

# PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL

## SERIE 3. PERFECCIONAMIENTO DOCENTE PARA EL PROGRAMA FOTOVOLTAICO



TOMO IX. MATERIAL DE APOYO DE LA ACCIÓN FORMATIVA  
CPEIP



Ministerio de Energía de Chile

División de Energía Sostenible

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 119 - 447

F. 760 Santiago - Casilla 15, Santiago, Chile

Ministerio de Energía y el Ministerio de Energía con la colaboración de los Centros Kimerus Desarrollo Tecnológico, Centros Chileaeros y Germánis.

## APROBADO POR

### MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE CHILE

Secretaría Ejecutiva de Formación Técnica y Profesional  
Unidad de Coordinación Formación Técnica y Profesional  
Av. Barón de Hgón Nº 137  
Santiago Chile  
[www.mineduc.cl](http://www.mineduc.cl)

### SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE

Unidad de Energía y Combustibles y Formación Técnica  
Av. Libertador Barón de Hgón Nº 1435  
F. 110 Santiago Chile F. w. 1101117  
Santiago Chile  
[www.sme.cl](http://www.sme.cl)

### DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEITUNG GMBH

Programa de Energía y Combustibles y Formación Técnica y Profesional  
Mariano Barón de Hgón Nº 137 (Calle 2ª) F. 1101117  
Santiago Chile  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

## COMITÉ TÉCNICO

### MINISTERIO ENERGÍA

Edoardo Martínez  
María Soledad Ramírez Aguilera  
Diana Escobar  
Dante Muñoz Scherer  
Gonzalo Villagrán

### MINISTERIO DE EDUCACIÓN

Bernabé Hernández  
Vigil, Asunción  
Felipe González  
Pamela Méndez Valdovinos  
María Mercedes Vera

### SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE

Carolina Guejra Guejra  
Carolina Daniela Vivero  
Francisco Balboa Aguilera

### CORPORACIÓN DESARROLLO TECNOLÓGICO

Fabián Muñoz Contreras  
Francisco Quiroga

### DISEÑO

Francois Inés Barria

### SEN

© 2006. El servicio NF 2006000003 es propiedad exclusiva de Chileaeros



# FORMANDO TÉCNICOS PARA UNA ENERGÍA MÁS CIUDADANA

Se elabora un documento de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en su desarrollo en el medio urbano. El documento de 25 capítulos con 440 páginas y 244 imágenes y 244 tablas y 244 fotografías se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf. Este documento técnico de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en el medio urbano se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf. Este documento técnico de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en el medio urbano se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf.

El objetivo de los capítulos de este documento es proporcionar a los técnicos de energía solar fotovoltaica un conocimiento actualizado y práctico de los aspectos técnicos de instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en edificios residenciales y comerciales, y de los aspectos legales y económicos de estos sistemas.

El documento de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en el medio urbano se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf. Este documento técnico de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en el medio urbano se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf. Este documento técnico de apoyo a la actividad técnica fotovoltáica en el medio urbano se puede descargar en [www.cebs.org](http://www.cebs.org) en formato pdf.

El programa de capacitación inicial para el personal docente de la institución educativa se realizará en el mes de agosto del 2016, con el fin de capacitar al personal docente en el uso de las herramientas tecnológicas de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa.

El programa de capacitación inicial para el personal docente de la institución educativa se realizará en el mes de agosto del 2016, con el fin de capacitar al personal docente en el uso de las herramientas tecnológicas de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa.

El programa de capacitación inicial para el personal docente de la institución educativa se realizará en el mes de agosto del 2016, con el fin de capacitar al personal docente en el uso de las herramientas tecnológicas de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa.

El programa de capacitación inicial para el personal docente de la institución educativa se realizará en el mes de agosto del 2016, con el fin de capacitar al personal docente en el uso de las herramientas tecnológicas de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa.

El programa de capacitación inicial para el personal docente de la institución educativa se realizará en el mes de agosto del 2016, con el fin de capacitar al personal docente en el uso de las herramientas tecnológicas de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa, así como en el uso de las herramientas de gestión de la institución educativa.



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento “Programa de Capacitación en Energía Solar Fotovoltaica para Liceos de Educación Media Técnico Profesional”, se fundamenta en el marco de políticas y acciones desarrolladas por el Mineduc, 2015. Fue elaborado como iniciativa del Ministerio de Energía y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Educación (Mineduc), y fue financiado desde el Fondo de Desarrollo Científico (FDC). El programa forma parte del tercer año de ejecución del “Proyecto Promoción y Desarrollo Tecnológico Solar en Chile” del Fondo de Desarrollo Científico (Mineduc) en asociación con el Fondo de Desarrollo Científico (FDC) y el Fondo de Desarrollo Científico (FDC) y el Fondo de Desarrollo Científico (FDC). El programa “Proyecto NAMA: Energía renovable para autosuficiencia”, en la modalidad de Mitigación de Emisiones (M2), forma parte del Mineduc.

El presente documento de trabajo tiene como objetivo principal el promover el conocimiento y la experiencia en Chile en el desarrollo de la industria solar fotovoltaica y generar un marco de trabajo que permita a los estudiantes de los liceos de educación técnica de Chile acceder a la energía solar fotovoltaica a través del “net-billing”. Para ello, se han desarrollado los siguientes objetivos: generar un marco de trabajo que permita a los estudiantes de los liceos de educación técnica de Chile acceder a la energía solar fotovoltaica a través del “net-billing”. Para ello, se han desarrollado los siguientes objetivos: generar un marco de trabajo que permita a los estudiantes de los liceos de educación técnica de Chile acceder a la energía solar fotovoltaica a través del “net-billing”.

---

<sup>1</sup> Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada. NAMA por sus siglas en inglés (Nationally Appropriate Mitigation Action).

Como un primer nivel de capacitación plena, el modelo de formación técnica se fundamenta en la experiencia del sistema modelo de formación técnica y profesional de la educación superior de Colombia, en el modelo de formación profesional de la educación superior de México y en el modelo de formación profesional de la educación superior de España.

Resalta el modelo de experiencia de formación técnica en Colombia, el **Línea de Educación Media Técnica Profesional (LEMP)** que se puede encontrar en el mapa de instituciones y programas de Formación Profesional de la educación técnica y profesional de España del y de México, donde se muestra el modelo de formación profesional de la educación superior de México.

El programa de formación profesional de la educación superior de México se fundamenta en el modelo de formación profesional de la educación superior de España, en el modelo de formación profesional de la educación superior de México y en el modelo de formación profesional de la educación superior de Colombia.

Como un primer nivel de capacitación plena, el modelo de formación profesional de la educación superior de México se fundamenta en la experiencia del sistema modelo de formación profesional de la educación superior de Colombia, en el modelo de formación profesional de la educación superior de México y en el modelo de formación profesional de la educación superior de España.

El modelo de formación profesional de la educación superior de México se fundamenta en el modelo de formación profesional de la educación superior de España, en el modelo de formación profesional de la educación superior de México y en el modelo de formación profesional de la educación superior de Colombia.

## ¿CÓMO USAR EL COMPENDIO?

El compendio es un documento de apoyo que se encuentra en el sitio web de la institución de formación profesional de la educación superior de México, en el sitio web de la institución de formación profesional de la educación superior de España y en el sitio web de la institución de formación profesional de la educación superior de Colombia. Este documento tiene como objetivo proporcionar información sobre el programa de formación profesional de la educación superior de México y sobre el programa de formación profesional de la educación superior de España y de Colombia.

El compendio es un documento de apoyo que se encuentra en el sitio web de la institución de formación profesional de la educación superior de México.

Lista de Módulos de Aprendizaje y sus Unidades

**SERIE 1. ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA FOTOVOLTAICO**

TOMO I. TENDENCIAS EN EL PROGRAMA DE ESTUDIOS OFICIALES DE EDUCACIÓN Y PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD EN EDUCACIÓN	TENDENCIAS DE DECISIONES O DE EJECUCIÓN DE UNO O VARIOS EFECTOS DE EFECTIVIDAD
TOMO II. CALIDAD DE SERVICIO DOCENTE EN EL PROGRAMA DE EFECTIVIDAD EN EDUCACIÓN	JEFES DE CALIDAD DOCENTE
TOMO III. CALIDAD DE SERVICIO PARA FACILITANTES EN EL PROGRAMA DE EFECTIVIDAD EN EDUCACIÓN	EFECTIVIDAD DOCENTE

**SERIE 2. DEFINICIÓN DEL EQUIPAMIENTO PARA FACILITAR UN LABORATORIO FOTOVOLTAICO**

TOMO IV. EFECTIVIDAD PARA TABLA DE DATOS FOTOVOLTAICO	
TOMO V. VARIANTE TECNOLÓGICA FOTOVOLTAICO	SISTEMAS DE DECISIONES O DE EJECUCIÓN DE UNO O VARIOS EFECTOS DE EFECTIVIDAD
TOMO VI. EFECTIVIDAD PARA FACILITANTES EN EL PROGRAMA DE EFECTIVIDAD EN EDUCACIÓN	JEFES DE EFECTIVIDAD DOCENTE
TOMO VII. EFECTIVIDAD PARA FACILITANTES EN EL PROGRAMA DE EFECTIVIDAD EN EDUCACIÓN	

## SERIE 3. PERFECCIONAMIENTO DOCENTE PARA EL PROGRAMA FOTOVOLTAICO

TOMO VII. GUÍA DE APOYO PARA RESULTADOS ACORRUMADOS DE LA  
 CPEP. De los documentos de apoyo para la Base de Datos para  
 el curso de electricidad básica.

OTEC  
 JTF JEP  
 JTF DE ESPECIALIDAD  
 DOCENTE

TOMO 8. MATERIAL DE APOYO DE LA ACORRUMACION DE LA CPEP

## SERIE 4. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LICENCIA DE INSTALADOR ELÉCTRICO CLASE D DE LA SEC

TOMO 9. GUÍA DE APOYO PARA LA ACORRUMACION DE LOS RESULTADOS DE  
 ESTUDIOS DEL CURSO DE APT. A SEC

SISTEMAS DE  
 DISTRIBUCION  
 JTF DE ESPECIALIDAD

REGISTRAR APOYO DE LOS RESULTADOS DE APT. A SEC

GENERAL

## 2. PRESENTACIÓN Y GENERALIDADES

El presente documento tiene como objetivo proporcionar al personal docente del centro educativo un primer acercamiento al mundo de la energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones en el ámbito de la enseñanza. El documento está dividido en tres partes: una primera parte que describe el programa de formación, una segunda parte que describe el modelo de formación y una tercera parte que describe el modelo de implementación del programa. El documento está dirigido al personal docente del centro educativo y a los directivos del centro educativo. El documento está dividido en tres partes: una primera parte que describe el programa de formación, una segunda parte que describe el modelo de formación y una tercera parte que describe el modelo de implementación del programa.

### 1. Introducción al programa de formación

- Descripción del programa de formación: el programa de formación tiene como objetivo proporcionar al personal docente del centro educativo un primer acercamiento al mundo de la energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones en el ámbito de la enseñanza. El programa de formación está dividido en tres partes: una primera parte que describe el programa de formación, una segunda parte que describe el modelo de formación y una tercera parte que describe el modelo de implementación del programa.
- Características del programa de formación:
  - El programa de formación es gratuito.
  - El programa de formación está dividido en tres partes: una primera parte que describe el programa de formación, una segunda parte que describe el modelo de formación y una tercera parte que describe el modelo de implementación del programa.
  - El programa de formación está dirigido al personal docente del centro educativo.
  - El programa de formación está dividido en tres partes: una primera parte que describe el programa de formación, una segunda parte que describe el modelo de formación y una tercera parte que describe el modelo de implementación del programa.

## PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN FORTALECIMIENTO DE TALLERES PARA CEBS DE FIDUCIARIAS MEDIANTE TELECOMUNICACIONES

- Generar un diagnóstico de las capacidades y necesidades de los miembros de las CEBS
- Mantener un contacto permanente con ellas
- Fortalecer las habilidades de las teleoperadoras

Así mismo, se presentará a las teleoperadoras el rol de las CEBS en el fortalecimiento de las teleoperadoras.

## 3. DESCRIPCIÓN DE MATERIAL DE APOYO DESARROLLADO

### 3.1. USO DE PLATAFORMA MOODLE

Como herramienta de apoyo de métodos de enseñanza de las actividades de aprendizaje, se proyecta en el curso plataforma para gestión de actividades de métodos de enseñanza de las actividades de aprendizaje de la especialidad de Ingeniería en Sistemas de Energía, el cual se desarrolló en Moodle, una plataforma de gestión de contenidos de aprendizaje. El Manual de usuario para la plataforma Moodle se encuentra en Anexo F de la guía de implementación de la especialidad de Ingeniería en Energía.

#### Descargar Manuales

 Manual para Computador



### 3.7. LÍNEA BASE E INTERÉS EN TEMÁTICAS FOTOVOLTAICA

Antes de comenzar con la implementación de los cursos de capacitación en energía solar fotovoltaica, es necesario tener un primer acercamiento a los liceos para poder evaluar el nivel de conocimiento que poseen los docentes y estudiantes en temas de Energía Solar Fotovoltaica. Para ello, se diseñó una encuesta que se entregará durante la implementación de los cursos, con el objetivo de evaluar el nivel de conocimiento que poseen los docentes y estudiantes en temas de Energía Solar Fotovoltaica. Esta encuesta se entregará a los docentes y estudiantes de los liceos durante la implementación de los cursos de capacitación en energía solar fotovoltaica.

#### Encuesta Interés Alumnos en temas FV

Les solicitamos en este primer acercamiento durante la implementación, que nos apoyen para poder realizar una encuesta que busca "levantar" el interés de los estudiantes en temas de Energía Solar Fotovoltaica. Las respuestas nos van a llegar a nosotros y las tabularemos posteriormente.

El objetivo es que puedan reenviárselo a los estudiantes, para que ellos completen las preguntas, pueden realizarla durante las clases, tiene una duración de 3-5 minutos para responder. (Idealmente enviar la encuesta a los estudiantes la semana del **24 de Septiembre se estima cómo plazo máximo la primera semana de Octubre**).

La idea es coordinar que uno de los docentes envíe la encuesta e informar al correo [cursosfotovoltaicos@cdt.cl](mailto:cursosfotovoltaicos@cdt.cl) quien será el responsable de acuerdo a la siguiente tabla, para evitar que se repitan los estudiantes del liceo.

Nombre Liceo	
Nombre Docente responsable del envío de la encuesta	
Día del envío de la encuesta a los estudiantes	
¿A cuántos alumnos se les ha enviado la encuesta?	

Cualquier consulta contactarse al teléfono 2 27187542 o al correo [xfinschi@gmail.com](mailto:xfinschi@gmail.com)

 Diagnóstico

Se les solicita descargar el documento, para poder medir sus conocimientos referidos al Tema Fotovoltaico.

Instrucciones:

1. Descargar el documento Word
2. Se puede completar en formato Word o imprimirlo.
3. Enviar las respuestas al correo: [cursosfotovoltaicos@cdt.cl](mailto:cursosfotovoltaicos@cdt.cl)
4. Colocar en el asunto del correo: Prueba diagnóstico\_ Comuna (Indicar comuna del establecimiento)
5. Los resultados serán comunicados vía mail.



PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

MÓDULO INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

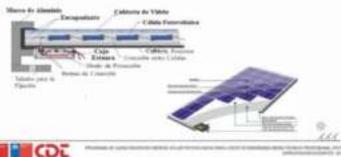
NOMBRE COMPLETO : \_\_\_\_\_  
RUT : \_\_\_\_\_  
INSTITUCIÓN / EMPRESA : \_\_\_\_\_  
PROFESIÓN / OFICIO : \_\_\_\_\_  
CORREO : \_\_\_\_\_  
GÉNERO (MARCAR CON X) : HOMBRE  MUJER

### 3.3. MATERIAL DE LA ACCIÓN FORMATIVA

#### 3.3.1. PRESENTACIONES EN POWER POINT

Este apartado presenta a manera de ejemplo los materiales que se utilizarán en la acción formativa de la línea de formación. Para acceder a los cursos de capacitación en línea, el participante puede acceder en su navegador a los enlaces:

- [Curso 1](#) Introducción energía solar fotovoltaica.
- [Curso 2](#) Configuración y dimensionamiento de SFV.
- [Curso 3](#) Operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.
- [Curso 4](#) Planimetría y estructura de montaje.

<p><b>Curso 1 Online</b></p> <p><b>Introducción energía solar fotovoltaica</b></p> <p>Antecedentes Técnicos: el Efecto Fotoeléctrico, Tipos de Celdas, Términos importantes</p> <p>COMPOSICIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO</p>  <p><b>Curso 2 Online</b></p> <p><b>Configuraciones y dimensionamiento</b></p> <p>Se abordan temas como: Definición y características de los sistemas Fotovoltaicos, Aplicaciones y usos de los SFV, Tipos de conexión a la red, Definición y dimensionado de SFV</p> <p>PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA CONEXIÓN A RED</p>  <p><b>Curso 3 Online</b></p> <p><b>Operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos</b></p> <p>Se abarcan temas como: Normativa aplicable, operación, mantenimiento preventivo y correctivo</p> <p>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</p> <p>Antecedentes Técnicos: Normativa aplicable, operación, mantenimiento preventivo y correctivo</p> <p><b>Curso 4 Online</b></p> <p><b>Planimetría y estructura de montaje</b></p> <p>Entrega el lineamiento para llevar a cabo la correcta elaboración de la planimetría de un sistema Fotovoltaico residencial. Se analizan las estructuras de soporte de los paneles Fotovoltaicos.</p> <p>Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV</p> 	

#### 3.3.2. GUÍA DE APOYO DOCENTE Y ESTUDIANTE

Este material de apoyo para el docente y la guía de apoyo al estudiante, se genera como soporte de trabajo para el docente y el estudiante de la línea de formación. Este material de apoyo para el docente y el estudiante, se genera como soporte de trabajo para el docente y el estudiante de la línea de formación. Este material de apoyo para el docente y el estudiante, se genera como soporte de trabajo para el docente y el estudiante de la línea de formación.

Este material es un producto del convenio de cooperación técnica suscrito entre el Gobierno de la República Dominicana y el Gobierno de Alemania, en el marco del programa de cooperación técnica en el área de energía renovable, específicamente en el área de energía solar fotovoltaica.

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICO  
PROFESIONAL

SERIE 1. ORIENTACIONES PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA  
FOTOVOLTAICO



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICO  
PROFESIONAL

SERIE 1. ORIENTACIONES PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA  
FOTOVOLTAICO

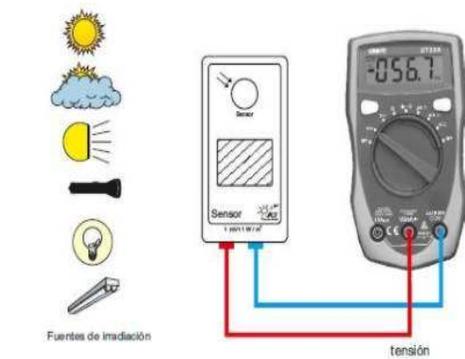


### 3.3.3. MATERIAL ACTIVIDADES PRÁCTICAS

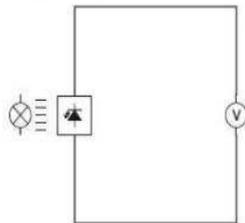
Según se muestra en el siguiente cuadro, se detallan los materiales que se necesitan para poder realizar la actividad. Así mismo, se detallan los materiales de laboratorio que se necesitan para la realización de la actividad. El objetivo es que el alumno pueda aplicar los conocimientos adquiridos en el curso a la práctica, así como que pueda aplicar los conocimientos adquiridos en el curso a la práctica. Es importante que el alumno pueda aplicar los conocimientos adquiridos en el curso a la práctica, así como que pueda aplicar los conocimientos adquiridos en el curso a la práctica.

#### Actividades prácticas de fundamentos

El Medidor de Voltaje se conecta en paralelo con el circuito de carga para medir la tensión.

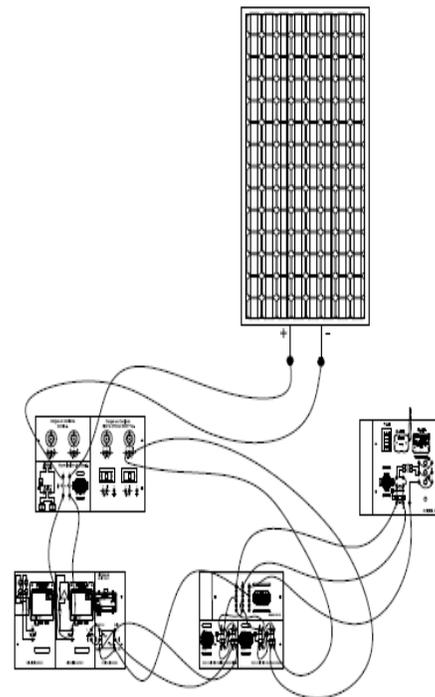


Esquema de conexiones



#### Plantilla actividades Banco de baterías ambiente

El Circuito de carga de una batería de Ni.



### 3.3.4. PRUEBAS DE COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

Se debe tener en cuenta la fecha de entrega de los documentos adjuntos por parte de los docentes en los cursos, que se entregará a la función de los/as/asistentes de sala de un sector de la unidad. Esto, con el fin de ser afianzados en el aprendizaje de la materia.

Se presentará en forma de archivo y en un archivo adjunto a cada una de las unidades.

#### Prueba Final de cursos online

Se les solicita descargar el documento, para poder medir sus conocimientos referidos a los 4 cursos Online que han ido descargando.

Es una breve prueba, que no tiene calificación. Enviar hasta el 04 de Julio.

A continuación las instrucciones de envío:

1. Descargar el documento Word
2. Se puede completar en formato Word o imprimirlo.
3. Enviar las respuestas al correo: [cursosfotovoltaicos@cdt.cl](mailto:cursosfotovoltaicos@cdt.cl)
4. Colocar en el asunto del correo: **pruebafinal\_Comuna** (Indicar comuna del establecimiento)



MÓDULO INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS  
Prueba final

NOMBRE: \_\_\_\_\_  
INSTITUCIÓN: \_\_\_\_\_

De la misma manera se debe tener en cuenta la fecha de entrega de cada una de las unidades de la capacitación en base del aprendizaje de los docentes en los cursos. Esto se presentará en forma de archivo adjunto a cada una de las unidades.

### Planificación de aula



#### Planificación

**"PLANIFICACIÓN DE EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN ENERGÍA S.F. Educación Media TP"**

**Documento referido al formato de planificación con el ejemplos pertinente que expuso Marco Rojas.**

Se tomará como referencia, para la entrega de planificación de aula agendada con un plazo máximo para el viernes 27 de Julio.

Se debe enviar al correo: [cursosfotovoltaicos@cdt.cl](mailto:cursosfotovoltaicos@cdt.cl)

Nombre del archivo: SUNOMBRE\_COMUNA

Dudas al correo [xfinschi@cdt.cl](mailto:xfinschi@cdt.cl)

El objetivo de esta encuesta es medir la satisfacción de los docentes con el curso, el contenido, la metodología y la calidad de los servicios de capacitación brindados por el CCHC.

Los docentes participantes en el curso podrán evaluar al Relator, el contenido, la metodología y la calidad de los servicios de capacitación brindados por el CCHC en un formato de encuesta.

## Encuesta de satisfacción

“Capacitación para los docentes de los Liceos sobre la implementación del plan de educativo de Energía Solar Fotovoltaica”,



Nombre: CURSO DOCENTES “GRUPO 2”

Fecha: \_\_\_\_\_

Agradeciendo su participación en el curso “capacitación para los docentes de los Liceos sobre la implementación del plan de educativo de Energía Solar Fotovoltaica”, solicitamos a usted, por favor responder la siguiente encuesta, la cual tiene como único objetivo mejorar nuestros servicios.

### Instrucciones:

Marque con una X del 1 al 5 las siguientes aseveraciones relacionadas a evaluar al Relator, Contenido, Organización y Logística.

### I) RELATOR

#### 1.- Presentó los temas de forma clara y entendible

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo
-------------------	---------------	--------------------------------	------------	----------------

## 4. MATERIAL COMPLEMENTARIO

### 4.1. GUÍA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA EL AUTOCONSUMO

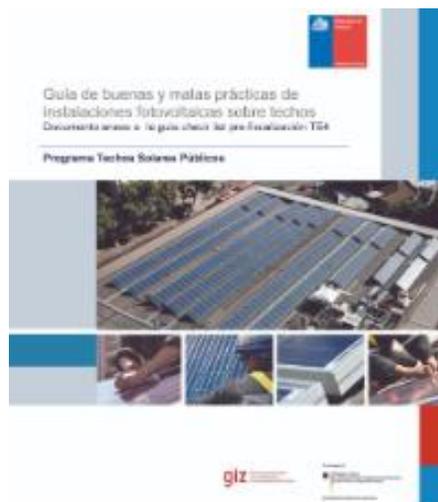


El objetivo de esta guía es proporcionar información sobre cómo instalar un sistema fotovoltaico para poder beneficiarse de esta tecnología y permitir soluciones personalizadas para el sistema de autoconsumo.

Disponible

<http://www.energialiberalizacion.cl/wp-content/uploads/2017/05/Sistemas-Fotovoltaicos-Autoconsumo.pdf>

#### 4.7. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS Y MALAS PRÁCTICAS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS SOBRE TECHOS

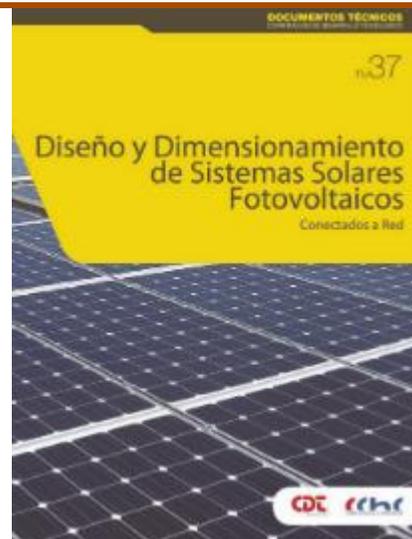


Este documento es un buen patrón de instalaciones fotovoltaicas sobre techos. Documento técnico guía del Programa Instalación TGA Programa Techos Solares Patrones. El diseño de esta guía y sus contenidos de las sesiones fotovoltaicas se realizó en el año 2016 y 2017 en el marco del proyecto de inversión del BID 2015-0010, financiado por el BID y el Ministerio de Energía y Minas del Perú. La guía está basada en los experimentos realizados en un laboratorio fotovoltaico en el Perú, en un laboratorio de energía solar en Alemania, y en el laboratorio de energía solar en España. El documento es un complemento de la guía técnica de los mejores prácticas y malas prácticas de instalaciones fotovoltaicas sobre techos, y que se han utilizado en el Perú.

Diseño:

<http://www.energiasolarespatrones.com.pe/informacion/047355Guia-de-buenas-y-malas-practicas-de-instalaciones-sobre-techos.pdf>

#### 4.3. DOCUMENTO TÉCNICO N°37. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



Este es un buen patrón de diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Este documento es un complemento de la guía técnica de los mejores prácticas y malas prácticas de instalaciones fotovoltaicas sobre techos, y que se han utilizado en el Perú.

Diseño:

<http://www.energiasolarespatrones.com.pe/informacion/047355Guia-de-buenas-y-malas-practicas-de-instalaciones-sobre-techos.pdf>

#### 4.4. GUÍA DE EVALUACIÓN INICIAL DE EDIFICIOS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas fotovoltaicos  
PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS

Este documento describe los requisitos mínimos de servicio que poseen los edificios que se evalúan. Los datos de sus habitantes y sus características de uso y ocupación son clave para definir el tamaño de los paneles solares que se instalarán y el número de paneles necesarios para que representen el uso del inmueble.

Descarga:  
<http://www.energiadelosvecinos.org>  
<https://s3.amazonaws.com/energia-del-vecino/2018/02/01/20180201-01-guia-evaluacion-inicial-edificios.pdf>

#### 4.5. GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos  
PROGRAMA TECHOS SOLARES PÚBLICOS

El objetivo de esta guía es ayudar al lector a mantener adecuadamente los sistemas fotovoltaicos de los edificios que se ocupan.

Fecha de actualización: 2018, por último en la versión 1.0 de febrero de 2018.

El objetivo de esta guía es proporcionar información y datos sobre el mantenimiento de los sistemas.

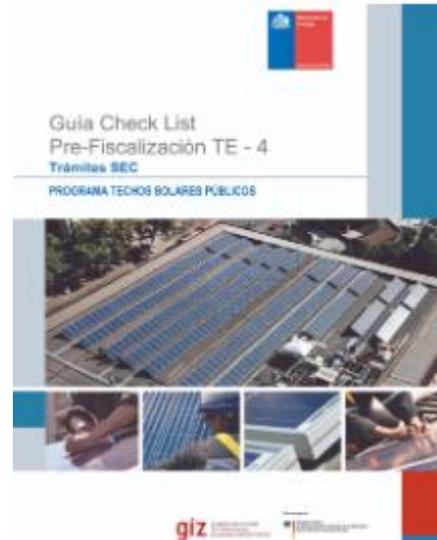
Desde la puesta en marcha es posible detectar cualquier anomalía de la planta fotovoltaica, como la aparición de sombras, de manera de evitar cualquier otro fallo.

De la misma y según el tipo de seguidores, para evitar la corrosión de la estructura.

Finalmente, se detallan los procedimientos y ejemplos de mantenimiento de los paneles fotovoltaicos para el personal de mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

Descarga:  
<http://www.energiadelosvecinos.org>  
<https://s3.amazonaws.com/energia-del-vecino/2018/02/01/20180201-02-guia-operacion-y-mantenimiento-sistemas-fotovoltaicos.pdf>

#### 4.6. GUÍA CHECK LIST PRE- FISCALIZACIÓN TE - 4



El presente es un instrumento auxiliar de trabajo que tiene como objetivo orientar a los inspectores de la Dirección de Fiscalización en materia de Energía y Comunicaciones (SEC) para la preparación de un informe de cumplimiento Check List para el trámite de pre-fiscalización de los proyectos de generación de energía eléctrica de hasta 30 MW.

Disponible:

<http://www.energiaycomunicaciones.gub.ve>  
[www.sectelink.ve/361334/Guia-Check-list-Pre-fiscalizacion-TE-4.pdf](http://www.sectelink.ve/361334/Guia-Check-list-Pre-fiscalizacion-TE-4.pdf)

## 5. ANEXOS

## 5.1. MANUAL USUARIO DE LA PLATAFORMA MOODLE



MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

- ¿CÓMO INGRESAR A LA PLATAFORMA VIRTUAL?

1.- Ingresar a la página web

a. Copiar y pegar en el navegador: <https://cursosfotovoltaicos.moodlecloud.com/login/index.php>

MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• ¿CÓMO ACCEDER A  
TU CUENTA?



Acceso a tu cuenta

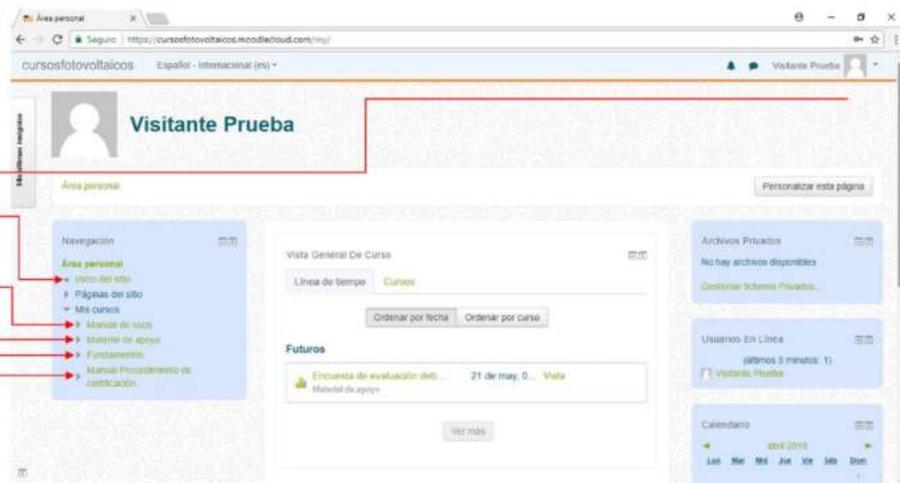
- Los datos se pueden encontrar adjuntos en el correo enviado.
- Insertar en el recuadro superior el **nombre de usuario**. (todo minúscula)
- Insertar en el recuadro inferior la **clave**. (todo minúscula)
- Hacer click en **>Acceder**



MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• CONCEPTOS BÁSICOS  
DE LA PLATAFORMA

1. Editar Perfil
2. Menú principal
  1. Inicio del sitio
  2. Acceso cursos
3. Manual de uso
4. Material de apoyo
5. Fundamentos (cursos online)
6. Documento para tramitar la certificación de



# PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN FOTVOLTAICA SOLO PARA LICENCIAS TÉCNICAS PROFESIONALES DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL

## MANUAL PARA EL USUARIO VERSIÓN COMPUTADOR

### ACTUALIZAR PERFIL

Para actualizar los datos del perfil de Docente, seguir los pasos a, b y c.

C. Se solicita **no cambiar el nombre de Usuario**, debido a que el nombre hace referencia al Lugar del establecimiento y nos permite hacer seguimientos de los accesos.

**b.** Hacer click en la opción >Editar Perfil

**a.** Al ingresar a la plataforma, en el lado derecho del navegador hacer click en el bloque del usuario. Se va a desplegar un menú, seleccionar la opción >Perfil

**c.** Mantener el nombre de Usuario. En el espacio de Apellido, colocar: **Nombre y Apellido**

## MANUAL PARA EL USUARIO VERSIÓN COMPUTADOR

### CALENDARIO

El calendario permite conocer fechas de las capacitaciones, además indica las fechas de cuándo se van a subir documentos y recordatorios de fechas de entregas.

**a.** Para poder visualizar las fechas de las actividades, seleccionar en el lado izquierdo del navegador la opción >páginas del sitio hacer click en >calendario.

**b.** En ésta opción puede ver las actividades mensuales relacionadas material de lectura como apoyo a los cursos con horas online.

*Ej. Para el 30 de Abril, se reconoce como fecha límite para la entrega de la Ficha de implementación del laboratorio y capacitación docente.*

MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• MATERIAL DE APOYO

En relación al material virtual, se encuentran:  
1. **Cursos Online**  
2. **Material de apoyo**

Se ingresa en el menú de Navegación, opción **>Mis Cursos**  
**>Material de apoyo**  
**>Descargar documento**



MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• INFORMACIÓN SOBRE TRÁMITES PARA OBTENER LICENCIA CLASE D

En la opción del Menú de navegación, en la sección de **>cursos**, se encuentran **información de cómo tramitar la acreditación para los alumnos titulados de Técnico Nivel Medio de electricidad, obtengan la Licencia de instalador eléctrico Clase D**



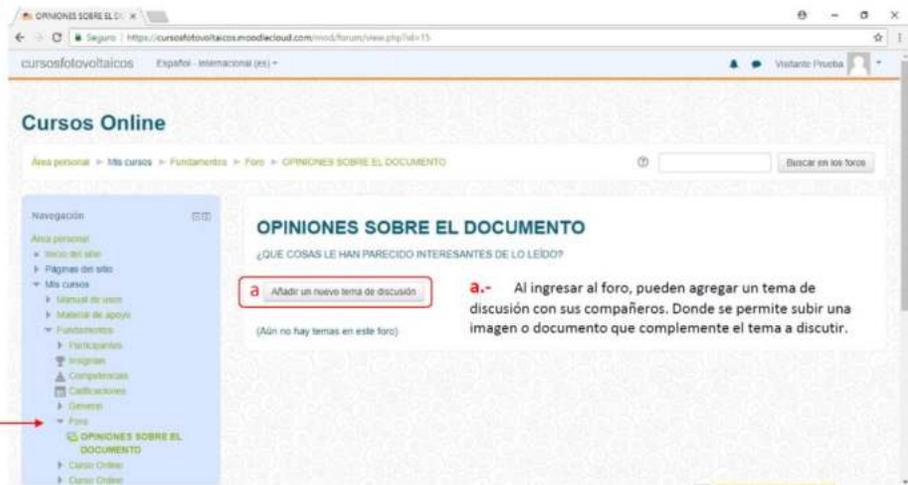
MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• FOROS

Para compartir experiencias o dudas respecto a los cursos online, se crea un espacio denominado como foro virtual

Se ingresa en el menú de Navegación, opción

- >Mis Cursos
- >Fundamentos
- >Foro



MANUAL PARA EL USUARIO  
VERSIÓN COMPUTADOR

• BLOGS



## 5.7. ENCUESTA INTERRES ESTUDIANTE

### ENCUESTA, ¿QUÉ SABES SOBRE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA?

En un aula de 20 estudiantes se preguntó sobre el conocimiento que tenían acerca de la energía solar fotovoltaica. Se les preguntó si conocían la definición de energía solar fotovoltaica, si sabían qué es un panel solar, si sabían qué es un inversor, si sabían qué es un regulador de carga, si sabían qué es un cableado, si sabían qué es un sistema de montaje, si sabían qué es un sistema de almacenamiento.

Se preguntó también por el conocimiento que tenían acerca de los tipos de energía solar fotovoltaica, si sabían qué es un sistema de almacenamiento, si sabían qué es un sistema de almacenamiento.

Nombre: \_\_\_\_\_

Sexo:  Masculino  Femenino  Otro (especificar): \_\_\_\_\_

Educación:  1º de primaria  2º de primaria  3º de primaria  4º de primaria  5º de primaria  6º de primaria  7º de primaria  8º de primaria  9º de primaria  10º de primaria  Secundaria  Bachillerato

¿Sabes qué es un panel solar fotovoltaico? ¿Cómo funciona? ¿Qué es un panel solar fotovoltaico?

Sí, sé qué es un panel solar fotovoltaico y cómo funciona.

Sí, sé qué es un panel solar fotovoltaico pero no sé cómo funciona.

No, no sé qué es un panel solar fotovoltaico.

¿Sabes qué es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica?

Sí, sé.

No.

¿Sabes qué es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica?

Sí, sé que es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica.

Sí, sé que es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica pero no sé cómo funciona.

Sí, sé que es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica.

No.

¿Sabes qué es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica?

Sí, sé que es.

No, no sé que es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica.

¿Sabes qué es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica?

Sí, sé que es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica.

No, no sé que es.

¿Sabes qué es un sistema de almacenamiento de energía solar fotovoltaica?

Sí.

No.

¿Pueden encontrar a alguien que les ayude a encontrar un trabajo si no lo encuentran?

Si no encuentran trabajo en el campo, ¿quién les ayudará?

Muchas gracias por completar la encuesta!!!

### 5.3. ENCUESTA DIAGNOSTICO DOCENTE



#### ENCUESTA DE DIAGNOSTICO

¿CÓMO SE INSTALAN LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS?

¿HAY QUE COMPLETAR?

SI/NO

¿ESTÁ EL COMPLETADO?

¿POTENCIA DE C/10?

¿CÓMO?

¿POTENCIA DE C/10? SI/NO  SI/NO

#### ¿ESTÁ COMPLETO?

- Es posible usar el sistema en un área de luz.
- Capacidad de potencia esperada.
- Resque de cables y montaje de los cables de potencia.
- Mantenimiento de los componentes de los sistemas.
- Tiempo de instalación de 5 minutos.

#### ¿Qué función cumple un sistema solar fotovoltaico?

- Transforma la energía solar en energía eléctrica.
- Convierte la fuente de energía solar en un sistema de potencia para la carga de la batería.
- Transforma la energía solar en energía eléctrica.

Resque de:

SI/NO

SI/NO I

- 

SI/NO II

¿Cuáles el nombre de la red que aplica al componente de captación de una sistema solar fotovoltaico?

- Panel Fotovoltaico
- Módulo Fotovoltaico
- Célula Fotovoltaica
- Transformador

Responde:

Si es:

•

Si es 1:

Si es 2:

Mencione los componentes principales de una instalación de energía solar.

- Panel solar y línea de energía de salida (cableado de potencia)
- Batería y controlador de carga solar
- Panel solar y línea de energía de salida (cableado) y transformador

Responde:

Si es:

Si es 1:

Si es 2:

Mencione sus ventajas.

¿A qué se hace referencia cuando se habla del ángulo azimut?

- Al ángulo que se forma con la proyección horizontal de la superficie solar y el punto cardinal que se indica
- Al ángulo que se forma con la proyección horizontal del eje solar y el eje vertical (que forma una línea cardinal)
- Al eje de inclinación del eje solar
- Al ángulo que forma el eje solar con la horizontal

Responde:

Si es:

Si es 1:

Si es 2:

Si es 3:

¿Qué tipo de módulo se ve en la imagen?

- Monocristalino
- Policristalino
- Amorfo



Responde:

Si es:

Si es I:

Si es II:

Numera la respuesta:

¿Cuál es la función del inversor?

- Transforma corriente continua en corriente alterna.
- Regula la tensión de salida de la instalación solar.
- Transforma corriente alterna en corriente continua.

Responde:

Si es:

Si es I:

Si es II:

Numera la respuesta:

## 5.4. PRESENTACIÓN DEL CURSO

# 1. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Antecedentes Técnicos: el Efecto Fotoeléctrico, Tipos de Celdas,  
Términos importantes



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



111

## Historia y Origen

- 1838 Descubrimiento del efecto fotovoltaico en el Selenio por el físico francés Henri Becquerel
- 1877 Primera celda FV de Selenio: William Grylls Adams y Richard Evans
- 1905 Albert Einstein entrega una explicación teórica del efecto fotoeléctrico
- 1954 Laboratorios Bell: descubrimiento accidental del efecto del dopado en semiconductores de Silicio. Se inicia la era moderna de la tecnología.
- 1954 – 1960 Aplicaciones en satélites: silicio monocristalino
- 1973 Aplicaciones comerciales. Gran desarrollo tecnológico. Nuevos materiales
- 2016 Potencia instalada mayor a 340 GW



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## El Efecto Fotoeléctrico



**Efecto Fotovoltaico:** generación directa de un voltaje eléctrico en la celda mediante la absorción de radiación solar

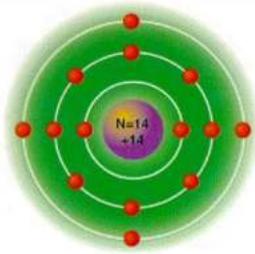


**Silicio:** en la actualidad, es el material semiconductor más utilizado para la fabricación de celdas fotovoltaicas



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

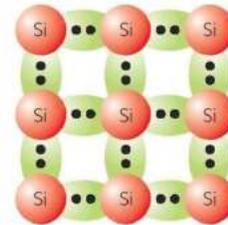
## El Atomo de Silicio y Enlaces Covalentes



El enlace covalente es la unión entre átomos al compartir electrones adyacentes creando un equilibrio de fuerzas que mantiene unidos a los átomos.

Los átomos comparten uno o más electrones en un nuevo orbital.

Se unen a través de sus electrones en el último orbital



## Silicio semiconductor

Activación térmica:

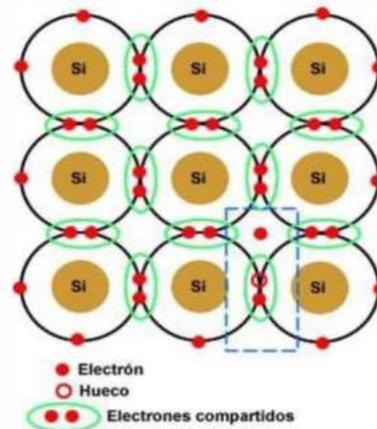
$T = 0 \text{ K}$ : conductividad eléctrica = 0

$T > 0 \text{ K}$ : conductividad eléctrica  $> 0$

ó:

Activación óptica:

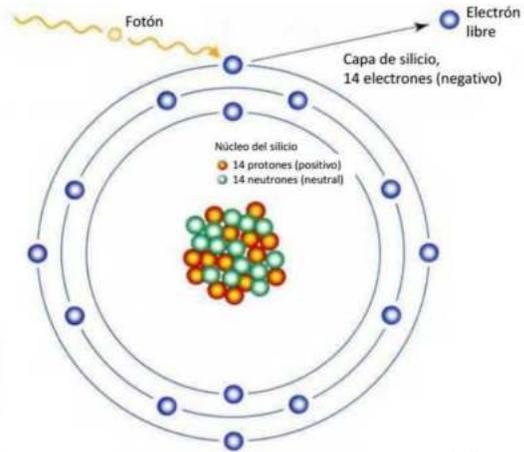
Conductividad eléctrica  $> 0$ , electrones libres



## El Efecto Fotoeléctrico

1. Un fotón de luz “golpea” un electrón de la capa exterior
2. El electrón al aumentar su energía, escapa de su órbita
3. Este fenómeno no es suficiente, se debe provocar un campo eléctrico, generando un exceso y una falta artificial de electrones por medio de átomos extraños al Silicio (dopaje) P (Fósforo) y B (Boro)

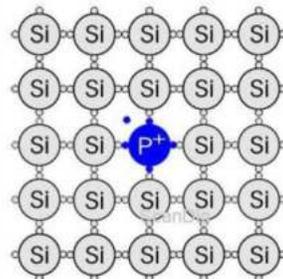
Quando la luz solar incide en la celda se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica



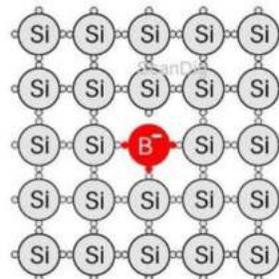
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Dopado del Silicio

### Dopado con Fósforo



05 valencias  
Se aumenta la cantidad de portadores de carga negativa (electrones).  
Silicio tipo n



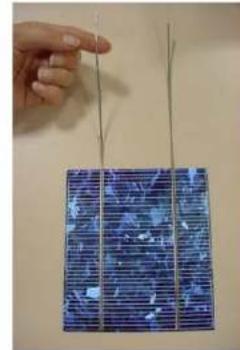
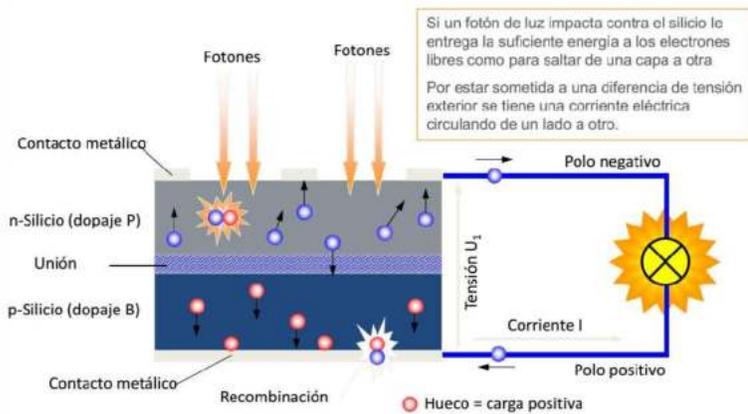
### Dopado con Boro

03 valencias  
Se aumenta la cantidad de portadores de carga positiva (huecos).  
Silicio tipo p



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

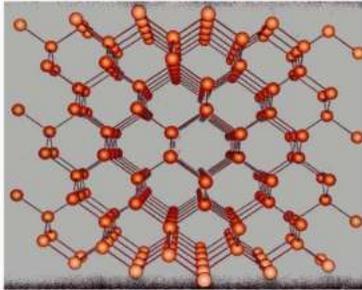
## Celdas Fotovoltaicas: configuración y funcionamiento



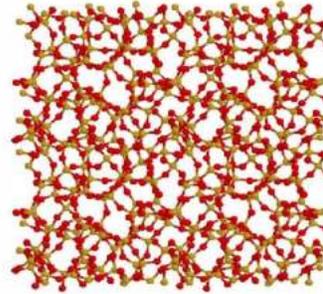
## Transformación de la Energía Solar



## Tecnologías de Celdas Fotovoltaicas



Estructura Cristalina

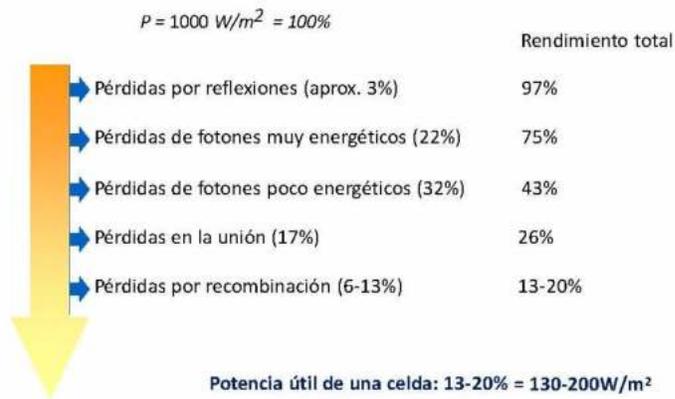


Estructura Amorfa



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Rendimiento de una Celda Fotovoltaica Cristalina



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Tipos de Celdas Fotovoltaicas de Silicio



### Celda Silicio Monocristalino:

Un solo cristal

Eficiencia del 20 – 21% (Sunpower)

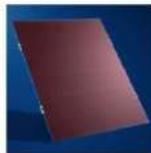
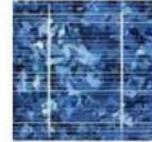
Proceso de fabricación más largo y caro

### Celda Silicio Policristalino:

Varios cristales (fracciones)

Eficiencia hasta 17% (Yingli)

Más utilizada



### Celda Capa Fina:

Depósito de una capa fina de silicio sobre vidrio

Eficiencia del 6 -10% (First Solar)

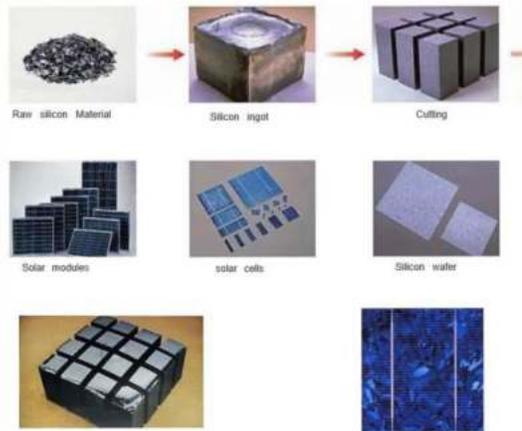
Diversas tecnologías y aleaciones: CdTe, CIS, CIGS, etc.



## Proceso de Fabricación de Celdas Monocristalinas

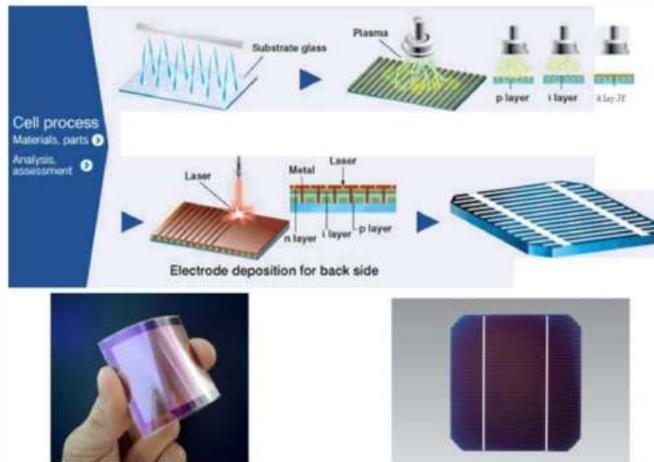


## Proceso de Fabricación de Celdas Policristalinas



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Proceso de Fabricación de Celdas de Capa Fina



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Tipos de Celdas según el material



## Principales características de las celdas y módulos fotovoltaicos

- Generan corriente al **exponerse a la luz**.
- No se pueden **apagar o encender**.
- No tienen piezas móviles.
- **No generan** emisiones o ruidos.
- Funcionan a toda escala.



## Condiciones Estándar de Prueba (STC)

### Standar Test Conditions (STC)

Condiciones de pruebas estandarizadas para poder comprar celdas y módulos

- ✓ Irradiancia  
**1000 W/m<sup>2</sup>**
- ✓ Temperatura de la Celda  
**25°C**
- ✓ Índice de Masa Aérea (AM)  
**1,5**

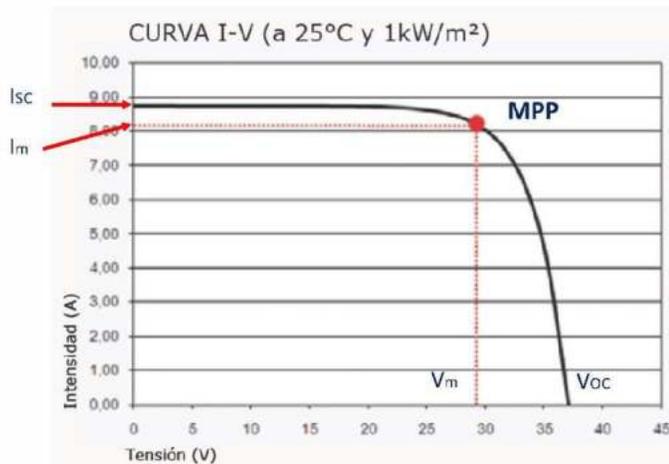
La eficiencia de la celda está influida por la temperatura

- ✓ **80°C** en verano
- ✓ La potencia baja con el aumento de la temperatura



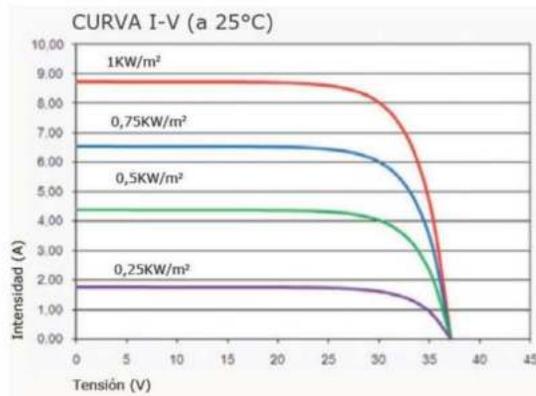
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## Curva característica de una Celda Fotovoltaica (STC)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

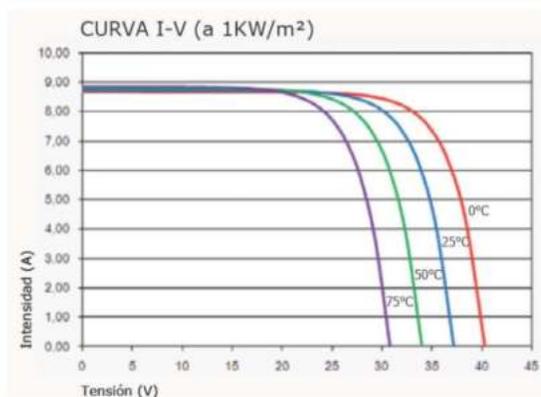
### Curva característica de una Celda Fotovoltaica bajo diferentes condiciones de Irradiancia



- La celda se comporta como una fuente de corriente en función de la radiación
- Si la radiación aumenta, la corriente aumenta y la tensión se mantiene constante
- Por lo tanto, la potencia aumenta



### Curva característica de una Celda Fotovoltaica bajo diferentes condiciones de Temperatura



- El aumento de temperatura disminuye la tensión
- Si la temperatura aumenta, la tensión disminuye y la corriente se mantiene constante
- Por lo tanto, la potencia disminuye



## Términos importantes

- Irradiancia [ $W/m^2$ ]
- Radiación global horizontal [ $kWh/m^2a$ ]
- Masa Aérea, AM
- STC: Condiciones de ensayo estándar
- Potencia [ $Wp$ ]
- Tensión de circuito abierto, UOC [V]
- Corriente de corto circuito, ISC [A]
- Punto de máxima potencia, MPP
- Tensión UMPP y corriente IMPP
- Coeficientes de Temperatura
- NOCT: temperatura normal de operación de la celda
- Intensidad (potencia) de la radiación solar sobre una superficie.
- Energía solar que en promedio llega a  $1 m^2$  durante un año
- La masa de aire que atraviesa la luz para llegar a la tierra y que influye en el espectro de la radiación.
- $1000W/m^2$ ,  $25^\circ C$ , AM 1,5
- Potencia del módulo FV bajo condiciones STC
- Tensión del módulo sin conexión de consumidores
- Corriente del módulo cortocircuitado
- Punto de trabajo en el cual el producto de tensión y corriente es la máxima potencia que puede generar el módulo en las condiciones dadas.
- Los valores eléctricos en el punto de máxima potencia
- Indican como se comportan los valores eléctricos a diferentes niveles de temperatura
- $800W/m^2$ ,  $20^\circ C$ , velocidad de viento  $1m/s$



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## 2. EL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Antecedentes Técnicos: Componentes, Parámetros Eléctricos y Térmicos, Configuraciones



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## APLICACIONES FOTOVOLTAICAS



Conexión On Grid



Bombeo



Sistemas Aislados



## MÓDULO FOTOVOLTAICO

- Produce electricidad de corriente continua.
- Es una fuente de corriente.
- La potencia eléctrica depende de la radiación solar.
- La cantidad de energía eléctrica disponible es limitada.
- Potencia peak.



## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

### Entrada

- Irradiancia,  $S$ , (W/m<sup>2</sup>)
- Radiación global,  $G_d$ , (kWh/m<sup>2</sup> día)
- Temperatura Ambiental,  $T_{amb}$ , (°C)

- Potencia Peak ( $P_p$ )
- Temperatura de la Celda



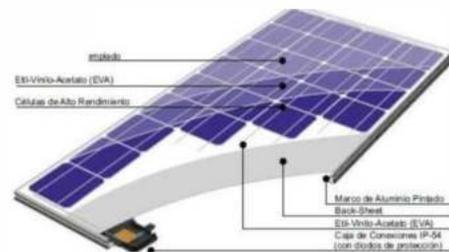
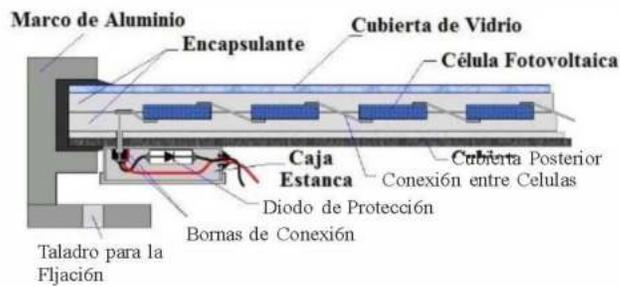
### Salida

- Voltaje,  $V$ , (V)
- Corriente,  $I$ , (A)
- Potencia eléctrica,  $P_{el}$ , (W)
- Energía eléctrica,  $E_{el}$ , (Wh)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## COMPOSICIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## COMPOSICIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

### CUBIERTA SUPERIOR:

- Protege de agentes atmosféricos.
- Vidrio templado (excelente transmisión a la radiación solar)..
- Liso para no retener suciedad.

### PROTECCIÓN POSTERIOR

- Protege de agentes atmosféricos
- Materiales acrílicos (TEDLAR o EVA), color blanco ↑ el rendimiento;

### CAPAS ENCAPSULANTES

- Protege las células frente vibraciones, agua...
- Adhesivo entre las diferentes cubiertas
- EVA o etileno-vinilo-acetato (excelente aislante, nula degradación frente las radiaciones ultravioletas)



## COMPOSICIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

### MARCO DE SOPORTE:

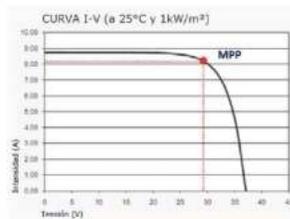
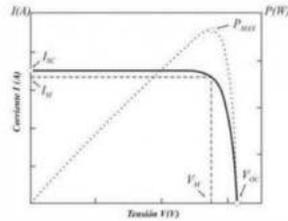
- Robustez mecánica y posibilidad de ubicarlos en estructuras
- Aluminio anodizado
- Provisto con los agujeros (evitar taladrar) y toma a tierra

### CONTACTOS ELÉCTRICOS:

- Una o dos cajas de conexión IP65 con los diodos by-pass
- Salida de conectores + y – con clavijas de conexionado rápido en serie



## RELACIÓN CORRIENTE – VOLTAJE DE LA CELDA FOTOVOLTAICA



- Voc: Voltaje Circuito Abierto
- Isc: Corriente de Cortocircuito
- Im: Corriente de máxima potencia
- Vm: Voltaje de máxima potencia
- Pmax: Potencia máxima o peak
- MPP: Punto de máxima potencia

### Standard Test Conditions

- Irradiancia: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura: 25°C
- Índice de Masa Aérea (AM): 1.5



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## MÓDULO FOTOVOLTAICO: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

### INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO (Isc):

- Se produce cuando no existe tensión
- Se mide directamente con un amperímetro conectado a la salida de los bornes del módulo
- Corrientes entre 3 y 8 A para 1000 W/m<sup>2</sup>

### TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (Voc):

- Se produce cuando no existe carga conectada
- Se mide directamente con un voltímetro conectado a la salida de los bornes del módulo
- Valor de tensión máxima: 20-30% superior a la tensión peak.

### POTENCIA PEAK o MÁXIMA (Pmax):

El máximo que puede suministrar el módulo en condiciones estándar de medida:

Irradiancia: 1000 W/m<sup>2</sup>  
Distribución espectral: AM 1,5 G  
Temperatura de la célula: 25°C

Unidad de medida: Wp (Watt peak)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

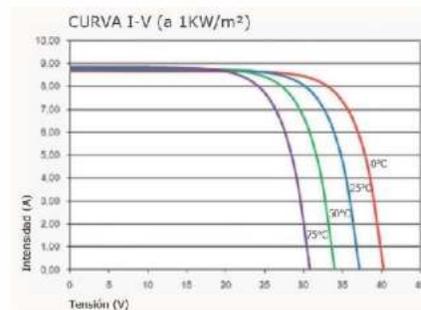
## INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA CELDA FOTOVOLTAICA

El aumento de temperatura disminuye la tensión

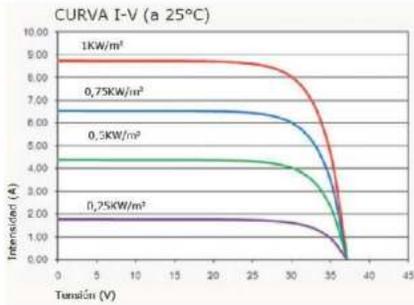
Si Temp  $\rightarrow$  Tensión  $\downarrow$  , Intensidad Cte. , Potencia  $\downarrow$

Los fabricantes entregan coeficientes de temperatura para voltaje, corriente y potencia:

- Voltaje: CT = - 0.35 % / K
- Corriente: CT = 0.03 % / K
- Potencia: CT = - 0.50 % / K



## INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN SOBRE LA CELDA FV



La celda se comporta como una fuente de corriente en funciDn de la radiaciDn



Si ↑ RadiaciDn, entonces: IntensiDn ↑, TensiDn constante, Potencia ↑

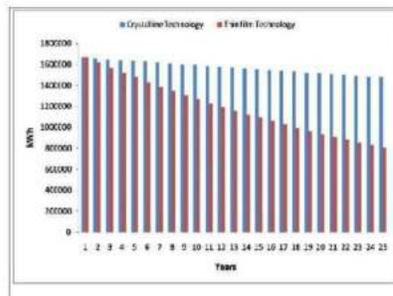


PROGRAMA DE CAPACITACI3N EN ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEANZA MEDIA T3CNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACI3N DOCENTES / 2018

## VIDA 3TIL Y DEGRADACI3N

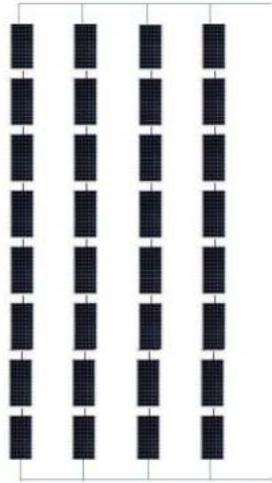
### Silicio Cristalino

- 25 aDos: 80% de la potencia peak inicial (fabricante)
- Promedio: -0.9% / aDio
- Experiencias en terreno (NREL, TUV, ISE):  
-0.3% / aDio  
-0.9% / aDio



PROGRAMA DE CAPACITACI3N EN ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEANZA MEDIA T3CNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACI3N DOCENTES / 2018

## RELACIÓN RADIACIÓN SOLAR Y POTENCIA ELÉCTRICA: DATOS REALES

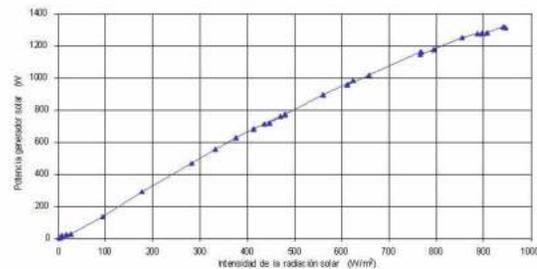


Soga – Pampa del Tamarugal

Ppeak = 1760 W

32 paneles 8s x 4p, 55 Wp

PeI.max = 1380 W



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
 CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## EL MÓDULO FOTOVOLTAICO: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

### • INTENSIDAD y TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA:

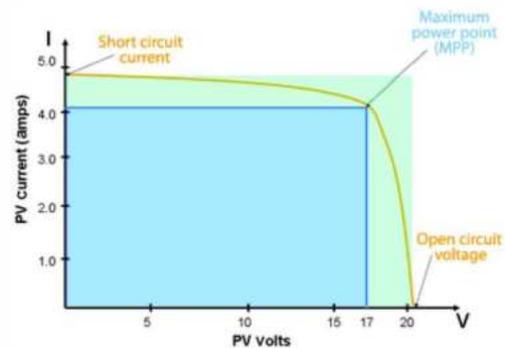
$$P = V_{mp} \times I_{mp}$$

### • FACTOR DE FORMA (FF):

- Se define mediante la expresión:

$$FF = (I_m \times V_m) / (I_{sc} \times V_{oc})$$

- $FF < 1$
- Un módulo es mayor cuando el FF es cercano a 1



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
 CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## EL MÓDULO FOTOVOLTAICO: COEFICIENTES DE TEMPERATURA

**Tk(V): coeficiente de disminución de la tensión respecto a la variación de temperatura**

En %/°C respecto a una tensión de referencia  
 En V/°C  
 $V(T^{\circ}C) = V(STC) + Tk(V) \times DT$   
 $(DT = T^{\circ}C - 25^{\circ}C)$

**A temperaturas bajas de célula (-10°C):**

$DT = -10^{\circ}C - 25^{\circ}C = -35^{\circ}C$   
 $Voc(-10^{\circ}C) = Voc(STC) + Tk(V) \times DT$   
 $Tk(V) \times DT = -0,33\%/^{\circ}C \times (-35^{\circ}C) = +11,6\%$   
 $Tk(V) = 45,2V \times -0,33\%/^{\circ}C = -0,15 V/^{\circ}C$   
 $Tk(V) \times DT = -0,15 V/^{\circ}C \times (-35^{\circ}C) = +5,2 V$

**A temperaturas altas de célula (70°C):**

$DT = 70^{\circ}C - 25^{\circ}C = 50^{\circ}C$   
 $Tk(V) \times DT = -0,33\%/^{\circ}C \times (+50^{\circ}C) = -16,5\%$



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV) CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## FABRICANTES: EJEMPLOS FICHAS TÉCNICAS

Panel FV Monocristalino



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV) CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## FABRICANTES: EJEMPLOS FICHAS TÉCNICAS

**KYOCERA**  
**KU-60 1000V Series**  
 MONOCRYSTALLINE SILICON SOLAR PANELS

**ULTIMATE EDGE TECHNOLOGY**  
 As a pioneer with four decades of experience in the development of photovoltaic systems, Kyocera chose the market as a leading provider of PV products. Our innovation has been primarily in commitment to continuous improvement, by setting the industry standard in the innovation of technologically advanced energy equipment.

**QUALITY BUILT IN**  
 Unrivaled, advanced aluminum frame is built supported by major mounting structure manufacturers. Quality controlled assembly points on all four corners for best connection.

**PROVEN RELIABILITY**  
 Proven module certified by the United Kingdom Renewable Energy Centre to meet the highest energy output of any crystalline module.

**CERTIFICATIONS**  
 CE TUV SUD and complies to the Safety Class CEE  
 IEC 61215 (Ed. 2) and IEC 61730 (Ed. 2) and IEC 61731 (Ed. 2)  
 IEC 61731 (Ed. 2) and IEC 61730 (Ed. 2) and IEC 61731 (Ed. 2)

**FIRST SOLAR SERIES 4TH PV MODULE**

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS**

Parameter	Value	Unit
$P_{max}$	300	W
$V_{oc}$	40.4	V
$V_{mp}$	31.9	V
$I_{sc}$	8.40	A
$I_{mp}$	8.15	A
$P_{max}$	1024	W

**MODULE CHARACTERISTICS**

Parameter	Value
Module Efficiency	18.1%
Module Weight	18.5 kg
Module Dimensions	1650 x 992 x 35 mm

**PACKAGING SPECIFICATIONS**

Parameter	Value
Number of Modules	36
Weight of Package	666 kg
Dimensions of Package	1650 x 992 x 35 mm

Panel FV Policristalino



## FABRICANTES: EJEMPLOS FICHAS TÉCNICAS

**First Solar Series 4th PV Module**  
 ADVANCED THIN FILM SOLAR TECHNOLOGY

**HIGHER BENCHMARK SOLAR MODULES**  
 As a global leader in PV energy, First Solar's advanced thin film solar modules have set the industry benchmark with over 20 years of proven performance, and a proven performance advantage over conventional crystalline silicon solar modules. Standing as the 10th most energy-efficient technology with the lowest power rating, First Solar's Series 4th PV Module solar modules are available and suitable for your installation.

**PROVEN ENERGY YIELD ADVANTAGE**  
 On a 100 kW array, thin film modules consistently obtain more electricity than the same power of crystalline silicon modules.

**ADVANCED PERFORMANCE & RELIABILITY**  
 • Superior energy conversion efficiency (20%+) compared to other thin film technologies  
 • Superior performance in high-temperature environments  
 • High production yields and low manufacturing costs  
 • High production yields and low manufacturing costs  
 • Superior performance in high-temperature, high humidity, and high humidity environments  
 • Superior performance in high-temperature, high humidity, and high humidity environments

**CERTIFICATIONS & TESTS**  
 • IEC 61215 (Ed. 2) and IEC 61730 (Ed. 2) and IEC 61731 (Ed. 2)  
 • IEC 61215 (Ed. 2) and IEC 61730 (Ed. 2) and IEC 61731 (Ed. 2)  
 • IEC 61215 (Ed. 2) and IEC 61730 (Ed. 2) and IEC 61731 (Ed. 2)

**FIRST SOLAR SERIES 4TH PV MODULE**

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS**

Parameter	Value	Unit
$P_{max}$	300	W
$V_{oc}$	40.4	V
$V_{mp}$	31.9	V
$I_{sc}$	8.40	A
$I_{mp}$	8.15	A
$P_{max}$	1024	W

**MECHANICAL DIMENSIONS**

**SUPERIOR TEMPERATURE COEFFICIENT**

**END-OF-LIFE RECYCLING**  
 Recycling services available through First Solar's industry-leading recycling program in accordance with local laws.

Panel FV Capa Fina



## EL MÓDULO FOTOVOLTAICO: NÚMERO DE CELDAS



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS

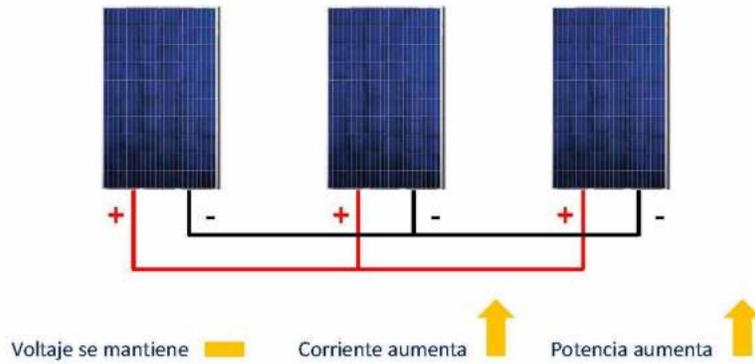


PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



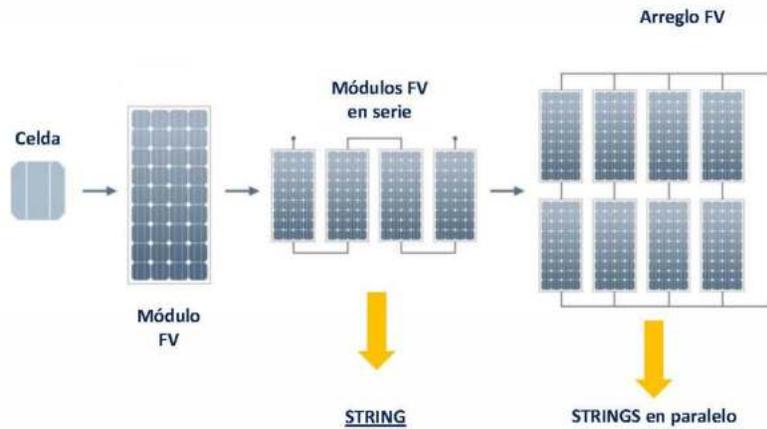
## CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS

Conexión Paralelo

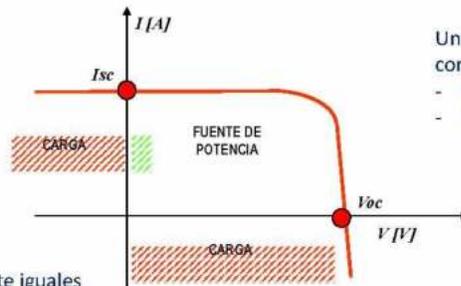


## CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS

Conexión en serie - paralelo



## DIODOS DE BY – PASS Y DE BLOQUEO



Una celda FV puede comportarse como:

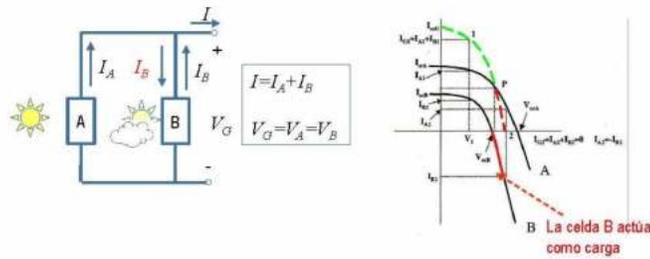
- Fuente de potencia
- Carga: "hot-spot"

- No todas las celdas son exactamente iguales
- Utilización de cámaras térmicas
- Problema creciente en las plantas
- Disminución de la producción eléctrica



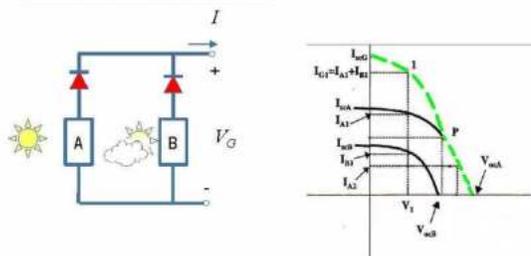
## DIODOS DE BY – PASS Y DE BLOQUEO

Conexión en paralelo de dos celdas



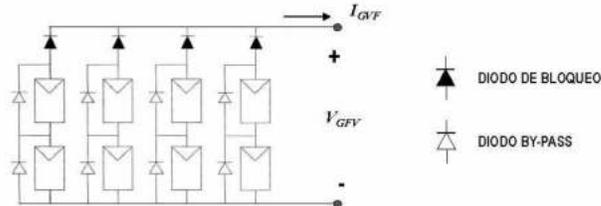
## DIODOS DE BY – PASS Y DE BLOQUEO

Solución: diodo de bloqueo



## DIODOS DE BY – PASS Y DE BLOQUEO

Topología estándar de un Generador Fotovoltaico



- **Diodos de By - Pass:**
  - Se utilizan para dejar fuera a módulos defectuosos dentro del arreglo fotovoltaico
- **Diodos de Bloqueo:**
  - Se utilizan para dejar fuera strings defectuosos dentro del arreglo fotovoltaico.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR

Dispositivo capaz de convertir la corriente continua del sistema fotovoltaico en corriente alterna con tensión y frecuencia idénticas a la red.

- TIPOS DE INVERSORES:
  - Inversores Aislados: son utilizados en sistemas aislados, sin conexión a la red, donde el inversor toma energía desde un banco de baterías, el cual es cargado por un generador fotovoltaico. Normalmente, estos dispositivos no interactúan con la red, por lo que no deben estar protegidos con un sistema anti isla.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR

Dispositivo capaz de convertir la corriente continua del sistema fotovoltaico en corriente alterna con tensión y frecuencia idénticas a la red.

• TIPOS DE INVERSORES:

- Inversores de Red: son equipos que se sincronizan, en tensión y frecuencia, con la red eléctrica de distribución. Estos inversores están diseñados para desconectarse automáticamente frente a la pérdida de la red pública. Tampoco están diseñados para actuar como respaldo energético frente a apagones.



## INVERSOR

Dispositivo capaz de convertir la corriente continua del sistema fotovoltaico en corriente alterna con tensión y frecuencia idénticas a la red.

• TIPOS DE INVERSORES:

– Inversores Híbridos:

- Son un tipo especial de inversores diseñados para tomar energía desde un banco de baterías, manejar la carga del banco a través de un cargador incorporado e inyectar el excedente de energía a la red. Estos equipos son capaces de subministrar energía AC durante un apagón eléctrico y deben contar con la protección anti isla.



## INVERSOR DE RED

- CARACTERÍSTICAS:
  - Voltaje de entrada (Vcc) = voltaje campo FV
  - Voltaje de salida (Vca): entre 1,15x220V y 0,85x220V
  - Frecuencia entre 50,5Hz y 48Hz
  - Monitoreo constante
  - Incluyen protecciones obligatorias para conexión a red:
    - Control de tensión
    - Control de frecuencia
    - Separación galvánica
    - No funcionamiento en isla
  - Incorporan un MPPT como mínimo
  - Rendimiento europeo entre 90% y 99%
  - A partir de 5kW modelos en trifásico para balance de fases
  - Pueden conectarse varios monofásicos por fase en un sistema trifásico



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR

- RANGOS DE FUNCIONAMIENTO EN AC:

Potencia nominal (PINV): potencia AC de salida → Pnom de la instalación.

Potencia máxima: potencia máxima que puede entregar.

Tensión y frecuencia dentro de rangos de red.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR

- RANGOS DE FUNCIONAMIENTO EN CC:

Potencia máxima en CC: potencia de entrada superior que no debe superarse con el campo fotovoltaico. Habitualmente, Pp del campo se sobredimensiona un 10-25% por encima de PINV, pero sin superar Pcc MAX.  
Voltaje de entrada máximo (Vcc max): voltaje que nunca debe superar el campo FV incluso a la Tmin del lugar (habitualmente calculado a -10°C)

Rango de voltaje MPPT (Vcc MPPT max y min): tensión máxima y mínima de funcionamiento del "tracker".  
**Comprobar que Vmp de módulos a -10°C y +70°C no salen del rango.**

Intensidad de entrada máxima: los amperios máximos en CC aceptables en la entrada. Isc de módulos nunca debe superar esta magnitud y Imp debería trabajar un 10% por debajo.



## INVERSOR DE RED

- TIPOS DE INVERSOR A RED

**Inversor Central:** este equipo es de gran capacidad y está diseñado para ser utilizado en grandes plantas generadoras para uso comercial o para inyección directa a la red. Puede manejar grandes potencias y ofrece grandes economías de escala y eficiencia.



## INVERSOR DE RED

- TIPOS DE INVERSOR A RED

### Inversor String:

Está conectado a una serie o string de paneles. Un inversor string estará, usualmente, localizado a corta distancia del arreglo fotovoltaico entre éste y el tablero de inyección. Es el tipo más común de inversor usado en sistemas residenciales y sistemas comerciales de pequeña y mediana escala.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR DE RED

- TIPOS DE INVERSOR A RED

### Microinversor:

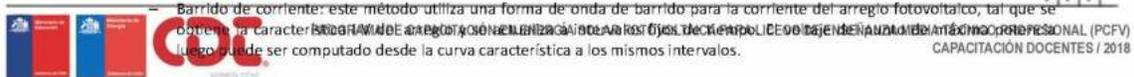
Este equipo convierte electricidad CC en AC directamente en cada uno de los módulos de un arreglo fotovoltaico. Los microinversores tienen un mayor desempeño en techos sombreados, ya que la sombra afectará a los paneles en forma individual y no a aquellos que están a pleno sol. Son más caros de instalar que un inversor central, ya que cada panel tendrá su inversor. Además, se aumentan las opciones de falla, pero funcionan mejor en condiciones de altas temperaturas que un inversor string.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR DE RED

- RASTREADOR DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA, MPPT (Maximum Power Point Tracker)
  - Los inversores solares usan el MPPT para obtener la máxima potencia posible desde un arreglo fotovoltaico.
  - En general, los inversores poseen un controlador MPPT, pero es usual encontrar modelos con dos o más controladores.
  - La ventaja de utilizar un número mayor de MPPT radica en que se puede maximizar la generación del campo fotovoltaico, ya que permite agrupar un conjunto de módulos que estén en una orientación o ángulo definido en un MPPT, mientras que otro grupo de paneles en una orientación distinta se conecta a un segundo MPPT, obteniéndose la máxima generación para cada grupo de módulos.
- Existen tres tipos principales de algoritmos para encontrar el punto de máxima potencia:
  - Perturbar y Observar: en este método, el controlador ajusta el voltaje en una pequeña cantidad desde el arreglo y mide la potencia, si ésta se incrementa, se ejecutan ajustes más amplios en esa dirección, hasta que ya no hay incrementos de potencia. Este es el método más utilizado, ya que es sencillo de implementar, aunque puede resultar en oscilaciones en la potencia de salida.
  - Conductancia Incremental: el controlador mide los cambios incrementales en el voltaje y la corriente del arreglo fotovoltaico para predecir el efecto de un cambio en el voltaje. Este método requiere más computación en el controlador, pero puede seguir condiciones cambiantes más rápidamente que el método de Perturbar y Observar. También puede producir oscilaciones en la potencia de salida.



## INVERSOR DE RED

- UTILIZACIÓN DE FUSIBLES EN STRINGS
  - Con el fin de evitar corrientes inversas que sean mayores a las máximas que puedan soportar los paneles fotovoltaicos, **deben utilizarse fusibles en cada string.**
  - Estos fusibles podrán omitirse cuando se conecte un máximo de dos strings por entrada MPPT, conectados en forma directa al inversor, siempre que la suma de las corrientes máximas de los dos strings no exceda la corriente máxima del conductor y no exceda la máxima corriente inversa permitida por los módulos.



## INVERSOR DE RED

Definida la potencia del GFV, podemos aproximar la potencia del inversor:

$$P_{GFV} \geq P_{INV} \geq P_{GFV} \times 0,8$$

De esta manera queda sobredimensionado el GFV respecto al inversor para compensar:

- Pérdida de potencia por calentamiento de célula
- Descompensación entre módulos del string
- Reflexión de radiación por ángulos no normales
- Suciedad en el cristal



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR DE RED

Según la instalación interior se elige:

- Monofásico
- Trifásico: Puede conseguirse mediante un modelo trifásicos, o bien, con 3 inversores monofásicos (uno por fase)

Según la potencia:

- 1 sólo equipo: menor mano de obra, solución centralizada, menos espacio necesario, más económico, mayor riesgo ante fallos
- Varios equipos: más caro, instalación más sencilla, menor peso por unidad, secciones de cable menores, más equipos a instalar, más fiabilidad



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## INVERSOR DE RED

Según las particularidades del campo fotovoltaico:

- 1 solo MPPT
- varios MPPT (Quizá varios inversores)

Según la estructura del cableado:

- Tablero CC concentrador:
- Una sola entrada de string
- Tendido independiente cada string:
- Varias entradas

Según el control y seguimiento deseado:

- Opciones de visualización in-situ
- Opciones de monitorización a distancia

El criterio suele ser también:

- Marca conocida → modelo más idóneo
- Disponibilidad proveedor
- oferta según stock



## INTEGRACIÓN GENERADOR FV E INVERSOR



- Límites de seguridad:  
 $P_{mp\ GFV} \leq P_{DC\ INV}$   
 $I_{sc\ GFV} < I_{DC\ MAX\ INV}$   
 $V_{oc\ GFV} (-10^{\circ}C) < P_{DC\ MAX\ INV}$

- Límites de eficiencia:  
 $V_{mp\ GFV} (-10^{\circ}C) < V_{DC\ MAX\ MPPT\ INV}$   
 $V_{mp\ GFV} (+70^{\circ}C) > V_{DC\ MIN\ MPPT\ INV}$



## INTEGRACIÓN GENERADOR FV E INVERSOR

De los límites anteriores se deduce:



- **Límite de módulos:**  
 $N < P_{DC\ MAX\ INV} / P_{mp}$   
 $N = N_{serie} \times N_{string}$
- **Límite de módulos en serie por string:**  
 $N_{serie} < P_{DC\ MAX\ INV} / V_{oc} (-10^{\circ}C)$
- **Límite de strings en paralelo:**  
 $N_{strings} < I_{DC\ MAX\ INV} / I_{sc}$



Se aconseja el uso de programas especializados o del fabricante de inversores



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ESTRUCTURAS DE SOPORTE

### Funciones:

- Fijar y soportar el peso de los módulos
- Soportar las fuerzas de los vientos
- Dar la orientación e inclinación de los módulos

### Materiales:

- Aluminio anodizado (poco peso, fácil mecanización, caro...)
- Acero inoxidable (ambientes salinos)
- Fibra de vidrio



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ESTRUCTURAS DE SOPORTE

### Tornillería de acero inoxidable:

Debe considerarse un sistema que dificulte el robo o desmonte de los paneles, utilizando pernos antirrobo.

### Puntos de sujeción:

Dados de hormigón, tacos químicos (goteras), tacos metálicos de expansión

### Conexión a tierra:

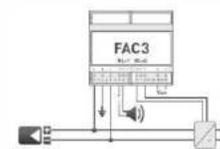
Única tierra de la instalación en CC y AC



## PROTECCIONES ELÉCTRICAS DC (POSITIVO Y NEGATIVO)



- Protector de sobretensiones transitorias (atmosféricas): descarga a tierra posibles sobretensiones (p.e. DEHN DG Y PV)
- Protección cortocircuitos: fusibles (p.e. o disyuntores rearmables (p.e. SCHNEIDER C60PV)
- Vigilante de aislamiento: detecta fallos de aislamiento (pone a tierra el + y el - para evitar contactos indirectos) (p.e. PROAT FAC3)



## PROTECTOR CON SOBRETENSIONES (B1 Y B2)

- Son varistores (electrónicos) o descargadores de gas.
- Tipos de Sobretensiones:
  - Transitorias: de origen atmosférico debido a la cercanía de impactos de relámpago.
  - Permanentes: una sobretensión de más del 10% del valor nominal de forma permanente o de larga duración
- B1 son de clase I (los de mayor capacidad de protección) se instalan en el cuadro DC del campo FV
- B2 son de clase II (protección más amplia) se instalan a la entrada (DC) y salida (AC) del inversor (normalmente los incluye el propio inversor)



## CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS AC



### Cableado eléctrico AC:

- Cobre, aislamiento según normativa
- Sección adecuada:
  - Seguridad: intensidad máxima admisible  $I_{AC\ INV} \times 1,25 < I_{cable}$
  - Eficiencia: caída de tensión mínima  $CdT < 1,5\%$  de la VAC
- Instalación canalizada según normativa



## CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS AC



### Protecciones eléctricas AC:

- **Interruptor magnetotérmico de línea:**
  - En instalaciones monofásicas, se debe instalar un interruptor bipolar
  - En instalaciones trifásicas, se debe instalar un interruptor tetrapolar
- **Interruptor diferencial de línea**
  - Cuando no exista, al menos, una separación simple entre el lado de corriente continua y el lado de corriente alterna del inversor, se deberá utilizar un interruptor diferencial tipo B
  - En otro caso, se podrá utilizar un interruptor diferencial tipo A
  - Para instalaciones menores a 10 kW, se deben considerar corrientes diferenciales de 30 mA
  - Para instalaciones iguales o superiores a 10 kW, se deben considerar corrientes diferenciales no superiores a 300 mA



## CONEXIÓN A TIERRA



- Usamos la puesta a tierra del edificio
- PERO se tiende un CP (cable de protección) independiente
- Conectamos el CP a las masas metálicas de la instalación: estructuras, armarios, canaletas y equipos
- Conectamos los descargadores de sobretensiones DC y AC al CP
- La sección mínima del CP debe ser de 4 mm<sup>2</sup>
- El valor resultante de la puesta a tierra debe ser menor a los 20 Ω
- Se debe contar con una camarilla de inspección para efectuar mediciones de tierra



## 2. CONFIGURACIONES Y DIMENSIONAMIENTO

Antecedentes Técnicos: Configuraciones usuales, dimensionamiento de componentes



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS FV

Sistema  
Fotovoltaico (SFV)  
conectado a la red:

- ✓ Forma parte un sistema eléctrico mayor: red de distribución, transmisión.
- ✓ Necesita a la red de energía eléctrica para su funcionamiento: no es un sistema de respaldo de energía.
- ✓ Se conecta a la red a través de un inversor que debe ajustarse a los requerimientos y parámetros de la red pública.
- ✓ Debe cumplir con el ordenamiento legal y normativo vigente.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## CLASIFICACIÓN DE LOS SFV

Se pueden clasificar de acuerdo a lo siguiente:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| ▪ Tecnología                | cristalino, capa fina                           |
| ▪ Tamaño                    | 100 Wp, 1 kWp, 100 kWp, 1 MWp                   |
| ▪ Utilización de la energía | venta total, autoconsumo, venta de excedentes   |
| ▪ Tipo de montaje           | suelo, techo (plano, inclinado), fachada        |
| ▪ Conexión                  | monofásica, trifásica (en baja o media tensión) |



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA CONEXIÓN A RED

### Esquema Básico

- 1) Generador FV: varios módulos interconectados.
- 2) Protección de sobretensión.
- 3) Cableado y canalización de corriente continua.
- 4) Interruptor DC.
- 5) Inversor.
- 6) Cableado y canalización de corriente alterna.
- 7) Medidores de energía, interruptores AC.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## APLICACIONES Y USOS DE LOS SFV

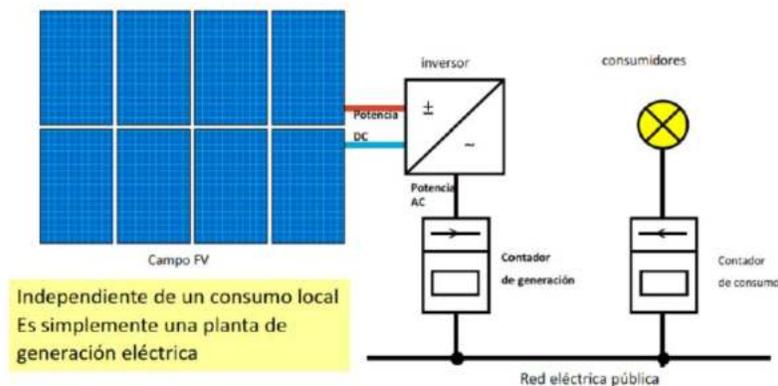
1. SFV para autoconsumo
  - ✓ Para abastecer parte del consumo eléctrico y reducir la cuenta de la luz
  - ✓ Existen distintas variantes (net-metering, net-billing, ...)
2. SFV para inversión económica
  - ✓ En países con tarifas atractivas para la fotovoltaica (feed-in tarif)
  - ✓ Normalmente independiente del consumo local
  - ✓ 100% inyección a la red eléctrica
  - ✓ Caso en Japón, Alemania, y otros
3. SFV para seguridad de suministro
  - ✓ En lugares donde la red sufre muchos apagones y/o es muy inestable
  - ✓ Típicamente sistemas híbridos, con sistema de baterías y/o grupo electrógeno adicional
  - ✓ Caso en algunos países africanos y asiáticos, puntos extremos de la red



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## TIPOS DE CONEXIÓN A LA RED

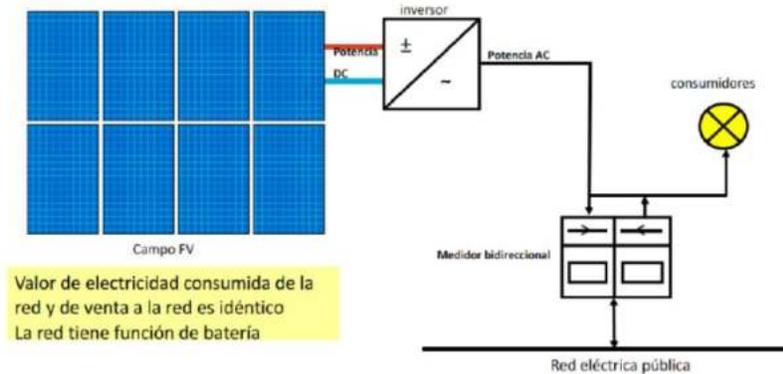
Sistema Fotovoltaico (SFV) conectado a la red: venta 100%



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## TIPOS DE CONEXIÓN A LA RED

Sistema Fotovoltaico (SFV) conectado a la red: net - billing



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DEFINICIÓN Y DIMENSIONADO DE SFV

¿Qué quiere el cliente?

Conocer sus motivaciones: ahorro, autoconsumo certificación, leed, ecológicos, venta de energía, etc.

Información:

Lugar de instalación  
Fecha de instalación  
Presupuesto

Educación:

Potencialidades del sistema  
Restricciones del sistema

Un buen sistema FV es aquel que satisface los requerimientos del cliente!!!



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO: OBTENCIÓN DE DATOS



- Superficie disponible
- Presupuesto para invertir
- Boleta/factura
- Tipo de conexión: monofásica, trifásica, BT o MT, potencia máxima, etc.
- Visita técnica



## DIMENSIONAMIENTO: INGENIERÍA BÁSICA



- Determinación del tamaño del sistema FV de acuerdo a los datos obtenidos.
- Elección del tipo de módulo FV a utilizar
- Interconexión de los módulos y del o los inversores
- Estudio de sombras
- Estudio de cálculo estructural, si corresponde.



## DIMENSIONAMIENTO: POTENCIA PEAK



- Existen diversos criterios el dimensionamiento: para

- Económico
- Superficie disponible
- Potencia peak
- Energía generada
- Regulatorios
- Etc.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Generador Fotovoltaico

- La potencia que se dese instalar determina el número de módulos a utilizar:

$$N = \frac{P_{max}}{P_{peak}}$$

- Con el número de módulos se determina la superficie mínima requerida:

$$S_T = N \cdot A$$

donde:

A: superficie unitaria del módulo

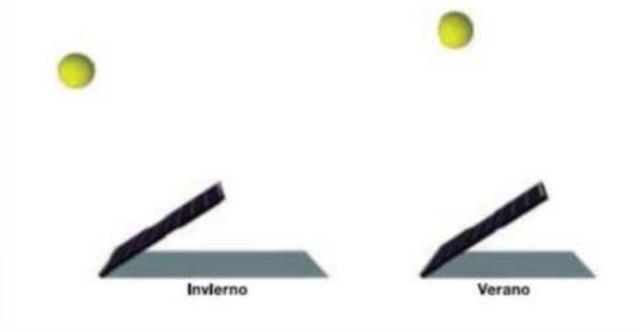


PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Separación entre módulos

La inclinación de los módulos produce un aumento de la superficie requerida, ya que es necesario evitar el efecto de las sombras:



## DIMENSIONAMIENTO

### Separación entre módulos

- Se considera la elevación solar mínima que proyecta la sombra más larga:

$$H = (90^\circ - |\phi|) - 23,5^\circ$$

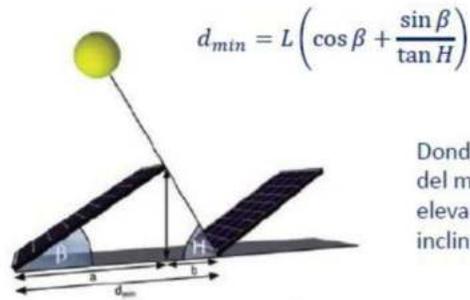
Siendo  $H$  la altura solar en grados y  $\phi$  la latitud de la localidad



## DIMENSIONAMIENTO

### ■ Separación entre módulos

- La distancia mínima entre las filas está dada por la expresión:



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### ■ Selección del inversor

- Depende de la potencia instalada
- Capacidad del empalme.
- Tipos de módulos utilizados
- Factores medioambientales del sitio geográfico de instalación
- En general, la potencia nominal del inversor debe ser aproximadamente igual a la potencia peak del generador fotovoltaico
- Debe ser para instalaciones conectadas a la red (inversores "on-grid" o "grid tied")



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### ▪ Configuración serie y paralelo

- Lo primero es verificar los parámetros de entrada del inversor: tensión y corriente máxima admisibles.
- Con ese dato se determina la configuración serie y paralelo del generador fotovoltaico.
- Tensión máxima del inversor determina el número máximo de módulos en serie por cada string:

$$N_s = \frac{V_{MAX}}{1,25 \cdot V_{OC}}$$

- Tensión del sistema debe estar dentro del rango MPPT del inversor



## DIMENSIONAMIENTO

### ▪ Configuración serie y paralelo

- Corriente máxima de entrada del inversor determina el número de strings máximo en paralelo:

$$N_p = \frac{I_{MAX}}{1,25 \cdot I_{SC}}$$

- La corriente máxima no debe sobrepasar los valores de entrada del inversor.
- Los módulos deben ser del mismo modelo y fabricante, asegurando tensiones de trabajo idénticas y evitando flujos de corriente hacia el generador.



## DIMENSIONAMIENTO

### Inclinación de los módulos

- Es necesario definir el período del año en el cual se desea maximizar la energía recibida, ya sea invierno, verano o el máximo promedio anual.
- La mejor manera de obtener la inclinación óptima de los módulos es con los datos de radiación para distintas inclinaciones y azimut de cada localidad.

AZ	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
0 al Norte	17	202,3	183,8	177,9	144,7	125,1	112,1	128,1	146,6	163,7	196,5	197,0	207,6	1.985,2
	27	190,9	177,3	177,4	149,5	132,8	120,9	137,5	153,5	165,5	191,7	187,0	194,4	1.978,3
	37	175,7	167,1	173,1	150,9	137,4	126,8	143,7	156,6	163,5	182,7	172,8	177,3	1.927,9
	47	157,0	153,5	165,0	149,0	138,8	129,7	146,4	156,5	158,0	169,6	155,3	156,8	1.835,6
	90	73,2	76,6	100,4	108,8	112,5	110,2	122,3	120,0	103,4	88,7	73,1	71,2	1.160,4

Radiación en kWh/m<sup>2</sup> para la ciudad de Copiapó (27,30° latitud sur). La tabla corresponde a un azimut de 0°.  
Fuente: "radiación Solar en Teritorios de la República de Chile", CNE / PNUD / UTRSM, 2006.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Inclinación de los módulos

- Existe una fórmula empírica que nos proporciona el valor del ángulo de inclinación de los módulos para maximizar la producción anual, de acuerdo a la latitud del lugar de instalación:

$$\beta = 3,7 + 0,69 |\varphi|$$

Donde

$|\varphi|$  corresponde al valor absoluto de la latitud.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Conductores CC

- El cableado de la etapa CC debe ser elegido de tal forma que la caída de tensión no supere el 1,5%.
- La sección del conductor se calcula según la expresión:

$$S = \rho \cdot \frac{2L \cdot I}{0,01 \cdot V}$$

Donde:

*L*: longitud del conductor

*ρ*: resistividad del cobre (0,018Ω·mm<sup>2</sup>/m, a 20°C)

*I*: Corriente que circula por el conductor

*V*: Tensión del sistema



## DIMENSIONAMIENTO

### Conductores CC

- Los conductores a utilizar en la unidad de generación fotovoltaica deberán ser conductores tipo fotovoltaicos, PV, PV1-F, Energyflex, Exzhellent Solar ZZ-F (AS), XZ1FA3Z-K (AS) o equivalente, que cumplan con los requisitos para su uso en sistemas fotovoltaicos en conformidad a la norma UNE-EN 50618 o TÜV 2 pfg 1169/08.2007.
- Los conductores a utilizar en la unidad de generación fotovoltaica que sean canalizados de manera subterránea podrán ser conductores del tipo RV-K, RZ1, RZ1-K, o equivalente, que cumplan con los requisitos para su uso en condiciones subterráneas y bajo agua.



## DIMENSIONAMIENTO

### Conductores CA

Se debe verificar que la corriente máxima admisible del conductor sea mayor a la corriente que circula por él.

SECCIÓN NOMINAL [mm <sup>2</sup> ]	CORRIENTE ADMISIBLE AMPERES [A]		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
0,75	-	12	15
1	11	15	19
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	105	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	230	291	353
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	516
300	-	510	595
400	-	-	728
500	-	-	829

Ítem 101 de corriente admisible para conductores aislados según norma europea. Sección nominal. Temperatura de servicio: 70°C. Temperatura ambiente: 30°C. Fuente: Norma Chilena de Electricidad N°4/2003.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

- La sección del conductor no debe ser menor a la del conductor que sale desde la caja de conexiones del módulo.
- La aislación del conductor debe ser resistente a la intemperie y a la radiación UV.
- En todo momento se debe considerar la Norma Chilena de Electricidad N°4/2003 y las disposiciones que establece para los materiales y canalizaciones.

Calibre AWG	Sección [mm <sup>2</sup> ]	TEMPERATURA DE SERVICIO [°C]					
		60		75		90	
		Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
14	2,08	30	25	30	30	25	35
12	3,31	25	30	25	35	30	40
10	5,26	30	40	35	50	40	55
8	8,37	40	60	50	70	55	80
6	13,30	55	80	65	95	75	105
4	21,20	70	105	85	125	95	140
3	26,70	85	120	100	145	110	155
2	33,60	95	140	115	170	130	190
1	42,40	110	165	130	195	150	220
1/0	53,00	125	195	150	230	170	250
2/0	67,40	145	225	175	265	195	300
3/0	85,00	165	260	200	310	225	350
4/0	107,00	195	300	230	360	260	405
250	125,00	215	340	255	405	295	445
300	161,00	240	375	285	445	320	505
350	171,00	250	420	310	505	360	570
400	212,70	280	455	335	545	380	615
500	263,20	300	515	360	620	430	700
600	303,60	355	575	420	690	475	780
700	354,70	385	630	460	750	520	855
750	375,50	400	655	475	780	535	885
800	405,40	410	680	490	815	555	920
900	456,00	435	730	520	870	585	985
1000	506,70	455	780	545	925	615	1055
1250	633,40	495	890	600	1065	665	1200
1500	750,10	520	980	625	1175	705	1325
1750	886,70	545	1070	650	1280	735	1455
2000	1013,00	560	1155	665	1385	750	1580



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Protecciones eléctricas



- Tanto para el equipo como para el usuario
- Podemos dividirlos en protecciones físicas y protecciones eléctricas
- La protección física es aquella que hace referencia a la carcasa del equipo frente a la acción del polvo y del agua (índice de protección IP).  
El índice IP se aplica a los inversores, medidores, conductores conectores y cajas de conexión.



## DIMENSIONAMIENTO

### Protecciones eléctricas



- Resguardan al usuario y a los equipos frente a condiciones de funcionamiento anormales del sistema.
- Es importante conectar todas las partes metálicas de la instalación a la tierra de protección: marcos de los módulos y estructuras de soporte, junto con las carcasas de los equipos.
- En el inversor se contemplan protecciones anti- isla, lo que permite su desconexión en ausencia de red.
- También puede contar con aislación galvánica: separación física de la etapa CC y CA. Interruptor DC entre el generador FV y el inversor: por lo general, incluido en el equipo.
- Protecciones contra sobreintensidades: disyuntores, varistores, fusibles.



## DIMENSIONAMIENTO

### ▪ Ejemplo

- Lugar de Instalación: Antofagasta
- Datos para el dimensionamiento:
  - Potencia a instalar: 2 kWp
  - Superficie disponible: 40 m<sup>2</sup>, sin inclinación (terreno horizontal)
  - Distancia desde el generador fotovoltaico al inversor: 10 m
  - Distancia del inversor al punto de inyección: 5 m



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### - Generador Fotovoltaico

- Elección del módulo: marca, modelo, potencia nominal
- Número de módulos totales
- Superficie mínima para la instalación

MÓDULO FOTOVOLTAICO		
Potencia máxima	$P_{MAX}$	265 Wp
Tensión de circuito abierto	$V_{OC}$	38,1 V
Tensión de trabajo	$V_{MPP}$	31,9 V
Corriente de corto circuito	$I_{SC}$	8,82 A
Corriente de trabajo	$I_{MPP}$	8,33 A
Dimensiones		1,001 x 1,675 x 0,031m



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### - Inversor

- Elección del inversor: marca, modelo, potencia nominal
- Potencia nominal cercana a la potencia peak del generador FV.

INVERSOR	
Potencia nominal	2.000 W
Potencia máxima de entrada*	2.500 W
Máxima tensión CC	600 V
Máxima corriente CC/CA	15 A/10 A
Rango MPPT	175 - 480 V

\*En condiciones STC

- Agrupación de los módulos: "largo" del string y número de strings.
- Verificación de la tensión de trabajo del string.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### - Disposición de los módulos

- Adopción de un criterio: máximo anual, verano o invierno

Az	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
0 al Norte	13	198,7	175,8	178,0	141,8	110,9	103,4	112,6	128,2	150,0	181,1	191,9	206,1	1.878,4
	23	187,8	170,0	177,8	146,3	117,0	111,2	120,3	133,3	151,4	176,9	182,4	193,4	1.867,9
	33	173,3	160,6	173,7	147,6	120,7	116,5	125,3	135,6	149,5	169,1	169,1	176,7	1.817,6
	43	155,1	147,9	165,8	145,7	121,7	119,2	127,6	134,9	144,4	157,6	152,3	156,4	1.728,6
90	59,2	60,6	82,7	93,2	89,9	94,1	97,8	92,0	80,9	68,5	56,2	59,6	934,5	

- Determinación de la elevación solar mínima
- Distancia mínima entre filas
- Superficie



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Conductores

- Etapa CC
  - Considerar la corriente máxima de la línea
  - Calcular la sección del conductor considerando la caída de tensión admisible
- Etapa CA
  - Considerar la corriente máxima de salida del inversor
  - Calcular la sección del conductor considerando la caída de tensión admisible.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DIMENSIONAMIENTO

### Protecciones

- Etapa CC
  - Fusibles de string: normalmente, integrados en el inversor
- Etapa CA
  - Considerar la corriente máxima de salida del inversor y la corriente máxima admisible del conductor.
  - Instalación de un interruptor termomagnético bipolar de 15 A.
  - Instalación de un interruptor diferencial tipo A de 15 A, con sensibilidad de 30 mA.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### 3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Antecedentes Técnicos: Normativa aplicable, operación, mantenimiento preventivo y correctivo



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

#### OPERACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

- Las instalaciones fotovoltaicas no requieren de la intervención de ningún operario, son completamente automáticas y autónomas.
- Están pensadas para no requerir una vigilancia continuada ni exhaustiva.
- Sin embargo, **NO** están exentas de fallos, y por lo tanto pueden dejar de producir.
- Un buen mantenimiento preventivo anual es suficiente en instalaciones pequeñas, donde la amortización de la instalación no es tan importante.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

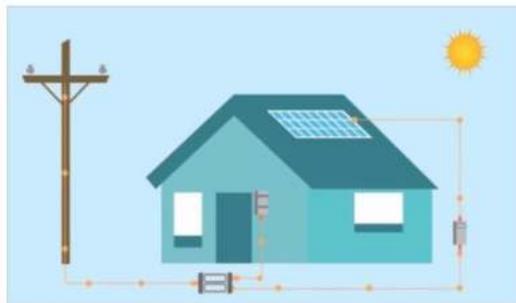
## OPERACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

- En instalaciones medianas, en donde exista personal de mantenimiento general, se puede complementar el mantenimiento preventivo anual con inspecciones visuales periódicas para detectar posibles paradas fortuitas:
  - Cortes de servicio por desconexiones de protecciones eléctricas (sobretensiones?)
  - Fallos de aislamiento en CC (cortes en cableado en intemperie por viento y rozaduras?)
  - Fallos internos de inversores (averías)
  - Robos o actuaciones malintencionadas
- En instalaciones medianas y grandes, donde la rentabilidad es lo más importante, Sí se llevan a cabo tareas de control y seguimiento específicas.
- La solución óptima es la monitorización a distancia.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS FV BAJO LA NORMATIVA 20.571



La ley 20.571 otorga el derecho a los clientes de la RED a:

- **Generar su propia energía**
- **Autoconsumirla**
- **Vender sus excedentes**



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS FV BAJO LA NORMATIVA 20.571

- La norma técnica establece los procedimientos, metodologías y demás exigencias para la operación de sistemas FV conectados a las redes de distribución.
- La capacidad instalada total **no debe superar los 100 kW**.
- La operación de los sistemas FV conectados a la red **no debe tener ninguna repercusión sobre la red o sobre otros clientes**.
- La instalación debe ejecutarse por un **instalador debidamente autorizado por la SEC**.



## GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS FV BAJO LA NORMATIVA 20.571

- Todos los componentes utilizados en la conexión deben cumplir con las disposiciones de grado de IP de protección, resistencia UV y climática.
- Los módulos fotovoltaicos, al estar montados e instalados no pueden ser “apagados”.



- El nivel de corriente continua es proporcional a la irradiancia, mientras que el voltaje nominal puede obtenerse a niveles bajos de irradiancia.
- Si existen fallas en la aislación, esto puede causar un arco eléctrico permanente → importancia de la puesta a tierra!!!



## GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS FV BAJO LA NORMATIVA 20.571

- Cuando se conectan interruptores DC, se debe tener cuidado en la polaridad y en la dirección del flujo de energía.
- En algunos casos, se debe verificar si las celdas de los módulos deben ser aterrizadas.
- Para los arreglos o strings fotovoltaicos que utilicen la tecnología denominada capa fina o Thin Film, se permitirá utilizar un conector tipo Y para agrupar strings, siempre y cuando el inversor utilizado acepte esta configuración.
- Para los arreglos o strings fotovoltaicos que utilicen la tecnología denominada capa fina o Thin Film, sólo se podrán utilizar inversores con separación galvánica, conectando además el polo negativo del sistema fotovoltaico al sistema de puesta a tierra. También podrá conectarse el polo positivo al sistema de puesta a tierra, siempre y cuando el fabricante del panel lo especifique.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## GENERALIDADES DE LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS FV BAJO LA NORMATIVA 20.571



- En la conexión de strings, prestar atención a la polaridad de los cables: con polarización inversa existe posibilidad de daños en los diodos de bypass o en la etapa de entrada del inversor.
- Todas las conexiones en CC deberán ser mediante conectores tipo MC4 u equivalente y deberán permitir un montaje rápido, manteniendo la seguridad y la impermeabilidad del sistema. Estará prohibida la utilización de uniones por enroscamiento de conductores o uniones a través de regletas de conexión en el lado de CC.
- Los conectores MC4 deberán cumplir con los requerimientos técnicos de la instalación, en conformidad a la norma IEC 60998-1.
- No se deben desconectar los módulos cuando están bajo carga!!!
- El cableado debe ser resistente a los rayos UV y a las inclemencias meteorológicas.
- Minimizar el largo total del cableado de los módulos (menores pérdidas!!!)
- Poner atención a la polaridad de los cables.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## EFFECTOS DE SOMBRA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Dependerá de:

- Número de paneles sombreados
- Interconexión de celdas y diodos de bypass
- Grado de la sombra
- Distribución espacial y el curso de la sombra en el tiempo
- Interconexión de los módulos
- Diseño del inversor

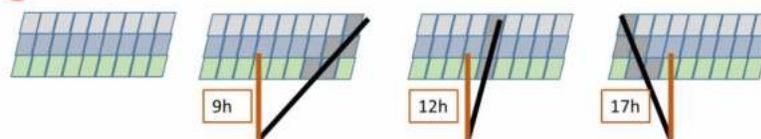


PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

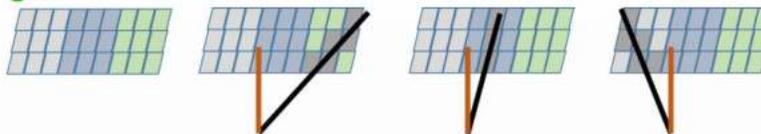
## EFFECTOS DE SOMBRA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- Ejemplo: un campo FV con 3 strings de 9 módulos cada uno sobre un tejado con un poste de la luz al norte.

❌ **OPCIÓN 1: strings este-oeste:** todo el día 100% strings afectados



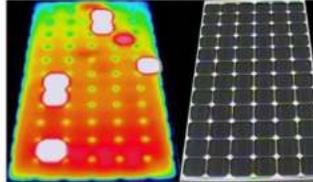
✅ **OPCIÓN 2: strings norte-sur:** todo el día 1 sólo string afectado (33%).



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## EFFECTOS DE SOMBRAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

	% of Array Shaded	Power Loss Due to Shade
	13%	44%
	11%	47%
	9%	54%
	6.5%	44%
	3%	25%



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ASPECTOS DE SEGURIDAD



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA

- **Protección anti caídas**

Para lo cual se deben revisar las recomendaciones de los institucionales de seguridad laboral.

- **Plataformas elevadoras, andamios y escalas**

Deben ser usados según las especificaciones del fabricante y sus normas.

- **Equipos de Protección Personal**

Que deben ser revisados regularmente.



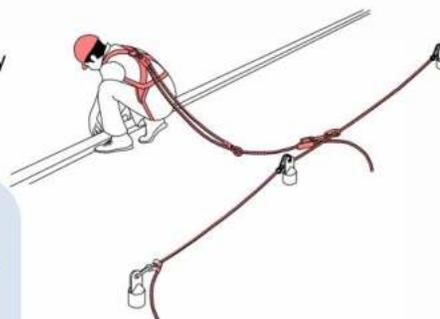
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICIOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA

Aparte de los riesgos usuales en obras e instalaciones, en FV hay riesgos que por ser muy habituales o poco conocidos, merecen atención especial.

Los más usuales:

- Cortes por manejo de perfiles metálicos (uso de guantes)
- Aplastamiento o daño en los pies (uso de botas con puntera metálica)
- Golpes en la cabeza con salientes o piezas móviles, así como por objetos caídos de un nivel superior (uso de casco)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICIOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA

### Riesgo de caídas a distinto nivel:

- Uso de casco con barbiquejo
- Cubiertas transitables sin barandilla
  - Poner barandillas provisionales para instalación o bien dejarlas fijas para mantenimiento
  - Trabajar con arnés de seguridad y línea de vida
- Cubiertas no transitables o en mal estado:
  - Disponer pasarelas + arnés y línea de vida
  - Redes de seguridad



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA

### Riesgo de caídas a distinto nivel:

- Tejados inclinados:
  - Trabajar con arnés de seguridad y línea de vida
  - Disponer escaleras verticales o pasarelas perpendiculares, ancladas
- Uso de maquinaria elevadora: brazos, tijeras, grúas...
  - Usar siempre la cesta con barandillas + arnés
  - No superar el peso permitido (riesgo de vuelque)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## SEGURIDAD ELÉCTRICA

Riesgo de choque eléctrico:



- Tensiones superiores a **50V tanto en DC como en AC.**
- Módulos: de día siempre hay tensión Voc!
- Strings: **tensiones hasta 1000V!!** recomendable dejar desconectado 1 conector rápido hasta terminar todos los trabajos
- Tableros: varios circuitos con posible tensión. Ojo en FV hay tensión "aguas abajo" de la red.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## SEGURIDAD ELÉCTRICA

Riesgo de choque eléctrico

*Prevención:*

- Trabajar sin tensión, abriendo los interruptores o seccionadores y comprobar con el tester.
- Usar siempre herramientas con aislamiento de 1000V.
- Si hay que tocar partes activas: guantes aislantes de 1000V.



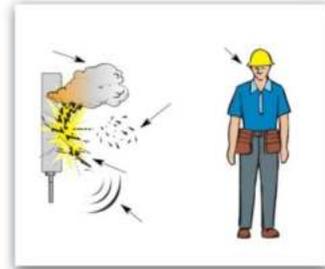
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## SEGURIDAD ELÉCTRICA

### Riesgo de quemadura por arco voltaico:

- Posible arco voltaico en desconexión en carga de elementos:
  - En conectores rápidos de los módulos
  - En portafusibles
  - Borneras
- Prevención:
  - *Desconectar primero mediante interruptores seccionadores*
  - *Si no hay seccionador en los strings, apagar inversor (off) para cortar paso de corriente.*



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## PROCEDIMIENTO DE APAGADO DE EMERGENCIA

- apagado interruptor magnetotérmico o seccionador AC → **el inversor detecta fallo de red y deja de inyectar corriente**
- el GFV queda en Voc y **no circula corriente**
- Apertura de portafusibles CC sin problemas de arco voltaico (o desconexión con disyuntor CC)
- Si es necesario para trabajos de mantenimiento sin tensión : desconectar conectores rápidos de módulo



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## FALLA A TIERRA

- En el caso de una falla a tierra, los componentes que normalmente no están energizados pueden energizarse, lo cual se vuelve peligroso.
- Por ejemplo, si se tiene un módulo con uno de sus **cables cortados, expuesto y en contacto con el marco del módulo**, eso puede hacer que la corriente circule por el marco del módulo, en vez de circular por el lado positivo y negativo.
- En caso de falla a tierra, el inversor y el sistema de monitoreo debe mostrar la falla (generalmente es un led rojo) e interrumpir el flujo de corriente.
- El dispositivo de protección de falla a tierra deberá ser capaz de detectar una falla, interrumpir el flujo de corriente de falla, y dar una indicación que ocurrió la falla.



## HERRAMIENTAS MANUALES Y ELÉCTRICAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)



- **Casco clase A** (Nch 461/77, caso de seguridad dieléctrico clase 20 kV)
- **Guantes de seguridad**
- **Protección visual** (lentes de seguridad y protección facial cuando se requiera)
- **Ropa de trabajo adecuada**
- **Zapatos de seguridad** que sean del tipo dieléctrico o aislante apropiado para los voltajes involucrados.



## HERRAMIENTAS MANUALES Y ELÉCTRICAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)



- Intervención en modo energizado (pruebas eléctricas, verificaciones en puntos sin aislación, etc.):
  - **Guantes aislantes** con guante de cuero protector para el nivel de tensión requerido (Nch 1668/2005: Ropa de protección: guantes de material aislante para trabajos eléctricos):
    - Clase 00: para tensiones hasta 500 V
    - Clase 0: para tensiones hasta 1 kV
- **Ropa de trabajo ignífuga**
- **Careta facial con protección anti arco eléctrico**



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## HERRAMIENTAS MANUALES Y ELÉCTRICAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

- Realizar la **mantención adecuada** y regular a las herramientas de trabajo
- No quitar los seguros o protecciones que las herramientas traen incorporadas
- **Usar las herramientas adecuadas para la actividad específica**
- Seguir las instrucciones del fabricante
- Utilizar sistemas de alimentación eléctrica en buen estado y montado de acuerdo a normas específicas (por ejemplo, grupos electrógenos, extensiones, tableros de faena con disyuntores, protecciones diferenciales operativas, y sistema de puesta a tierra de protección, entre otros)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICIOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

- El mantenimiento preventivo se debe balancear de manera tal que sus **costos no sobrepasen a sus beneficios.**
- Los protocolos de mantenimiento preventivo **dependen del sistema, tamaño, diseño y entorno.**
- En general, se debe hacer, al menos, **una visita anual de mantenimiento preventivo.**



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICIOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### Generador Fotovoltaico

- **Módulos:** impactos en cristales, condensación interna, corrosión marcos aluminio, cableado suelto...
- **Estructuras:** desperfectos, aparición de óxido, acumulación de agua o suciedad...
- **Canalizaciones exteriores:** estanqueidad, acumulación de agua o suciedad...
- **Reapriete de tornillería** (bianual)
- **Termografía para puntos calientes**
- **Limpieza de cristales:** agua y jabón, con esponja y escurridor, también manguera baja presión o máquinas. Ojo contraste térmico!



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### Tablero CC:

- **General:** quemaduras en bornes por contactos sueltos, protecciones desconectadas o fundidas (fusibles, varistores...)
- Reapriete de bornes eléctricos
- Comprobación tensión y corriente strings: desequilibrios en tensión, corrientes débiles por hot spots en módulo defectuoso o estropeado,...

### Tablero AC:

- **General:** quemaduras en bornes por contactos sueltos, protecciones desconectadas (magnetotérmicos, diferenciales...)
- Reapriete de bornes eléctricos



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- La limpieza manual de los módulos puede incrementar significativamente la potencia de salida del sistema dependiendo de la locación.
- Varios estudios concluyen que la potencia de salida del generador se puede incrementar entre un 2 y un 7% al realizar una limpieza constante de los módulos.

### Antes de la limpieza:

- Leer las instrucciones de limpieza del fabricante del módulo.
- Tomar todas las medidas de seguridad necesarias: EPP, plataforma elevadora y/o andamio.
- Asegurar que el circuito está desconectado del inversor antes de comenzar la limpieza.
- No se debe caminar sobre los módulos FV.
- Nunca rociar agua sobre módulos dañados.



## PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- Identificar zonas de riesgo que podrían ser muy resbaladizas al caerles agua.
- Planificar hacia dónde va a escurrir el agua (presencia de drenajes) y en caso de usar productos químicos, recoger el agua usada.
- Verificar la temperatura del módulo.
- Determinar si hay una fuente de agua cercana (grifo) o si es necesario traerla de una fuente externa usando una manguera o cisterna.
- No usar limpiador de alta presión.



## PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- No usar agua destilada.
- Usar agua pobre en cal.
- Verificar si el tipo de agua utilizada no tiene mucho calcio o componentes que dejen rastros sobre el vidrio de los módulos.



- Los paneles, normalmente, pueden limpiarse con agua de la llave, en algunos casos puede ser recomendable usar agua desmineralizada o permitir que la misma agua de lluvia los limpie (en algunos casos el agua de la llave puede tener sustancias como cal, arsénico, que podría dañar los paneles).
- Al respecto es importante consultar las indicaciones del fabricante respecto a cómo limpiar el equipamiento SFV.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## LISTA DE CHEQUEO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Frecuencia	Equipo	Acción
Diario	Inversor	¿Operación con indicación de fallas?
Mensual	Chequeo de generación: a través de las lecturas proporcionadas por el inversor o sistema de monitoreo.	Revisar y anotar los valores medidos
Cada 6 meses	Superficies de módulos	Suciedad por hojas/excrementos de aves/polución del aire/otros. ¿Existen módulos bajo tensión, producto de alguna deformación en la techumbre?
	Cajas de combinación de strings	¿Existen insectos o humedad dentro de las cajas? Revisar todos los fusibles que estén accesibles.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## LISTA DE CHEQUEO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Frecuencia	Equipo	Acción
Cada 6 meses	Cables	Revisar por daños en la aislación o rotura. Revisar todas las conexiones.
	Protecciones	Verificar su funcionamiento.
Cada 3 – 4 años	Inversores ubicados en el exterior	Penetración de humedad. Sólo un especialista
	Módulos	Medida de la curva característica, análisis termográfico y funcional por un experto.
	Cajas de combinación de strings	Revisar los fusibles de strings.
	Dispositivos de protección AC	Revisar los interruptores termomagnéticos y diferenciales.



## AVERÍAS, FALLAS TÍPICAS Y MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



## MÓDULOS DESCONECTADOS

- Esta falla se produce al **conectar un string**, en el cual se deja un módulo fuera.
- Puede permanecer sin descubrir, **incluso con una medición de voltaje**.
- Es importante efectuar una medición de voltaje de circuito abierto de los módulos, basada en la temperatura actual de ellos.



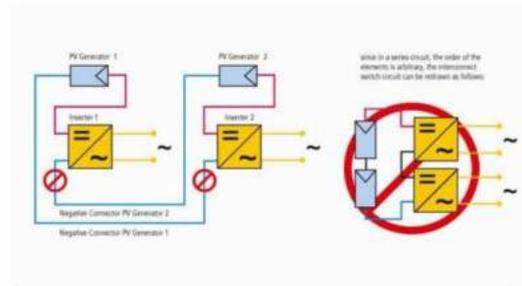
## MÓDULOS CONECTADOS EN POLARIDAD INVERSA

- Ocurre cuando un módulo dentro de un string es **conectado con polaridad inversa**.
- Esto causa una caída de voltaje en hasta dos módulos, ya que uno de los módulos con polaridad correcta tiene que compensar el voltaje adyacente incorrecto.
- Esta falla es fácil de detectar durante las mediciones de voltaje.



## MÓDULOS EN CONEXIÓN CRUZADA

- Esta falla se produce cuando el terminal positivo de un sub-generador **está conectado a su inversor correspondiente**, mientras que el terminal negativo está conectado al inversor de otro arreglo.
- Esto implica que ambos sub-generadores, así como los inversores, **están conectados en serie**.
- El voltaje total del generador será del doble del proyectado, lo que puede ocasionar **daños a los inversores**.



## INVERSORES

- Verificación de la correcta ventilación del inversor (ventiladores, filtros, disipadores etc.) ➡ debe hacerse de forma regular.
- En caso de mal funcionamiento el inversor se calienta innecesariamente, lo que puede resultar en limitación de potencia temporal, significando una pérdida de rendimiento.
- Muchos inversores lo indican con una luz roja. Es importante seguir las instrucciones del fabricante, pues cualquier intervención indebida puede implicar la pérdida de garantía.



## DAÑOS EXTERNOS

- Pueden ser producto de causas naturales: efectos del clima o sombreado debido a la vegetación.
- Producto de actos vandálicos.
- Problemas en la red de distribución: pueden alterar el comportamiento operacional del inversor: disparo del vigilante de tensión o de frecuencia.
- Diodos de baypass o de strings pueden fallar debido a sobrecarga termal o por sobrevoltajes: tormentas eléctricas.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## RIESGOS DE INCENDIOS

- Los sistemas FV pueden obstruir las labores de combate contra incendios.
- Es por ello que los sistemas FV deben estar separados en varias subsecciones: **por lo menos 1 metro libre cada 10 metros.**
- Debe existir separación eléctrica entre el sistema FV y el resto del edificio.
- Desde el punto de vista eléctrico, existen dos grandes diferencias entre un sistema FV y un sistema eléctrico estándar:
  - Un sistema FV no puede ser apagado completamente.
  - Durante el flujo de corriente se puede desarrollar un arco, el cual no es fácilmente extinguido dado que se trata de corriente continua.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## RIESGOS DE INCENDIOS

- Un sistema FV debe considerarse como un sistema eléctrico conectado cuando se está extinguiendo el fuego.
- La única excepción a lo anterior es oscureciendo el generador: no existe presencia de voltaje.
- En áreas inundadas de agua, los voltajes en el generador FV, los cuales pueden ser ocasionalmente muy altos, pueden llevar a daños adicionales.
- Es necesario mantener una distancia de seguridad de al menos 1 metro entre el generador y las áreas inundadas.



## MONITOREO DE LOS DATOS DE GENERACIÓN

- Con la instalación de un sistema de comunicación complementario al inversor podemos:

- Monitorizar la producción ( $P_{inst}$ ,  $E_{AC FV}$ , ...)
- Monitorizar parámetros eléctricos CC: tensión y corriente de strings, potencia CC
- Monitorizar parámetros eléctricos AC: tensión, corriente y frecuencia de salida, potencia AC



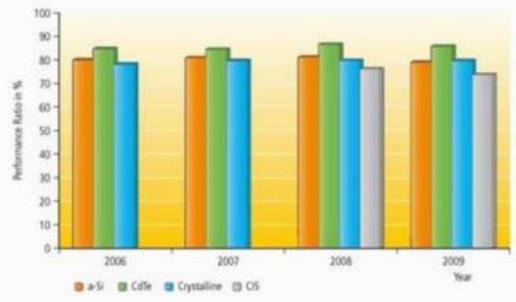
- Añadiendo sensores:

- Medir variables ambientales: radiación, temperatura ambiente, temperatura de celda y viento.
- Evaluar el desempeño del sistema fotovoltaico.
- Detectar fallos eléctricos parciales (caída de string, apagado de un inversor, sobretensión...)



## RESULTADOS OPERATIVOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

- La salida de un arreglo fotovoltaico es dependiente de la irradiación solar para un año dado.
- Utilizando promedios de largo plazo de la irradiación solar es posible estimar la generación de un arreglo FV.
- Las diferencias entre tecnologías son pequeñas y están por debajo del 5% (Alemania).
- Las generalizaciones son difíciles, depende de: clima y locación, ventilación de los módulos, alineación, sombras, entre otros.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## EXPERIENCIA A LARGO PLAZO Y CALIDAD

- La generación de los sistemas FV es calculada sobre un período de **20 años**.
- Más allá de este período, aún se espera que el sistema siga generando.
- El comportamiento de los módulos y del inversor es particularmente importante.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- Los sistemas FV operarán sin problema por muchos años cuando son bien planificados y cuidadosamente instalados, así como cuando son utilizados componentes de alta calidad.
- Los módulos son los componentes más durables de un sistema FV.
- La luz ultravioleta causa envejecimiento de las celdas y su degradación, lo que implica una caída de la potencia de salida.
- La degradación inicial de los módulos cristalinos es muy baja (1 a 2%) y en algunos casos, policristalinos, aún menor.
- Mientras el laminado de la celda permanezca sellado, ésta no envejecerá totalmente.
- Cuando el laminado se rompe y entra aire y humedad a la celda o al módulo, se acelerará el envejecimiento.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



- El factor clave en el envejecimiento es el comportamiento a largo plazo del plástico utilizado para el encapsulamiento y su compatibilidad con otros substratos químicos (antirreflejo)

- Plástico envejecido: **decoloración amarilla o café.**
- Pruebas sobre módulos que han estado funcionando por 25 años con signos visibles de envejecimiento, aún estaban produciendo, en promedio, un **75%** de su salida de potencia original.
- La degradación promedio anual de los módulos cristalinos se puede asumir en un **0,25%**.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS INVERSORES

- La mayoría de los inversores comercializados en Chile tienen la aprobación CE y, por lo tanto, cumplen con los estándares de seguridad eléctrica.
- Los inversores son los componentes más vulnerables en un sistema FV.
- La experiencia a largo plazo ha demostrado que el período promedio de operación sin fallas es de **5 a 8 años**.
- En promedio, las reparaciones o el reemplazo total de un equipo se debe efectuar después de **10 años** de operación.
- Un acuerdo de servicios con el fabricante que incluya un servicio de reemplazo minimiza las pérdidas de generación.
- Las fallas, a menudo son causadas por fallas de los fusibles en el equipo o por fallas en los varistores.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS INVERSORES

- La vida útil del inversor puede incrementarse con una buena ventilación.
- Los equipos montados en el exterior están expuestos a variaciones de temperatura, lo cual puede afectar su durabilidad. Además, no existe protección que asegure el no ingreso de humedad al interior del inversor.
- El monitoreo continuo durante la operación y un mantenimiento regular pueden optimizar la operación del sistema completo.
- Una causa frecuente en la falla de los inversores es la falla de los condensadores electrolíticos, los cuales son usados en la entrada DC para almacenar energía mientras se “switchea” la polaridad.
- En la actualidad, algunos inversores operan sin estos componentes.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## 4. PLANIMETRÍA Y ESTRUCTURA DE MONTAJE

### WEBINAR

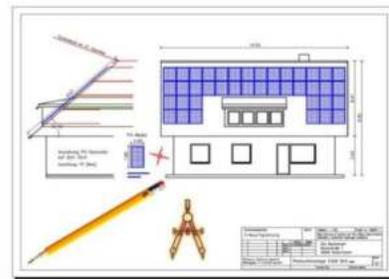


PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### PLANIMETRÍA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

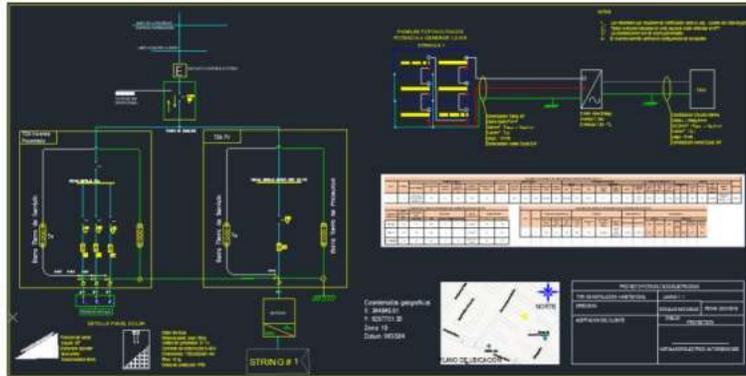
#### Normativa a considerar

NCH Elec. 4/2003  
NCH Elec. 2/84  
NTCO EGBT  
RGR N° 01/2017  
RGR N° 02/2017



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV



La Instrucción técnica RGR N°01/2017, nos entrega el lineamiento para llevar a cabo la correcta elaboración de la planimetría de un sistema fotovoltaico residencial.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

#### Ubicación geográfica de la instalación



Para la ubicación de las coordenadas geográficas en coordenadas UTM, deben consultar la siguiente página web:

<http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

En esta página, ingresar la dirección de la instalación, con lo cual obtendremos los datos de las coordenadas X, Y, Zona y Datum



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

Nombre de perfil de protecciones de red chileno y si el inversor da acceso a los parámetros de configuración de ajuste:

**NOTAS:**

- 1- Los materiales que requieren de certificación para su uso, cumple con este requisito.
- 2- Todas las alturas indicadas en este proyecto están referidas al NPT
- 3- La canalización es de acero galvanizado.
- 4- El Inversor permite verificar la configuración de los ajustes.

Es importante constatar con el instalador autorizado o el proveedor de inversor, que este permite verificar la configuración de los ajustes según la norma chilena.



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

- Cuadro de generación de la unidad generadora fotovoltaica (arreglo fotovoltaico):

CUADRO DE UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE CC																													
Nº	DESCRIPCIÓN	MÓDULO										CABLEADO Y CONEXIONES										PROTECCIÓN Y ACCESOS							
		TIPO	POTENCIA (Wp)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	TIPO	SECCIÓN (mm²)	
1	UNIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Este cuadro debe indicar los valores de potencia, voltaje, corriente, sección, tipo de conductores, protecciones y elementos eléctricos que forman parte del generador fotovoltaico. Es decir: módulos o paneles, string o cadena, canalización CC y DC.



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

- Diagrama Unilineal: en este se debe identificar lo siguiente:

a) Tipo de Empalme



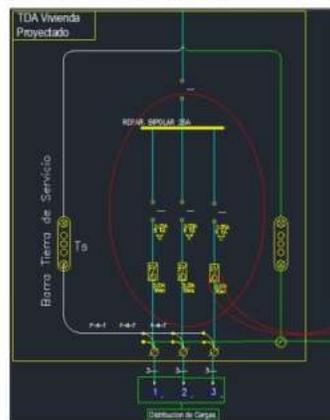
En el tipo de empalme es necesario indicar la potencia, corriente nominal, curva y capacidad de la protección del medidor.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

b) Datos del Tablero General



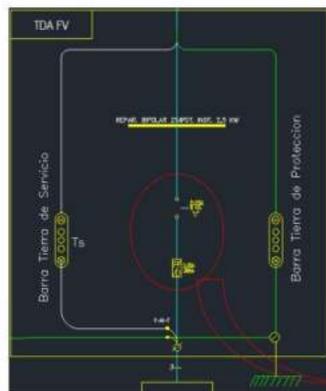
Indicar cantidad y tipo de protecciones, valor de la corriente nominal, nivel de corriente de ruptura y curvas de operación. Para las barras de distribución señalar su sección y capacidad de transporte. En el caso de los diferenciales, indicar su tipo y sensibilidad.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

c) Detalle de las protecciones pertenecientes al generador FV residencial

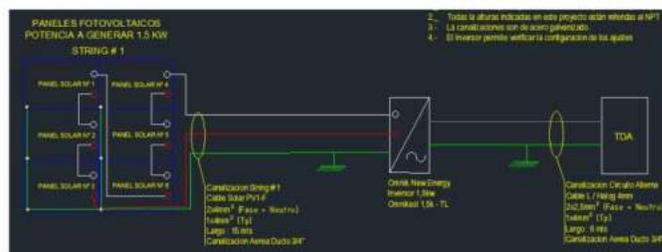


Se deben detallar las protecciones pertenecientes al generador fotovoltaico, considerando sus características técnicas, tipo, valores y cantidad. Recuerda que para las instalaciones fotovoltaicas residenciales, se deben considerar interruptores termomagnéticos bipolares y los interruptores diferenciales deben de ser del tipo A o B (quedan excluidos los del tipo AC, usados comúnmente).



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

d) Emplazamiento total de la instalación



Es importante destacar la ubicación de cada uno de los componentes como el generador, inversor, sistema de puesta a tierra, tablero FV y de conexión, etc.



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

e) Cuadro de caídas de tensión

TRAMOS DE ALIMENTADOR	CAP DE PROTECCION (UG)	TENSION DE US EN AC		CONDUCTOR			TIPO DE CANALIZACION	CAIDA DE TENSION	
		A	E (220 O 380V)	TIPO	SECCION (MM2)	CONSTITUCION		V	%
UG - TDA	2 x 25	220	EVA	2,5	1	ENF 3/4"	0,33	0,05	
TDA - TB	2 x 25	220	EVA	4	7	ENF 3/4"	0,7	0,16	
TB - EMPALME	2 x 25	220	EVA	4	0,3	Dentro del tablero	0,33	0,06	

En este cuadro, se deben registrar todas las caídas de tensión desde el empalme o punto de conexión a la red hasta el generador fotovoltaico.

**Nota:** La norma establece que se considera una caída de tensión máxima admisible de 1,5% en el tramo de CC y de 3% máximo en el tramo AC.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

f) Generador Fotovoltaico



Destacar el ángulo de inclinación de los paneles.

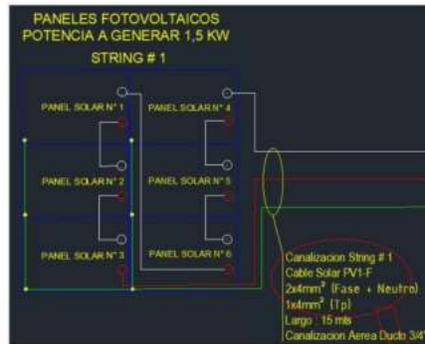
Es importante identificar el número total de módulos y el número de strings.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

g) String



En el caso de que se utilicen fusibles y diodos externos, se debe indicar su especificación técnica.

En este caso, hay que especificar el cable del string en cuanto a su sección y a su aislación.



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

h) Detalles eléctricos del generador

GENERAL		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS										CONDICIONES DE INSTALACIÓN				MATERIALES	
NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR
1	Panel Solar	W	260	V	31,1	A	8,98	mm	1650x992x40	kg	19	IP	IP65				



Debemos destacar la especificación del cable principal del generador, sección y tipo y los datos técnicos de los paneles y sus cajas de conexión, indicando su grado IP.



### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

- i) Detalles eléctricos del convertidor (inversor)



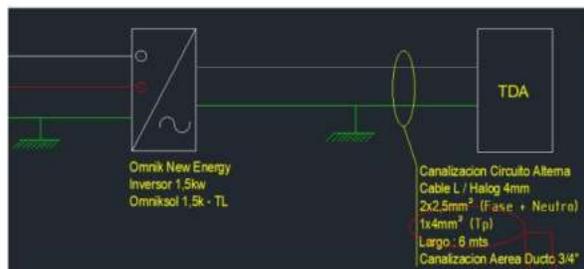
Especificar el tipo de inversor a utilizar: microinversor, inversor string. También señalar la cantidad de trackers que están asociados al inversor string y que están en uso y disponibles.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

- j) Puesta a tierra y protección de sobretensión



Indicar la sección del cable de tierra.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

### Puntos a destacar en la planimetría eléctrica de un sistema FV

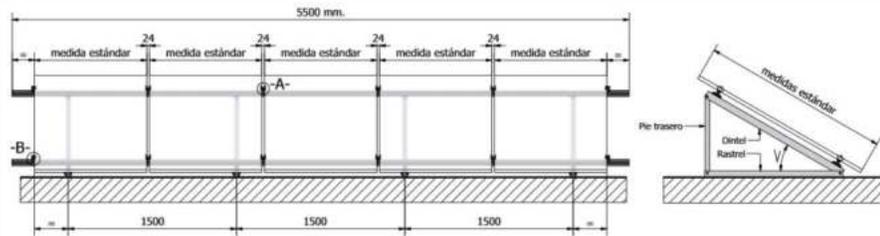
#### k) Sistema CA



### ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

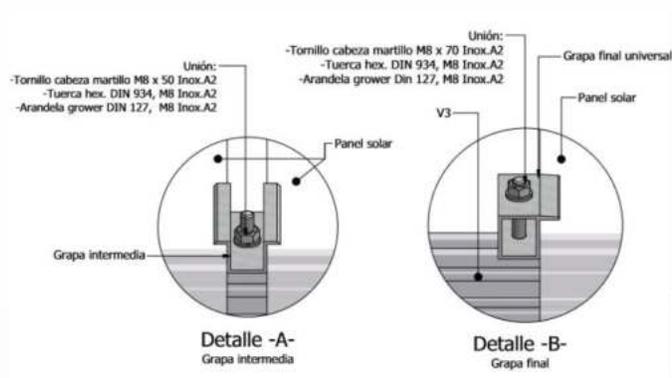


## 1. Estructura en ángulo para techos planos



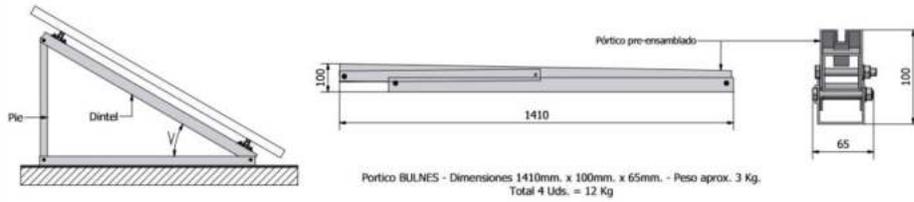
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

## 2. Detalle de fijaciones (grapas) entre paneles y estructura

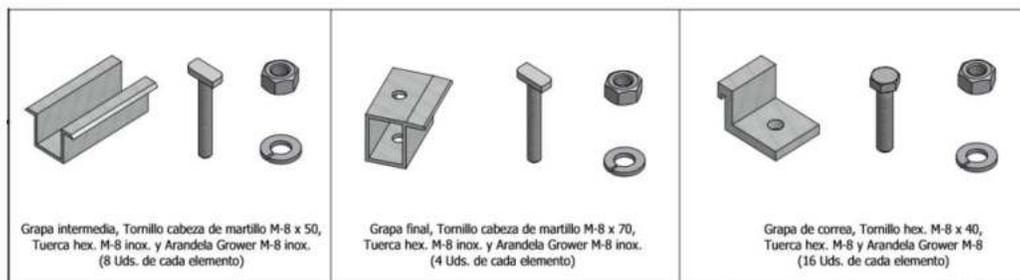


PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018

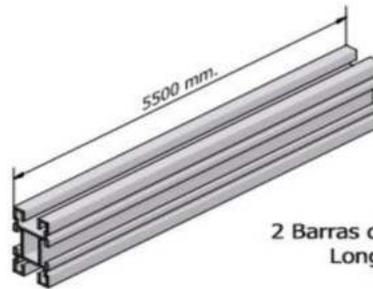
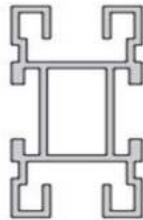
### 3. Detalle de pórtico triangular



### 3. Detalle de pernería de fijación de paneles



#### 4. Detalle de barras transversales para fijación de paneles



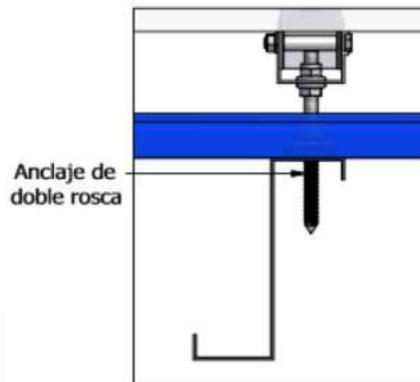
2 Barras de perfil correa V3  
Long. 5500 mm.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



#### 5. Ejemplo de fijación a cubierta



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LICEOS DE ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICO PROFESIONAL (PCFV)  
CAPACITACIÓN DOCENTES / 2018



## 6. Estructura paralela a techo (sin ángulo)



## 7. Ejemplos de anclaje a techos metálicos



## 5.5. PLANTELAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS BANCO DE ENTRENAMIENTO

### 1. ACTIVIDADES A REALIZAR CON EL KIT DE ENTRENAMIENTO PARA CONCEPTOS BÁSICOS DE SSFV

#### CAPACITACIÓN PRESENCIAL

#### SESIÓN N°2

**Actividad 1:** *Determinación de la tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito de una celda fotovoltaica a distintas intensidades de radiación*

• **Objetivos**

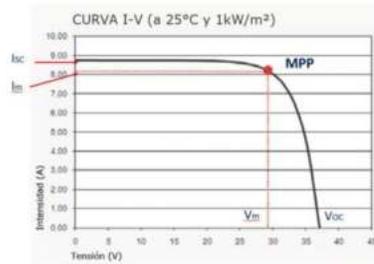
- Determinar la tensión de circuito abierto y la corriente de corto circuito de dos celdas en serie
- Dibujar la curva característica I-V de ambas celdas, calculando la potencia en distintos puntos.
- Caracterizar el efecto que tiene la irradiancia sobre las celdas.

• Tareas

- Eficiencia de una celda fotovoltaica

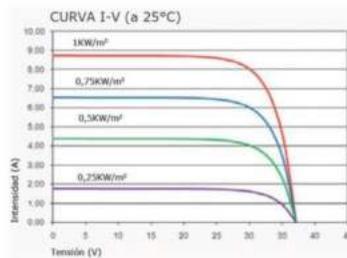
	Monocristalino	Policristalino	Capa fina
Eficiencia	15 – 21 %	12 – 17 %	5 – 11 %

- Curva característica de una celda fotovoltaica y sus puntos más relevantes  
 A continuación se presenta una curva característica de una celda fotovoltaica. Designe los puntos más importantes de la curva:



• Tareas

- Determine la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de dos celdas fotovoltaicas conectadas en serie.
- Dibuje la curva característica I-V de ambas celdas y calcule la potencia en los distintos puntos.
- Responda ¿cuál es el efecto de la irradiancia sobre la celda solar?



- La celda se comporta como una fuente de corriente en función de la radiación
- Si la radiación aumenta, la corriente aumenta y la tensión se mantiene constante
- Por lo tanto, la potencia aumenta

- Tareas

- Responda ¿cuál es el efecto de la irradiancia en la tensión de circuito abierto de la celda solar?
- Responda ¿cuál es la relación entre la irradiancia incidente sobre la celda solar y la potencia de ésta?

- Esquema de Montaje\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

## Actividad 2: Efecto de la temperatura sobre las celdas solares

### • Objetivos

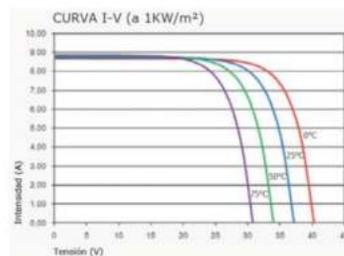
- Determinar la influencia de la temperatura en el comportamiento eléctrico de una celda fotovoltaica.
- Conocer las condiciones estándar de prueba de las celdas fotovoltaicas: STC, NOCT
- Conocer el término "masa de aire" (AM).
- Interpretar los parámetros términos CT Isc, CT Voc y CT Pmp de un panel fotovoltaico.

### • Tareas

- Comportamiento térmico de una celda fotovoltaica

	Monocristalino	Policristalino	Capa fina
Comportamiento térmico	Reducción de potencia a altas temperaturas, - 0,47 %/°C	Reducción de potencia a altas temperaturas, - 0,45 %/°C	Menor reducción de potencia, - 0,25 %/°C

- ¿Cómo se comporta una celda fotovoltaica frente a diferentes temperaturas? Analice la siguiente curva:



- El aumento de temperatura disminuye la tensión
- Si la temperatura aumenta, la tensión disminuye y la corriente se mantiene constante
- Por lo tanto, la potencia disminuye

- Tareas

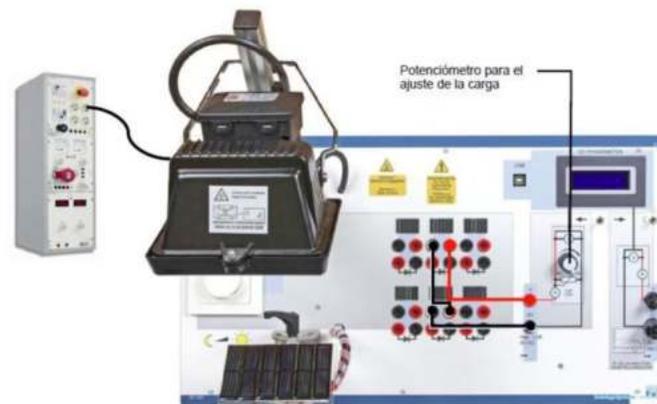
- Utilizando la ficha técnica de un panel fotovoltaico, responda lo siguiente:
  - ¿A qué corresponden las siglas STC y NOC y a qué condiciones se establecen?
  - ¿Qué quiere decir el término "masa de aire", AM (Air Mass)?
  - ¿Cuál es la definición de los parámetros térmicos CT<sub>ISC</sub>, CT<sub>VOC</sub> y CT<sub>Pmp</sub>?
- Utilizando los siguientes parámetros térmicos de un panel fotovoltaico, responda ¿qué sucede si la temperatura aumenta a 45°C?

TEMPERATURE RATINGS	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	+0.055%/°C

- Tareas

- ¿Qué sucede con los parámetros eléctricos al enfriarse o calentarse una celda fotovoltaica?
- De acuerdo a lo anterior, determine si es importante considerar una buena ventilación en la instalación de celdas solares.
- ¿Qué sucede con la corriente de cortocircuito al aumentar la temperatura?
- ¿Existe algún efecto sobre la tensión de vacío al aumentar la temperatura?
- ¿Cómo afectará a la potencia de salida de una celda fotovoltaica el aumento de temperatura?
- Dibuje la curva de VOC e ISC de una celda fotovoltaica al variar aumentar la temperatura.

- Esquema de Montaje\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

#### Actividad 4: Utilización de los diodos de by pass en las celdas fotovoltaicas

- Objetivos

- Indicar la utilidad del uso de los diodos de by pass en las celdas fotovoltaicas y explicar su funcionamiento.
- Explicar la utilización de los diodos de bloqueo en un arreglo serie de celdas fotovoltaicas.
- Explicar la aparición de "hot spots" o puntos calientes en un arreglo de celdas fotovoltaicas.

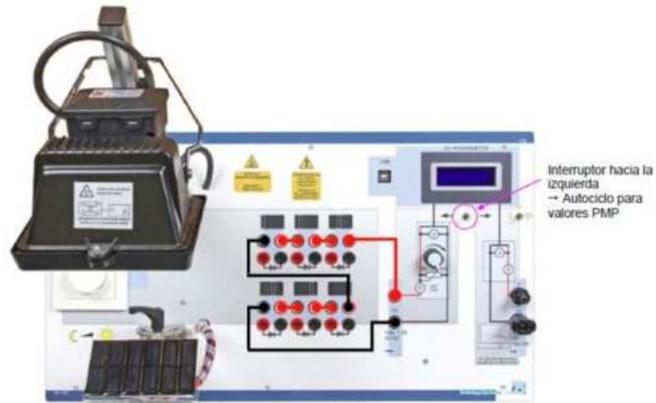
- Tareas

- Considere la caja de conexión de un panel fotovoltaico del laboratorio y responda lo siguiente:
  - ¿Cuál es la utilidad de los diodos de by pass o de paso en un módulo fotovoltaico?
  - Dibuje un diagrama indicando la instalación de diodos entre celdas y explique su funcionamiento.
- ¿Para qué se utilizan los diodos de bloqueo dentro de una instalación fotovoltaica?
- ¿Qué son los "hot spots" o puntos calientes y cuál es su efecto sobre un módulo fotovoltaico?

- Tareas

- Conecte en serie 6 celdas FV considerando las siguientes condiciones de operación:
  - Celdas sin sombreado
  - Una celda con sombreado parcial (50%)
  - Una celda con sombreado total
  - Dos celdas con sombrado parcial (50%)
- Mida la tensión en circuito abierto, tensión de la celda sombreada y la corriente de corto circuito para cada una de las configuraciones anteriores.
- Luego, conecte un diodo a cada celda en antiparalelo y repita las mediciones anteriores y responda:
  - ¿Se observa alguna diferencia en la tensión de las celdas sombreadas con y sin diodo de by pass?
- ¿Qué sucede con la corriente y la potencia en ambos casos?

• Esquema de Montaje 1\*



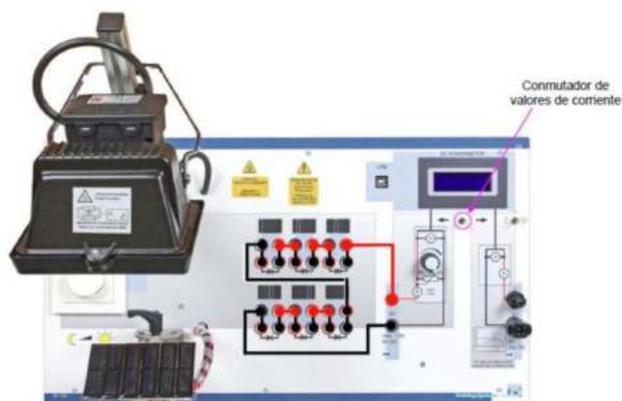
(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

### Actividad 5: *Efectos de la orientación e inclinación sobre las celdas fotovoltaicas*

#### • Objetivos

- Conocer y explicar los efectos de la posición del sol en la potencia de salida de una planta fotovoltaica.
- Conocer y explicar los efectos de los ángulos de radiación y acimut sobre la potencia de salida de una planta fotovoltaica.

#### • Esquema de Montaje 2\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

### Actividad 5: *Efectos de la orientación e inclinación sobre las celdas fotovoltaicas*

#### • Objetivos

- Conocer y explicar los efectos de la posición del sol en la potencia de salida de una planta fotovoltaica.
- Conocer y explicar los efectos de los ángulos de radiación y acimut sobre la potencia de salida de una planta fotovoltaica.

#### • Tareas

- Discuta cuál es el ángulo de inclinación óptimo de una instalación fotovoltaica.
- ¿Cuál es la orientación óptima de una instalación fotovoltaica?
- ¿A qué corresponde el acimut en una instalación fotovoltaica?
- ¿Existen ventajas en la utilización de un sistema de seguimiento solar?, ¿cuáles serían sus posibles desventajas?
- Determine la corriente de corto circuito en los siguientes ángulos de inclinación de las celdas: 10°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°.
- Dibuje la curva de corriente de cortocircuito versus cada uno de los ángulos de inclinación. ¿Qué sucede con la corriente?
- Para una inclinación de 15° y 45°, varíe el acimut de las celdas a 0°, 15° y 30°. ¿Qué sucede con las corrientes de corto circuito?

- Esquema de Montaje\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

## Actividad 6: *Efectos del sombreado sobre las celdas fotovoltaicas*

- Objetivos

- Conocer las causas del sombreado sobre un arreglo de celdas fotovoltaicas.
- Explicar los efectos que tienen las sombras sobre las celdas fotovoltaicas.
- Conocer cómo efectuar un análisis de sombreado en una instalación fotovoltaica.

- Tareas

- Discuta cuáles son las causas probables del sombreado sobre los módulos fotovoltaicos
- ¿Cuál es el efecto del sombreado sobre los módulos fotovoltaicos?
- ¿El sombreado afecta la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos?
- ¿Qué es un análisis de sombra y cómo se lleva a cabo?

- Tareas

- Determine la corriente de cortocircuito y el voltaje de vacío para celdas FV interconectadas en serie:
  - Sin sombras
  - Con sombra parcial
  - Con sombra total
- Para cada uno de los casos anteriores, determine los siguientes parámetros eléctricos:
  - Voltaje de vacío
  - Corriente de corto circuito
  - Voltaje de punto de máxima potencia
  - Corriente de punto de máxima potencia
  - Potencia en el punto de máxima potencia
- Dibuje la curva I-V para cada uno de los ensayos anteriores. ¿Qué se puede concluir de ellas?

- Esquema de Montaje\*



(\* La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para conceptos básicos se incluirán fotos reales del montaje.

## 1. ACTIVIDADES A REALIZAR CON EL RACK DE ENTRENAMIENTO DE SSFV

### CAPACITACIÓN PRESENCIAL

### SESIÓN N°4

## Actividad 1: *Instalación FV conectada a la red (on – grid)*

### • Objetivos

- Diagrama básico de conexión de un sistema FV on grid
- Seccionado de carga en CC
- Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT)
- Transformación de energía CC/CA en el inversor
- Tipología de inversores

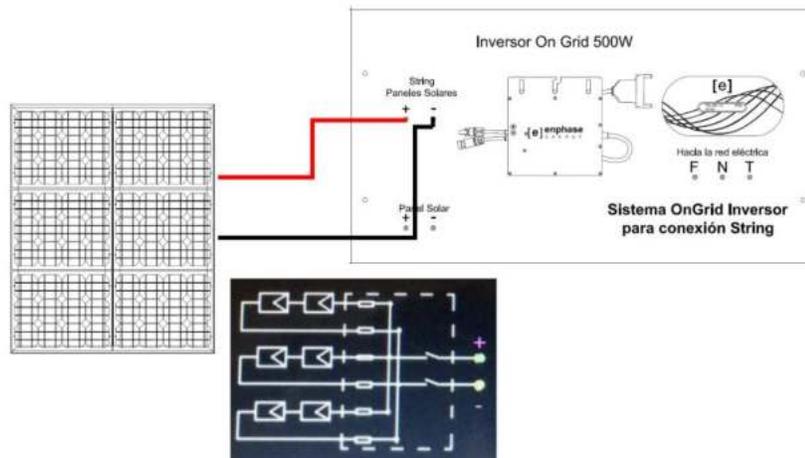
### • Tareas

- Responda las siguientes consultas:
  - Describa las diferencias entre inversores on grid con transformador y sin transformador. Discuta sus ventajas y desventajas.
  - Indique qué es la “protección de red”.
  - ¿Cuáles son los tipos de inversor a red?
  - ¿Cuál es la principal ventaja de los microinversores?
  - ¿Cuál es la cantidad mínima de módulos fotovoltaicos que se puede conectar a un inversor on grid?
  - ¿Cuál es el máximo de módulos fotovoltaicos que se pueden conectar a un inversor on grid?

• Tareas

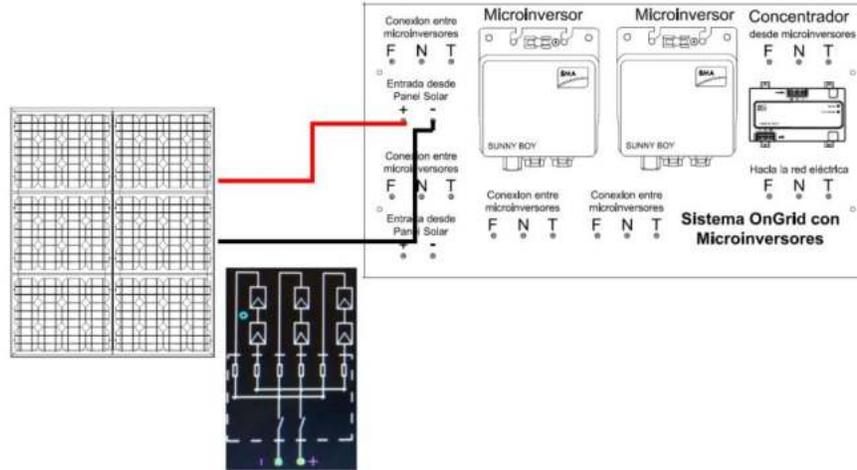
- ¿Qué tensión de CC necesita el inversor string?, ¿y los microinversores?
- ¿Qué se puede observar si el voltaje de entrada CC del inversor string se encuentra dentro del rango del MPPT del inversor y se conecta la tensión AC de la red?
- ¿Qué sucede con el inversor si se desconecta la tensión AC de la red?
- ¿Qué sucede si sombreamos uno de los paneles del string del inversor? Mida la tensión. ¿Qué sucede con la potencia de salida del inversor?
- Compare el punto anterior utilizando los microinversores. ¿Cuál es la diferencia con el caso anterior?
- Dibuje los flujos de corriente en los casos siguientes:
  - Radiación total, inversor conectado a la red, sin consumos conectados.
  - Sin radiación (noche), inversor conectado a la red, sin consumos conectados.
  - Radiación total, inversor conectado a la red, consumos conectados, generación de energía mayor al consumo presente.
  - Radiación total, inversor conectado a la red, consumos conectados, generación de energía menor al consumo presente.

• Esquema de Montaje 1\*



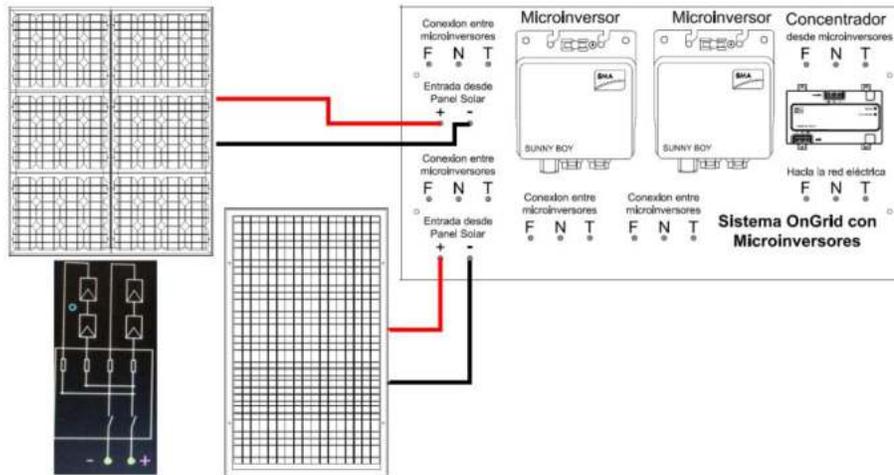
(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para SSFV se incluirán fotos reales del montaje.

• Esquema de Montaje 2\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para SSFV se incluirán fotos reales del montaje.

• Esquema de Montaje 3\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para SSFV se incluirán fotos reales del montaje.

## 1. ACTIVIDADES A REALIZAR CON EL RACK DE ENTRENAMIENTO DE SSFV

### CAPACITACIÓN PRESENCIAL

#### SESIÓN N°5

**Actividad 2:** *Instalación FV aislada (off – grid) con banco de baterías en sistema de corriente continua*

• **Objetivos**

- Funcionamiento de reguladores de carga
- Dimensionamiento de un generador FV para una instalación aislada
- Uso de equipos de consumo de CC
- Baterías para sistemas de CC aislados
- Montaje de instalaciones de CC aisladas

- Tareas

- Responda las siguientes consultas:
  - ¿Cuáles son los componentes de un SSFV aislado u off grid?
  - ¿Por qué es necesario el uso de baterías en estos sistemas?
  - ¿Cuáles son las tecnologías de baterías más comunes que se utilizan?
  - ¿Qué factores se deben considerar para determinar el tamaño del generador FV y del banco de baterías?
  - ¿Cómo se determina la capacidad del controlador de carga a utilizar en el sistema?

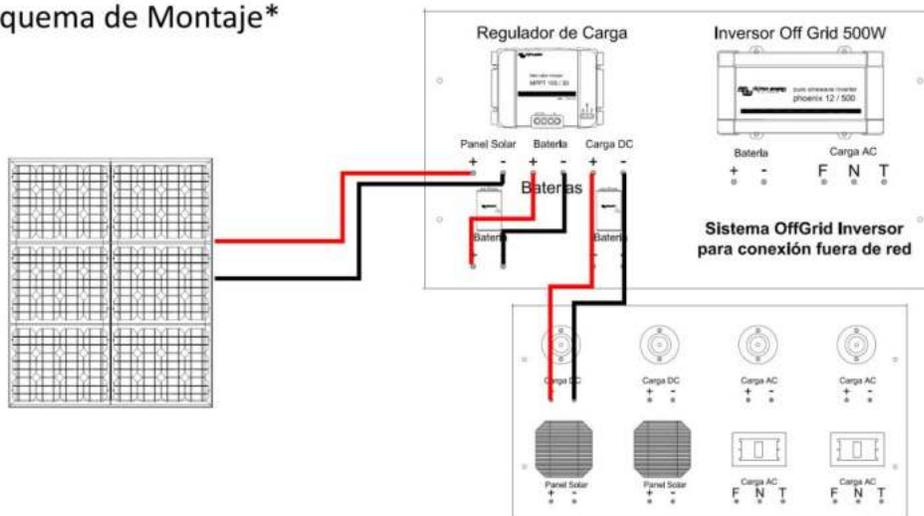
- Tareas

- ¿Cuál debe ser la secuencia de conexión para los distintos componentes? (excluir el inversor en esta actividad)
- ¿Por qué se debe conectar la batería al regulador (controlador) de carga en primer lugar?
- ¿Por qué es necesario indicar al regulador de carga que tipo de batería se va a utilizar?
- ¿Qué significa el concepto “Estado de Carga” (SOC, State Of Charge en inglés)
- ¿Qué sucede con la corriente del generador FV cuando la batería está descargada?
- ¿Qué sucede con la corriente del generador FV cuando la batería se carga al 100%?
- Realice pruebas con distintas corrientes del generador FV y con distintos consumos y anote los valores de las corrientes que van hacia la batería y hacia los consumos. Determine en qué momento las cargas comienzan a tomar energía desde la batería.

• Tareas

- Dibuje los flujos de corriente en los tres casos siguientes:
  - Radiación total, batería descargada, sin consumos conectados.
  - Radiación total, batería completamente cargada, sin consumos conectados.
  - Sin radiación (noche), batería cargada y consumos conectados.

• Esquema de Montaje\*



(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para SSFV se incluirán fotos reales del montaje.

### **Actividad 3:** *Instalación FV aislada (off – grid) con banco de baterías en sistema de corriente alterna (con inversor)*

#### • Objetivos

- Tipos de inversores
- Montaje de una instalación FV aislada con inversor
- Medidas de seguridad en sistemas FV aislados
- Pérdidas por conversión, eficiencia

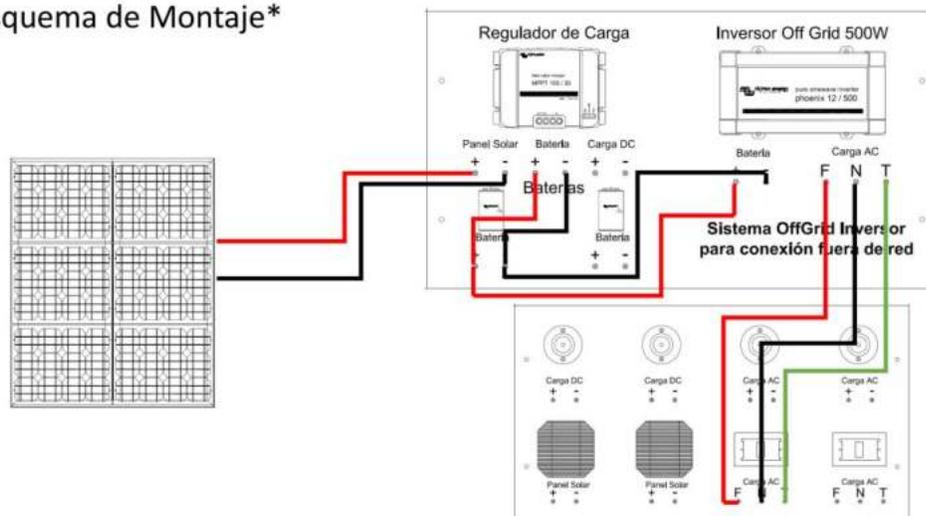
#### • Tareas

- Responda las siguientes consultas:
  - ¿Qué tipos de inversores existen?
  - Indique las ventajas y desventajas de los inversores con salida de tensión de: onda cuadrada, trapezoidal y sinusoidal.
  - ¿Cuáles son las consideraciones más importantes a tener en cuenta al operar un inversor aislado?
  - ¿Cómo se determina la potencia del inversor a utilizar?

• Tareas

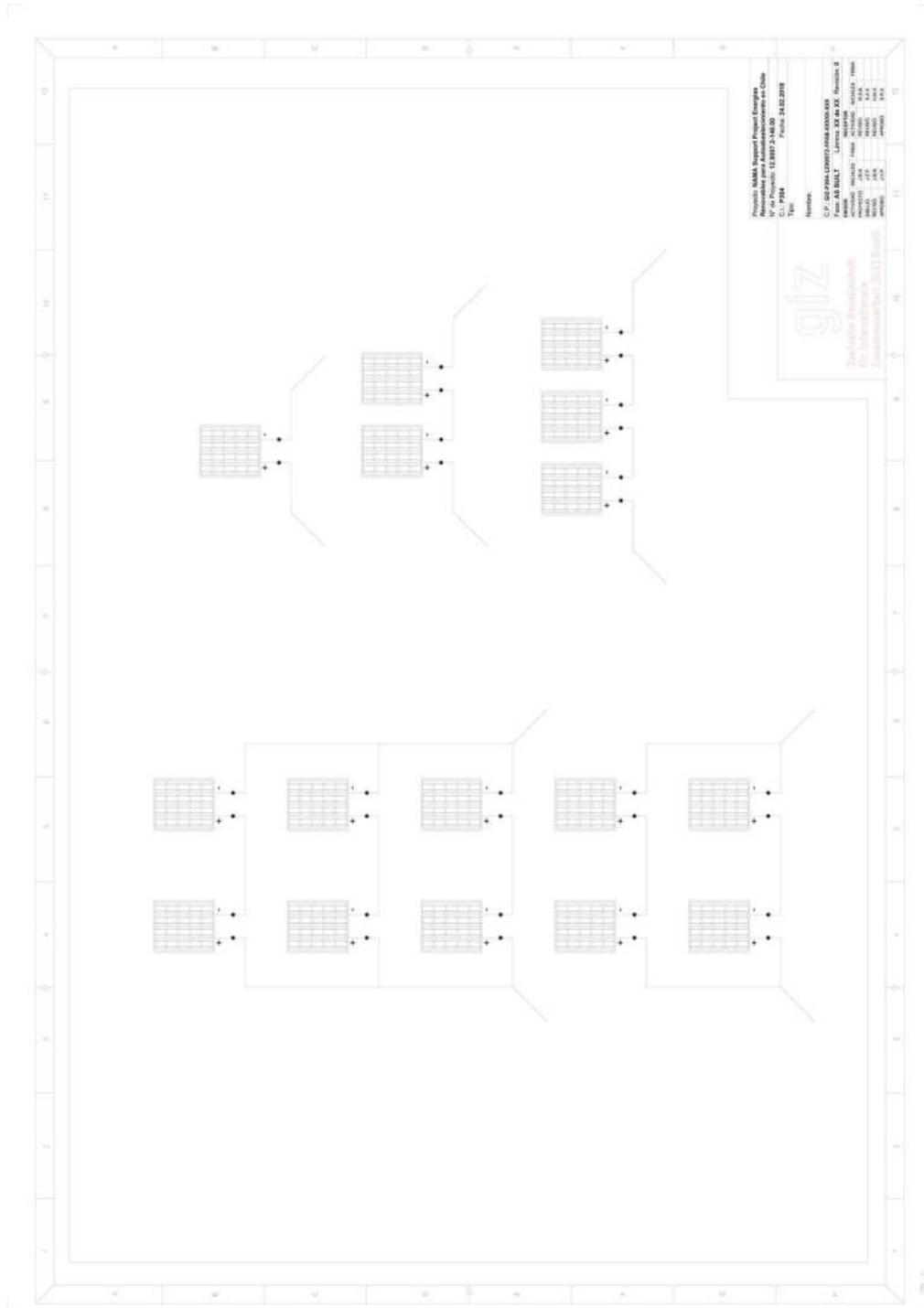
- Realice pruebas con distintas corrientes del generador FV y con distintos consumos y anote los valores de las corrientes que van hacia la batería y hacia los consumos. Determine en qué momento las cargas comienzan a tomar energía desde la batería.
- Compare la potencia entregada por el regulador de carga y la potencia entregada por el inversor. ¿Por qué son diferentes?

• Esquema de Montaje\*



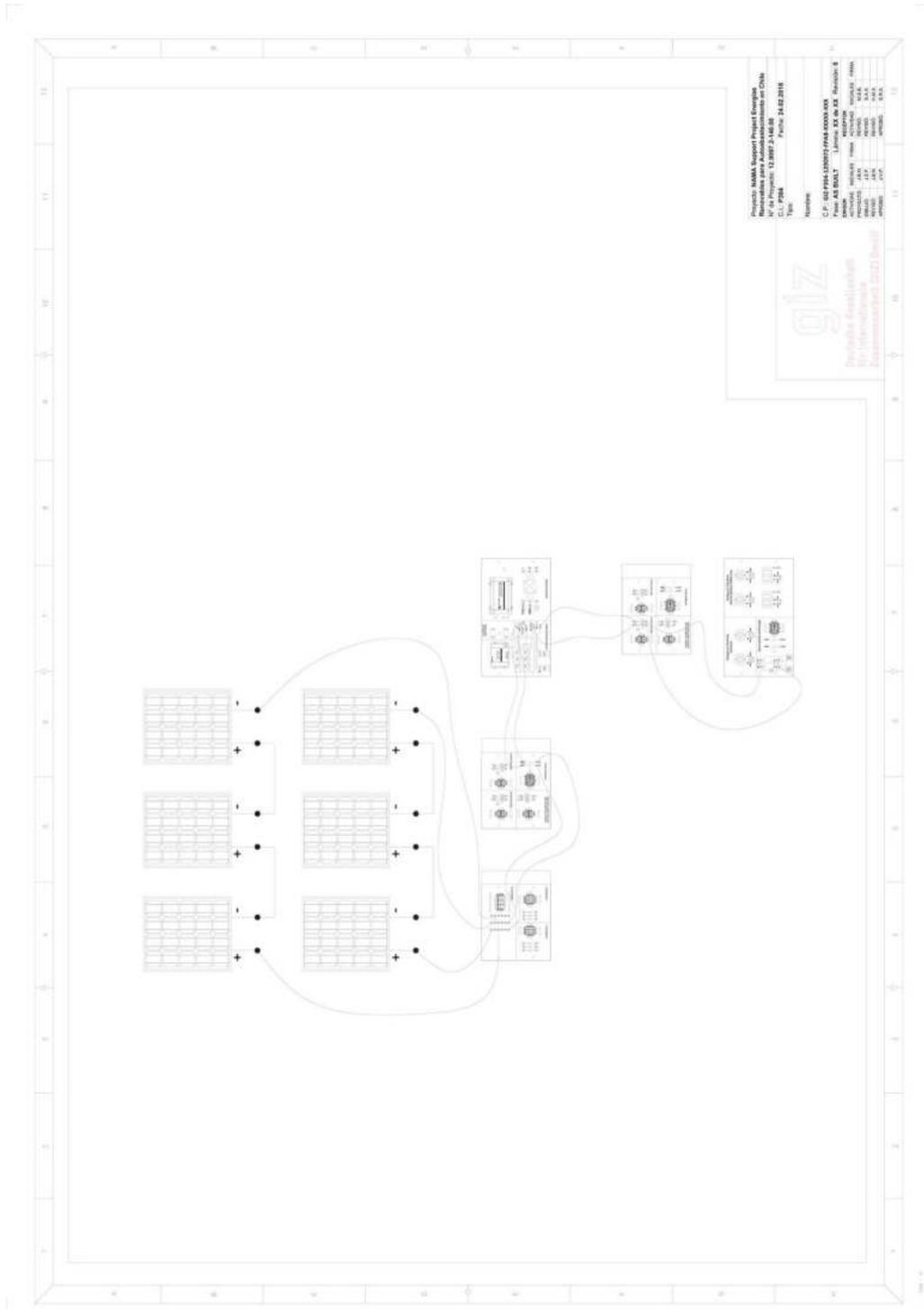
(\*) La imagen es referencial. Una vez adquirido el kit de entrenamiento para SSFV se incluirán fotos reales del montaje.

PROGRAMA DE CAPACITACION EN FUENTES DE ALIMENTACION PARA  
 OBRAS DE RECONSTRUCCION Y RECONSTRUCCION

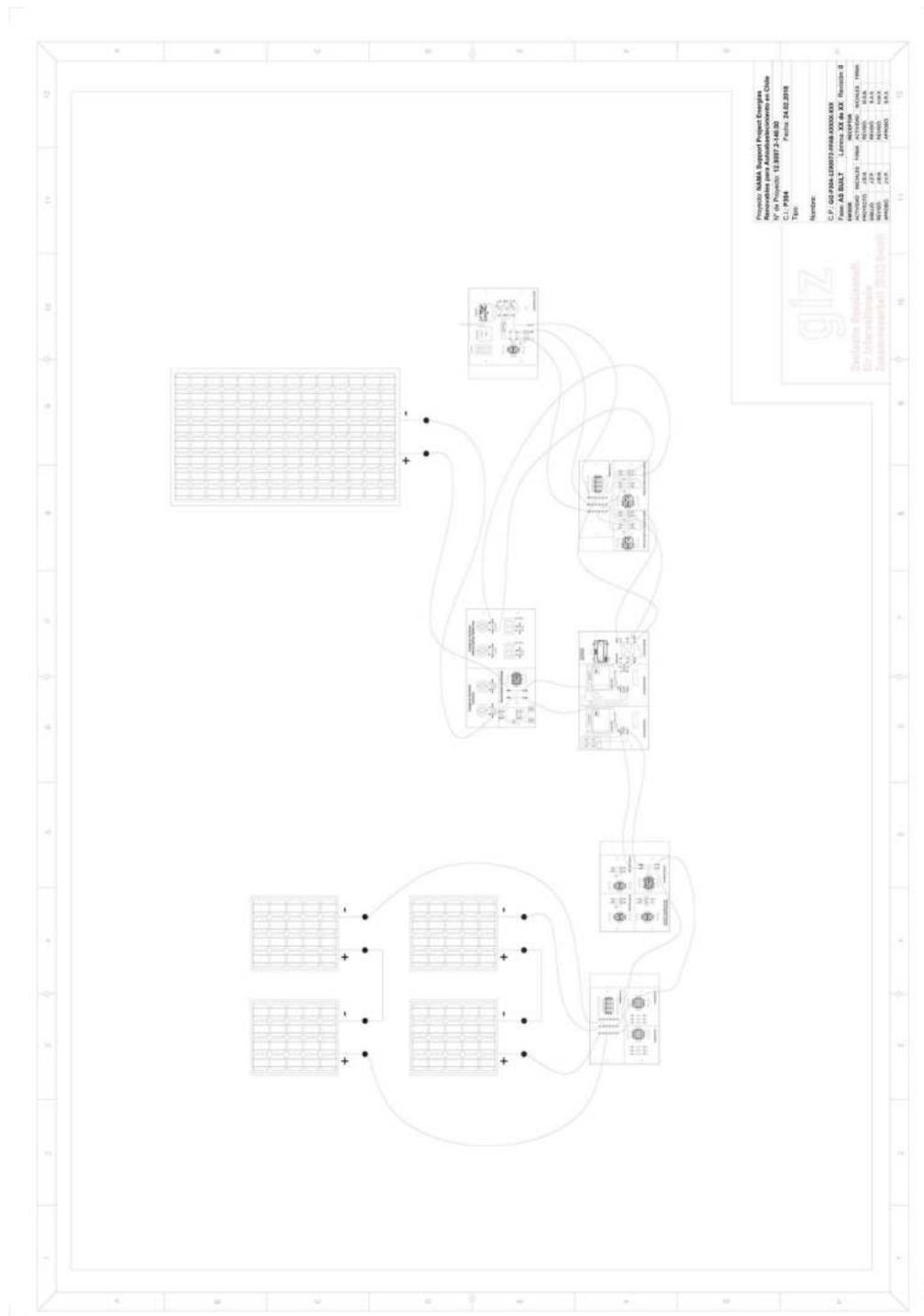








PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTÁICA PARA  
CENTROS EDUCACIONALES Y TECNOLÓGICOS





## 5.6. PRUEBAS DE COMPETENCIAS ADQUIRIDAS



### MÓDULO 6: INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Prueba final

OBJETIVO:

ESTRATEGIA:

ESTRUCTURAS:

- Comparar y contrastar los sistemas fotovoltaicos.
- Montar un sistema fotovoltaico de 600 Wp fotovoltaicos.
- Simular y validar el comportamiento de un sistema fotovoltaico.
- Realizar un informe de instalación fotovoltaica.

¿Cuál es la función de los diodos de bypass?

- Para evitar que la corriente se detenga en un panel que no funciona.
- Evitar la pérdida de potencia en un panel que no funciona.
- Evitar el calentamiento de un panel.

Responde:

Sí o No

Sí o No I

Sí o No II

- 

Tareas de aprendizaje

¿De qué material debe ser la estructura de un sistema solar fotovoltaico?

- Aluminio
- Fibra de carbono
- Aluminio
- Madera

Responde:

Señal

Señal II

Señal III

Señal IV

Mencione los componentes principales de una célula solar de silicio monocristalino.

- Pancha de vidrio con carga protectora y célula láser monocristalino
- Pancha de silicio monocristalino
- Pancha de vidrio con carga protectora, monocristalino

Responde:

Señal

Señal I

Señal II

Mencione sus características.

Los parámetros eléctricos de las celdas PV son afectados, principalmente, por:

- Resistencia
- Resistencia y temperatura
- $R_{sc}$
- $n$  y  $k$  de la constante

Responde:

Señal

Señal I

Señal II y III

Mencione sus características.



La corriente de un panel fotovoltaico aumentará cuando:

- Aumenten las pérdidas.
- Aumenten.
- Aumenten las pérdidas y los.
- Aumenten los.

Responde:

Se a

Se b

Se c

Se d

¿Cuál es la función del inyector?

- También es el tubo a través del cual inyecta.
- Regula la presión de trabajo y la temperatura de trabajo.
- También es el tubo a través del cual inyecta.

Responde:

Se a

Se b

Se c

Responde correctamente

¿Qué actividad se debe realizar regularmente en la mantención preventiva del inyector?

- Verificar la temperatura de trabajo para evitar la sobrecalentamiento y la fuga de fluido.
- Controlar la temperatura.
- Al inyectar se debe verificar la temperatura de trabajo para evitar la fuga de fluido.

Responde:

Se a

Se b

Se c

Se d

### 5.7. PLANIFICACION DE EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE EN ENERGIA SISTEMA FOTOVOLTAICO EDUCACION MEDIA TP

<b>Establecimiento:</b>	
<b>Docente:</b>	
<b>Numero Actividad</b>	Analizar el efecto de la resistencia en un circuito en el que se conectan en serie un conjunto de bombillas con un $47 \mu\text{F}$ capacitado de $250\text{V}$ AC/50.
<b>Experimentación</b>	El alumno Experimenta el efecto de la resistencia en un circuito en serie con un capacitor $47 \mu\text{F}$ en un momento.
<b>Modulo num 2</b>	modulos 2 y 3 en el sistema de energía solar.
<b>Objetivo de la actividad:</b>	Realizar un sistema de energía solar en un sistema de energía solar. Compartir con los estudiantes. El sistema de energía solar en un momento.
<b>Método de enseñanza seleccionada</b>	Demostación, trabajo Tutorías.
<b>Contenido curricular</b>	
<b>QA (especialidad) (Artículo de ley 1206)</b>	Realizar un sistema de energía solar en un sistema de energía solar. Compartir con los estudiantes. El sistema de energía solar en un momento.
<b>Q.A.</b>	Q.A. Q.A.
<b>Asignaturas Externas</b>	Compartir con los estudiantes. Compartir con los estudiantes.

<p><b>Contenido:</b></p>	<p>Conceptos fundamentales de la tecnología fotovoltaica.                  Generación de la energía fotovoltaica.                  Tipos de módulos fotovoltaicos.                  Tipos de sistemas fotovoltaicos.</p>	<p>Medios de Didáctica.</p>	<p>Aplicaciones tecnológicas en el sector fotovoltaico.                  Metodología de la enseñanza.                  Metodología de la investigación.                  Metodología de la innovación.</p>	<p>Actitud.</p>	<p>Valorar positivamente la importancia de la formación permanente en el campo de la tecnología.</p>
--------------------------	--	-----------------------------	--	-----------------	--

CLASE	HORAS	QA DE LA CLASE	MOMENTOS DE LA CLASE	RECURSOS	EVALUACION
	7	Realiza con éxito las sesiones de clase. Genera ideas de clase y actividades. Realiza con éxito las sesiones de clase.	NICIO EJECUCIÓN CIERRE	Material Fotovoltaico. Fotovoltaico. Generación de energía. Generación de energía.	Actitudiva.

Evaluación (Detallar tipo de evaluación e indicadores)

#### Evaluación teórica

Se evaluará el aprendizaje en diferentes niveles que se detallan en el siguiente cuadro, los ítems de la prueba son:

- A
- B
- C
- D

#### Evaluación práctica

- Evidencia de habilidades en el área de la asignatura de la prueba.
- Criterios de ejecución.
- Herramientas básicas de trabajo (28 g y 30 g de espátulas).

#### Conductas de entrada

- Fechas de inicio de actividades de la asignatura de la prueba.
- Funciones de cada uno de los roles.



## 5.8. EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Agradeciendo su participación en nuestro curso, solicitamos a usted, por favor responder la siguiente encuesta, la cual tiene como único objetivo mejorar nuestros servicios.

### Instrucciones:

Marque con una X del 1 al 5 las siguientes aseveraciones relacionadas a evaluar al Relator, Contenido, Organización y Logística.

### I) RELATOR

#### 1.- Presentó los temas de forma clara y entendible

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

#### 2.-Logró mantener el interés durante el curso

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

#### 3.- Resolvió de buena forma mis dudas o la de los demás asistentes

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

#### 4.-El material de apoyo utilizado me pareció adecuado

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

#### 5.-Se evidenció la calidad y preparación del expositor

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

## II) CONTENIDO

### 1.- El contenido cumplió una lógica de fácil entendimiento

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

### 2.- La cantidad de información fue adecuada para el tiempo asignado

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

### 3.- Este curso aumentó mis conocimientos

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

### 4.- La información entregada es aplicable

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

## III) ORGANIZACIÓN Y LOGÍSTICA

### 1.- La invitación al curso me llegó con suficiente anticipación

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

### 2.- Las condiciones del lugar donde se realizó el curso me parecieron confortables

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo

### 3.- Me acomoda este horario para asistir a los cursos

Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Muy de Acuerdo
-------------------	---------------	--------------------------------	------------	----------------

PROGRAMA DE CAPACITACION EN FORTALECIMIENTO DE HABILIDADES BÁSICAS  
DE DESARROLLO DE MEDIO TECNICO PROFESIONAL

--	--	--	--	--

**COMENTARIOS**

---

---

---

---