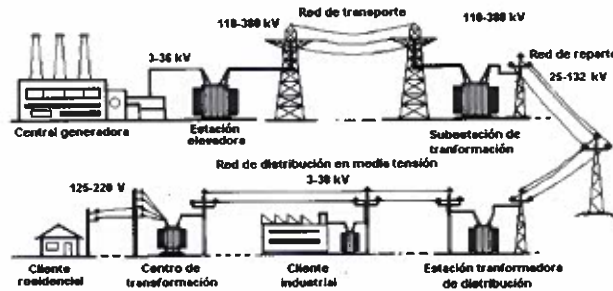
Protegen las instalaciones eléctricas sometidas a picos de corriente fuertes (por ejemplo, cuando se arrancan motores en aparatos de elevación), contra las sobrecargas importantes.

### Seccionadores

Dispositivo mecánico de conexión y desconexión que permite cambiar las conexiones del circuito para aislar un elemento de la red eléctrica o una parte de la misma del resto de la red.

Antes de poder utilizar el seccionador **se debe cortar la corriente eléctrica del circuito**.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



### FACTOR DE POTENCIA

#### ¿Qué es la potencia?

Es la capacidad de producir o demandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo.

#### ¿Cuántos tipos de potencia existen?

En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas se encuentran presentes las siguientes potencias:

- Potencia aparente
- Potencia reactiva
- Potencia activa

**Potencia aparente (S):** es la potencia que determina la presentación en corriente de un transformador y resulta de considerar la tensión aplicada al consumo por la corriente que este demanda. (Unidad de medida: volt-Amper VA)

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

**Potencia activa (P):** es la que se aprovecha como potencia útil en el eje del motor, la que se transforma en calor, etc. Es la potencia realmente consumida por el cliente y por lo tanto paga por el uso de la misma. (Unidad de medida: Watts W)

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

**Potencia reactiva (Q):** es la potencia que los campos magnéticos rotantes de los motores o balastos de iluminación intercambian con la red eléctrica sin significar un consumo de potencia útil o activa. (Unidad de medida volt-ampere reactivo Var)

$$Q = \sqrt{3} * U * I * Sen \varphi$$

Al coseno del ángulo ( $\cos \varphi$ ) que forman los fasores de potencia se lo denomina **factor de potencia**.

### ¿Cómo se determina la potencia capacitiva faltante (compensación)?

Para determinar la potencia capacitiva faltante ( $Q_{faltante}$ ) para compensar el Factor de Potencia a valores requeridos por la distribución, se debe proceder de la siguiente manera:

1. Medir el coseno  $\varphi$  instantáneo.
2. Medir la corriente por fase del circuito.
3. Calcular la máxima potencia activa del suministro.
4. Calcular la tangente  $\varphi$  actual (se calcula con el valor de cosen  $\varphi$  instantáneo medido).
5. Calcular la potencia capacitiva necesaria o faltante ( $kVAr_{faltante}$ ).

$$Q_{faltante} = (tg \varphi actual - tg \varphi deseada) * P$$

### Ejemplo:

Se tomaron las mediciones de un suministro trifásico en el horario pico, arrojando los siguientes valores:

$\cos \varphi$  instantáneo = 0.72

$Tg \varphi$  actual = 0.964

$Tg \varphi$  deseada = 0.328 ( $\cos \varphi$  equivalente = 0.95)

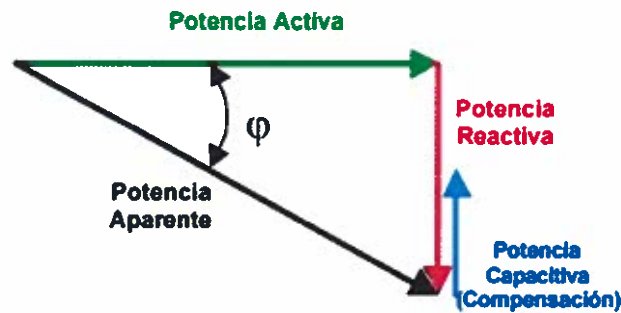
Corriente máxima = 85 amp

Tensión de suministro = 380V

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

$$Q_{faltante} = (0.964 - 0.328) * 40.3 \text{ kW} = 25 \text{ kVAr } faltantes$$

Por lo tanto se deberá instalar una batería de capacitores equivalentes a 25 kVAr para compensar el factor de potencia y llevarlo a un valor mínimo de  $\text{Cos } \varphi = 0.95$



El factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1, lo que significa que:



El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo.

Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Considerando lo anterior el factor de potencia por debajo de 90% significa energía desperdiciada por la empresa y en consecuencia un incremento innecesario en el importe de su facturación por este concepto. De acuerdo al comportamiento del factor de potencia se aplica una penalización cuando el factor de potencia (f. p.) es < al 90% o bonificado cuando es > al 90% conforme a lo siguiente:

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

CONCEPTO	FÓRMULA	% MÁXIMO APLICABLE
BONIFICACIÓN	$\frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{90}{F.P.} \right) \right] \times 100$	2.5
PENALIZACIÓN	$\frac{3}{5} \left[ \left( \frac{90}{F.P.} \right) - 1 \right] \times 100$	120

### Origen del bajo factor de potencia

La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

### Problemas técnicos

Además del incremento en el importe de la facturación, un bajo factor de potencia también deriva en los siguientes problemas:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores.
- Desgaste prematuro de los conductores.
- Sobrecarga de transformadores y líneas de distribución.
- Incremento en caídas de voltaje.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

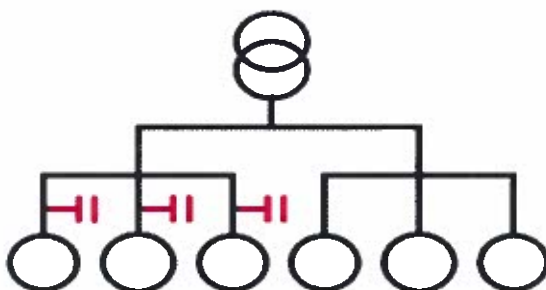
### ¿Cómo corregir el factor de potencia?

Ya que el bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva, que algunos equipos requieren para su funcionamiento, es necesario compensar este consumo reactivo mediante bancos de capacitores y/o filtros de armónicas (carga lineal y no lineal).

Se pueden manejar tres arreglos para la aplicación de capacitores, los cuales pueden combinarse entre sí según el arreglo que más beneficie en cada caso.

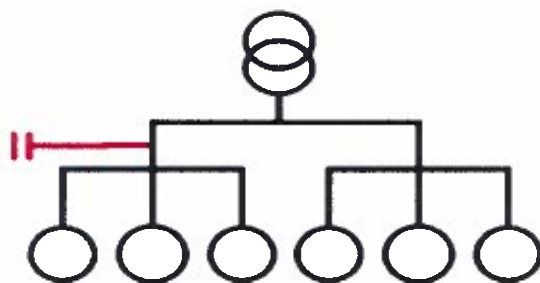
#### Compensación individual:

Únicamente estaría en servicio cuando opere la carga a controlar



#### Compensación en grupo:

Varias cargas de igual capacidad y periodo de trabajo, se puede compensar con un capacitor en común, en un punto único como un centro de carga.



#### Compensación central:

Cargas distintas que operan a diferentes periodos pueden ser compensadas, con un banco único de capacitores, conectado usualmente a la entrada de la instalación, el cual mejora el nivel de voltaje pero no reduce las pérdidas.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### Beneficios al corregir el factor de potencia:

- Disminución de pérdidas en los conductores.
- Reducción de las pérdidas de las caídas de tensión.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas.
- Reducción del costo de su facturación de energía eléctrica.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

---

**MÓDULO IV**

**DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FV**

### OBJETIVO:

En esta sección el alumno aprenderá a manejar y conocer las propiedades de las tecnologías fotovoltaicas. El principal objetivo es que los alumnos se familiaricen con los puntos básicos que se requieren para la instalación de este tipo de tecnologías.

### SELECCIÓN DE MODULOS:

Existen diversos tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

**Silicio puro mono-cristalino:** está basado en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. Alcanza un rendimiento máximo de 24.7% para este tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%.

**Silicio puro poli-cristalino:** los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles poli-cristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie en aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos, alcanzan un rendimiento del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%, siendo su precio también más bajo.

**Silicio amorfo (TFS):** basados también en el silicio pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Los paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (calculadoras, relojes, etc.), y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado es del 13% siendo de los módulos comerciales del 8 %.

### **Elección de los componentes para un sistema fotovoltaico:**

Al elegir los paneles solares, se debe tomar en cuenta el voltaje de entrega, la corriente, la potencia que se desea obtener de dichos dispositivos y su relación con los índices de temperatura a la que va a trabajar. Es importante también tener en cuenta los siguientes parámetros al elegir un panel fotovoltaico:

ISC= corriente de corto circuito, ya que es la máxima intensidad de corriente que podrá proporcionar el panel.

VOC= voltaje de circuito abierto, es el máximo voltaje que podrá proporcionar el panel

Además de:

IPMax = corriente pico máxima

VPMax = voltaje de pico máxima

Ya que la variación de estos parámetros influirá en nuestra PMax.

$P_{max} = IP_{Max} * VP_{max}$  que será la máxima potencia entregada por el panel.

Estas curvas son proporcionadas por el fabricante, y en ellas no podemos dar cuenta de cómo se va a comportar el panel durante los días de mayor radiación y en la ausencia de la radiación solar, para poder elegir el más adecuado. Todas estas características por lo general son referidas a condiciones estándar como la irradiación de 100 W/m<sup>2</sup>, a nivel del mar, y una temperatura de 25°C.

Además de las características técnicas en el mercado se ofrecen una gran variedad de paneles para: instalaciones de techo, suelo o en la fachada.

En la práctica el error que cometemos al partir de los valores de IPMax y VPMax puede corregirse añadiendo una pérdida de eficiencia del 5% al sistema.

## CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Número y conexión de los módulos solares

Para el cálculo del número de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda eléctrica prevista en la vivienda, se empleara la expresión siguiente en función del emplazamiento y tipo en panel solar que se va a instalar:

$$N_{\text{mod}} = \frac{C_{\text{ed}}}{P_{\text{MP}} * HSP_{\text{crit}} * PR}$$

Dónde:

$C_{\text{ed}}$  = el consumo diario estimado.

$P_{\text{MP}}$  = es la potencia pico del módulo.

$HSP_{\text{crit}}$  = es el valor de las horas de sol pico del mes critico

$PR$  = es el "performance Ratio" de la instalación o rendimiento energético de la instalación, definido como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, donde se tienen en cuenta las siguientes pérdidas originadas:

Perdidas por dispersión de potencia de los módulos

Perdidas por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas.

Perdidas por sombras.

Perdidas debido a la acumulación de suciedad en los módulos.

Perdidas eléctricas.

Perdidas por reflectancia.

Calculo de las baterías

Para el cálculo de las baterías o acumuladores solares, los dos parámetros importantes necesarios para su dimensionado son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía. En este caso se tomara como valores el siguiente, según el modelo de batería seleccionado:

Profundidad de descarga máxima estacional.  $PD_{max,e} = 75\%$

Profundidad de descarga máxima diaria  $PD_{mas,d} = 25\%$

Número de días de autonomía  $n = 4$  días.

Para el cálculo de la capacidad nominal (CNBAT) necesaria que deben ofrecer las baterías, esta será la que resulte del mayor valor calculado al emplear las descargas previstas, diaria y estacional.

Por un lado, considerando la descarga máxima diaria ( $PD_{max, d}$ ), el cálculo de la capacidad nominal de la batería (CNBAT), se realizara empleando la siguiente expresión:

$$C_{NBAT} = \frac{Q_d}{PD_{max,d}}$$

Calculo del regulador

Para la selección del regulador de carga es necesario calcular cual será la máxima corriente que deberá soportar, tanto en la entrada como en su salida. Para el cálculo de la máxima corriente de entrada al regulador ( $I_{Re}$ ), que proviene de los módulos fotovoltaicos, se empleara la siguiente expresión:

$$I_{Re} = 1.25 * \quad \quad \quad ISC * N \text{ paralelo}$$

Dónde:

ISC es la intensidad de corto circuito del módulo fotovoltaico seleccionado.

N paralelo es el número de ramas de paneles solares dispuestos en paralelo del generador fotovoltaico que se vaya a instalar.

Por otro lado, para el cálculo de la máxima corriente esperada a la salida del regulador (IRs) es decir, del lado del consumo de la instalación interior de la vivienda, se empleara la siguiente expresión:

$$IRs = \frac{1.25 \cdot (P_{DC} + P_{AC} / \eta_{inv})}{V_{BAT}}$$

Siendo:

$P_{DC}$  = La potencia de las cargas en continua (o corriente directa) que haya que alimentar.

$P_{AC}$  = Es la potencia de las cargas en alterna.

$\eta_{inv}$  = Es el rendimiento del inversor, en torno al 96%.

$V_{BAT}$  = La tensión de trabajo de la batería de acumulación (24V)

Calculo del inversor

A la hora de dimensionar el inversor adecuado, además de conocer la tensión de servicio de la batería, como tensión de entrada en continua y de la potencia demandada por las cargas, se hace necesario calcular también la tensión y corriente generada en el punto de máxima potencia de funcionamiento de los paneles solares.

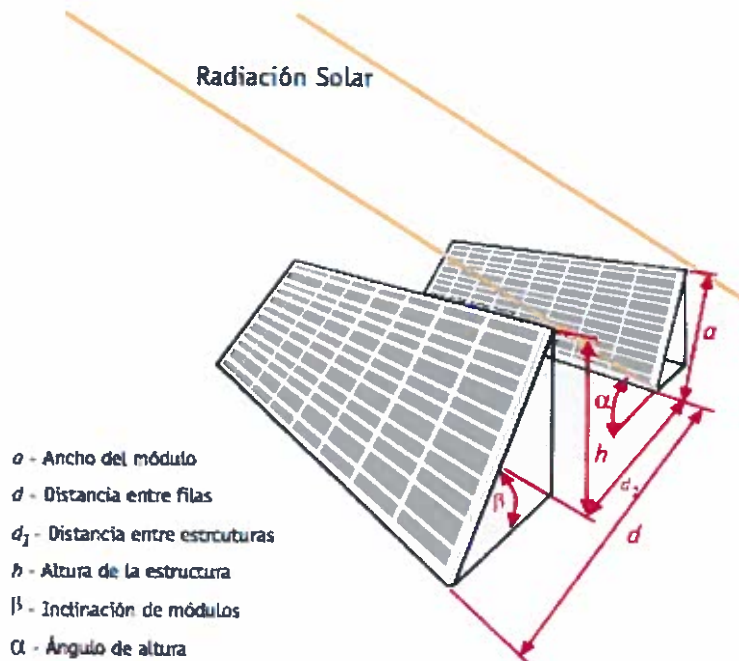
Para el cálculo de la tensión de máxima potencia que ofrece el generador fotovoltaico ( $V_{MPtotal}$ ), esta se obtiene multiplicando el valor de la tensión de máxima potencia ( $V_{MP}$ ) de cada panel por el número de paneles conectados en serie ( $N_{serie}$ ) en cada rama del generador:

$$V_{MPtotal} = V_{MP} * N_{serie}$$



## TRATAMIENTO DE SOMBRAS

Se da el caso de que cuando existe un gran número de módulos fotovoltaicos a instalar y no se dispone de mucho espacio, es necesario juntar las filas de paneles y esto puede traer como consecuencias que (especialmente en invierno) se produzcan sombras de una a otra fila. La posibilidad de que en verano puedan darse sombras entre filas es mucho menor, ya que el recorrido del sol es más alto, y por lo tanto, la sombra arrojada por la fila precedente es más pequeña.



La distancia mínima entre fila y fila está marcada por la latitud del lugar de la instalación dado a que el ángulo de incidencia solar varía también con este parámetro. Supongamos que debemos disponer una serie de módulos solares en fila, tal y como se representa en la figura de arriba, donde ahí mismo da sus características.

La fórmula que nos da la distancia "d" entre filas sucesivas de paneles será:  $d=k*h$ .

Ángulo de inclinación α	d		
	1.5 m	2.2 m	4 m
15°	0.38	0.69	1.03
20°	0.51	0.92	1.36
25°	0.63	1.14	1.69
30°	0.75	1.35	2.00
35°	0.86	1.54	2.29
40°	0.96	1.73	2.57
45°	1.06	1.90	2.82
50°	1.14	2.06	3.06
55°	1.22	2.21	3.27
60°	1.29	2.33	3.46
65°	1.35	2.44	3.62
70°	1.40	2.53	3.75
75°	1.44	2.60	3.86

Tabla. Valores de h ( $h=a \text{ sen } \alpha$ )

### Sobras sobre los paneles solares fotovoltaicos:

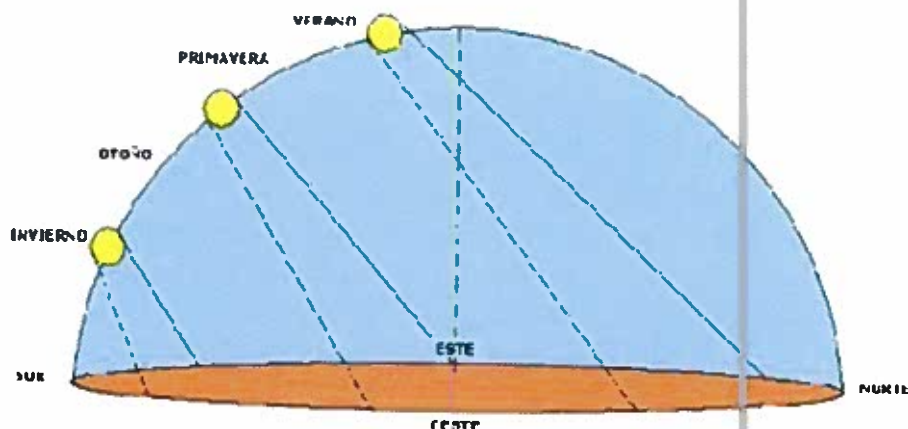
**Problema:** cuando caen sombras los paneles solares fotovoltaicos o a una parte de ellos, cuando simplemente posa un hoja del árbol o cualquier objeto pueden suceder los llamados "cortocircuitos" es decir, se bloquea el sistema de tal manera que puede caer a cero el paso de energía de luz solar a corriente eléctrica.

Aseguran los expertos que aunque solo el 5% de un panel solar fotovoltaico está a la sombra, es posible que afecte entre 60-100% de la producción de energía de todo su panel solar.

La corriente de salida de todo el panel se limita a lo que pasa a través de esa célula, pero como hay celdas solares afectadas por la sombra del árbol, no importa una, la potencia de salida desde el panel bajara a "cero".

## CALCULO DE ORIENTACIÓN

La orientación e inclinación de los paneles solares fotovoltaicos es fundamental para obtener un rendimiento óptimo. La orientación correcta o de mayor rendimiento, es hacia el sur, (suponiendo que nuestra situación sea, el hemisferio norte) cuando hablamos de instalaciones fijas o sin seguimiento solar. Esta orientación nos permite un aprovechamiento total de la radiación emitida por el sol, en cualquier estación del año, cualquier otra orientación nos provocaría sobras en los paneles fotovoltaicos.



El estudio de las posibles sombras, que pueden afectar a los paneles instalados, uno de los pasos fundamentales en el diseño de los sistemas solares, es la posición, el cual es variable durante el día, dando lugar a posibles sombras parciales sobre la superficie de las celdas solares, que pueden ser causadas por construcciones, árboles, presencia de animales, etc.



Lo más importante es que el efecto no es proporcional a la superficie sombreada. Un ejemplo de ello, es un panel con sombra en el 50% de su superficie proporciona menos de la mitad de su potencia.

La suciedad (polvo, excrementos de aves, residuos industriales) es otro factor clave en el rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas. Se debe destacar dos tipos de suciedad que afecta en los paneles fotovoltaicos:

**La uniforme:** que da lugar a una disminución de la radiación que llega a las células y aumenta las pérdidas angulares.

**La local:** que convierte los elementos afectados en receptores de energía, y provoca un aumento de las pérdidas.

DISPOSICIÓN DE CAPTADORES				
ORIENTACIÓN	0,0 °	INCLINACIÓN	45,0 °	PÉRDIDAS
Orientación respecto el Sur		Inclinación del captador		0,25%
SOMBRAS	0,00 m		0,00 m	PÉRDIDAS
Distancia a obstáculos		Altura de obstáculos		0,00%

Una vez que se describe las coordenadas que nos permiten situar el sol en el cielo, hay que situar la superficie del generador fotovoltaico de manera que reciba la mayor cantidad posible de energía solar. Esto depende de:

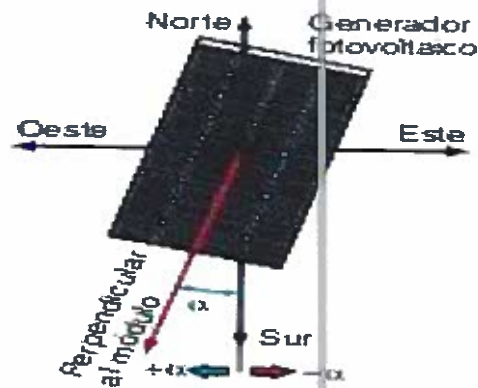
La orientación de la superficie del generador fotovoltaico.

El tiempo que se va a usar a lo largo del año; anual, estacional, etc.

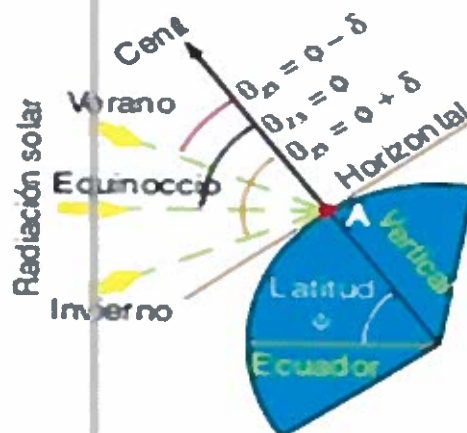
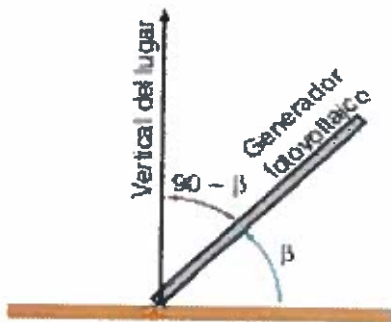
La aplicación que va a tener; autónomo, conectado a la red, etc.

La orientación de un sistema fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, similares a las utilizadas para definir la posición del sol:

Angulo de acimut ( $\alpha$ ): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección sur. Vale  $0^\circ$  si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el Oeste y negativo hacia el Este. Si coinciden con el Este su valor es  $-90$  y si coincide con el Oeste su valor es  $+90^\circ$ .



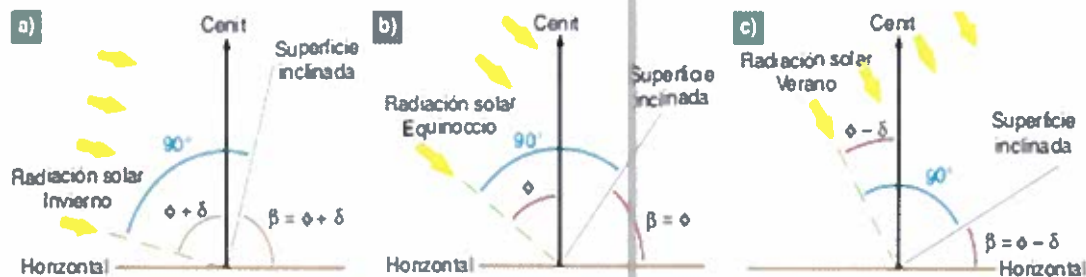
Angulo de inclinación ( $\beta$ ): ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal su valor es  $0^\circ$  si el modulo se coloca horizontal y  $90^\circ$  si se coloca vertical.



Una superficie recibe la mayor cantidad posible de energía si es perpendicular a la dirección del sol. Como la posición del sol varía a lo largo del día, la posición óptima de la superficie también tendrá que ser variable. Veamos cómo es esa variación. Hemos definido la declinación ( $\delta$ ) como el ángulo de variable que forma el ecuador con el plano de la eclíptica. Por lo tanto la dirección de la radiación solar incidente sobre la tierra varía en función de la declinación. La latitud ( $\Phi$ ) de un lugar A con la dirección de la radiación solar desde  $\theta_{25} = \Phi - \delta$  en el solsticio de verano a  $\theta_{25} = \Phi + \delta$  en el solsticio de invierno, pasando dos veces por el valor de  $\theta_{25} = \Phi$  en los equinoccios del año.

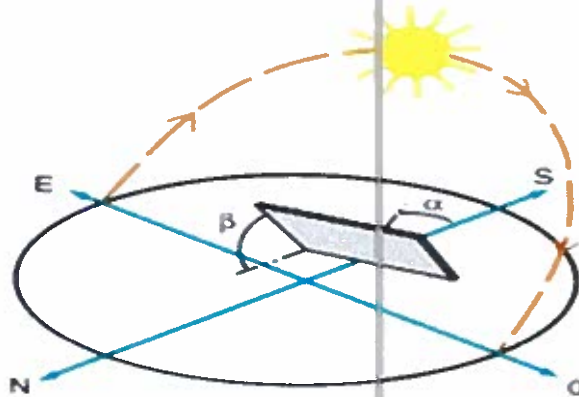
Por lo tanto, para una superficie recibida solar perpendicularmente tendremos que inclinar la superficie un ángulo  $\beta$  con la horizontal igual al que forma la vertical del lugar con la radiación solar.

Tendremos que variar el ángulo de inclinación desde  $\beta = \Phi - \delta$  en el solsticio de verano (inciso A) y  $\beta = \Phi + \delta$  en el solsticio de invierno (inciso E), pasando por  $\beta = \Phi$  en los equinoccios. (Inciso C).



Aunque hay sistemas fotovoltaicos que son capaces de seguir la trayectoria solar, lo habitual es que la superficie del generador sea de orientación fija. La orientación óptima será un valor constante, con una inclinación ( $\beta$ ) que va depender de la latitud  $\Phi$  del lugar y un acimut  $\alpha$  que depende del hemisferio en el que está situado el generador.

En la siguiente figura muestra una superficie situada en el hemisferio norte, donde el sol sigue una trayectoria Este-Sur-Oeste. Si pretendemos maximizar la captación de energía solar, la superficie tendrá que estar orientada hacia el Sur y por lo tanto el ángulo de azimut debe ser nulo.



El azimut óptimo para que una superficie fija reciba la mayor cantidad posible de energía solar debe ser cero ( $\alpha=0^\circ$ ), la superficie se debe orientar hacia el Sur si está situada en el hemisferio Norte o hacia el Norte si está en hemisferio Sur.

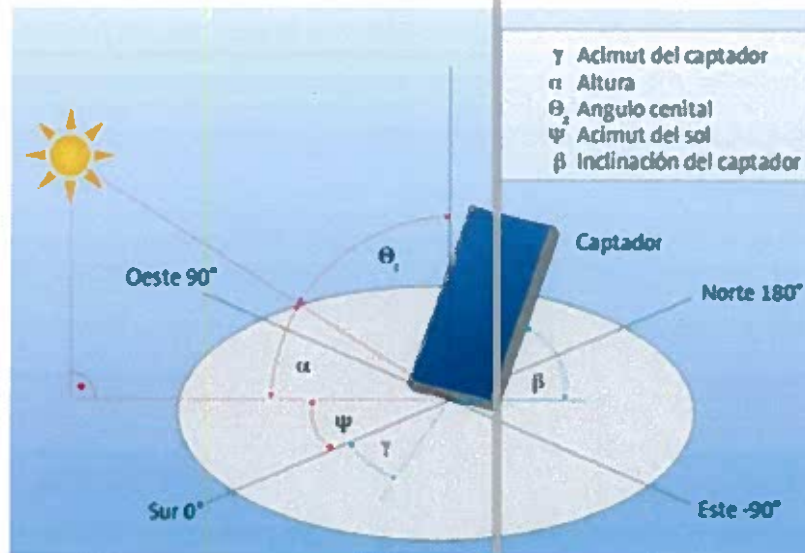
Para determinar la inclinación óptima de la superficie fija se usa una formula basada en análisis estadístico de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta_{Opt} = 3.7 + 0.69 * |\Phi|$$

Donde.

$\beta$  Opt: ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\Phi|$ : latitud del lugar, sin signo (grados)







**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

**MODULO V**

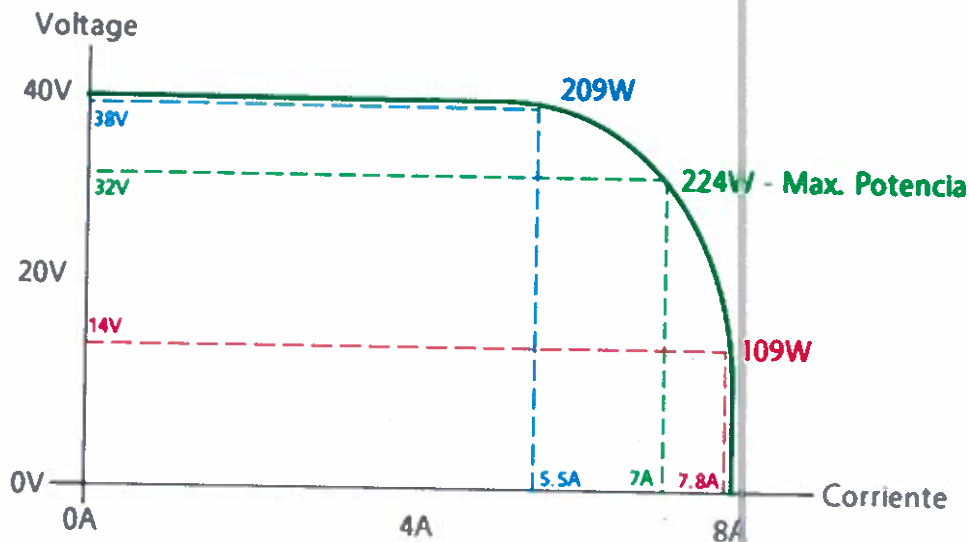
**SISTEMAS HÍBRIDOS**

## Voltaje MPPT

Un controlador de carga con MPPT es un dispositivo electrónico que regula la carga de baterías controlando el punto en el que los paneles solares empleados para la carga producen la mayor cantidad de energía eléctrica. MPPT significa Seguidor de Punto de Máxima Potencia por sus siglas en inglés (Maximum Power Point Tracker).

La potencia de un panel solar se mide en watts, la potencia es el producto del voltaje (Volts) por la corriente (Amperes):  $\text{Volts} * \text{Amperes} = \text{Watts}$

Los controladores de carga con MPPT siempre buscan un balance entre voltaje y corriente en el que los paneles solar, el punto de máxima potencia se encuentra en el centro o esquina de la curva (se muestra en la siguiente grafica). Un controlador de carga con MPPT se va a asegurar que los paneles solares operen lo más cerca posible de este punto, incrementado por consiguiente la producción del arreglo solar.



## RÉGIMEN DE CARGA DE BATERÍAS

Para la operación de carga es importante que se cuente con una tensión óptima por parte del regulador. Si la tensión del regulador es demasiado alta se disgrega una mayor cantidad de agua en virtud de la reacción electrolítica. Debido a ello desciende con el transcurso del tiempo el nivel del electrólito en la batería. Si la tensión del regulador es demasiado baja la batería no se carga de forma correcta. Una escasez permanente de carga viene a reducir la capacidad de arranque de la batería y abrevia su vida útil. Siempre que se carga una batería se produce gas detonante.

### Capacidad:

Es la capacidad de electricidad disponible en una batería o en una celda, medida en amperios-hora (Ah). La capacidad depende de la temperatura de la batería y de la corriente de descarga, la capacidad extraíble desciende intensamente a medida que aumenta la magnitud de las corrientes de descargas y que desciende la temperatura del entorno (en el área de congelación).

### Capacidad nominal K20

Es la capacidad de la batería, indicada por el fabricante y expresada en Ah.

Una batería nueva, cargada al máximo, debe entregar a temperatura ambiente una corriente en una magnitud de K20; 20 horas. La tensión de la batería no debe caer por debajo de 10.5 V durante esa operación.

Ejemplo de una batería de 60Ah.

$$60 \text{ Ah} / 20 \text{ horas} = 3\text{Amp.}$$

Una batería de 60Ah debe entregar durante un mínimo de veinte horas una corriente de 3Amp, sin que su tensión descienda por debajo de 10.5V



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Corriente de prueba en frío:**

La capacidad de arranque de la batería en frío viene identificada por la corriente de prueba en frío. Es la corriente de descarga que, según indicación del fabricante, debe suministrar una batería nueva, cargada al máximo, expuesta a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante un lapso de tiempo definido en la norma correspondiente, el límite de tensión determinado en la norma no debe ser inferior en la práctica.

### MATEMÁTICAS PARA CONTROL DE EQUIPOS DE GENERACIÓN ELECTRICA

Entre muchos existe la opinión general que la introducción de plantas PV introduce nuevas fuentes de corrientes de falla, que en consecuencia, pueden cambiar el sentido del flujo de potencia, agregando nuevas trayectorias para estas corrientes, mayores magnitudes y/o re direccionando las corrientes de secuencia cero en formas que pueden ser problemáticas para los sistemas de protección eléctrica que se mantienen en las líneas, esto porque están organizados y acomodados de manera que reaccionen frente a un sistema básicamente radial. De hecho, se piensa que las protecciones podrían dispararse intempestivamente debido a las nuevas trayectorias de corrientes o que los interruptores se disparen después que los fusibles, cosa que se pretende que sea al revés.

Dicho de otra forma, se estipula que la configuración del sistema eléctrico ante contingencias no es solidaria, en primera instancia, con cambios en la esquemática de distribución, ya que su formulación y arquitectura no responden ante eventualidades para grandes flujos bidireccionales en la red.

Si bien lo anterior es en gran medida cierto, es posible que se argumenten puntos que debido a la naturaleza de la generación fotovoltaica no son necesariamente acertados. Aunque está claro que para sistemas PV de gran injerencia falta un largo camino por recorrer con respecto a los sistemas de comunicación y control, es indispensable señalar que a diferencia de un alternador convencional, que puede generar corrientes de falla de hasta 10 veces la nominal, la planta PV puede generar corrientes tan solo un poco superiores a las de carga nominal y tan solo por un periodo reducido de tiempo, antes de "apagarse". Esto podría llevar a pensar que las preocupaciones por las protecciones de sobrecorriente están, a lo menos, poco maduras. Más aún, las corrientes bidireccionales en el sistema de distribución suceden principalmente cuando la planta PV (siempre en generación distribuida) genera un porcentaje significativo de la potencia entregada a la red y esta es devuelta a la barra de la subestación. Por ejemplo, es fácil pensar que esto suceda en un frío y soleado día de semana cuando los consumidores están fuera de las casas. Sin embargo, las protecciones de los sistemas de alimentación normalmente solo se basan en la magnitud de la corriente, con fusibles protegiendo los circuitos que en adelante derivan y detección de sobrecorriente controlando los interruptores de la subestación. La dirección de la potencia no debería ser un problema ya que el sentido de la corriente no tendría por qué causar problemas en el sistema mientras se mantenga la temperatura dentro de los rangos aceptables.

La ventaja de la generación PV en este aspecto es que, a diferencia de lo complicado que es para los generadores de inducción distribuidos (y otros también), lo limitada que es la corriente de salida de los invertidores de las plantas y la alta impedancia de conexión que estos tienen, hace que no sea una preocupación mayor la puesta a tierra de la generadora.

## Cálculo de la Capacidad y Determinación del Acumulador

Es el equipo que almacena la energía para ser utilizada en tiempos de ausencia de luz solar suficiente para alimentar las cargas. La capacidad y número de acumuladores de corriente D.C se determinan mediante el conocimiento pleno de la energía real necesaria (E), que debe alimentar el sistema. El consumo total (potencia en Vatios) se determina por los consumos nominales de cada uno de los dispositivos a utilizar y el tiempo de uso diario, para conocer el total día en Vatios – hora (Wh). Conocido el consumo por día se dimensiona la capacidad y número de acumuladores siguiendo el siguiente proceso de cálculo.

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Donde E es la energía necesaria por día, ET es la energía total teórica requerida en un periodo de 24 horas, R es un factor global de rendimiento de la instalación, que se determina así:

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_r) K_a \frac{N}{P_d}] - K_b - K_c - K_r$$

Donde: Kb = Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador, es un dato del fabricante. Kc = coeficiente en el convertidor si se usa un convertidor de D.C a A.C. Kv = Coeficiente que agrupa otras perdidas por la red de consumo (Efecto Joule). Ka = Coeficiente por auto descarga del acumulador. Calculados R y E se halla el valor de la Capacidad Útil (Cu) que debe tener el acumulador (batería), que sera igual a la energía total E que es necesario producir diariamente, así:

$$C_u = E * N$$



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

$N_s$  es la autonomía solar para la zona del proyecto y corresponde al número consecutivo de días que permanece nublado y no sale el sol. Determinada la capacidad útil ( $C_u$ ), se determina la capacidad nominal ( $C$ ), que es asignada por el fabricante y es igual a:

$$C = \frac{C_u}{P_d}$$

### CONFIGURACIONES ESPECÍFICAS: GENERADOR, RESPALDO, SWITCHEO

Un generador eléctrico no es más que un sistema termodinámico el cual transforma la energía química de un combustible en energía eléctrica. HOMER proporciona una serie de generadores con distintos principios de funcionamiento, de los cuales se selecciona el generador diesel de combustión interna. Para la modelación del sistema híbrido se tomará la opción "load following", en la cual el generador solo producirá la energía necesaria para abastecer el déficit del sistema y no recargará las baterías (las baterías son recargadas con el exceso de energía producida por los sistemas renovables a ciertas horas del día).

Según el estado de carga (o la potencia actual combinada con funciones de temporizador), el inversor de batería genera una señal de arranque o parada para una unidad de combustión. Además, observa períodos de calentamiento y funcionamiento mínimo, así como de enfriamiento, para el generador. Esto permite que el generador funcione con pocas exigencias de mantenimiento y prolonga significativamente su vida útil. Una regulación rápida y precisa de la corriente del generador permite asegurar que el generador se mantenga siempre en su punto de funcionamiento óptimo. Incluso en caso de súbitos cambios de carga, el inversor de batería Sunny Island absorbe gran parte de las fluctuaciones de carga y ayuda al generador mediante el suministro de energía de la batería. Esto permite utilizar de forma segura incluso generadores que son pequeños en relación con la carga nominal. Este proceso no sólo funciona con los generadores diésel o de gasolina, sino también con pequeñas centrales hidroeléctricas (fig. 4.5). En este caso, las fluctuaciones de tensión se pueden atribuir a las diferentes situaciones de potencia reactiva dentro del sistema.





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Los sistemas híbridos que suministran electricidad a cargas muy dinámicas (máquinas, electrodomésticos, utensilios de cocina), además de luces, radios, televisores y frigoríficos, no se deben controlar meramente sobre la base de valores energéticos como el estado de carga. Cuando la demanda de potencia es alta, no necesariamente debe cubrirla la batería, sino que puede suministrarla directamente el generador conectado. Esto aumenta de forma significativa el rendimiento del sistema y prolonga la vida útil de la batería porque fluye menor cantidad de energía a través de ella. Lo mejor es iniciar el generador cuando aumenta la demanda de consumo. La gestión de carga que permite la desconexión temporal de cargas no críticas también mejora el rendimiento del sistema. Estas y otras funciones se pueden activar en el Sunny Island. El inversor de batería cuenta con una alta capacidad de sobrecarga que le proporciona el tiempo necesario para ajustarse a esas situaciones y le permite, por ejemplo, gestionar de forma más segura las corrientes de arranque de las máquinas.

Al elegir el equipo adecuado, es importante recordar que algunos inversores aislados sólo pueden funcionar de manera monofásica y otros, de manera trifásica. Otro factor que hay que tener en cuenta es el rango de potencia.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

---

**MODULO VI**

**BUENAS PRÁCTICAS DE INSTALACIÓN**





## OBJETIVO

Durante el desarrollo de este módulo los alumnos adquirirán las habilidades para una correcta utilización de las distintas tecnologías fotovoltaicas.

## SEGURIDAD

Antes que nada considere que la seguridad es el tema más importante en cualquier instalación fotovoltaica. Lea los siguientes puntos y tome todas las medidas de precaución antes de empezar su instalación. Una vida humana vale mucho mas que cualquier instalación de un sistema fotovoltaica.

En este manual se sigue la siguiente tabla de precauciones y advertencias importantes para su seguridad.

 <b>PELIGRO</b>	El siguiente procedimiento es de alto riesgo. Puede resultar en la muerte o un daño serio. Solo para personal calificado.
 <b>ADVERTENCIA</b>	El procedimiento implica riesgo medio. Tomar las medidas de precaución adecuadas. Muerte o daño serio. Solo para personal calificado.
 <b>CUIDADO</b>	El procedimiento es de bajo riesgo y hay que tomar las medidas necesarias para evitar cualquier percance.
 <b>NOTAS</b>	Información relevante sobre el producto.

## NOTAS GENERALES DE INSTALACION



La instalación de sistemas de paneles sola requiere de habilidades especializadas y conocimiento. El instalador asume todos los riesgos de lastimaduras, incluyendo el riesgo de shock eléctrico. La instalación de módulos debe de ser realizada solamente por personal calificado.



Todos los módulos vienen con una caja de conexiones que está fijada de forma permanente con cables terminadores que permiten la conexión con otros elementos.

## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO



Al desconectar los alambres que están conectados a cada módulo fotovoltaico que está expuesto a la luz solar, un arco eléctrico puede ocurrir. Los arcos causan quemaduras, inician fuegos y crean problemas de seguridad personal. Antes de desconectar el cable de interconexión, cubra el módulo de la luz solar.



Tenga mucho cuidado al desconectar paneles ya instalados.

Los módulos fotovoltaicos solares convierten la energía de la luz en energía eléctrica mediante una corriente directa y se ha diseñado para exteriores donde la luz solar es más intensa. El diseño adecuado de estructuras que los soportan es la responsabilidad del diseñador del sistema y del instalador.



Nunca trate de desensamblar un módulo fotovoltaico, ni remuevas las etiquetas de fabricación ni ninguno de sus componentes, esto violará la garantía.



Nunca aplicar ningún tipo de pintura ni adhesivo al módulo

- Nunca sumerja los módulos en agua o los deje bajo el flujo continuo de agua, como en un sistema de riego o en una fuente.
- El manejo inapropiado en el transporte o instalación puede dañar el vidrio o el marco de su módulo solar.



Nunca use espejos o cualquier tipo de materiales para concentrar la luz en el panel solar.



- Nunca desconecte módulos cuando están en producción y bajo carga eléctrica.
- Cuando instale los módulos solares, siempre observe las normas de instalación y cableados a nivel local, regional y nacionales. Obtenga los permisos de instalación eléctrica de constitución en donde sea requerido.



Nunca levante los módulos de las cajas de conexión ni de los cables eléctricos.

- No pararse sobre los módulos.
- No dejar caer un módulo o deje caer objetos.
- No coloque objetos pesados en los módulos.



### Precauciones de seguridad para la instalación de sistemas fotovoltaicos



Los módulos se conectan a través de los cables con terminadores MC4 que salen de la caja de conexión.



Los cables y los conectores MC4 se han recomendado ya que soportan temperaturas de hasta 90°C.

Los módulos solares producen energía eléctrica cuando se exponen a la luz.

Solo se pueden conectar paneles en serie que tengan la misma especificación de corriente de salida. Si los módulos se conectan en serie, el voltaje del circuito abierto será la suma del voltaje de cada módulo independiente. Para fines de seguridad, no deberá exceder de 1000 Vdc.

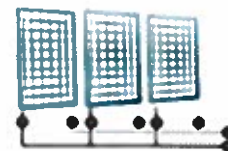


- Solo conecte módulos en paralelo cuando los módulos tengan el mismo voltaje de salida Vdc. Cuando los módulos se conectan en paralelo, la corriente total será la suma de las corrientes individuales. Sin exceder 100A en un cable.
- En cualquier instalación se debe de considerar el colocar cajas de switches térmicos para poder interrumpir el suministro. Esto

Conexión en serie



Conexión en paralelo



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

principalmente para cuando hay que dar mantenimiento al sistema. Cada derivación con un switch térmico de 20A.

Mantenga a los niños alejados de cualquier instalación fotovoltaica y principalmente cuando se está realizando la instalación y el transporte de los mismos.



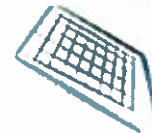
- La instalación y el trabajo de mantenimiento se debe de realizar bajo la protección de convertidores solares o en la sombra



ATENCIÓN: elimine cualquier anillo, relojes metálicos, aretes o cualquier tipo de material metálicos al instalar, mantener o reparar sistemas fotovoltaicos.



ATENCIÓN: use cualquier tipo de equipo de seguridad (material aislado, guantes, botas con suela de hule, lentes) que este aprobado para instalaciones electricas.



Observe todas las instrucciones y precauciones de seguridad tanto para usted como para los miembros de su equipo de trabajo.



Utilice solamente materiales adecuados en todos los componentes de sus sistema fotoeléctrico, incluyendo, cables, conectores, switches térmicos, equipo de montaje, centros de carga, inversores, baterías, entre otros



Solamente utilice materiales adecuados para instalaciones fotovoltaicas expuestas al sol; como son conectores, ductos.

- Siempre utilice los mismos tipos de módulos, para sus instalaciones, esto facilitara dar servicio y mantenimiento.

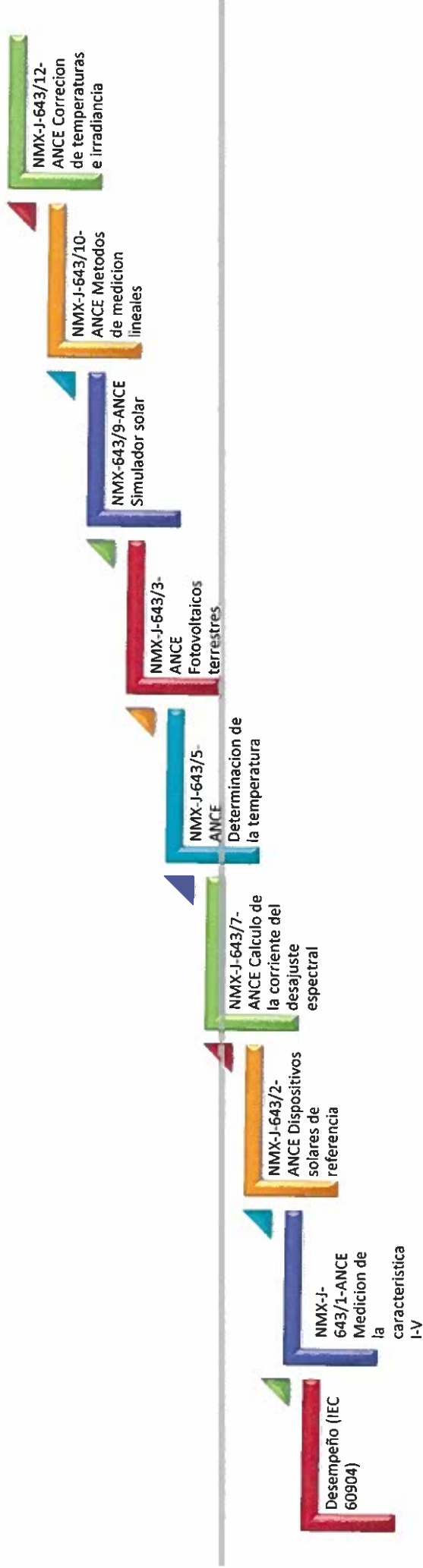
## NORMATIVIDAD



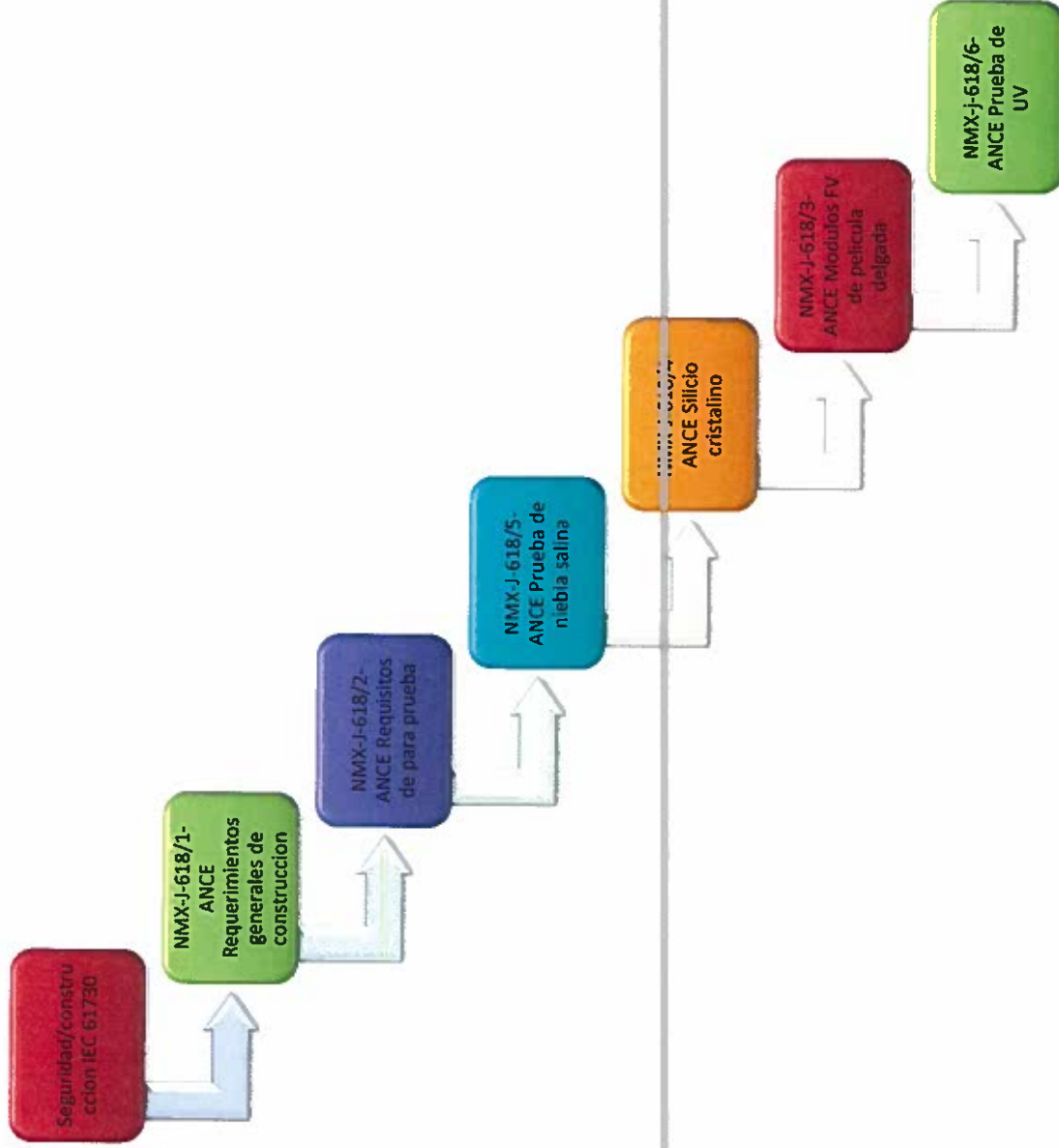


# INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

## NMX-J-643-ANCE Vigentes FV módulos- Desempeño







**NMX-J-655-ANCE Desempeño/eficiencia**

Desempeño/eficiencia en sistemas  
FV

NMX-J-655/1-ANCE Desempeño de  
irradiancia, temperatura y energía

NMX-J-655/2-ANCE Medicion de  
eficiencia

NMX-J-655/3-ANCE Controladores de  
carga-Desempeño y funcionaminto

**NMX-J-656-ANCE Seguridad en dispositivos FV**

Seguridad en dispositivos  
fotovoltaicos

Requisitos para baterías NMX-653-  
ANCE

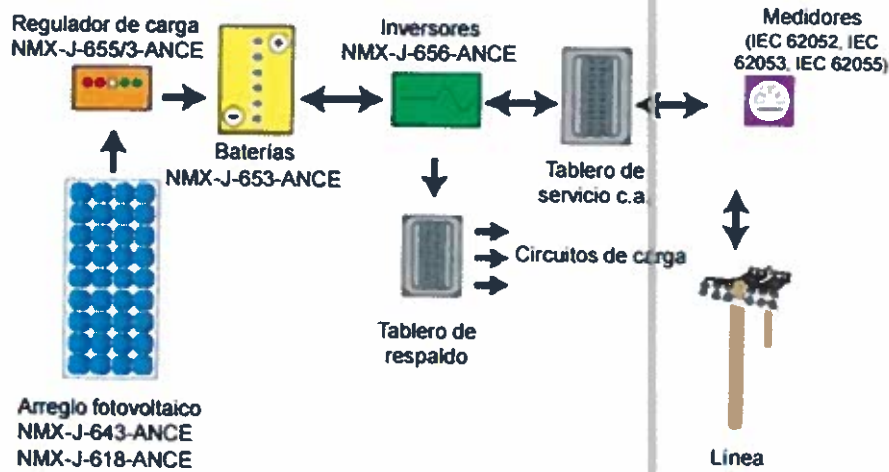
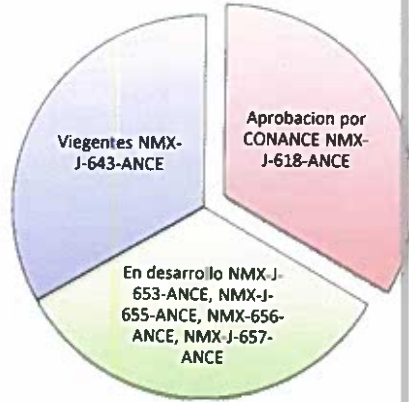
Equipos de conversión de energía  
NMX-J-656/1-ANCE

Dispositivos inversores de energía  
NMX-J-656/2-ANCE

**NMX-J-657-ANCE Sistema híbridos y electrificación rural (en  
desarrollo)**



En concreto



## **HERRAMIENTAS**

Antes de partir hacia el lugar donde se tiene que llevar a cabo la instalación de paneles solares fotovoltaicos y sus componentes es bueno hacer un listado completo de control de los materiales y herramientas a usarse. De hecho tenemos que utilizar la información recopilada durante las etapas de planificación.

Todo lo anterior se toma en cuenta en cuestiones de ahorros, tanto económicos como de tiempo, claro estando basados en dichos ahorros el trabajo se vuelve mas eficiente y de mejor calidad.

Estas son las herramientas más esenciales a utilizar durante una instalación y es de gran importancia vigilar que estos equipos se encuentren en buen estado y en perfectas condiciones de uso.

**Multímetro digital:** como sabemos la mayoría de los multímetros miden la corriente continua utilizando puntos que por lo general se limitan a un rango de 2 a 10 amperios. El multímetro digital, esencial para comprobación de continuidad de circuito (hilos rotos, malas conexiones), aislamientos, resistencia y polaridad, al medir la tensión de los módulos y baterías.

**Destornilladores:** (de estrella o plan) para la fijación y terminales, esta herramienta es esencial y no puede faltar en una realización de instalación.

**Taladro y disponibilidad de brocas para perforaciones:** el taladro (de 12V) será necesario en aquellas ocasiones donde la manera de conectarse a una fuente eléctrica sea compleja dado que en ocasiones se presentaran estos casos es viable la adquisición de los mismos sin dejar de lado el uso de taladros de corriente alterna.

De igual forma será necesario contar con un kit de brocas para realizar perforaciones, este kit, deberá estar acondicionado para perforaciones en concreto



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

y también en metal. Una cuestión importante es que el taladro deberá llevar la batería llena para evitar contratiempos.

**Cinta métrica:** para la medición de distancias y marcación en la colocación de cables principalmente y otros usos de medida.

Juego de dados y matracas: para la fijación de End Clamp y Min Clamp y estructuras.

**Lápiz y papel:** el uso de estos será obligatorio para tomar nota en general así como medidas y borradores de diseños que después serán pasados en limpio.

**Cortadora de disco para metal:** para diversos trabajos de corte.

**Pinzas eléctricas, desferradoras, alicates y pinzas de presión:** para diversos usos de sujeción o corte.

**Martillo o marro de goma:** para diversas tareas en la instalación y construcción.

**Pala y talacho:** para la excavación de zanjas, cimentaciones, etc.

**Extensiones de uso rudo:** necesarias para conexiones lejanas o lugares con escasos tomacorrientes para realización del trabajo.

**Nivel:** para comprobar el grado de montaje, para ayudarnos a fijar el ángulo de inclinación de los módulos solares.

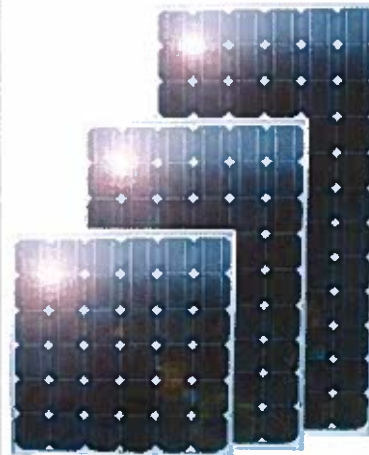
**Limas o lijas:** para igualar las superficies rugosas después de un corte.

**Manual o guía de instalación:** (planos, croquis), fuente de información de referencia.

### **Materiales**

Los materiales requeridos para la instalación son los que a continuación se muestran:

- Paneles fotovoltaicos.
- Inversores conector a la red de suministro.
- Inversores sin conexión a la red de suministro.
- Micro inversor (dependiendo de la instalación).
- Desconectores AC.
- Cable THW-LS.
- Riel unistrut liso.
- Riel unistrut perforado.
- Tornillería.
- Arandelas.
- Taquetes.
- Tubería conduit.
- Caja cuadrada 4x4.
- Tapa ciega cuadrada.
- Coplee pared delgada.
- Codo pared delgada.
- Abrazadera unicanal.
- End Clamps.
- Mid Clamps.
- S. tierra.
- Lamina acanalada.



### Adecuaciones

Las adecuaciones que se consideraran, es dependiendo de dónde se ubicara los sistemas fotovoltaicos, dependiendo la región, latitud y tipo de sistema (conectado a la red o sistema aislado). Al igual este dependerá de las Normas Oficiales Mexicanas.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

**MODULO VII**

**TEORIA DE LA GENERACION FOTOVOLTAICA**

---



## OBJETIVO

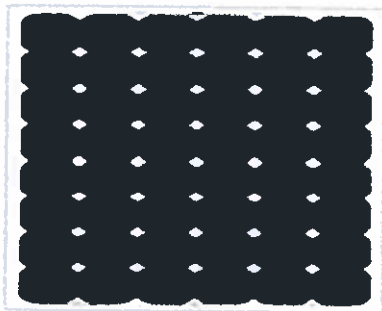
En este apartado el alumno conocerá la teoría necesaria para el funcionamiento eléctrico de los equipos fotovoltaicos. Adicionalmente se dará capacitación sobre el correcto armado de los distintos circuitos eléctricos para la operación de las tecnologías solares.

## Mono y Poli paneles

Monocristalino es generará alrededor de 190W un metro cuadrado, el policristalino generarán alrededor de 180W, en **estética** el panel solar monocristalino en general, hace un panel solar que mira más agradable ya que es negro en de color donde policristalino es de color azul oscuro. Sin embargo, el color de las células policristalinas se ha oscurecido significativamente en los últimos años y ahora se mira mucho más oscuro entonces acostumbrarse.

La temperatura tolerancia células solares policristalinas tienen generalmente un menor coeficiente de temperatura que monocristalino solar las células.

Digamos que usted tiene un 1 kW de paneles solares monocristalinos en el mismo techo y de lado a lado con un 1 kW de matriz policristalino. La matriz monocristalino será ligeramente menor en comparación con la matriz policristalino ya que es más eficiente del espacio. Sin embargo, el 1 kW matriz policristalino generalmente generar más electricidad durante el año en comparación con el panel solar monocristalino 1kW debido a su mejor tolerancia a la temperatura. **Costo** Una célula solar monocrytalline generalmente cuesta más que una célula solar policristalino, sin embargo cuando está montado en un panel solar, el costo del panel de mono es más o menos el mismo que el panel de poli en \$ / W.



Panel solar con celdas Monocristalinas    Panel solar con celdas Polycristalinas

## **DIODOS DE BLOQUEO Y DERIVACIÓN**

Un diodo de bloqueo es un dispositivo que controla el flujo de corriente dentro de un sistema fotovoltaico. Las válvulas en los circuitos eléctricos se utilizan solamente de una forma y son muy sencillas de usar, además son convenientes ya que ahorran mucho tiempo. Un diodo de bloqueo es vital para mantener el aislamiento de los suministradores de corriente bajo situaciones normales de operación, así como en las fallas de circuitos eléctricos de emergencia. Asegura que las corrientes de aire un abastecedor de corriente no ingresen en otro.

La función exacta de un diodo de bloqueo es evitar que las corrientes eléctricas inversas fluyan desde un banco de baterías específico a través de paneles solares. Un diodo de bloqueo por lo regular se hace necesario únicamente cuando alguien no usa un controlador de carga. Un diodo de bloqueo también se utiliza con fines preventivos. Un diodo de bloqueo tiene la función de proteger módulos fotovoltaicos de picos voltaje que forma debido al magnetismo permanente que algunos dispositivos producen como los que se usan en los hidrogenadores y aerogeneradores. También son necesarios para que cada módulo fotovoltaico evite el consumo de energía durante la noche por medio de los módulos.

En esencia, un diodo de bloqueo realiza tres operaciones principales. Evita que las baterías de los paneles solares sufran una inversión de corriente. Se usa para evitar que las baterías de los paneles solares sufran una inversión de corriente. Se usa para evitar que las baterías carguen de energía redes eléctricas y además evita que las baterías carguen dispositivos de generación eléctrica por medio del viento.



### DIFERENTES VOLTAJES, PARA SFIR Y SFV AISLADOS

En sistemas DC, los criterios principales son:

- Disponibilidad de aparatos de consumo y sus voltajes nominales.
- Las corrientes máximas pico.
- Posibles pérdidas en el cableado.

La mayoría de los aparatos operan a 12 o 24V siendo más difícil encontrarlos a otras tensiones. Las corrientes máximas deben limitarse a 20<sup>a</sup> en cada circuito, no superando los 100 Amp en total. La potencia de cada circuito debe limitarse a 240W (12V), 480W (24V) O 720W (36V), mientras que la potencia total a 1.2kW, 2.4kW o 3.6kW respectivamente.

Las pérdidas en los cables dependen de la corriente y la sección. Se recomienda que no sean superiores al 3% en cada circuito (lo que representa unas perdidas energéticas del 6%).

### ARREGLOS PARA OUTBACK, E ISLA

#### Protección contra operación en modo Isla (Islanding)

Es una de las protecciones obligadas para evitar riesgos al personal de la compañía suministradora, daños a otros usuarios por alimentar cargas con voltajes y frecuencia inapropiados, y finalmente daños al inversor mismo por una posible reconexión no sincronizada.

Existe en el mercado un producto de Outback, en donde se puede utilizar tanto en sistemas autónomos (con baterías) como en sistemas interconectados a red. El inversor tiene un switch de transferencia de 50 Amp a 120/240 V de CA. En donde la salida del mismo es de 120/240V de CA a 60 Hz.





**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

**MODULO VIII.**

**APLICACIONES ESPECÍFICAS**

---

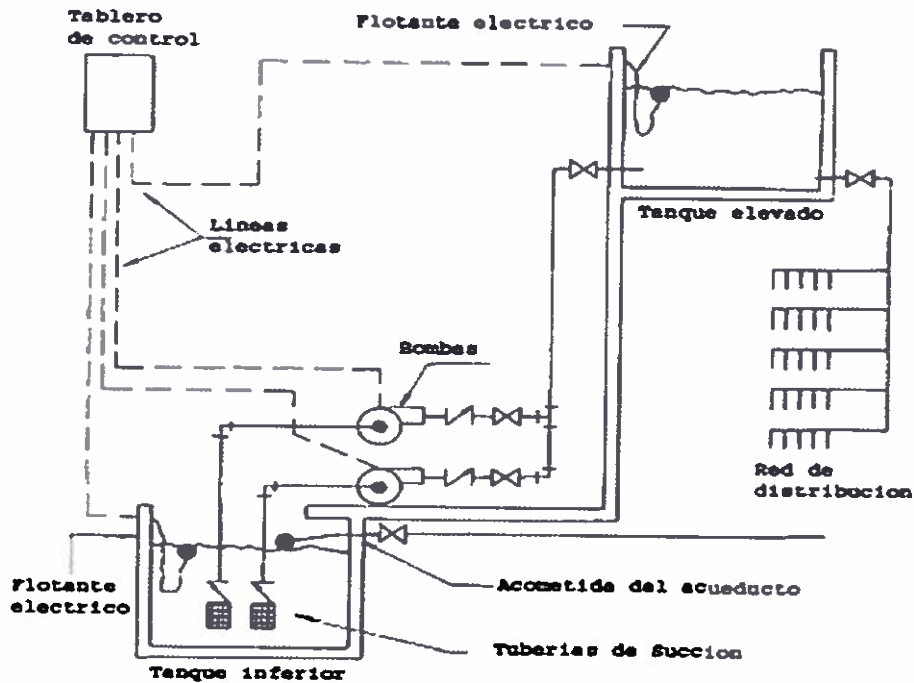
## OBJETIVO

En esta sección los alumnos aprenderán a manejar aplicaciones específicas de los equipos fotovoltaicos así como la atención a las principales demandas como la industrial y/o doméstica y las características que los equipos deben tener para un correcto funcionamiento.

## BOMBEO DOMESTICO

### SISTEMAS DE BOMBEO DE TANQUE A TANQUE

Este sistema consiste por ejemplo en un tanque elevado en la azotea del edificio; con una altura que permita la presión de agua establecida según las normas sobre la pieza mas desfavorable.



Desde el tanque elevado se hace descender una tubería la vertical de la cual surgirá para cada piso, una ramificación a los apartamentos correspondientes al mismo, dándose de esta forma el suministro por gravedad. En este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose con este que las mismas no sobrepasen los valores adecuados.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

En la parte inferior de la edificación existe un tanque, el cual puede ser superficial, semi subterráneo o subterráneo y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público. Desde este tanque un numero de bombas establecido (casi siempre una o dos), conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

### CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CÁLCULO

El cálculo del sistema de bombeo de tanque a tanque requiere de dos pasos previos, del cálculo de la dotación diaria (y caudal de bombeo) y de la carga dinámica total de bombeo. Sin embargo se hace necesario la coordinación de algunos parámetros, los cuales se explican en los párrafos siguientes:

- Cuando fuere necesario emplear una combinación de tanque bajo, bomba de elevación y estanque elevado. Debido a presión insuficiente en el acueducto público, y/o a interrupciones de servicio frecuentes, el volumen utilizable del estanque bajo no será menor de los dos tanques  $2/3$  partes de la dotación diaria y el volumen utilizable del estanque elevado no será menor de  $1/3$  parte de dicha dotación.
- La tubería de aducción desde el abastecimiento público hasta los estanques de almacenamiento, deberá calcularse para suministrar el consumo total diario de la edificación en un tiempo no mayor de 4 horas, teniendo como base la presión de suministro, diámetro y recorrido de la aducción.
- La tubería de bombeo entre un estanque bajo y el elevado deberá ser independiente de la tubería de distribución, calculándose el diámetro para que pueda llenar el estanque elevado en un máximo de 2 horas, previendo en esta que la velocidad este comprendida entre 0.60 y 3.00 m/seg.
- Los diámetros de la tubería de impulsión de las bombas se determinara en función del gasto de bombeo, pudiendo seleccionarse conforme a la siguiente tabla:
- En el caso de que la tubería de succión no trabaje bajo carga (succión negativa), deberá instalarse una válvula de pie en su extremo, para prevenir el descebado de las bombas.
- La capacitación del sistema de bombeo deberá ser diseñado de manera tal, que permita el llenar el estanque elevado en un tiempo no mayor de 2 horas.

Caudales				Diámetros	
				Nominal Pulg	Interno cms
	hasta		0,85	3/4"	2,09
de	0,86	a	1,50	1"	2,66
de	1,51	a	2,30	1 ¼"	3,53
de	2,31	a	3,40	1 ½"	4,09
de	3,41	a	6,00	2"	5,25
de	6,01	a	9,50	2 ½"	6,27
de	9,51	a	13,50	3"	7,79
de	13,51	a	24,00	4"	10,2

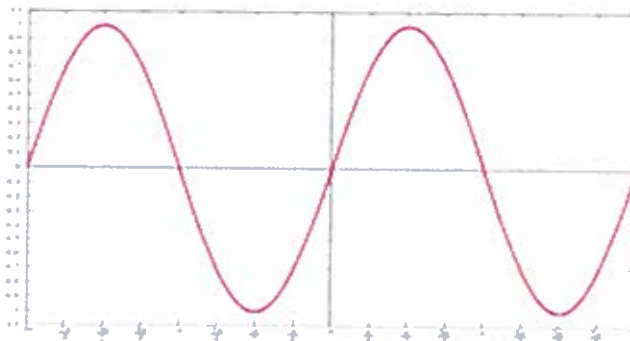
- Siendo la Altura Dinámica Total de bombeo ADT la resultante de la sumatoria de :
  - Diferencia de cotas entre el sitio de colocación de la válvula de pie y la cota superior del agua en el tanque elevado.
  - Las fricciones ocurridas en la succión de la bomba, descarga de la misma y montante hasta el tanque elevado.
  - Presión residual a la descarga del tanque elevado ( $\pm 2.00$  a  $4.00$  m).

Nota: la selección de los equipos de bombeo deberá hacerse en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución.

### ONDA SENOIDAL vs. ONDA MODIFICADA

#### ONDA SENOIDAL

La onda senoidal representa el valor de la tensión de la corriente alterna a través de un tiempo continuamente variable, en un par de ejes cartesianos marcados en amplitud y tiempo. Responde a la corriente de canalización generada en las grandes plantas eléctricas del mundo. También responden a la misma forma, todas las corrientes destinadas a generar los campos electromagnéticos de las ondas de radio.



## LA FORMA DE ONDA

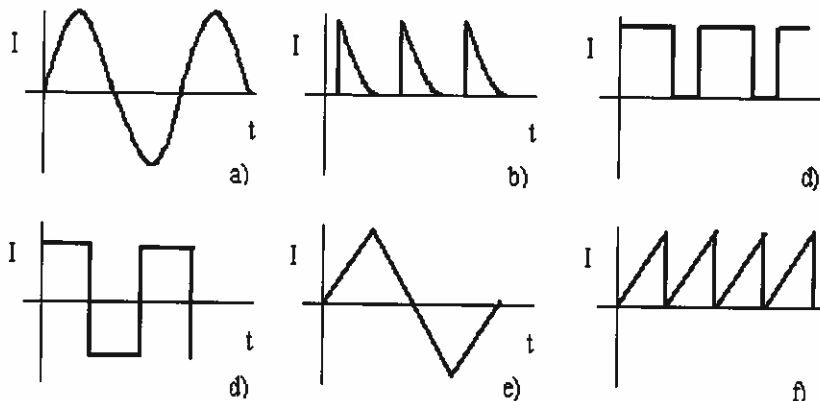
La corriente alterna se genera por diferentes métodos. Los más utilizados son los mecánicos rotativos, o alternadores de las bobinas eléctricas, para grandes potencias, y los electrónicos cuando las mismas son pequeñas. Esta manera de generar la corriente, determinara su ley de variación con respecto al tiempo.

## REPRESENTACIÓN

Si representamos esta ley de variación en un par de ejes cartesianos marcados en amplitud y tiempo, se producirán gráficas con diferentes formas geométricas que identifiquen la corriente. Las formas de ondas más comunes son:

- Las senoidal.
- La cuadrada.
- La triangular.
- La diente de sierra.

Todas se presentan en distintos tipos muy variados.



Tipos de senoidal

## FORMA DE ONDA SENOIDAL

Es la forma más generalizada y responde a la corriente de canalización generada en las grandes plantas eléctricas del mundo. También responden a la misma forma, todas las corrientes destinadas a generar los campos electromagnéticos de las ondas de radio.



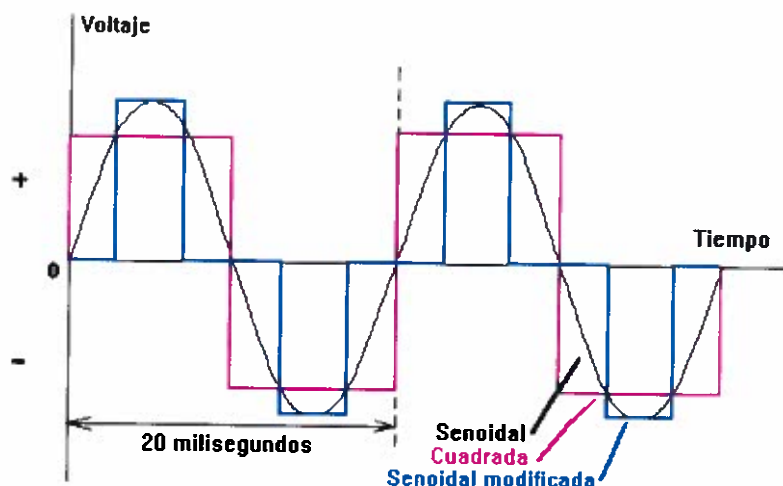
La manera más práctica de entender la generación de esta onda es utilizar el “círculo trigonométrico”, o sea, un círculo centrado en un par de ejes cartesianos, con un radio que gira a velocidad constante con sentido contrario a las agujas del reloj, partiendo de la posición horizontal derecha, de manera que el ángulo que forma con la horizontal, partiendo de  $0^\circ$  pasa a  $90^\circ$  cuando está vertical, sigue a  $180^\circ$  cuando llega a horizontal a la izquierda, sigue con  $270^\circ$  cuando está nuevamente vertical pero hacia abajo, y termina en  $360^\circ$  cuando llega a la posición inicial, o sea horizontal a la derecha.

El seno trigonométrico de estos ángulos que se va generando a medida que el radio de la circunferencia gira, viene representado por la altura del punto correspondiente al extremo del radio que forma el círculo, referida al eje horizontal. Esa altura comienza en 0 para el comienzo, o sea el ángulo de  $0^\circ$ , para ir aumentando hasta llegar al máximo, que se toma como valor unitario “1” cuando el radio esté vertical, o sea con un ángulo de  $90^\circ$ . El radio sigue girando y la altura comenzará a disminuir, para llegar nuevamente a cero cuando el radio forme el ángulo de  $180^\circ$ , o sea esté nuevamente en posición horizontal.

### ONDA MODIFICADA

Este tipo de onda modificada es más sofisticada y cara, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima.

En el grafico se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variables de frecuencia.



### **DISEÑO DE ARREGLOS FOTOVOLTAICOS PARA CERCAS ELÉCTRICAS**

El cercado eléctrico está formado por un energizador o pulsador, el cual debe ser alimentado por una fuente de energía que puede ser de la red eléctrica convencional, un acumulador o batería o las llamadas pilas alcalinas. El pulsador lo que hace es elevar el voltaje a niveles de 5000 a 9000 V, pero con niveles de energía muy bajos lo que solamente provoca un “choque” eléctrico sin peligro para quien lo recibe.

Para que este efecto de “choque” funciones deberá de haber una conexión directa a tierra, de ahí que el otro elemento importante del sistema es la conexión directa a tierra, la cual deberá ser muy firme y el terreno deberá tener un nivel de conductividad aceptable, de ahí que se recomienda que este húmedo.

El elemento del cercado eléctrico es el alambre o hilos de corriente que serán quienes lleven los “pulsos” de corriente a todo.

### **ENFRIAMIENTO**

#### **Refrigeración térmica**

“Ciclos de producción de frío cuyo funcionamiento está basado en la utilización de energía térmica de bajo y mediano nivel de temperatura (80-200°C).

- Refrigeración utilizando el ciclo Rankine.
- Refrigeración por eyecto-compresión.
- Refrigeración utilizando el fenómeno de sorción:
  - Absorción.
  - Adsorción.
  - Termoquímica (absorción sólido-gas).

#### **¿Por qué producir frío con energía solar?**

- Requiere el frío cuando más sol tienes.
- No contamina, no utiliza o usa menos energía eléctrica convencional.
- Puede llegar a resolver problemas en horas pico por aire acondicionado en el país.



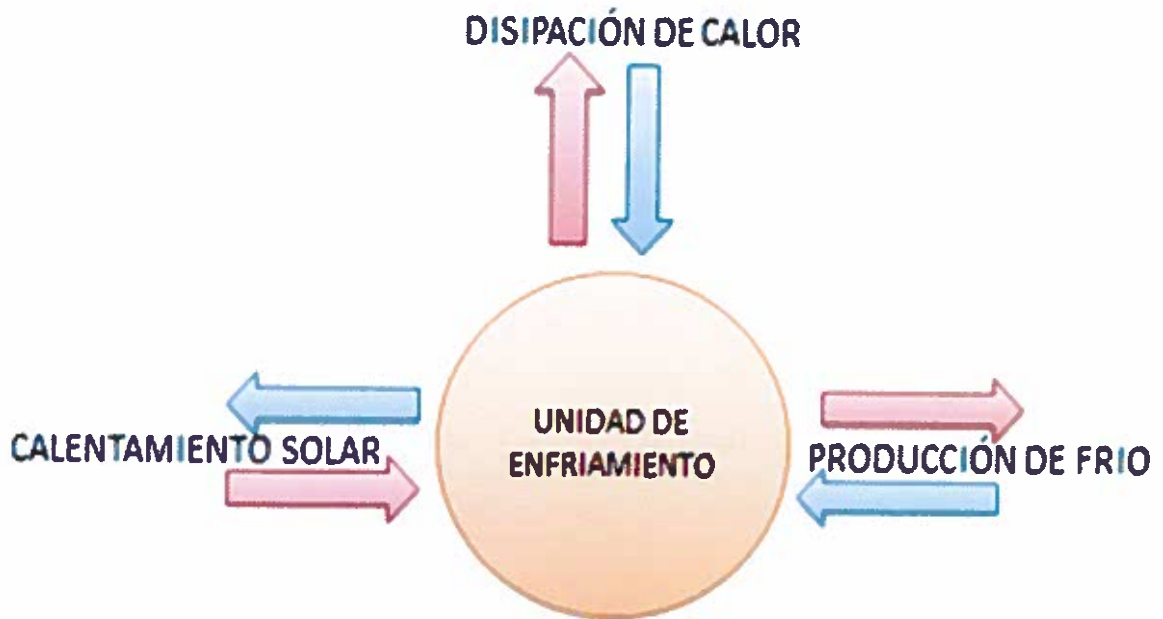
## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### ¿Por qué enfriamiento solar?

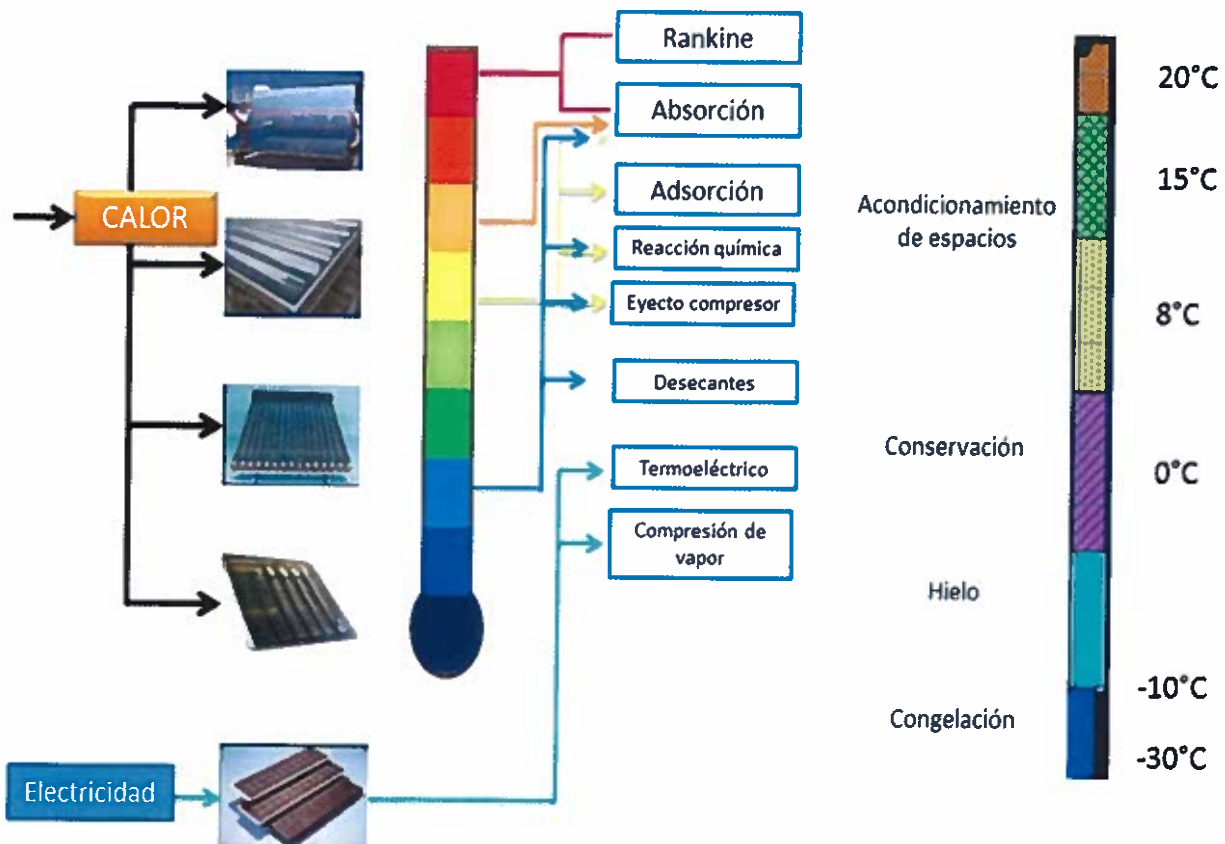
- La tendencia al uso de la refrigeración solar térmicas está resurgiendo debido a las siguientes razones:
  - El problema de cambio climático que está tomando ya relevancia a nivel mundial.
  - La búsqueda de refrigeración alternativa a los clorofluorocarbonos CFC y los hidroclorofluorocarbonos HCFC a nivel internacional.

### Tecnologías disponibles para la refrigeración solar

- Sistemas térmicos
  - Refrigeración por absorción.
  - Refrigeración por adsorción.
  - Sistemas deshumidificantes.
  - Sistemas de eyecto-compresión.
- Sistemas fotovoltaicos
  - Sistemas de compresión mecánica de vapor con motor CA o CD.
  - Sistemas termo-eléctricos.
  - Sistemas con ciclo Stirling (no comercial).



## Enfriamiento solar



Características de los sistemas de enfriamiento solar

Enfriamiento solar	Absorción una etapa	Absorción doble etapa	Adsorción	Sorbentes solidos	Sorbentes líquidos
Mercado	Muchos productos >100kW pocos <100kW	Algunos fabricantes fuego directo	Algunos productos	Sistemas usando rotores de Sorción	Operación en planta piloto
Fluidos de trabajo	LiBr, NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O	LiBr./H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O / silica ge	LiBr/H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O/silica gel	H <sub>2</sub> O/ LiBr
COP	0.7	1.1	0.6	0.5-0.8	Alta potencia
Temperatura de operación C	75-100	140-160	65-95	>60	>60

### CALEFACCIÓN

La energía solar también puede ser aprovechada para la calefacción de la casa. Al contrario que en el caso de la producción de agua caliente, el sistema no está optimizado para cubrir el 100% de la demanda energética a lo largo del año, por diversas consideraciones técnicas. Una es un peligro de sobrecalentamiento en verano; la otra es un criterio de eficiencia: la cual no es suficiente para optimizar una instalación para un periodo corto durante el año, desperdiciando la energía el resto del año.

Por este motivo, junto a la instalación solar se utiliza también un sistema de generación auxiliar, normalmente una caldera o una bomba de calor, que se encarga de elevar la temperatura deseada. A menudo se coloca placas de tubo de vacío en estas instalaciones, para mayor eficiencia energética.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

El suelo radiante es un sistema óptimo que trabaja junto con la energía solar. El suelo radiante consiste en unas tuberías que circulan debajo del suelo de las casas habitación, en donde se tiene múltiples ventajas frente a un sistema convencional. Las principales ventajas están relacionadas con el ahorro energético y con el confort que proporciona este sistema de calefacción:

- **Ahorro energético:** viene dado por dos factores principales:
  - Los radiadores son focos puntuales que emiten el calor hacia todo el volumen de la habitación.
  - El suelo radiante cubre todo el suelo; al ser la superficie más elevada, no es necesario que se caliente tanto, con el consiguiente ahorro de combustible.
  - Otro factor que favorece el ahorro de combustible es que el radiador debe calefactor todo el volumen de la habitación para que el habitante note la calefacción. Más sin embargo el suelo radiante, al estar siempre en contacto con el usuario, no necesita calentar todo el volumen.
- las ventajas que nos proporciona es el confort también, una se deriva precisamente de la localización de la calefacción. Al estar en el suelo, siempre.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

**MODULO IX.**

**PRÁCTICA DE ARMADO COMPLETO**

---

### COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA INTERCONECTADO A LA RED.

El componente principal de cualquier sistema fotovoltaico. Los paneles solares son la fuente primaria de energía eléctrica de los sistemas interconectados a la red. Los módulos solares disponibles en el mercado se pueden clasificar por el tipo de tecnología de fabricación y por el número de celdas que contienen.



### Características de Paneles Solares

Los inversores son los dispositivos que toman la energía eléctrica de corriente directa obtenida de los módulos solares y la convierten en corriente alterna compatible con CFE. Los inversores de interconexión a la red modernos además incluyen una serie de protecciones eléctricas para normar su operación. Algunas de estas protecciones son:

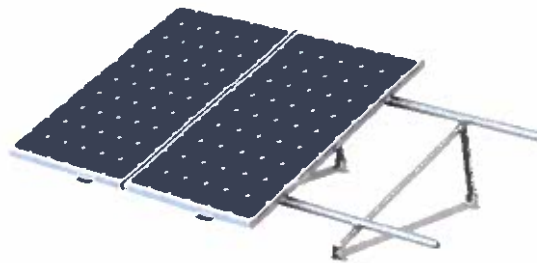
- Alto voltaje en CD
- Alto voltaje en CA
- Bajo voltaje en CA
- Alta corriente en CA
- Alta Frecuencia
- Baja Frecuencia
- Sincronía



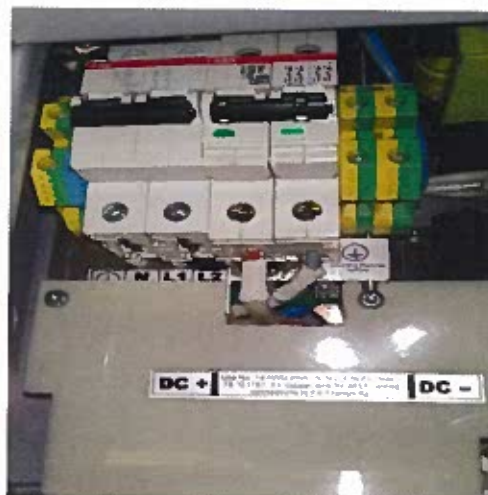


### - Protección anti-islal

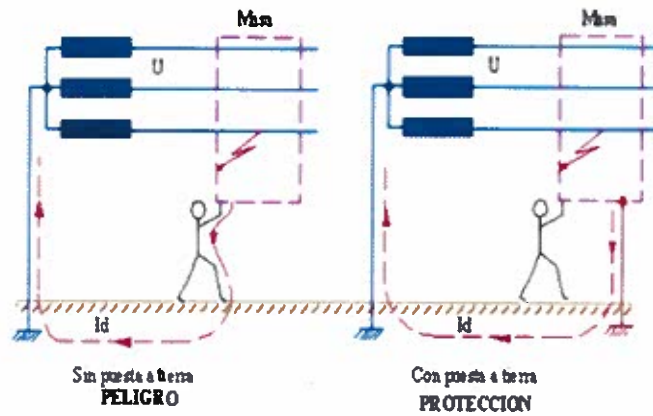
Las estructuras serán las encargadas de proveer una adecuada fijación a piso de los módulos solares. Las estructuras soporte están fabricadas en aluminio anodizado, el cual permitirá una vida útil del sistema de hasta 30 años. Es de suma importancia el asegurar la correcta ubicación y fijación de los módulos solares a las estructuras soporte para asegurar un adecuado desempeño del sistema fotovoltaico.



Las protecciones eléctricas permiten que la operación del sistema sea seguro para los usuarios y para el equipo. Protecciones contra partes energizadas, tierra física, protecciones de sobre-corriente y protecciones de sobre-voltaje. Protecciones contra partes energizadas Evitan que el usuario entre en contacto con conductores o partes conductoras energizadas.



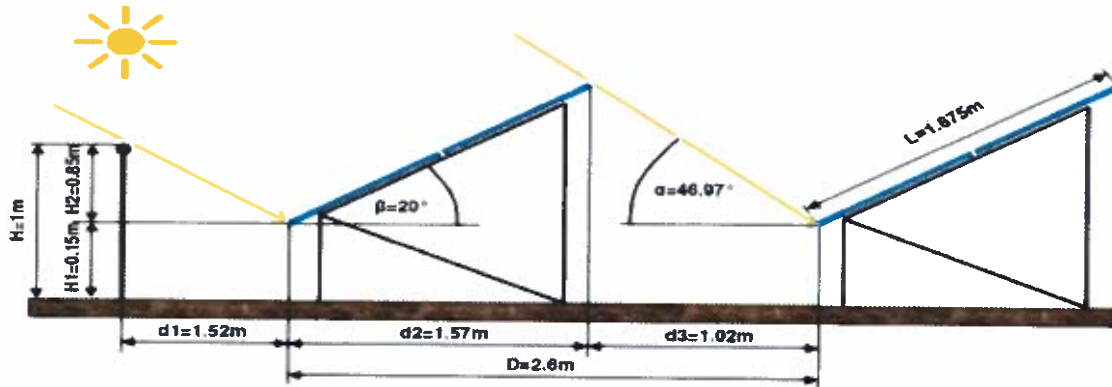
La Tierra Física evita que en caso de alguna falla, el usuario funcione como una puesta a tierra. Igualmente permite, que al desviarse la corriente por tierra, las corrientes de falla activen las protecciones contra sobre-corriente.



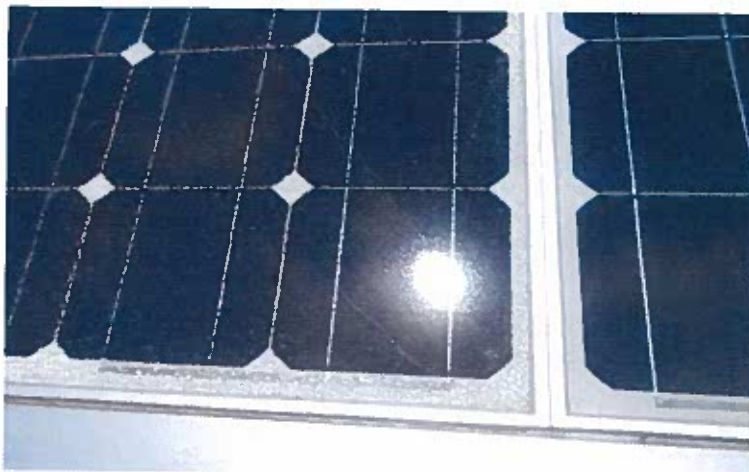
Protecciones contra sobre-corriente. Evitan que las corrientes en los circuitos eléctricos rebasen cierto límite. Usualmente se utilizan fusibles e interruptores termomagnéticos.



## Orientación e inclinación de paneles solares.



Expansión térmica. Debe de existir una separación mínima de 1cm entre módulos solares para permitir la expansión térmica



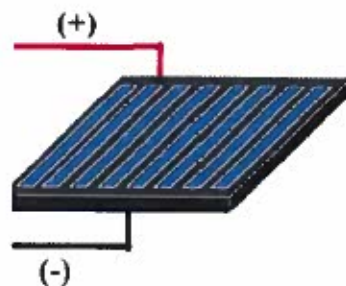
Sombreados que reducen a la mitad la potencia de un módulo solar



Sombreados que anulan la potencia de un módulo solar



Interconexión eléctrica de módulos solares, los siguientes ejemplos emplearán un módulo solar hipotético con las siguientes características eléctricas:

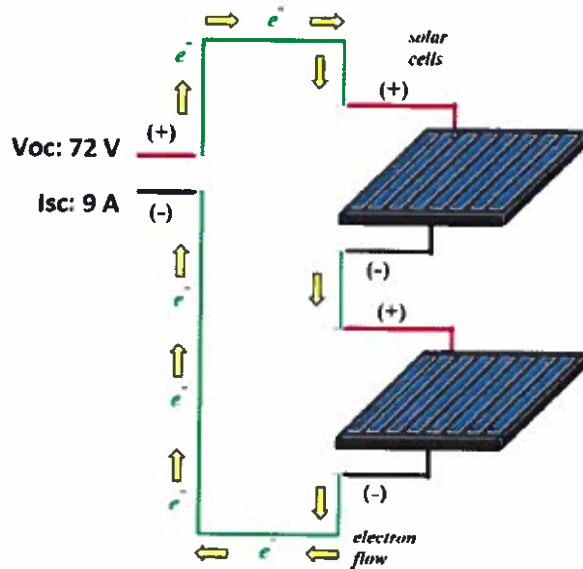


**Módulo Solar**

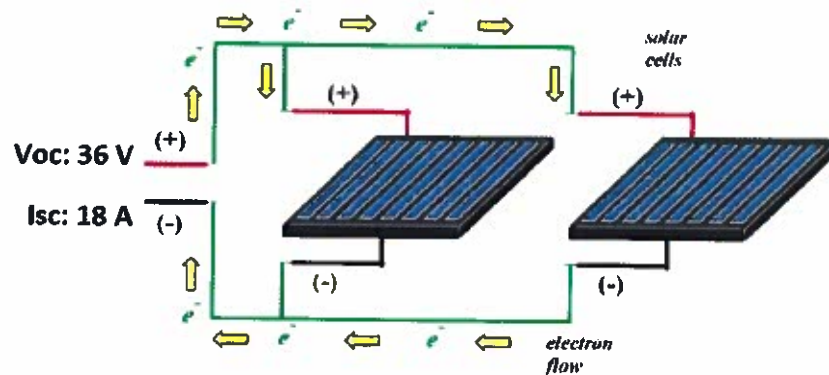
**Voc: 36 V**

**Isc: 9 A**

Interconexión en serie de módulos (Strings).



Interconexión en paralelo de módulos (Arrays).





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Verificación de documentos materiales y equipos.**

- Comprobar que los documentos de instalación se encuentren completos. Como mínimo, el sistema debe de incluir el listado de partes del sistema, el levantamiento previo, el plano eléctrico general y la guía de armado de los bastidores de módulos solares. Si estos documentos no se encuentran entre el material de instalación se deberá de llamar al supervisor para que complete la información faltante.
- Verificar que los materiales de instalación se encuentren completos y en buen estado con la ayuda de la lista de material, será necesario verificar que todos los materiales estén completos y en buen estado. Si algún material falta o está dañado, se deberá de contactar al supervisor de manera inmediata.

### **Sembrado de módulos solares.**

- Comprobar la viabilidad del sistema a conforme el levantamiento previo.

Es necesario en toda instalación, el revisar que el levantamiento haya considerado todas las condiciones del sitio de instalación. De igual manera es necesario el verificar que las condiciones de seguridad sean las suficientes para desempeñar el trabajo de manera adecuada.

Si las condiciones del sitio o de seguridad no son adecuadas, será necesario el llamar al supervisor para que indique que medidas se deben de tomar.

Por último, si en el lugar de instalación de paneles solares se identifica alguna sombra que no esté considerada en el levantamiento, se deberá de informar al supervisor inmediatamente y esperar instrucciones antes de comenzar la instalación.

- Identificación de componentes para el ensamble de estructuras soporte y módulos solares.

Con la ayuda de la guía de ensamble de soportes y guía de materiales, verificar que los soportes estén completos y en buen estado. Avisar al supervisor si algo hace falta o está dañado.

- Recopilar el material y herramientas necesarias para el armado de estructura y módulos.

Los materiales de instalación específicos para el armado de las estructuras soporte, deberán de ser colocados cerca del lugar de instalación. Es importante el considerar que en ciertas ocasiones es necesario el subir algunos objetos voluminosos (como los paneles solares) con el uso de sogas, por lo que es indispensable el siempre tener un par de sogas y guantes adecuados para realizar estos trabajos.

Para mayor protección se recomienda envolver los paneles solares con alguna lona gruesa para evitar que estos se maltraten con la maniobra.

Para este tipo de maniobras es recomendable siempre tener al menos un ayudante y siempre tener mucho cuidado al realizar trabajos en altura con objetos voluminosos y pesados.

### **Armado de estructura y fijación de módulos solares.**

Dependiendo del tipo de estructuras, estas pueden ser armadas antes o después de ser fijadas al lugar de instalación. Comúnmente, es más sencillo el armar las estructuras y fijar los módulos solares antes de ser ancladas. Para este proceso es necesario el consultar el manual de armado de la estructura.

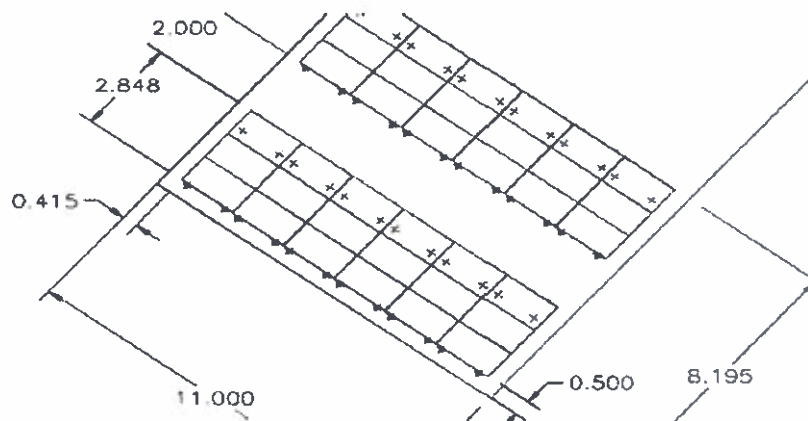
Una de las consideraciones que se deben de tener es el evitar que 2 o más metales distintos queden en contacto directo para evitar el par galvánico. Para esto se recomienda el uso de pintura o cintas de neopreno entre distintos metales para evitar este efecto.

Otra consideración muy importante es el empleo de rondanas de presión en cada tornillo empleado en la estructura, ya que la acción continua del viento puede fácilmente aflojar los tornillos que no cuenten con este aditamento. Usualmente la rondana de presión deberá de colocarse al lado de la cabeza del tornillo empleado.

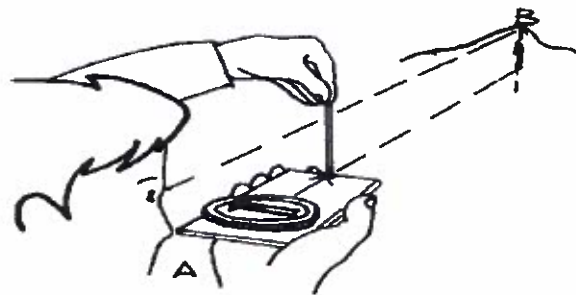


### Fijación de la estructura de módulos solares

En base al levantamiento, marcar la posición de los bastidores y comenzar con la fijación de la estructura al lugar de instalación.



Es necesario ubicar el sur geográfico del lugar de instalación con la ayuda de una brújula y orientar las estructuras de acuerdo a la medición.



Se deberán de marcar las posiciones de las patas de las estructuras en el suelo, para lo cual se puede utilizar un tiralíneas de gis, Flexómetro y/o clavos e hilo de cáñamo.

El método de fijación también será especificado según el tipo de estructura, siendo los más comunes el método de fijación por taquetes expansivos, método de fijación por peso muerto o método de fijación por anclaje químico.





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

En el caso de usar taquetes expansivos, será necesario marcar los barrenos para los taquetes según el plano de sembrado de módulos solares. Se debe de tener cuidado en contar con una broca de concreto del diámetro adecuado según el taquete expansivo (típicamente 3/8") y de limpiar los barrenos perfectamente de polvo y suciedad para asegurar el correcto anclaje del taquete.

A continuación se deberá de introducir el taquete con todo y tornillo y golpear suavemente con un martillo para asegurar que el taquete entre hasta el fondo del barreno, se deberá de apretar el tornillo del taquete para que el taquete se expanda, de esta manera se evita que el taquete gire cuando se fijen las patas de la estructura.

Se debe de tener mucho cuidado con impermeabilizar las zonas donde se hayan realizado barrenos, con tal de evitar filtraciones y quejas. Es posible el utilizar impermeabilizantes comerciales alrededor de los taquetes y patas de la estructura para evitar filtraciones.

En el caso de usar estructuras a peso muerto, será necesario el posicionar los pesos en cada pata de la estructura según lo indique el plano de la misma. Usualmente se recomienda de un peso de alrededor de 60 kg por cada panel solar de 250W a colocar. Este método vuelve muy sencilla la instalación de los paneles solares, aunque tiene el inconveniente de añadir pesados bloques de peso a los materiales que se tienen que desplazar para realizar la instalación.

Por último para el caso de los taquetes químicos, el proceso de instalación es muy parecido al de los taquetes expansivos, donde se requiere marcar los barrenos y limpiar los mismos. Después se aplica el compuesto químico al barreno, y rápidamente introducir un espárrago del tamaño adecuado para fijar la estructura. Es necesario esperar un tiempo de fraguado del químico antes de aplicar cualquier tipo de carga. La ventaja de usar estos anclajes es que no es necesario el impermeabilizar los barrenos, ya que el compuesto químico actúa sellando cualquier posible grieta.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### **Bosquejo de la conexión de los módulos solares en serie.**

Una vez fijos los módulos solares a las estructuras y las estructuras al lugar de instalación. Se recomienda hacer un bosquejo de cómo se conectarán los módulos solares entre sí para formar cadenas. Esto nos será de mucha utilidad para determinar los materiales adicionales que se requieren para efectuar las canalizaciones y conexiones al inversor o caja de conexión.

#### **Conexión de series de módulos solares**

Una vez acordada la manera en que se conectarán los módulos solares para formar cadenas, será necesario el llevar todo el cableado a un punto común. Para esto se puede emplear canalización de varios tipos, entre los que se encuentra el tubo conduit, charola metálica o tubo tipo liquid tight.

Debido a que el cable fotovoltaico empleado para interconectar los módulos solares es adecuado para su uso a la intemperie, es posible el utilizar canalizaciones descubiertas sin protección adicional. Sólo es importante el proteger el cableado de la interacción con los usuarios, especialmente si las trayectorias de cableado están en zonas accesibles para el usuario final.

También es muy importante el soportar la canalización para evitar que esta se mueva y provoque riesgos adicionales. La norma recomienda fijar las canalizaciones cada 1.5m

#### **Emplazamiento de la caja combinadora**

Se recomienda fijar la caja combinadora lo más cerca posible del arreglo solar. Esto ahorrará cableado de CD, ya que múltiples cadenas de módulos pueden ser concentradas en un único par de cables.

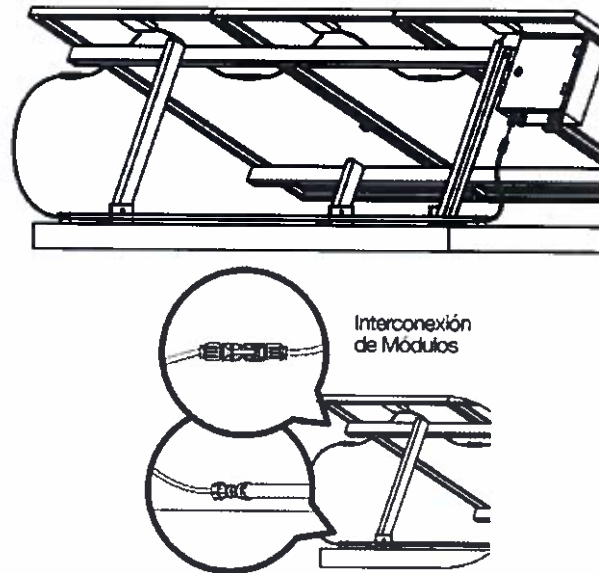
La caja combinadora deberá de colocarse preferentemente debajo de los módulos solares y fija a la estructura soporte. De esta manera se evita que los componentes internos de la caja combinadora se calienten excesivamente por el sol. Se recomienda dejar un espacio de al menos

30 cm entre el suelo y la parte más baja de la caja combinadora, para facilitar los trabajos de cableado.

La caja combinadora deberá de fijarse por medio de las 4 perforaciones provistas (típicamente de 5/16") usando tornillos del diámetro y largo adecuados.

### Conexión de cada serie de módulos solares a la caja combinadora.

Conectar los módulos solares según el bosquejo del punto 4.2.6. Enseguida llevar el cableado a la caja combinadora. Según el caso, puede ser necesario el realizar extensiones en el cableado fotovoltaico para lograr la longitud adecuada para llevarla a la caja combinadora. Para este caso será necesario el contar con pinzas aplicadoras de conectores MC4, conectores y cableado fotovoltaico extra.



### Fijación de cables sueltos.

Por último, será necesario el fijar los cables sueltos a la estructura de módulos. De esta manera se evitan accidentes por cables sueltos y se mejora la presentación general del sistema.

Es recomendable el dejar los conectores de paneles solares en un lugar visible, para poder identificar rápidamente si algún conector está suelto. Lo que simplificará enormemente el mantenimiento y diagnóstico de posibles problemas.

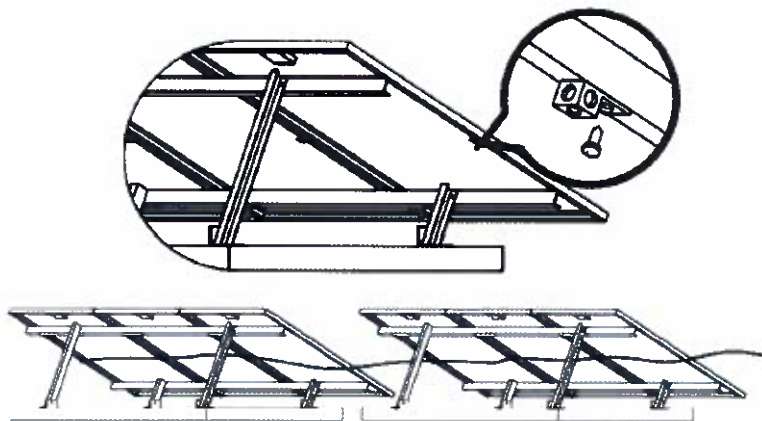
### **Punto de puesta a tierra de módulos solares**

Todas las estructuras metálicas deberán de ser puestas a tierra física. Para ello los módulos solares cuentan con perforaciones en el marco específicas para este fin.

El aterrizaje se efectúa con alambre de aluminio. El uso de este material asegura la duración del alambre comparable con la vida útil del sistema y evita la aparición de pares galvánicos entre el marco de aluminio y el conductor de aterrizaje.

El alambrado de tierra debe de tener 2 características fundamentales: El aterrizaje no se deberá de interrumpir si alguno de los módulos es retirado y Preferentemente todo el aterrizaje deberá de hacerse con un solo alambre, minimizando el número de uniones disponibles.

Con estas características en mente, se recomienda que el cableado se coloque encadenando todos los módulos y fijándolo a la canalización de CD siempre que sea posible.



### **Conexión de alambre de tierra a inversores:**

Si el sistema no cuenta con caja combinadora, se cuenta con 2 opciones: Se puede llevar el alambre de tierra hasta el inversor, o se Puede convertir el alambre de tierra en cableado tipo THW si así se requiere, para ello será necesario un conector de transición de Cobre-Aluminio.

Conexión de alambre de tierra a caja combinadora:

Si existe una caja combinadora en el sistema, solamente será necesario el llevar el alambre de aluminio hasta la caja combinadora y conectarlo directamente a la clema de tierra específica para este fin. Para evitar que líquidos o insectos entren en la caja combinadora, se recomienda el uso de prensa-estopa para la entrada de alambre a la caja.

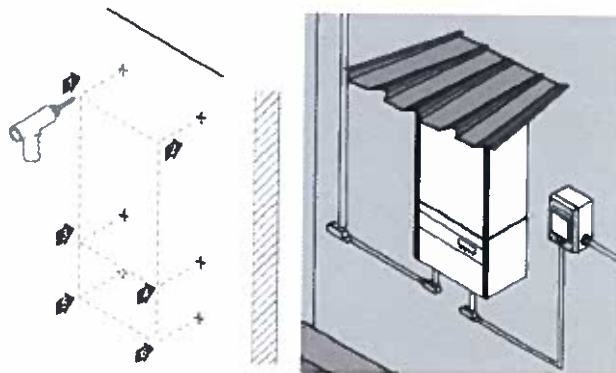
### Fijación del Inversor

El inversor deberá estar posicionado en un lugar adecuado para su correcto funcionamiento. El lugar de instalación debe de reunir las siguientes características:

- Poder soportar el peso del inversor.
- Estar accesible al usuario y personal de mantenimiento.
- Estar protegido de los rayos del sol.
- No estar cerca de fuentes externas de calor.
- No estar en lugares donde pueda estar expuesto al flujo de líquidos.
- Tener adecuada ventilación.

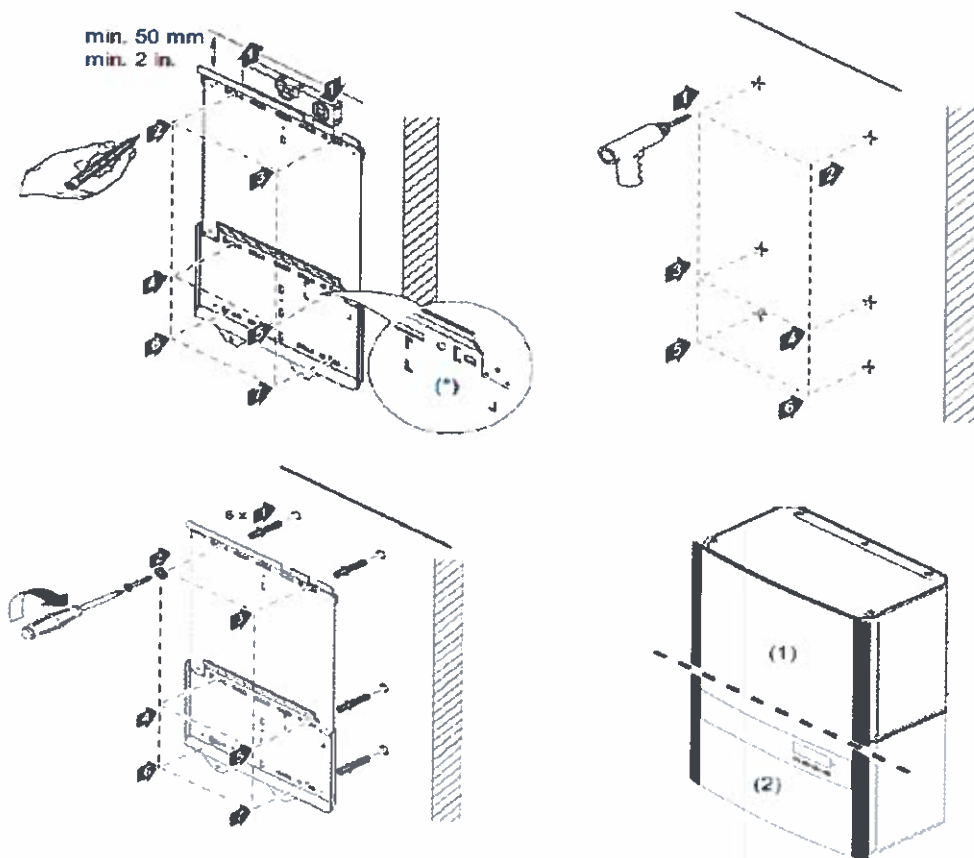
Dependiendo del tamaño en potencia de los inversores, estos pueden tener pesos de hasta 50 kg.

Se debe de asegurar que el lugar de fijación del equipo sea lo suficientemente resistente para soportar el peso del inversor. Se deberán de usar medios de anclaje adecuados para la adecuada fijación de estos equipos, típicamente se usa una combinación de taquete y tornillo.



Típicamente los inversores incluyen una placa que permite la fijación a una pared o muro, lo que facilita enormemente la instalación. La placa también puede ser usada como planilla para los barrenos requeridos para la fijación. En resumen, el procedimiento para fijar un inversor es el siguiente:

1. Desempacar el inversor y ubicar la placa de fijación.
2. Utilizando la placa de fijación como planilla, marcar las perforaciones. Se requieren al menos 4 perforaciones para fijar correctamente el inversor.
3. Taladrar la superficie de fijación.
4. Asegurar firmemente la placa de fijación.
5. Montar el inversor sobre la placa de fijación y asegurarlo firmemente a ella.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

De igual manera el inversor debe de ser colocado en un lugar que sea accesible al usuario, permitiendo que esté al tanto de su correcto funcionamiento. De igual manera debe de ser accesible al personal de mantenimiento para cualquier futura revisión. Preferentemente la pantalla del equipo debe de estar a la altura de los ojos de usuario.

La mayor parte de los inversores están hechos para su colocación a la intemperie, sin embargo al ser equipos electrónicos, siempre es recomendable el proteger al aparato de los rayos directos del sol. Por ello se recomienda el instalar el inversor en un lugar preferentemente techado y alejado de fuentes externas de calor, como lo pueden ser calentadores o chimeneas.

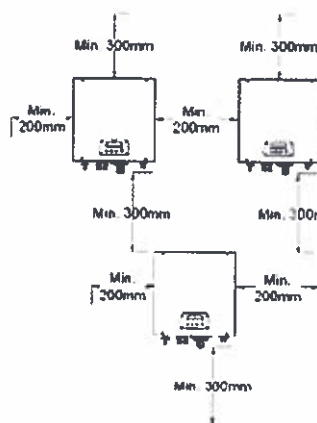
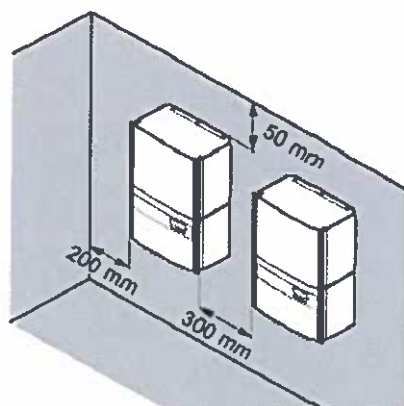
Si no es posible el proteger al inversor de los rayos directos del sol, el equipo deberá de ser instalado en la parte norte del edificio para evitar en lo posible su calentamiento.

Los inversores no deberán de ser instalados cerca de fuentes externas de calor, como por ejemplo chimeneas, calentadores o evaporadores de aires acondicionados. El hacerlo evitará que el equipo funcione de manera óptima.

La mayor parte de los inversores tienen una clasificación ambiental de al menos IP55 o Nema 3R.

Esto permite su instalación a la intemperie. Sin embargo no se recomienda que los inversores sean instalados en lugares donde pueda fluir de manera normal el agua, como desagües, llaves de agua o aspersores de riego.

Por último es importante el instalar los equipos en lugares con adecuada ventilación, la mayor parte de los fabricantes especifican en sus manuales un área libre entre los equipos para permitir su adecuada ventilación. Es importante seguir estas recomendaciones.

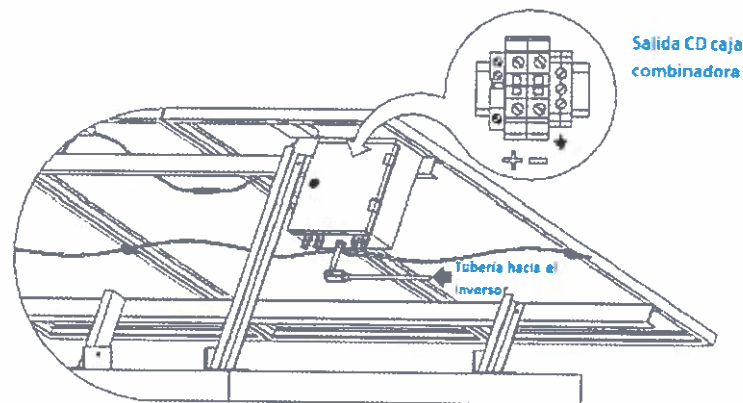


### Cableado de Caja combinadora a inversor

Conforme la trayectoria obtenida en el levantamiento previo, se realiza la labor de fijar el material que servirá como guía para el transporte de los conductores, por medio de los componentes que se encuentran en la lista de materiales.

- Conectar la salida de la caja combinadora a la llegada de CD en el inversor, empleando los bornes o conectores adecuados.

Teniendo el número total de conductores en la canalización e identificando las terminales de estos, se procede con conectar el circuito de CD desde la caja combinadora hacia el inversor en los bornes correspondientes y en el caso de requerir conectores, se realiza la conexión adecuada.



- Realizar el marcado y etiquetado a los extremos del cableado y del inversor

Al confirmar el conexionado correcto de CD, se procede al etiquetado en las terminales de los conductores con la intención de identificar rápidamente el circuito proveniente de la caja combinadora hacia el inversor.

### Caja de conexión y protecciones de CA "CCP-CA".

La caja de conexiones de CA contiene protecciones contra sobre-corrientes y cortos-circuitos, protegiendo al inversor de cualquiera de estos inconvenientes. Es recomendable el colocar la caja de conexiones de CA lo más cerca posible al inversor.





## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

**Colocar la canalización necesaria de la CCP-CA hacia el inversor y hacia el centro de carga.**

La CCP-CA es la interfaz entre el inversor y la red eléctrica del inmueble. Se requiere de la instalación de canalización por ambos lados, la proveniente del inversor y la del centro de carga o tablero de distribución para lograr la conexión entre el inversor y la red eléctrica.

Según el diagrama eléctrico provisto, colocar los conductores que conectarán la CCP-CA a la red dentro de la canalización.

Según el diagrama eléctrico provisto, colocar los conductores que conectarán la CCP-CA al inversor dentro de la canalización. Conectar al inversor en las clemas adecuadas o con el conector adecuado según sea necesario.

Cuando se confirme la correcta conexión en CA del inversor, CCP-CA y centro de carga, se procede con el marcado en ambos extremos de los conductores para la localización rápida de los circuitos; tanto para su operación, como para mantenimiento.

### **Tablero de distribución general**

Para el caso donde el sistema no cuente con una caja de conexión y protección en CA, será necesario el instalar canalización y cableado que conectarán al inversor directamente con el tablero de distribución del inmueble.

Se recomienda el uso de tubo conduit de pared gruesa para todas las conexiones expuestas, pudiéndose utilizar tubería plástica comercial si esta se encuentra embebida en los muros de la instalación.

Una vez instalada la canalización, será necesario instalar el cableado adecuado para lograr la conexión con el inversor. El calibre y tipo de cable deberá ser especificado en el diagrama eléctrico incluido en el sistema.

Siempre que sea posible, será necesario instalar un interruptor termomagnético del mismo tipo que exista en el tablero de distribución para realizar la conexión del inversor con el centro de carga. Para los casos donde el tablero de distribución no tenga más espacio disponible o no se pueda conectar otro interruptor, es posible el conectarse directamente al interruptor o zapatas principal.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

En este caso el uso de una CCP-CA es indispensable.

Otra consideración importante, es que por seguridad, el inversor deberá siempre de estar conectado al método de desconexión principal de la casa (interruptor principal) del lado de las cargas. De esta manera se asegura que cuando el interruptor principal esté abajo, el sistema FV quede deshabilitado también.

Por norma se requiere de identificar a los inmuebles que tienen instalado un sistema fotovoltaico. Comúnmente esto se hace en el tablero de distribución principal.

Es necesario indicar con una etiqueta al método de desconexión principal del sistema fotovoltaico, e incluir la leyenda "Este domicilio cuenta con un sistema de generación eléctrica por medio de paneles solares".

### **Pruebas preoperativas**

Es importante que antes de realizar cualquier prueba en las conexiones del sistema, se asegure que todos los conductores y partes eléctricas vivas estén desenergizadas. Para ello es necesario abrir todo tipo de interruptores, fusibles y desconectores que puedan proveer de energía al sistema.

Se recomienda abrir las conexiones en los siguientes puntos para realizar pruebas preoperativas:

- Desconectar cada cadena de módulos de la caja de combinadora o del inversor.
- Desconectar la entrada de CD del inversor
- Desconectar la salida de CA del inversor, para esto es también válido el abrir las pastillas de la caja CCP-CA si esta se encuentra cerca del inversor o abrir las pastillas termomagnéticas del inversor, si este está provisto de ellas.

Las siguientes mediciones deben de ser realizadas con mucho cuidado. La energía proveniente de los paneles solares puede fácilmente herir de gravedad o incluso causar la muerte de un ser humano.

**Medición de voltaje de circuito abierto de arreglos solares:** Con cuidado, medir el voltaje de cada serie de paneles solares con la ayuda de un multímetro. No deberá de existir ningún equipo conectado a los paneles solares para realizar correctamente esta medición. El voltaje deberá de ser de aproximadamente de 33V por cada panel solar.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Por ejemplo, si se tienen 10 paneles solares en la cadena de que se está midiendo, el voltaje total de la cadena deberá de ser de aproximadamente 330V. Registrar el voltaje de todas y cada una de las cadenas de módulos solares.

**Medición de corriente de corto circuito de cadena solar:** Para esta medición será necesario el contar con un multímetro que permita medir corriente de CD y que al menos permita medir 10A.

O en su defecto se puede utilizar un amperímetro de gancho. También se recomienda el uso de terminales MC4 de prueba, para evitar dañar los conectores de la instalación con los arcos eléctricos que comúnmente se producen en esta medición.

La medición deberá de ser realizada en conjunto con un medidor de insolación o en su defecto alrededor del mediodía en un día despejado. De otra manera será difícil el constatar si las mediciones obtenidas son correctas.

Para realizar la medición será necesario conectar el multímetro con sumo cuidado a las puntas desconectadas de cada arreglo solar. Especial cuidado se debe de tener al conectar y desconectar rápidamente el multímetro, debido a que fácilmente se pueden formar arcos eléctricos.

Dependiendo del modelo de módulos solares empleados, la corriente del arreglo deberá de ser cercana a 8A cuando en un día despejado y a una hora cercana al mediodía. Una vez realizada la medición anotar los resultados obtenidos.

Unir las series de módulos con la caja combinadora y verificar que la salida de esta sea correcta, conectar todos los arreglos a la caja combinadora, cuidando que todos los fusibles de la misma estén desconectados. Una vez conectados los arreglos, conectar los fusibles y medir el voltaje total. Este deberá de ser muy parecido al voltaje medido para cada cadena individual. Registrar el voltaje medido.

Verificar que el inversor reciba el mismo voltaje que sale de la caja combinadora. Asegurar que la conexión sea adecuada al reconectar.

Reconectar los conductores de la caja combinadora hacia el inversor. Medir del lado del inversor que el voltaje sea el medido den el paso anterior y que la polaridad sea correcta.

Desenergizar, reconectar al inversor y activar los fusibles y desconectores.

Verificar el voltaje de CA en el tablero de distribución. Verificar que el voltaje de la red sea el adecuado según el modelo de inversor a instalar.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Típicamente los voltajes encontrados en sistemas de pequeña escala son 220V +/- 10% (198-232V) y 240V +/- 10% (216-264V). Si el voltaje se encuentra fuera de rango, avisar al supervisor.

Verificar que este voltaje llegue de la misma manera el inversor. Si el voltaje de la red eléctrica está dentro del rango de operación el inversor, verifique que los conductores que llegan al inversor reciban el mismo voltaje medido y estén en el orden adecuado según el modelo del inversor empleado.

Reconectar la CA al inversor. Desenergice el del lado del tablero de distribución y realice la conexión de CA en el inversor. Energize el inversor y verifique que el equipo opere de manera normal.

### **Limpieza, arranque del equipo y revisión final.**

- Revise nuevamente que todas las conexiones estén correctas y firmemente conectadas.
- El lugar de trabajo debe de estar perfectamente limpio para este paso. Cualquier resto de la instalación como empaques, pedazos de cable o sujetadores, tubería, basura y herramientas debe de ser retirado. En gran medida el profesionalismo de la instalación se muestra en la calidad y limpieza del trabajo.
- Arranque el equipo accionando todos los interruptores, desconectores y fusibles y verifique que el inversor arranque y comience a inyectar energía a la red. Una vez verificado el funcionamiento, desenergice el equipo nuevamente.

Procedimiento de arranque del equipo:

1. Verificar nuevamente todos los voltajes de sistema tanto en CA como en CD.
  2. Cerrar los fusibles seccionables de la caja combinadora.
  3. Cerrar el interruptor o desconector de CD del inversor.
  4. Cerrar el interruptor de CA (Si existe)
  5. Cerrar el interruptor de la Caja de conexiones y protecciones en CA
  6. Cerrar el interruptor correspondiente al sistema FV en el tablero de distribución.
  7. Verificar la operación normal del sistema.
- Terminado el trabajo, llame a su supervisor quien dará visto bueno a la obra.



**INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO**

**MODULO X**

**MÓDULO DE CIERRE**

---



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

Procedimiento de instalación:

A continuación se detalla el procedimiento de instalación general.

A.- Verificación de documentos, materiales y equipos.

1. Comprobar que los documentos de instalación se encuentren completos.
2. Verificar que los materiales de instalación se encuentren completos y en buen estado.

B.- Sembrado de módulos solares

3. Comprobar la viabilidad del sistema a conforme el levantamiento previo
4. Identificación de componentes para el ensamble de estructuras soporte y módulos solares.
5. Recopilar el material y herramientas necesarias para el armado de estructura y módulos.
6. Armado de estructura y fijación de módulos solares, conforme el plano anexo al sistema.
7. Realizar la fijación de la estructura armada a conforme al plano y teniendo en consideración los consejos para orientación e inclinación de módulos solares.
8. Hacer un bosquejo de la conexión de los módulos solares en serie.
9. Conectar las series de módulos solares y, de ser necesario, preparar un par de cables con conectores MC4 para conectar con la caja combinadora.

C.- Caja Combinadora

10. Si el sistema dispone de una caja combinadora, especificar el lugar de fijación. El lugar empleado deberá de ser accesible y adecuado para el recorrido de canalización hacia módulos solares y hacia el inversor.
11. Fijar la caja combinadora preferentemente en una de las estructuras de módulos solares (debajo de un módulo solar).
12. Realizar la conexión de cada serie de módulos solares a la caja combinadora. Canalizar estos cables si es necesario.
13. Colocar cinchos de nylon en el sobrante del cableado en área de módulos, evitando que los cables queden a la vista, mejorando así la presentación y la visibilidad.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

### D.- Puesta a tierra de módulos solares

14. Si el sistema dispone de una caja combinadora, será necesario llevar el alambre de aluminio de tierra hasta esta y realizar la conexión en la clema destinada para este fin. En el caso en que no exista la caja combinadora, será necesario llevar el alambre de aluminio directamente hasta el inversor.

15. Proponer la trayectoria a seguir para el alambre de aluminio. Es recomendable el fijar al alambre a la canalización empleada

16. Cortar el alambre de aluminio, lo suficiente para conectarlo en el borne de puesta a tierra dentro de la caja o del inversor.

17. Si el sistema cuenta con una caja combinadora, será necesario el pasar el alambre de aluminio por la parte inferior de la caja a través de un conector glándula, dejar un poco de conductor sobrante para facilitar posteriores servicios.

### E.- Fijación del Inversor

18. Verificar de que el lugar a colocar el inversor es el adecuado y cumpla con las características necesarias para poder soportar al inversor.

19. Fijar el inversor empleando anclajes adecuados al tipo de pared a utilizar. Tener cuidado con los espacios libres especificados por el fabricante, según el modelo de inversor.

### F.- Cableado de Caja combinadora a inversor

20. Instalar la canalización de la caja combinadora al inversor, teniendo en cuenta las características del lugar de instalación.

21. Conectar la salida de la caja combinadora a la llegada de CD en el inversor, empleando los bornes o conectores adecuados.

22. Realizar el marcado y etiquetado a los extremos del cableado y del inversor

### G.- Caja de conexión y protecciones de CA "CCP-CA".

23. Si el sistema requiere de una caja de conexión y protecciones de CA, fijarla a un lugar adecuado cercano al inversor.

24. Colocar la canalización necesaria de la CCP-CA hacia el inversor y hacia el centro de carga.

25. Colocar el cableado de la caja CCP-CA hacia el centro de carga y conectar en ambos extremos.



## INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

26. Insertar el cableado de la caja de interruptores hacia el inversor y conectar en ambos extremos adecuadamente.

27. Realizar el marcado y etiquetado a los extremos del cableado y en el propio gabinete de la caja de interconexión.

### H.- Tablero de distribución general

28. Colocar la tubería necesaria de la caja CCP-CA hacia el centro de carga directamente al inversor si el sistema no cuenta con una CCP-CA.

29. Insertar el cableado de la caja CCP-CA hacia el centro de carga y conectar en ambos extremos adecuadamente.

30. Realizar el marcado y etiquetado a los extremos del cableado y en el propio tablero de distribución general, identificando el interruptor que corresponde al sistema solar interconectado.

### I.- Pruebas preoperativas

31. Verificar que todos los equipos y protecciones estén desenergizadas.

32. Abrir las conexiones de cadenas de módulos solares, cajas de concentración y tablero de distribución.

33. Medir voltaje y corriente de cada cadena de módulos solares y tomar nota de los resultados.

34. Unir las series de módulos con la caja combinadora y verificar que la salida de esta sea correcta, tomar nota.

35. Verificar que el inversor reciba el mismo voltaje que sale de la caja combinadora. Asegurar que la conexión se adecuada al reconectar.

36. Verificar el voltaje de CA en el tablero de distribución.

37. Verificar que este voltaje llegue de la misma manera el inversor.

38. Reconectar la CA al inversor.

### J.- Limpieza, arranque del equipo y revisión final.

39. Asegurar que todas las conexiones estén correctas.

40. Verificar la limpieza del lugar de trabajo. El lugar de instalación debe de estar perfectamente limpio.

41. Arrancar el equipo y verificar su funcionamiento.

42. Llamar al supervisor para la revisión final.





INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ANGEL ARMANDO SANCHEZ ACOSTA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

DANIELA JUDITH ADAME GUAJARDO

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

OMAR ALEJANDRO ARELLANO GARCIA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

JUAN MARTIN BARBOSA FRAYRE

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

JEFFRIS ISAI BOCANEGRA GARCIA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

NAYELY CHAVEZ MOTA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

DIANA LYNDA CHAVEZ PEREZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramírez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

EMMANUELA DESIR

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*





INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

MARIA CRISTINA DURON CAMPERO

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Ltc. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

KASSANDRA PAOLA ESQUIVEL FLORES

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ANTONIO DE JESUS GAMEZ  
BOCANEGRA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ISRAEL GUERRERO CUAN

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

DAVID ISAI IBARRA GAYTAN

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

BRAYAM ENRIQUE MARTINE CABRERA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

DIANA LAURA MONTALVO RODRIGUEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

SAUL FELIPE MONGTES ZAVALA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*





INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

RAFAEL ARELLANO AROÑA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

HUMBERTO RODRIGO CONTRERAS  
HERNANDEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

IRWIN FABIAN DIAZ HERNANDEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ADRIAN ESCOBEDO MARTINEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

GRISELA ISELA GARCIA CHAVEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

SARAIID HIPOLITO BLANCO

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

FIDEL LUNA CISNEROS

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramírez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

MANUEL MEDINA VEGA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez





INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ILSE GABRIELA NUÑEZ ESPINO

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

OMAR ANDRES RIPELL RODRIGUEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

Lic. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

YONATHAN VENEGAS RODRIGUEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

Lic. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

YESSICA MARIEL WONG RODRIGUEZ

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

LUCERO DE JESUS ZAMORA REYES

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramírez



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

OSCAR LEONARDO CONTE GAYTAN

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

FRANCISCO HERNANDEZ GARCIA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

---

*Lic. Martin Ramirez*



INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

JUAN MANUEL CAMPOS ROCHA

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez





INDUSTRIAL ELÉCTRICA DEL OCCIDENTE Y PACIFICO

# Diploma

*Esta mención se concede a:*

ALONSO MONREAL BARRIENTOS

*Reconocimiento por concluir satisfactoriamente la capacitación especializada para la profesionalización e innovación de la industria manufacturera de paneles solares fotovoltaicos e implementación de sistemas de interconexión a red.*

Lic. Martin Ramirez